Halla Offshore Wind Oy

Hallan merituulivoimahanke, Perämeri

Osa A: Merituulivoimapuisto ja vedyn tuotanto Suomen talousvyöhykkeellä sekä energiansiirto Suomen talousvyöhykkeellä ja aluevesillä

Ympäristövaikutusten arviointiselostus

20.1.2025

Copyright © Halla Offshore Wind Oy (OX2)

Halla Offshore Wind Oy on hankeyhtiö, jonka omistavat OX2 AB ja Ingka Investments. OX2 on vastannut yhteistyökumppaneidensa kanssa YVA-menettelyyn liittyvien hankekehityspalveluiden toteuttamisesta.

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida, jäljentää, julkaista, levittää tai muokata miltään osin missään muodossa ilman Halla Offshore Wind Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

AFRY Finland Oy:n projektinumero on 101017094.

Kannen kuva: © Mischa Keijser

Kuvien pohjakartat: Maanmittauslaitoksen peruskartta-aineisto, avoin data 2023–2024, ellei toisin mainita.

Merenpohjan syvyys- ja laatutiedoissa käytettyjen aineistojen lähtötiedot:

Aineisto	**Alue**	**Lähde**
Syvyysaineistot	Merituulivoimapuisto, tarkempi aineisto	Geofyysiset tutkimusaineistot Arctia Meritaito Oy, käsittelijä ja analysoija COWI
	Kaapelireitit, tarkempi aineisto	Geofyysiset tutkimusaineistot Geologian tutkimuskeskus GTK ja Traficom, käsittelijä ja analysoija GTK ja Ramboll
	Kaapelireitit, julkinen aineisto	EMODnet
Merenpohjan maalajit	Merituulivoimapuisto, tarkempi aineisto	Geofyysiset tutkimusaineistot Arctia Meritaito Oy, käsittelijä ja analysoija COWI
	Kaapelireitit, tarkempi aineisto	Geofyysiset tutkimusaineistot Geologian tutkimuskeskus GTK ja Traficom, käsittelijä ja analysoija GTK ja Ramboll
	Merituulivoimapuisto ja kaapelireitit, julkinen aineisto	GTK Hakku
Pehmeän kerroksen paksuus	Merituulivoimapuisto, tarkempi aineisto	Geofyysiset tutkimusaineistot Arctia Meritaito Oy, käsittelijä ja analysoija COWI
	Kaapelireitit, tarkempi aineisto	Geofyysiset tutkimusaineistot ja käsittely Geologian tutkimuskeskus GTK

OSA A:N SISÄLLYS

1 Merituulivoimapuiston tekninen kuvaus 15
1.1 Suunnitteluperusteet 15
1.2 Merituulivoimalat 19
1.2.1 Väri, merkintä ja valaistus 21
1.2.2 Merituulivoimalan toimintaan liittyvät kemikaalit 22
1.3 Merituulivoima-alan kehitys 22
1.4 Merituulivoimaloiden sijoittelu 23
1.5 Merituulivoimaloiden perustukset 24
1.5.1 Painovoimaperustus (gravitaatioperustus) 25
1.5.2 Paaluperustus (monopile) 25
1.5.3 Ristikkorakenteinen perustus (jacket) 26
1.5.4 Hybridiperustus / perustusten vaihtoehtoinen tai täydentävä ankkurointi 26
1.6 Sähkönsiirto merituulivoimapuiston alueella ja tuulivoimapuistosta rannikolle 26
1.6.1 Merituulivoimapuiston sisäiset kaapelit 26
1.6.2 Siirtokaapeli ja merisähköasemat 30
1.7 Merituulivoimapuiston ja sähkönsiirron rakentaminen 36
1.7.1 Meren pohjaolosuhteet ja pohjan tutkiminen 37
1.7.2 Meriperustusten ja tuulivoimaloiden asentaminen sekä kaapelointi 37
1.7.3 Hankkeen rakentamisessa tarvittava murske ja maa-aines 39
1.7.4 Sedimenttien läjittäminen 40
1.8 Merituulivoimaloiden ja merikaapeleiden toiminta ja huolto 41
1.9 Merituulivoimaloiden ja merikaapeleiden käytöstä poisto 42
1.10 Turvallisuus 42
2 Vedyn tuotannon tekninen kuvaus 43
2.1 Suunnitteluperusteet 43
2.2 Vetytalouden periaatteet 43
2.3 Vedyn tuotannon yleiskuvaus 45
2.3.1 Vedyn tuotanto hajautetusti tuulivoimalan tornin alaosassa 47
2.3.2 Vedyn tuotanto keskitetysti tuulivoimapuistoalueella sijaitsevalla asemalla 47
2.4 Vedyn valmistus elektrolyysillä 48
2.4.1 Elektrolyyseri 48
2.4.2 Vedyn tuotantoon liittyvät kemikaalit 48

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2.4.3 Vedentarve ja -käsittely 49
2.4.4 Jäähdytys 50
2.4.5 Happi 51
2.4.6 Vedyn tuotantolaitoksen rakentaminen 51
2.4.7 Vedyn tuotantolaitosten toiminta, huolto ja kunnossapito. 51
2.4.8 Vedyn tuotantolaitosten käytöstä poisto 51
2.5 Vedyn siirto 52
2.5.1 Vetyputkiston rakentaminen 53
2.5.2 Vetyputkiston toiminta, huolto ja kunnossapito 53
2.5.3 Vetyputkiston käytöstä poisto 53
2.6 Vedyn varastointi 54
2.6.1 Paineistettu vety 54
2.6.2 Nestemäinen vety 54
2.7 Turvallisuus 55
2.7.1 Vety 55
2.7.2 Happi 56
2.7.3 Vedenalaiset kaasuputket 56
2.7.4 Tulipalot 57
2.7.5 Suuronnettomuudet 57
3 Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö 58
3.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 58
3.2 Nykytila 59
3.2.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet 59
3.2.2 Kaavoitus ja muut maankäytön suunnitelmat 60
3.2.3 Asutus 88
3.3 Vaikutusten arviointi 92
3.3.1 Vaikutukset valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin ... 92
3.3.2 Vaikutukset kaavoitukseen ja muihin maankäytön suunnitelmiin 94
3.3.3 Vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen ja muuhun maankäyttöön 99
3.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 100
3.4 Yhteisvaikutukset 100
3.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 100
3.6 Arvioinnin epävarmuudet 101
3.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 102
4 Maisema ja kulttuuriympäristö 103
4.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 103

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

4.1.1 Maisema ja kulttuuriympäristöt 103
4.1.2 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö 105
4.2 Nykytila 105
4.2.1 Maiseman yleispiirteet 105
4.2.2 Maiseman ja kulttuuriympäristön arvotetut alueet 107
4.2.3 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö 110
4.3 Vaikutusten arviointi 113
4.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 113
4.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 114
4.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 154
4.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 154
4.4 Yhteisvaikutukset 154
4.5 Rajat ylittävät vaikutukset 157
4.6 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 157
4.6.1 Maisema ja kulttuuriympäristöt 157
4.6.2 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö 162
4.7 Arvioinnin epävarmuudet 163
4.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 163
5 Vesiympäristö 164
5.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 165
5.1.1 Veden ja sedimentin laatu sekä veden virtaukset ja aallonmuodostus 165
5.1.2 Jääolosuhteet 167
5.1.3 Vedenalaiset luontotyypit, vesikasvillisuus ja pohjaeläimet 167
5.1.4 Merinisäkkäät 173
5.2 Nykytila 173
5.2.1 Syvyysolosuhteet 173
5.2.2 Vesien- ja merenhoito 175
5.2.3 Veden laatu 180
5.2.4 Meriveden korkeus, virtaukset ja aaltojen korkeus 186
5.2.5 Jääolot 188
5.2.6 Sedimentin laatu 189
5.2.7 Vedenalaiset luontotyypit, vesikasvillisuus ja pohjaeläimet 189
5.2.8 Merinisäkkäät 211
5.2.9 Yhteenveto hankealueen vedenlaadusta ja vedenalaisesta luonnosta 218
5.3 Vaikutusten arviointi 220

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 220
5.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 242
5.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 251
5.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 251
5.4 Yhteisvaikutukset 251
5.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 253
5.6 Vaikutukset vesien ja merenhoidon tavoitteisin 254
5.7 Arvioinnin epävarmuudet 261
5.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 262
6 Kalasto ja kalastus 264
6.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 265
6.2 Nykytila 267
6.2.1 Kalalajisto 267
6.2.2 Kaupallinen kalastus 268
6.2.3 Vapaa-ajan kalastus 272
6.2.4 Kutu-ja poikasalueet 273
6.2.5 Vaelluskalojen esiintyminen ja vaellusreitit 277
6.2.6 Yhteenveto hankealueen kalataloudellisista arvoista ja herkkyydestä 278
6.3 Vaikutusten arviointi 278
6.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 278
6.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 283
6.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 289
6.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 289
6.4 Yhteisvaikutukset 289
6.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 290
6.6 Arvioinnin epävarmuudet 291
6.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 292
7 Maa- ja kallioperä (pohjaolosuhteet) 293
7.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 293
7.2 Nykytila 294
7.2.1 Yleistä 294
7.2.2 Merenpohjan maalajit merituulivoimapuiston alueella 295
7.2.3 Merenpohjan maalajit merikaapelireittien alueilla 297
7.2.4 Kallioperä 301
7.2.5 Sedimentin haitta-aineet 301
7.2.6 Sedimentin ruoppaus- ja läjityskelpoisuus 303

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7.2.7 Läjitysalueet ja virtaukset 305
7.3 Vaikutusten arviointi 306
7.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 306
7.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 309
7.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 310
7.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 310
7.4 Yhteisvaikutukset 310
7.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 310
7.6 Arvioinnin epävarmuudet 311
7.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 312
8 Rantautumisalueiden kasvillisuus ja luontotyypit 313
8.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 313
8.2 Nykytila 314
8.2.1 Merikaapelien rantautumisalue 314
8.2.2 Vetyputken rantautumisalue 320
8.3 Vaikutusten arviointi 321
8.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 321
8.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 323
8.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 323
8.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 323
8.4 Yhteisvaikutukset 323
8.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 324
8.6 Arvioinnin epävarmuudet 325
8.7 Vaikutusten lieventäminen 325
9 Eläimistö 326
9.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 326
9.2 Nykytila 327
9.2.1 Merituulivoimapuisto 327
9.2.2 Merikaapelit/vetyputket 327
9.3 Vaikutusten arviointi 331
9.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 331
9.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 331
9.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 332
9.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 332
9.4 Yhteisvaikutukset 332
9.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 332
9.6 Arvioinnin epävarmuudet 334

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

9.7 Vaikutusten lieventäminen 334

10 Linnusto 335
10.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 335
10.2 Nykytila 347
10.2.1 Merituulivoimapuiston alue 347
10.2.2 Energiansiirtoreitit 362
10.2.3 Linnustollisesti arvokkaat alueet 365
10.3 Vaikutusten arviointi 367
10.3.1 Yleistä 367
10.3.2 Vaikutusmekanismit 367
10.3.3 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 371
10.3.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset 373
10.3.5 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 381
10.3.6 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 382
10.4 Yhteisvaikutukset 382
10.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 383
10.6 Arvioinnin epävarmuudet 384
10.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 386

11 Suojelualueet 387
11.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 387
11.2 Nykytila 389
11.3 Vaikutusten arviointi 394
11.3.1 Natura-arvioinnin tiivistelmä 394
11.3.2 Vaikutukset luonnonsuojelualueisiin ja muihin suojelukohteisiin 405
11.3.3 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 406
11.4 Yhteisvaikutukset 406
11.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 407
11.6 Arvioinnin epävarmuudet 408
11.7 Vaikutusten lieventäminen 408

12 Ilmanlaatu 409
12.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 409
12.2 Nykytila 410
12.2.1 Ilmanlaatu 410
12.3 Vaikutusten arviointi 410
12.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 410
12.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 411

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

12.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 411
12.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 411
12.4 Yhteisvaikutukset 411
12.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 412
12.6 Arvioinnin epävarmuudet 413
12.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 413
13 Ilmasto 414
13.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 415
13.1.1 Laskennan lähtötiedot 416
13.2 Nykytila 428
13.2.1 Ilmasto 428
13.2.2 Kansainväliset, kansalliset ja alueelliset tavoitteet 429
13.2.3 Yleiset ennusteet ilmastonmuutoksen aiheuttamista vaikutuksista 430
13.3 Vaikutusten arviointi 431
13.3.1 Merituulivoimapuisto 431
13.3.2 Sähkönsiirto merellä ja merisähköasemat 431
13.3.3 Vedyntuotanto 433
13.3.4 Vedynsiirto merellä 433
13.3.5 Vedyn varastointi 434
13.3.6 Mantereen sähköasema 434
13.3.7 Sähkönsiirto mantereella 435
13.3.8 Hiilinielujen ja -varastojen menetys 436
13.3.9 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 437
13.3.10 Lisävaikutus meriliikenteen päästöihin 438
13.4 Yhteisvaikutukset 438
13.5 Kokonaistulokset - Vaihtoehtojen vertailu 438
13.5.1 Sähkön tuotanto 439
13.5.2 Vedyn tuotanto 441
13.6 Vaikutusten merkittävyys 443
13.7 Ilmastonmuutoksen vaikutukset hankkeeseen ja niihin sopeutuminen merellä 446
13.7.1 Meriveteen liittyvät muutokset 447
13.7.2 Tuulisuus 447
13.7.3 Keskilämpötilan ja maksimilämpötilan nousu 448
13.8 Arvioinnin epävarmuudet 448
13.9 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 449
14 Liikenne 450

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

14.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 451
14.2 Nykytila 452
14.2.1 Satamat 452
14.2.2 Meriväylät ja merenkulun liikennöintialueet 454
14.2.3 Muut läheiset merituulivoimahankkeet 461
14.2.4 Merijää 463
14.2.5 Merituulivoimapuistojen turvaetäisyydet 463
14.2.6 Merenkulun tutka- ja paikannusjärjestelmät sekä langattomat viestintäverkot 465
14.2.7 Meriliikenteen nykytila ja muutosvoimat 466
14.2.8 Lentoliikenne 472
14.2.9 Maantieliikenne 474
14.2.10 Raideliikenne 478
14.3 Vaikutusten arviointi 478
14.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 478
14.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 480
14.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 493
14.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 493
14.4 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 493
14.5 Arvioinnin epävarmuudet 496
14.6 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 497
15 Melu ja tärinä 501
15.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 502
15.1.1 Vedenpinnan yläpuoliset ja maanpäälliset vaikutukset 502
15.1.2 Vedenalaiset vaikutukset 507
15.2 Nykytila 507
15.3 Vaikutusten arviointi 510
15.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 511
15.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 518
15.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 523
15.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 524
15.4 Yhteisvaikutukset 524
15.4.1 Vedenpäällisen melun yhteisvaikutukset 524
15.4.2 Vedenalaisen melun yhteisvaikutukset 524
15.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 525
15.5.1 Rakentamisen meluvaikutusten vertailu ja merkittävyys 525
15.5.2 Toiminnan aikaisten meluvaikutusten vertailu ja merkittävyys 526

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

15.6 Arvioinnin epävarmuudet 528
15.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 528
15.7.1 Rakentamisajan haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 529
15.7.2 Käytönajan haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 529
16 Välkevaikutusten arviointi 530
16.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 530
16.1.1 Sovellettavat raja- ohjearvot 532
16.2 Vaikutusten arviointi 532
16.2.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 532
16.2.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 532
16.2.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 534
16.2.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 534
16.3 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 534
16.4 Yhteisvaikutukset 535
16.5 Arvioinnin epävarmuudet 535
16.6 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 535
17 Talous ja elinkeinot 536
17.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 537
17.2 Nykytila 537
17.3 Vaikutusten arviointi 540
17.3.1 Investointi- ja käyttökustannukset 540
17.3.2 Työllisyysvaikutukset 542
17.3.3 Verotulot 544
17.3.4 Kvalitatiiviset vaikutukset 546
17.3.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 547
17.4 Yhteisvaikutukset 547
17.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 547
17.6 Arvioinnin epävarmuudet 548
17.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 549
18 Luonnonvarat 550
18.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 550
18.2 Nykytila 551
18.3 Vaikutusten arviointi 552
18.3.1 Merituulivoimaloiden, voimajohtojen ja vetyputkistojen valmistamisen materiaalit 552
18.3.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 556
18.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset 556

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

18.3.4 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 556
18.3.5 Kiertotalous ja jätteet 557
18.3.6 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 559
18.4 Yhteisvaikutukset 559
18.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 560
18.6 Arvioinnin epävarmuudet 561
18.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 561
19 Ihmisten elinolot, viihtyvyys, virkistyskäyttö ja terveys 562
19.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 563
19.2 Vuorovaikutus ja palautteen keruu 563
19.3 Nykytilan kuvaus 567
19.4 Vaikutusten arviointi 573
19.4.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 573
19.4.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 576
19.4.3 Toiminnan jälkeiset vaikutukset 579
19.4.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 580
19.5 Yhteisvaikutukset 580
19.6 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 581
19.6.1 Rakentamisen aikaisten vaikutusten merkittävyys 581
19.6.2 Toiminnan aikaisten vaikutusten merkittävyys 582
19.7 Arvioinnin epävarmuudet 583
19.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 583
20 Turvallisuus sekä tutka- ja viestintäyhteydet 584
20.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 585
20.2 Vaikutusten arviointi 586
20.2.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 586
20.2.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 587
20.2.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 589
20.2.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 589
20.3 Yhteisvaikutukset 589
20.4 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 590
20.5 Arvioinnin epävarmuudet 590
21 Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa 590
21.1 Muut hankkeet 591
21.1.1 Suomen talousvyöhykkeen muut merituulivoimahankkeet 591
21.1.2 Aluevesien hankkeet 592

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

21.1.3 Ruotsin puolen hankkeet ... 595
21.1.4 Vetyputkihankkeet ... 598
21.1.5 Yhteenveto merialueen hankkeiden mahdollisista yhteisvaikutuksista ... 598
21.1.6 Merikaapeleiden rantautumisalueiden ympäristöön maalle sijoittuvat hankkeet ... 603
22 Rajat ylittävien vaikutusten arviointi ... 606
22.1 Ruotsin puolen nykytila ... 607
22.1.1 Merialuesuunnitelma ... 608
22.2 Asutus ja virkistyskäyttö ... 609
22.3 Luonnonympäristö ... 610
22.3.1 Vesistö ... 610
22.3.2 Kalasto ja ammattikalastus ... 610
22.3.3 Merinisäkkäät ... 612
22.3.4 Lepakot ... 612
22.3.5 Linnusto ... 612
22.3.6 Suojelualueet ... 617
22.4 Luonnonmaisema ... 618
22.5 Kulttuuriympäristö ... 618
22.5.1 Kulttuuriympäristön suojelualueet ... 619
22.6 Virkistysalueet ja matkailu ... 620
22.6.1 Kulttuuriympäristön arvokohteet ... 621
22.7 Satamat ... 622
22.8 Ilmailu ... 623
22.9 Yhteenveto Ruotsin kannalta keskeisistä vaikutuksista ... 624
23 Vaikutukset toiminnan jälkeen ... 628
24 Nollavaihtoehdon vaikutukset ... 628
25 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyyden arviointi ... 628
26 Haitallisten vaikutusten ehkäisy ja lieventämiskeinot ... 629
27 Ehdotus seurantaohjelmaksi ... 629
27.1 Linnusto ... 629
27.2 Melu ... 630
27.3 Vesistö, vedenalainen luonto ja kalasto ... 630
27.4 Ihmisten elinolot ja maisema ... 632
28 Termit ja lyhenteet ... 632
29 Lähdeluettelo ... 634

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Liiteluettelo

Liite 1	Maisemavaikutusten arviointi, havainnekuvat ja näkymäalue-analyysi (Maisema-arkkitehtitoimisto Väyrynen 2024)
Liite 2	Hallan merituulivoimapuiston sedimenttinäytteenoton sekä virtaus- ja vedenlaatutarkkailun tulokset 2022 (Luode Consulting Oy, Lindfors ym. 2023)
Liite 3	Hallan merituulivoimapuisto, hydrodynamiikka, sedimentin ja suolaveden leviämisen mallinnus (Niras 2023a, täydennetty 2024) (44 liitettä toimitettavissa erillisestä pyynnöstä)
Liite 4	Hallan merituulivoimapuiston vedenalaiset selvitykset 2022–2023 (Alleco Oy, Vasama & Leinikki 2023)
Liite 5	Hallan merituulivoimapuiston sedimentti- ja pohjaeläinnäytteenoton tulokset 2023 (Luode Consulting Oy, Lindfors ym. 2024)
Liite 6	Vedenalaisen melun vaikutustenarviointi, kalat ja merinisäkkäät (Niras 2023b)
Liite 7	Hallan merituulivoimapuiston ja vaihtoehtoisten kaapelireittien kaupallinen kalastus vuonna 2021 (Kala- ja vesitutkimus Oy 2023a)
Liite 8	Hallan merituulivoimapuiston kaloihin ja kalastukseen liittyvät lisäselvitykset (Kala- ja vesitutkimus Oy 2023b), sisältää: Kaupallisen kalastuksen kalastustiedustelu vuoden 2022 kalastuksesta Asiantuntija-arvio ja kirjallisuuskatsaus vaelluskalojen esiintymisestä Asiantuntija-arvio kalojen lisääntymisalueista Meriharjuksen kutualueselvitys
Liite 9	Hallan merituulivoimahanke, asukaskyselyn tulokset (AFRY Finland Oy 2024)
Liite 10	Hallan merituulivoimapuiston kalasto- ja habitaattiselvitys kesällä 2022 (Kala- ja vesitutkimus Oy 2023c), sisältää: COASTAL-verkkokoekalastukset ja kalojen habitaattikartoitukset (kaikuluotauksin ja vedenalaiskamerakuvauksin) vuonna 2022 merituulivoimapuiston matalilla alueilla
Liite 11	Hallan merituulivoimahankkeen mantereen sähkönsiirtoreittien luontoselvitykset 2022–2023 (AFRY Finland Oy 2024)
Liite 12	Natura-arvioinnit (AFRY Finland Oy 2024)
Liite 13	Natura-tarvearvioinnit (AFRY Finland Oy 2024)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Liite 14	Ilmastovaikutusten arviointi, erillisliite (AFRY Finland Oy 2024)
Liite 15	Arvio räjähtämättömien ammusten ja miinojen esiintymisriskistä Raahen edustalla (UXO-selvitys) (Luode Consulting Oy, Lindfors & Meriläinen 2023)
Liite 16	Liikenneanalyysi, Hallan merituulivoimapuisto, 160 tuulivoimalan suunnitelma (Sweco 2023a)
Liite 17	Merenkulun riskinarviointi, Hallan merituulivoimapuisto, 160 tuulivoimalan suunnitelma (Sweco 2023b)
Liite 18	Merenkulun riskinarviointi, Hallan merituulivoimapuisto, 120 tuulivoimalan suunnitelma (Sweco 2023c)
Liite 19	Merenkulun riskinarviointi, Hallan merituulivoimapuisto, vertailu 120 ja 160 tuulivoimalan suunnitelman välillä (Sweco 2023d)
Liite 20	Melumallinnus ympäristövaikutusten arviointiselostusta varten, tekninen raportti (AFRY Finland Oy 2024)
Liite 21	Hallan merituulivoimapuiston välkeselvitys (AFRY Finland Oy 2024)
Liite 22	Riskimatriisi, vedyn tuotanto ja varastointi (Halla Offshore Wind Oy 2024)
Liite 23	Riskimatriisi, merituulivoimapuisto (Halla Offshore Wind Oy 2024)
Liite 29	Merenkulun palautekeskustelu (Halla Offshore Wind Oy 2024)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

1 MERITUULIVOIMAPUISTON TEKNINEN KUVAUS

1.1 Suunnitteluperusteet

Hallan merituulivoimapuisto sijaitsee ulkomerellä Suomen talousvyöhykkeellä lähimmillään noin 23 kilometriä Hailuodosta länteen. Merituulivoimapuistoa lähinnä olevat paikkakunnat mantereella ovat Siikajoki (noin 30 kilometriä), Raahe (noin 35 kilometriä) ja Oulu (noin 65 kilometriä) (Kuva 1-1 ja Kuva 1-2). Tuulivoimapuiston alue on laajuudeltaan enintään noin 575 km^2 (VE1) (VE2 enintään 550 km^2) ja sen syvyys vaihtelee noin 12–60 metrin välillä (Kuva 1-3). Merituulivoimapuiston kokonaisteho on noin 2,4–3 GW.

Merituulivoimapuisto koostuu enintään 160 meriperustuksille asennettavasta tuulivoimalasta (VE1, Kuva 1-1) (VE2: 120 tuulivoimalaa, Kuva 1-2). Tuulivoimaloiden kokonaiskorkeus merenpinnasta on enintään 370 metriä ja voimaloiden välinen etäisyys päätuulensuunnassa yli 2 kilometriä. Muissa suunnissa voimaloiden välinen etäisyys voi olla vähemmän, noin 1,5 kilometriä. Tietyissä tilanteissa voimaloiden välinen etäisyys voi olla myös pienempi kuin 1,5 kilometriä, minimissään kuitenkin 1 kilometri esimerkiksi tilanteissa, joissa joudutaan rajaamaan pois tiettyjä alueita voimaloilta merenpohjan olosuhteiden takia. Voimaloiden lisäksi merituulivoimapuistoon kuuluu sisäinen sähkönsiirto eli voimaloiden väliset sähkökaapelit ja merisähköasemia.

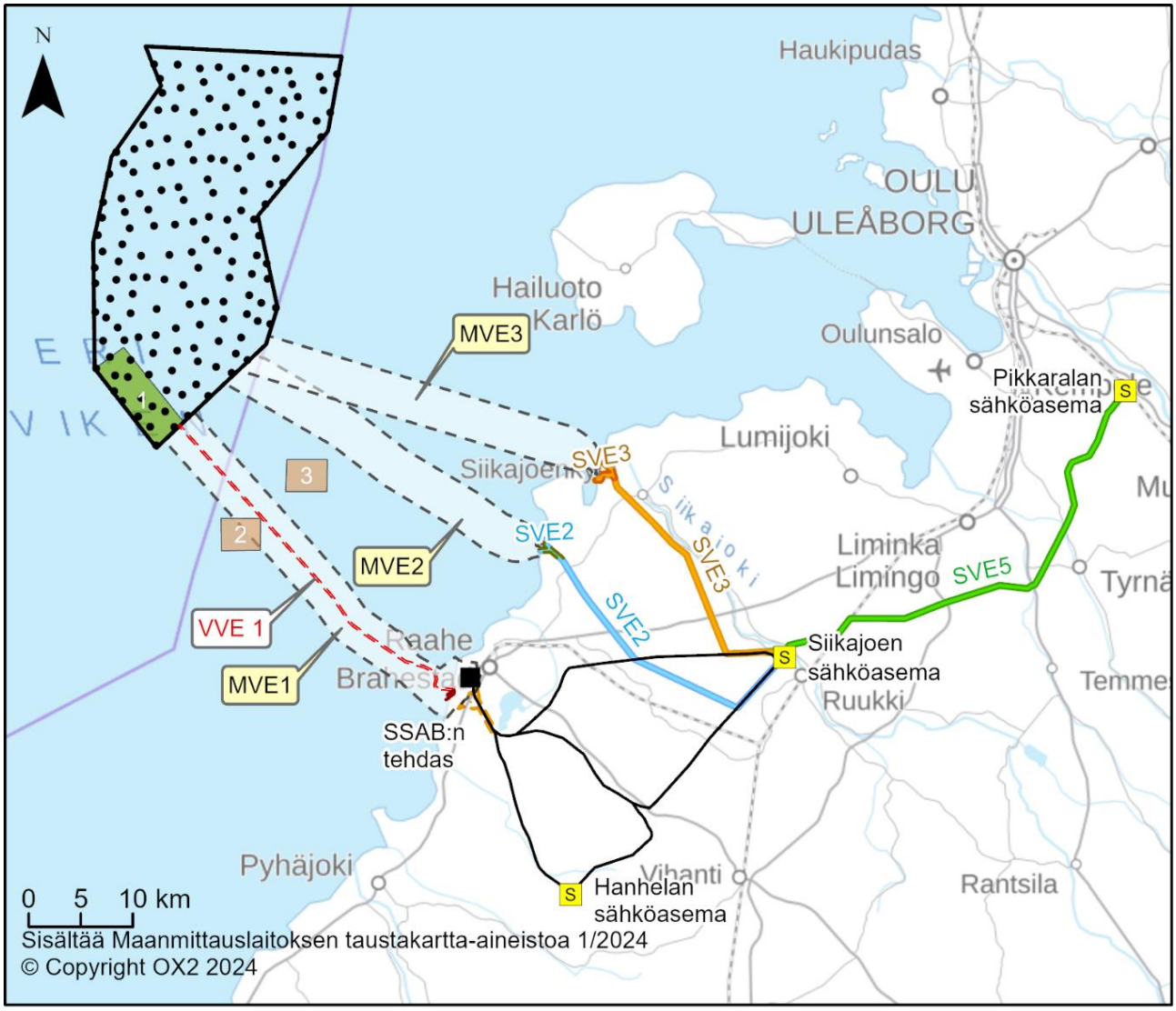
Merellä tuotettu sähkö tuodaan merisähköasemilta maihin merikaapeleilla. Merikaapeleiden osalta tarkastellaan kolmea vaihtoehtoista reittiä (MVE1, MVE2 ja MVE3). Mantereella sähkönsiirto toteutetaan ranta-alueella maakaapeleilla mantereen sähköasemalle saakka, josta jatketaan voimajohdoilla (YVA-selostus Osa B) kantaverkkoon asti. Kaikki merikaapelit (enintään 10 kpl) voivat sijoittua kokonaisuudessaan reitille MVE1 tai ne jaetaan kahdelle eri reitille (5 kaapelia per reitti; MVE1, MVE2 ja MVE3). Kahta merikaapelireittiä käytettäessä sähkönsiirto mantereella tapahtuu kahdelle eri sähköasemalle (vaihtoehdot Hanhela, Siikajoki ja Pikkarala). Merituulivoimapuiston alue ja siihen kuuluvan sähkönsiirron reittivaihtoehtojen kokonaisuus on kuvattu kartalla seuraavissa kuvissa (Kuva 1-1 ja Kuva 1-2).

Hankkeessa voidaan tuottaa merellä myös vetyä. Vetyä voidaan tuottaa joko keskitetyillä vetyasemilla (enintään 3–8 asemaa tuulivoimapuiston alueella), tai kunkin merituulivoimalan tornin alaosaan asennettavalla yksiköllä. Vedyn siirto mantereelle tapahtuu vetyputkella, jolle on yksi reittivaihtoehto (VVE1). Reitti noudattelee samaa käytävää kuin merikaapelireitti MVE1. Vetytaloutta on käsitelty tarkemmin luvussa 2. Hankkeen molemmissa vaihtoehdoissa (VE1 ja VE2) tuotetaan joko sähköä tai vetyä, tai mahdollisesti molempia esimerkiksi suhteessa 40 % vetyä ja 60 % sähköä. Ympäristövaikutusten arvioinnissa on arvioitu hankkeen rakentamisen sekä toiminnan ajan ja purkamisen maksimivaikutukset. Suurimmat vaikutukset rakentamisen ajan osalta on arvioitu aiheutuvan hankekokonaisuudesta, jossa tuotettaisiin 100 % sähköä, koska tällöin rakennetaan suurempi määrä merikaapeleita (enintään 10 kpl) verrattuna hankekokonaisuuteen, jossa tuotettaisiin puolestaan 100 % vetyä ja tarvittaisi vain yksi vetyputki. Lisäksi on arvioitu toiminnan aikaiset maksimivaikutukset, jotka syntyvät hankekokonaisuudesta, jossa 100 % sähköenergiasta käytetään vedyn tuotantoon (12 TWh), josta muodostuu merituulivoimatuotannon vaikutusten lisäksi lämpö- ja suolakuormaa meriveteen.

Merituulivoimapuiston tuottama energiamäärä riippuu voimaloiden yksikkötehosta ja määrästä, paikallisista tuuliolosuhteista, voimaloiden toisilleen aiheuttamista vanahäviöistä ja sähkönsiirron häviöistä. Yksittäisen voimalan teho on arviolta 15–25 MW ja puiston arvioitu vuosituotanto on noin 12 000 000 MWh (12 TWh).

Eri vaikutusten muodostumisen osalta merituulivoimassa vaikutuksen aiheuttaja vaihtelee vaikutustyypeittäin. Esimerkiksi voimalateho on harvassa vaikutustyypissä määrittävä tekijä. Sen sijaan vaikutuksia muodostuu enemmän esimerkiksi voimaloiden ulkoisiin mittoihin, sijaintiin, voimalan lähtöäänitasoon tai perustuksen kokoon liittyen. Tässä YVA-menettelyssä tehdyt mallinnukset ja vaikutusten arvioinneissa käytetyt hanketiedot on pyritty tekemään niin, että jokaisen vaikutustyypin osalta on arvioitu enimmäisvaikutus. Esimerkiksi sameuden leviämisen mallinnuksessa on käytetty suurinta ja eniten samentumista aiheuttavaa perustustyyppiä ja meriläjitystä. Rakentamisen aikaisessa melumallinnuksessa on arvioitu paaluperustusten asentaminen, joka aiheuttaa melua eniten.

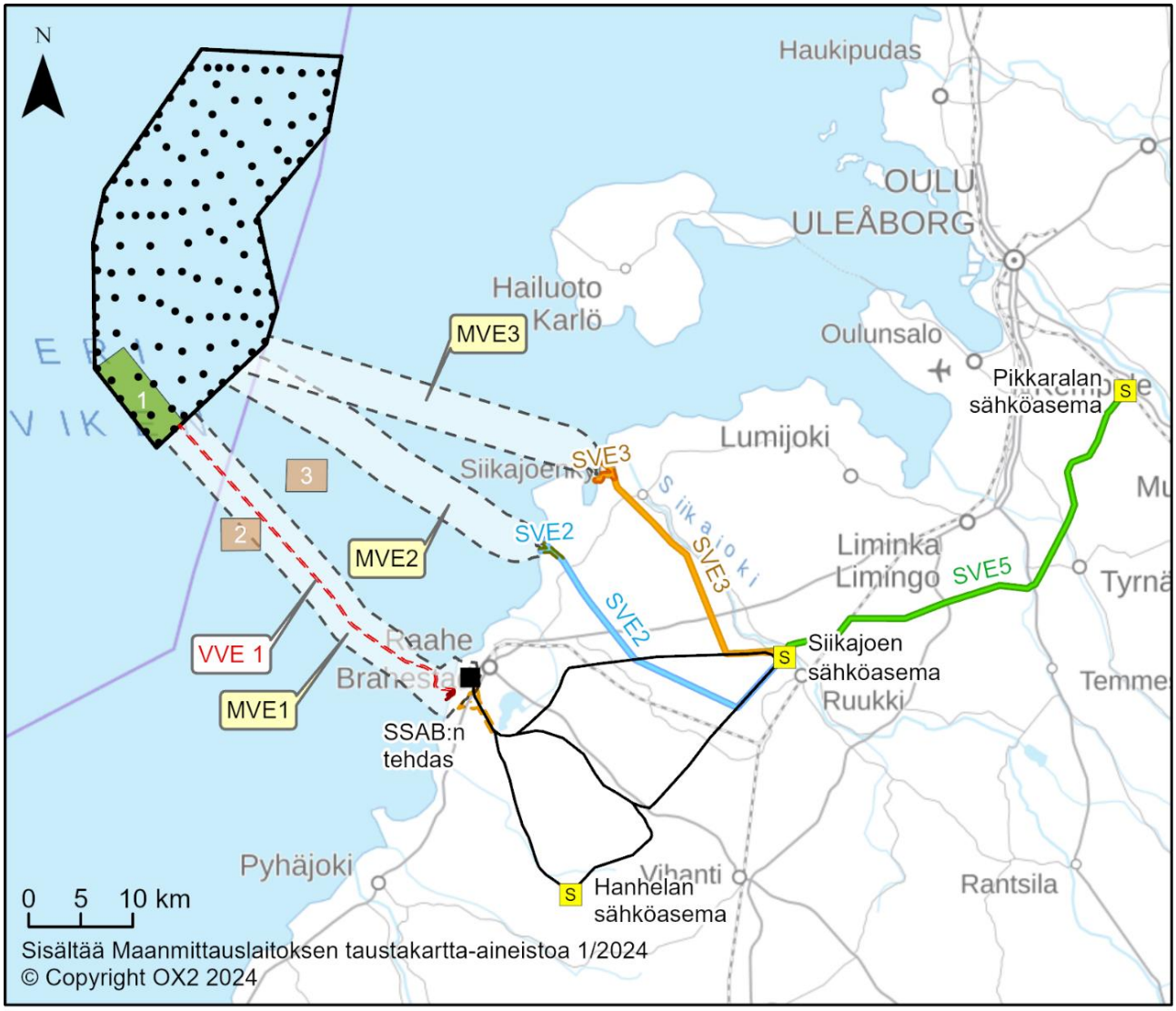
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Tuulivoimapuiston alue
Tuulivoimala VE1
Sähköasema-alue
Vetyvarastoalue
Merikaapelireitti
Vetyputkireitti
Sähköasema
Vaihtoehtoiset läjitysalueet / tuulipuisto
Vaihtoehtoiset läjitysalueet / merikaapelireitit
Voimajohtoreitti SVE2
Voimajohtoreitti SVE3
Voimajohtoreitti SVE5
Voimajohtoreitti SSAB

Kuva 1-1. Hankealueen sijainti. Tuulivoimapuiston aluerajaus (VE1, 160 tuulivoimalaa, pinta-ala on enintään 575 km^2), merikaapelireitit, vetyputkireitti, läjitysalueet sekä sähkönsiirtoreitit mantereella. SSAB:n voimajohtoreittejä ei arvioida tässä Hallan YVA-menettelyssä, ne on arvioitu aiemmin läpikäydyssä SSAB:n YVA-menettelyssä. Kartalla esitetyt merikaapelireitit ovat 4 kilometriä levyisiä alueita, joiden sisälle lopulliset suunnittelun myötä tarkentuneet merikaapelilinjaukset sijoittuvat. Rantautumiskohdissa kaapelireitit ovat kapeampia.

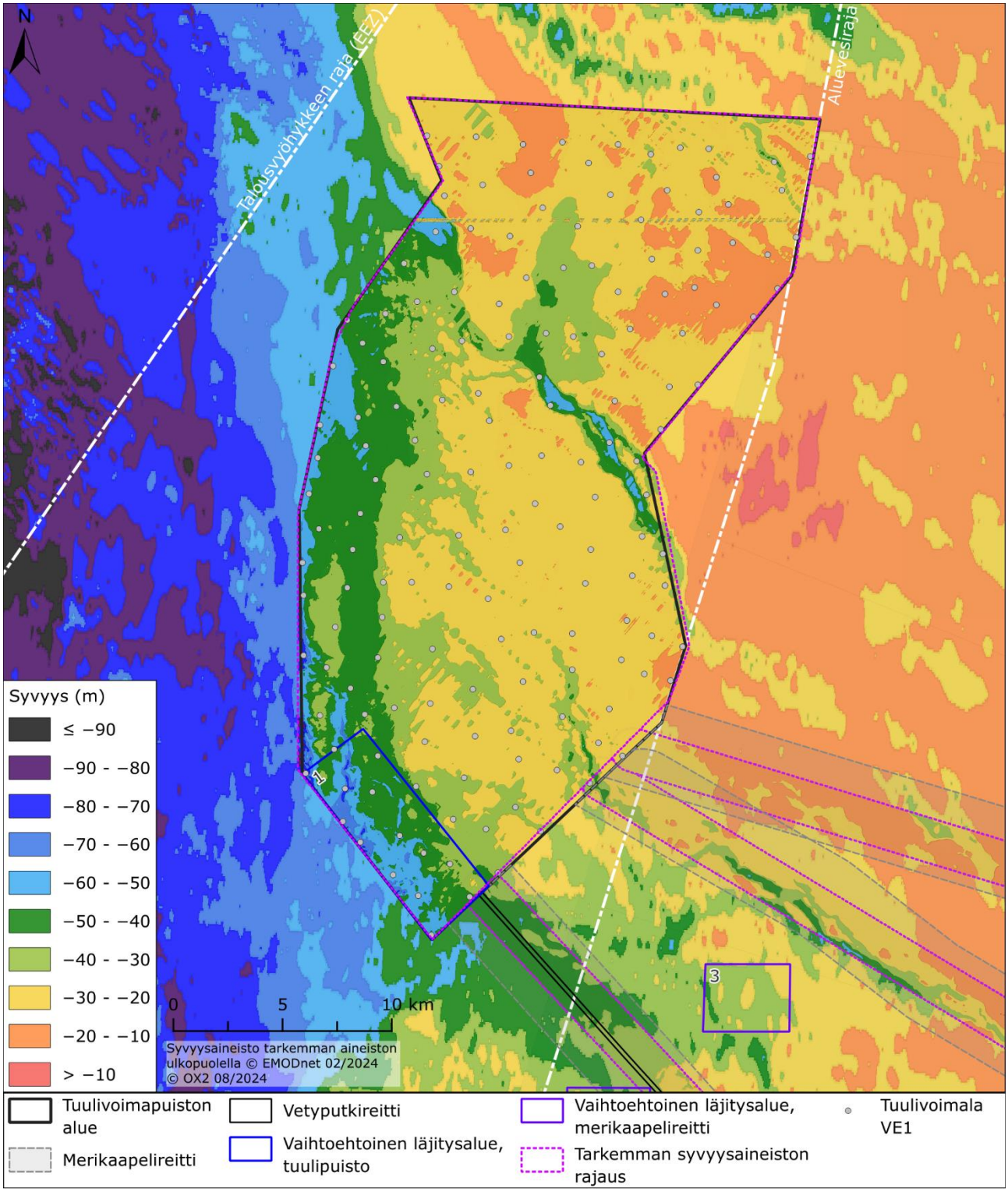
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Tuulivoimapuiston alue
Tuulivoimala VE2
Sähköasema-alue
Vetyvarastoalue
Merikaapelireitti
Vetyputkireitti
Sähköasema
Vaihtoehtoiset läjitysalueet / tuulipuisto
Vaihtoehtoiset läjitysalueet / merikaapelireitit
Voimajohtoreitti SVE2
Voimajohtoreitti SVE3
Voimajohtoreitti SVE5
Voimajohtoreitti SSAB

Kuva 1-2. Hankealueen sijainti. Tuulivoimapuiston aluerajaus (VE2, 120 tuulivoimalaa, pinta-ala on enintään 550 km^2), merikaapelireitit, vetyputkireitti, läjitysalueet sekä sähkönsiirtoreitit mantereella. SSAB:n voimajohtoreittejä ei arvioida tässä Hallan YVA-menettelyssä, ne on arvioitu aiemmin läpikäydyssä SSAB:n YVA-menettelyssä. Kartalla esitetyt merikaapelireitit ovat 4 kilometriä levyisiä alueita, joiden sisälle lopulliset suunnittelun myötä tarkentuneet merikaapelilinjaukset sijoittuvat. Rantautumiskohdissa kaapelireitit ovat kapeampia.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



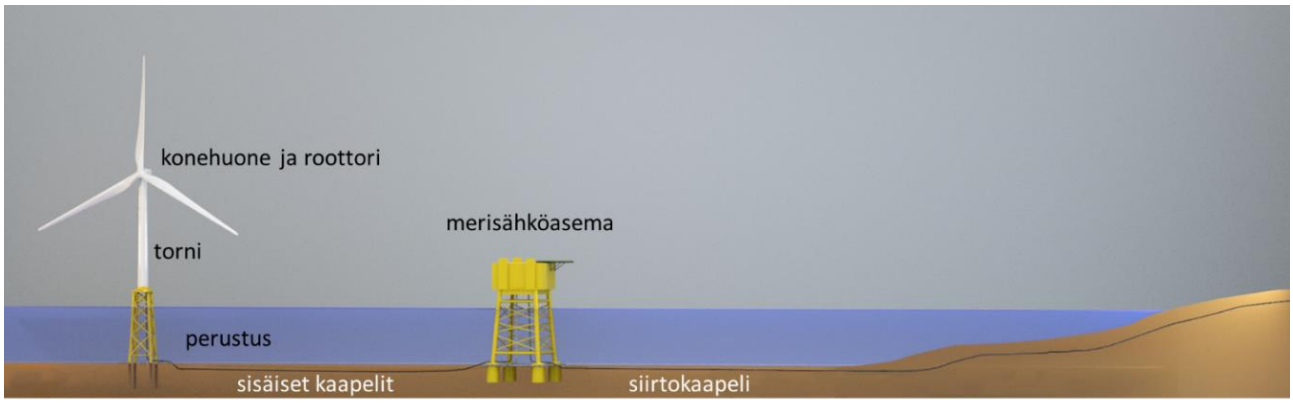
Kuva 1-3. Merituulivoimapuiston syvyystiedot.

Merituulivoimapuisto koostuu tuulivoimaloista, jotka on asennettu merenpohjaan eri tavoin kiinnitettyihin perustuksiin ja sisäisistä kaapeleista, jotka liittävät tuulivoimalat toisiinsa. Kaapelit on olosuhteista riippuen joko laskettu pohjalle tai haudattu merenpohjan alle, ja niissä on mukana valokuitukaapeli tuulivoimaloiden tiedonsiirtoa varten. Tuulivoimaloilta tulevat sisäiset kaapelit on kytketty merisähköasemaan ja hankkeen sähköasemat yleensä toisiinsa. Merisähköasema sisältää sähkölaitteita, kuten mm. muuntajia, kytkinlaitteita ja kompensointilaitteistoja,

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

esimerkiksi jännitteen nostamiseksi korkeammalle tasolle, jotta sähkö saadaan siirrettyä tehokkaasti (Kuva 1-4) (YVA-selostus Osa B).

Merisähköasemalta mantereelle sähkön siirto toteutetaan tarvittavalla määrällä siirtokaapeleita (enintään 10 kpl). Mereltä tulevat siirtokaapelit johdetaan mantereella maasähköasemalle, josta sähkönsiirtoa jatketaan 400 kV:n voimajohdolla aina kantaverkon liityntäpisteeseen asti.



Kuva 1-4. Esimerkki tuulivoimapuiston eri osista (OX2 2021).

1.2 Merituulivoimalat

Tuulivoimala koostuu tornista, nasellista (konehuone), navasta ja roottorista, ja se asennetaan merenpohjaan kiinnitettyyn perustukseen. Kunkin tuulivoimalan tuottama sähkö siirretään tuulivoimapuiston sisäisillä kaapeleilla merisähköasemaan. Tuulivoimapuiston sisäiset kaapelit sijaitsevat merenpohjassa tuulivoimaloiden välissä, ja niissä käytetty valokuitukaapeli toimii yhteyslinkkinä tuulivoimaloihin.

Tehokkaimmat ja tähän mennessä eniten rakennetut tuulivoimalat ovat kolmilapaisia vaaka-akselituulivoimaloita. Tuulivoimalan tarkka rakenne riippuu mallista ja valmistajasta.

Tuulivoimalat alkavat tuottaa sähköä tuulen nopeuden ollessa noin 3 m/s ja saavuttavat maksimituotannon tuulen nopeuden ollessa 10–14 m/s. Tuulivoimalat tuottavat sähköä tuulen nopeuden ollessa korkeintaan noin 30 m/s. Voimalat on suunniteltu menemään automaattisesti pois tuotannosta tuulen nopeuden noustessa tätä suuremmaksi, ja siten suojaamaan itseään rikkoutumisilta.

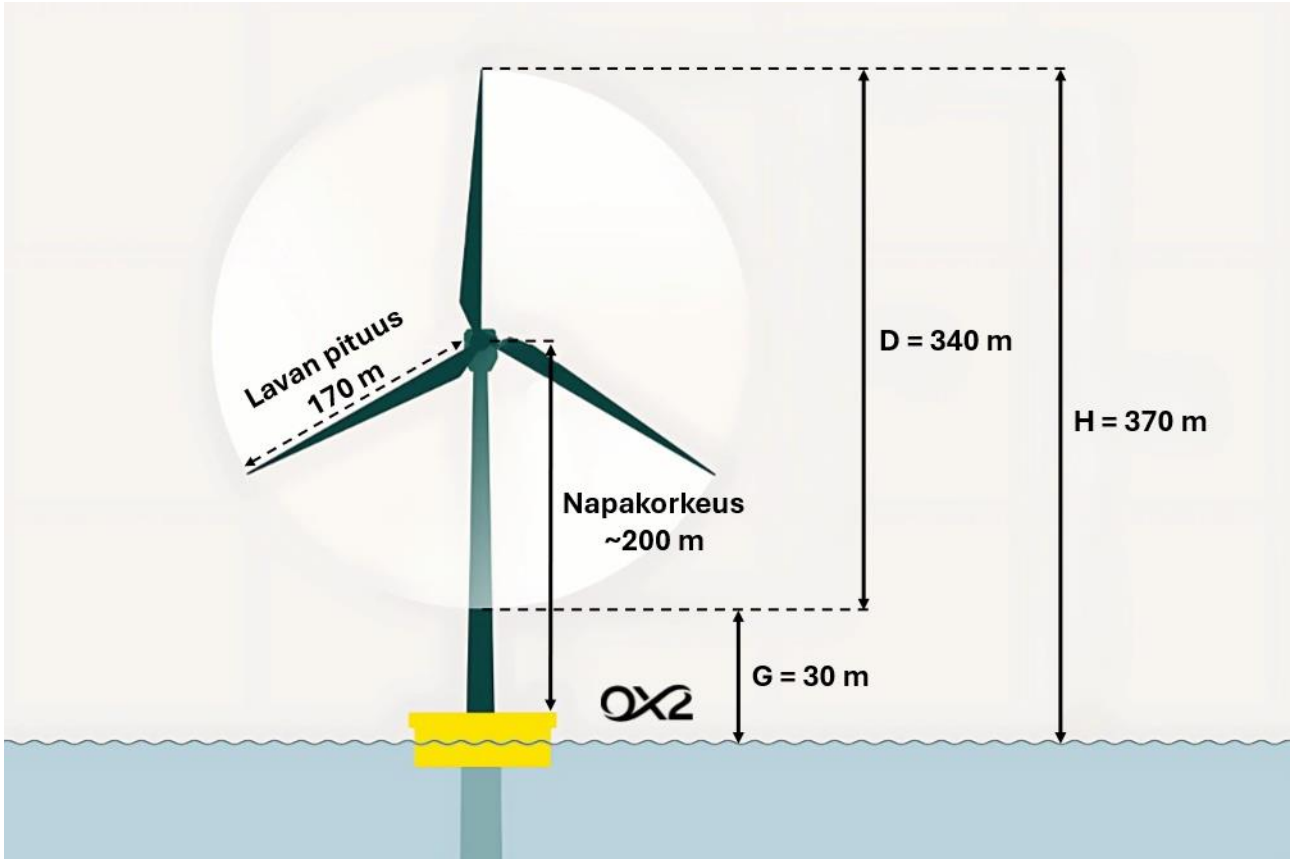
Tällä hetkellä tuotannossa olevien tuulivoimaloiden tekninen käyttöikä on 20–25 vuotta, mutta koneistoja ja komponentteja uusimalla käyttöikää on mahdollista jatkaa pidempäänkin, mikäli muiden rakenteiden kuten tornien ja perustuksien kunto sen sallivat. Johtuen teknologian nopeasta kehityksestä käyttöiäksi arvioidaan 35–40 vuotta siinä vaiheessa, kun merituulivoimapuistoa rakennetaan.

Tuulivoimaloiden lopullinen lukumäärä, kapasiteetti ja koko määräytyvät teknisen kehityksen nopeuden mukaan. Tällä hetkellä markkinoilla on jo saatavilla 15 MW:n merituulivoimaloita. Tähän mennessä tapahtuneen kehityksen ja valmistajien ennusteiden perusteella tuulivoimalan tehon odotetaan vuonna 2030 olevan noin 25 MW. Oheisessa taulukossa (Taulukko 1-1) ja kuvassa (Kuva 1-5) on esitetty esimerkkejä tässä ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa arvioitavien merituulivoimaloiden mitoituksesta.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 1-1. Esimerkki tuulivoimaloiden teknisistä arvoista. On huomioitava, että yksikköteho ja voimaloiden arvioidut mitat eivät ole jokaisessa vaikutustyypissä merkitseviä, vaan vaikutukset saattavat muodostua muista kuin taulukkoon listatuista tekijöistä, kuten lähtöäänitasosta tai asennusmenetelmistä.

Vaihtoehto	VE1	VE2
Tuulivoimaloiden lukumäärä	160	120
Merituulivoimapuiston pinta-ala	575 km^2	550 km^2
Yksikköteho	15 MW	25 MW
Kokonaisteho	2,4 GW	3,0 GW
Arvioitu vuosituotanto	12 TWh	12 TWh
Roottorin halkaisija D (m)	340	340
Lakikorkeus H (m)	370	370
Napakorkeus (m)	noin 200	noin 200
Lavan pituus (m)	170	170
Vapaa korkeus G (m)	30	30



Kuva 1-5. Ympäristövaikutusten arvioinnissa käytetyt tuulivoimaloiden enimmäismitat (OX2 2024).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankkeesta aiheutuu tarvetta muokata merenpohjaa oheisen taulukon (Taulukko 1-2) mukaisesti: mm. ruoppausta, vesipainepuhallusta kaapelien asentamisessa, voimaloiden ja sähköasemien perustusten pohjien valmistelua kiviaineskerroksilla sekä läjitystä. Läjitysalueiden pinta-alat on esitetty vaihtoehdoittain. Läjitysalueet ovat keskenään vaihtoehtoisia ja tarkemmat tiedot läjitysalueista, kuten läjitysalueiden määrästä ja sijainnista, tarkentuvat suunnittelun edetessä. Yhteensä tuulivoimapuiston noin 575 km^2 pinta-alasta pohjan muokkausta tarvitsee tehdä noin 4,4 km^2 alueella, eli noin 0,8 % osuudella. Lisäksi merikaapelit Suomen talousvyöhykkeellä ja aluevesillä tarvitsevat arviolta pohjan muokkausta enintään noin 1,9 km^2 alueella.

Taulukko 1-2. Hankkeen toimintojen enimmäismäärät ja niistä aiheutuvan pohjan muokkauksen pinta-alat ja ruoppausmäärät.

Hankkeen toiminto	Enimmäismäärä (kpl) Enimmäispituus (m)	Tarvittava pohjan muokkauksen pinta-ala (ha)	Tarvittava ruoppausmäärä (m^3)
Tuulivoimalat*	160 kpl	25,5 (painovoimaperustus)	2 500 000 – 3 000 000 (painovoimaperustus)
Merisähköasemat	8 kpl	3,2 (painovoimaperustus)	(sisältyy tuulivoimalat -arvioon)
Hankealueen sisäinen kaapelointi*	318 000 m	111	(sisältyy tuulivoimalat -arvioon)
Merikaapelit hankealueelta mantereelle	536 000 m (10 kpl)	187	1 200 000
Meriläjitysalue 1 tuulivoimapuiston alueella (3 300 ha)*		300**	
Meriläjitysalue 2 kaapelireittien läheisyydessä (1 200 ha)		90**	
Meriläjitysalue 3 kaapelireittien läheisyydessä (1 200 ha)		90**	
Yhteensä		**807**	**3 700 000 – 4 200 000**

**sijoittuu tuulivoimapuiston alueelle*

***arvioitu meriläjitysalueista käytettävä pinta-ala*

1.2.1 Väri, merkintä ja valaistus

Tuulivoimaloiden tyypillinen väri tornit ja lavat mukaan lukien on vaaleanharmaa (esimerkiksi RAL 7030). Voimaloiden perustukset saattavat olla tarpeen merkitä keltaisella merenpinnan tasolta tiettyyn korkeuteen saakka merenpinnan yläpuolella kansainvälisten standardien mukaisesti. Paaluperustukset maalataan tavallisesti keltaiseksi lukuun ottamatta ulkoisia tasoja ja mahdollisia jääkartio-/kaulusrakenteita, jotka ovat yleensä vaaleanharmaita. Tämän lisäksi on

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

mahdollista, että yövalot tullaan asentamaan voimaloihin IALA:n ohjeistusten mukaan (G1162 The marking of offshore man-made structures - IALA AISM, iala-aism.org).

Ilmailulaki (864/2014) ei ole tällä hetkellä voimassa Suomen talousvyöhykkeellä. Talousvyöhykkeelle sijoittuvien tuulivoimaloiden merkitsemiskäytännöt varmistetaan jatkosuunnittelussa ja luvituksessa yhteistyössä viranomaisen kanssa sekä noudattaen sen hetkistä lainsäädäntöä sekä kansainvälisiä standardeja.

Tarkat merkintävaatimukset määritellään viranomaisvaatimuksia noudattaen sekä kansallisten ja kansainvälisten vaatimusten mukaan. Tuulivoimalat saattavat edellyttää valaistusta ja merkitsemistä siten, että ne havaitaan lentokoneista ja aluksista. Lentoliikenteen turvallisuuden takaamiseksi voimalat varustetaan tarvittaessa asetusten ja määräysten sekä voimaloille saatavan lentoesteluvan mukaisilla lentoestevaloilla. Lentoestevalojen valinnassa noudatetaan Liikenne- ja viestintäviraston Traficomin ohjeita ja vaatimuksia. Lentoestevalo on värisävyltään joko valkoinen tai punainen. Tuulivoimapuistojen lentoestevalojen tulee välähtää samanaikaisesti. Yöaikaan valo voi olla myös kiinteästi päällä. Valojen sijainti ja lukumäärä suunnitellaan niin, että vähintään yksi konehuoneen ja kaksi kunkin välikorkeuden estevaloista on havaittavissa kaikista ilma-aluksen lähestymissuunnista voimalan rakenteista huolimatta. Lentoestevalaistuksen suunnittelussa pyritään huomioimaan toimet, joilla voidaan lieventää valaistuksen vaikutuksia lähiympäristöön. (Liikenne- ja viestintävirasto Traficom 2020)

1.2.2 Merituulivoimalan toimintaan liittyvät kemikaalit

Tuulivoimaloissa käytetään yleensä erilaisia kemikaaleja, kuten öljyä ja voiteluaineita sekä jäähdytysainetta. Määrät vaihtelevat voimalamallin ja koon mukaisesti. Tuulivoimala voi sisältää myös hiilidioksidia tai muuta kaasua palosuojauksena. Voimaloiden komponentit tai rakenteet, jotka sisältävät kemikaaleja kuten öljyä tai voiteluaineita, on suunniteltu suljettuina järjestelminä vuotojen estämiseksi. Poikkeustilanteissa kemikaalivuodot ohjautuvat siihen soveltuvaan vuodonhallintaan, kuten valuma-altaaseen. Kemikaalien varastointi tullaan suunnittelemaan turvallisuusmääräysten ja -vaatimusten mukaisesti huomioiden mm. asianmukaiset vuotosuojaukset. Varastoinnin yksityiskohdat tarkentuvat suunnittelun edetessä. Tarvittavat kemikaalit, niiden määrät, varastointi ja käyttö tullaan kuvaamaan tarpeellisilta osin seuraavissa lupavaiheissa. Kemikaalien ja öljyjen kokonaismäärän yhdessä tuulivoimalassa arvioidaan olevan enintään 20 000–25 000 litraa.

Riippuen merisähköasemien tarkasta tyypistä ja rakenteesta asemat voivat sisältää jäähdytysaineita, öljyjä ja kaasua palosuojana. Muuntajan ympärillä on vuotoallas, joka kerää poikkeustilanteissa mahdollisesti syntyvät öljyvuodot. Merisähköasemalle asennetaan tarvittaessa dieselgeneraattori tai muu vastaava varavoimalähde.

1.3 Merituulivoima-alan kehitys

Merituulivoima-ala kehittyy voimakkaasti, minkä vuoksi on tällä hetkellä vaikeaa ennustaa tarkasti, millaista teknologiaa tuulivoimapuiston rakentamishetkellä on saatavilla. Tuulivoimalat ovat viime vuosina kasvaneet yhä suuremmiksi ja tehokkaammiksi, mikä mahdollistaa entistä suuremman sähköntuotannon per voimala. Voimaloiden koon kasvua vuosien aikana on havainnollistettu ohessa (Kuva 1-6).

Teknologinen kehitys tehon osalta on seurausta pääosin kasvavasta roottorin koosta, jonka seurauksena voimalateho kasvaa. Tämä merkitsee suurempaa kokonaiskorkeutta ja tuulivoimaloiden välisen etäisyyden kasvattamista merituulivoimapuistoissa, jotta voimalat eivät varjosta toisiansa liiaksi. Tuulivoimalan perustuksia sekä asennustekniikoita kehitetään ja parannetaan niin ikään koko ajan. Kaapeleiden kapasiteetti on kasvanut, ja on myös tullut mahdolliseksi rakentaa erilaisia erityyppisiin merituulivoimapuistoihin soveltuvia merisähköasemia. Sähkön tuotantokustannukset merituulivoimalla ovat edellä mainitun kehityksen myötä laskeneet jyrkästi ja kustannusten laskun nähdään yhä jatkuvan.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 1-6. Havainnollistus merituulivoimateknologian kehityksestä vuodesta 2007 2,3 MW voimaloista tänä päivänä julkaistuihin 15 MW voimaloihin sekä ennusteita tulevien vuosien voimalateknologian kehityksestä yli 20 MW voimaloihin. Näsinneula kuvassa oikealla tuomassa mittasuhdetta kokoluokkaan. Näsinneulan kokonaiskorkeus antennin päähän on 168 metriä. (OX2 2021)

Monista osatekijöistä, kuten tuulivoimaloiden tarkasta sijainnista tuulivoimapuiston alueella, perustusten valinnasta sekä käytettävistä asennustekniikoista, päätetään seuraavissa vaiheissa yksityiskohtaisen suunnittelun edetessä. Tekninen kuvaus perustuu erilaisiin kuvauksiin nykyisin käytössä olevista teknisistä ratkaisuista ja asennusmenetelmistä sekä oletukseen niiden kehityksestä.

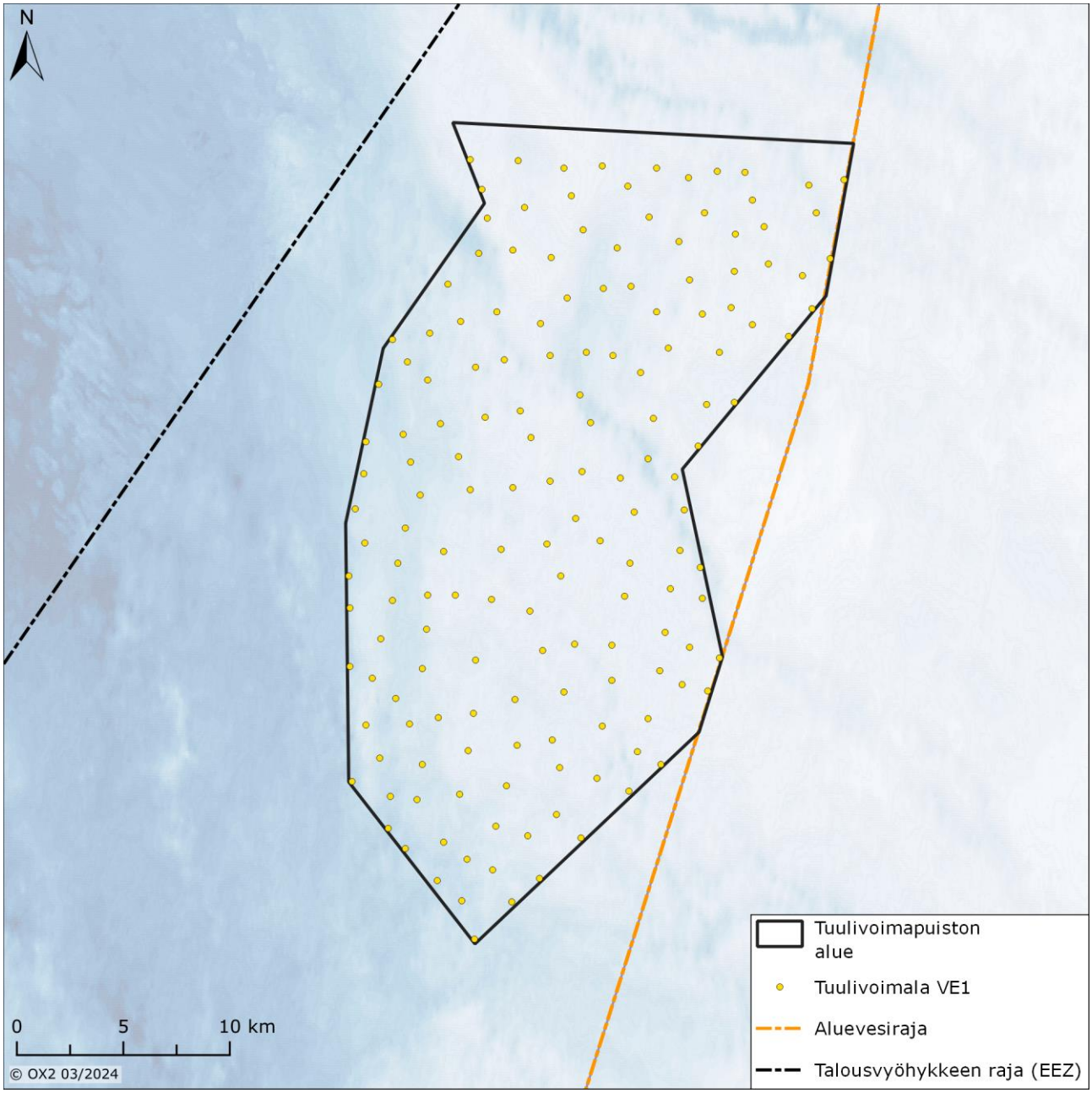
YVA-menettelyssä pyritään varautumaan tulevaan tekniseen kehitykseen mahdollisimman hyvin ja arvioimaan hankkeen vaikutuksia eri osa-alueisiin maksimivaikutusperiaatteella mm. ottamalla huomioon arvion tulevaisuuden nykyistä suurempien tuulivoimaloiden mitoista ja tehoista ja niiden aiheuttamista vaikutuksista.

1.4 Merituulivoimaloiden sijoittelu

Merituulivoimapuiston suunnittelu, voimaloiden, kaapeleiden ja merisähköasemien sijoittelu alueella sopeutetaan aina alueen olosuhteisiin. Suunnittelu on monien tekijöiden huomioimista ja näitä tekijöitä ovat muun muassa alueen ilmasto, aallokko, virtaukset, jääolosuhteet, vedensyvyys ja merenpohjan geologiset ominaisuudet sekä hankkeen ympäristövaikutukset.

Voimaloiden välinen etäisyys arvioidaan olevan päätuulensuunnassa yli 2 kilometriä, jotta voimalat eivät vie toistensa tuulelta liikaa voimaa. Muissa suunnissa voimaloiden välinen etäisyys voi olla vähemmän, noin 1,5 kilometrin luokkaa, ja minimissään 1 kilometri. Oheisessa kuvassa on esimerkki Hallan merituulivoimaloiden sijoittelusta (Kuva 1-7). Tuulivoimaloiden määrä ja sijoittuminen tarkentuu hankkeen suunnittelun edetessä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



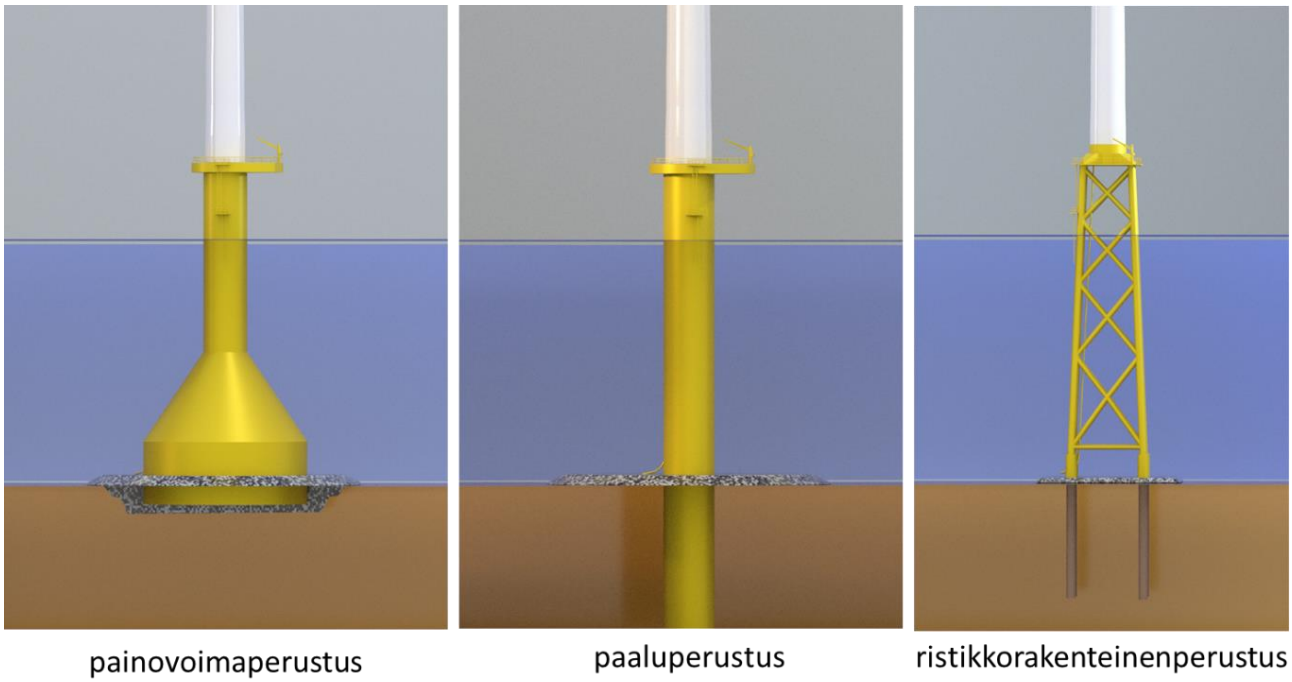
Kuva 1-7. Esimerkki Hallan merituulivoimapuiston 160 tuulivoimalan sijoittelusta (VE1).

1.5 Merituulivoimaloiden perustukset

Perustuksen valinta on riippuvainen monista tekijöistä, joista keskeisimmät ovat veden syvyys, merenpohjan geologia, tuuli, aallot ja jääolosuhteet sekä perustusten ympäristövaikutukset ja kustannukset. Koska sekä veden syvyys että geologiset olosuhteet vaihtelevat alueella, merituulivoimapuistossa voidaan käyttää erityyppisiä perustuksia. Nykyisin saatavilla olevan tekniikan perusteella arvioidaan, että voimalat voidaan rakentaa merenpohjaan kolmella erityyppisellä kiinteällä perustustyypillä: painovoimaperustus, paaluperustus ja ristikkorakenteinen perustus (Kuva 1-8). Kolmea kiinteää perustyyppiä voidaan lisäksi yhdistää ns. hybridiperustukseksi. Seuraavassa on kuvattu kyseiset perustustyypit. Tekstissä esitetyt perustusten mitat ovat arvioituja maksimimittoja ja niitä tarkennetaan hankkeen jatkosuunnittelussa tarkempien pohjaolosuhteiden selvitysten jälkeen. Lopullinen perustuksen koko määrittyy useiden tekijöiden kuten voimalakoon, pohja- ja jääolosuhteiden sekä vedensyvyyden perusteella. Perustuksen koko voi erota eri voimalapaikkojen välillä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Perustuksen ympärille asennetaan tarvittaessa eroosiosuojaus, jonka tarkoitus on suojata ja tukea rakennetta. Eroosiosuojaus koostuu yleensä alemmasta sorakerroksesta ja ylemmästä, sekakokoisesta kivestä koostuvasta kerroksesta.



Kuva 1-8. Esimerkkejä erilaisista kiinteistä perustuksista (OX2 2024).

1.5.1 Painovoimaperustus (gravitaatioperustus)

Painovoimaperustus on yleensä suuri betoni- tai teräsrakenne, jonka painovoima pitää paikallaan. Painovoimaperustuksia on asennettu Suomen, Ruotsin ja Tanskan vesille, ja ne tulevat kyseeseen erityisesti alueilla, joilla ilmenee suurempia jääkuormia. Painovoimaperustuksille tarvitaan kiinteähkö merenpohja. Painovoimaperustusten asentaminen edellyttää tasaista merenpohjaa, ja merenpohjaa voi olla tarpeen valmistella ennen asennusta. Merenpohjan pinta voidaan poistaa ruoppaamalla, minkä jälkeen pohjasta tehdään tasainen ja kiinteä lisäämällä mursketta tai soraa.

Painovoimaperustuksen suunnittelu on riippuvainen voimalan koosta, sillä sen tehtävänä on vastustaa voimalan synnyttämää liikettä, minkä lisäksi on otettava huomioon aalto-, jää- ja syvyysolosuhteet. Eroosiosuojaus saatetaan vaatia rakennettavaksi, jos se on virtausten, aaltojen ja merenpohjan ylimpien kerrosten vuoksi tarpeen. Jään perustukseen kohdistaman vaikutuksen vaimentamiseksi voidaan asentaa jääkartio- tai kaulusrakenne. Painovoimaperustuksen halkaisijan arvioidaan olevan enimmillään 52 metriä ilman eroosiosuojausta, jolloin yhden perustuksen pohjan pinta-ala on enimmillään noin 2 100 m^2.

1.5.2 Paaluperustus (monopile)

Paaluperustus on putkimainen teräspaalu, joka juntataan tai porataan merenpohjaan. Paaluperustus on alalla yleisimmin käytetty perustustyyppi. Merenpohjan valmistelua ei useimmissa tapauksissa tarvita ennen perustusten asentamista.

Paaluperustukset ovat teknisesti toteutettavissa monenlaisilla merenpohjatyypeillä ja ne suunnitellaan mukautumaan hankekohtaisiin muuttujiin, kuten veden syvyyteen, jääolosuhteisiin ja maaperän tyyppiin. Eroosiosuojaus saatetaan vaatia rakennettavaksi, jos se on virtausten, aaltojen ja merenpohjan ylimpien kerrosten vuoksi tarpeen. Jään perustukseen kohdistaman vaikutuksen vaimentamiseksi voidaan asentaa jääkartio-/kaulusrakenne. Paaluperustuksen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

halkaisija on ilman eroosiosuojausta enintään noin 18 metriä, jolloin perustuksen pohjan pinta-ala on noin 255 m^2.

1.5.3 Ristikkorakenteinen perustus (jacket)

Ristikkorakenteinen perustus on putkimaisista teräsosista ja hitsatuista liitoksista koostuva teräsristikkotukirakenne. Rakenteiden asentaminen voi edellyttää betonijalka- tai paalurakennetta, mutta useimmissa tapauksissa merenpohjaa ei tarvitse valmistella ennen asentamista. Ristikkorakenteinen perustus valitaan yleensä pehmeille maaperätyypeille ja syville vesille. Ristikkorakenteisen perustuksen jalkoihin merenpinnan tasolle voidaan asentaa jääkartiot tai kaulukset vaimentamaan jään perustukseen kohdistamaa vaikutusta. Ristikkorakenteisen perustuksen jalkojen enimmäisleveys on enintään noin 30–55 metriä mutta itse merenpohjaan rakennettava alue on paljon pienempi. Merenpohjaan rakennettavien jalkojen lukumäärä ristikkoperustuksessa on 3 tai 4 ja jokaisessa jalassa on merenpohjaan upotettavia paaluja yhdestä kahteen kappaletta. Perustuksen pohjaan rakennettavien osien yhteispinta-ala on enintään 150 m^2.

1.5.4 Hybridiperustus / perustusten vaihtoehtoinen tai täydentävä ankkurointi

Hallan alueelle ja edellä kuvattujen vakioperustustyyppien yhteydessä voidaan harkita hybridiperustusten käyttöä ja täydentävää ankkurointia Pohjanlahden geologisten ja merijääominaisuuksien vuoksi. Hybridiperustuksissa yhdistellään edellä kuvattuja eri tekniikoita. Paalutettuun rakenteeseen voidaan esimerkiksi lisätä betonijalkoja tai voidaan käyttää mikropaaluja yhdessä muiden paalutyyppien kanssa tai niiden sijasta. Hybridiperustuksen enimmäismitat eivät ylitä yllä mainittujen muiden perustustyyppien kokoluokkaa.

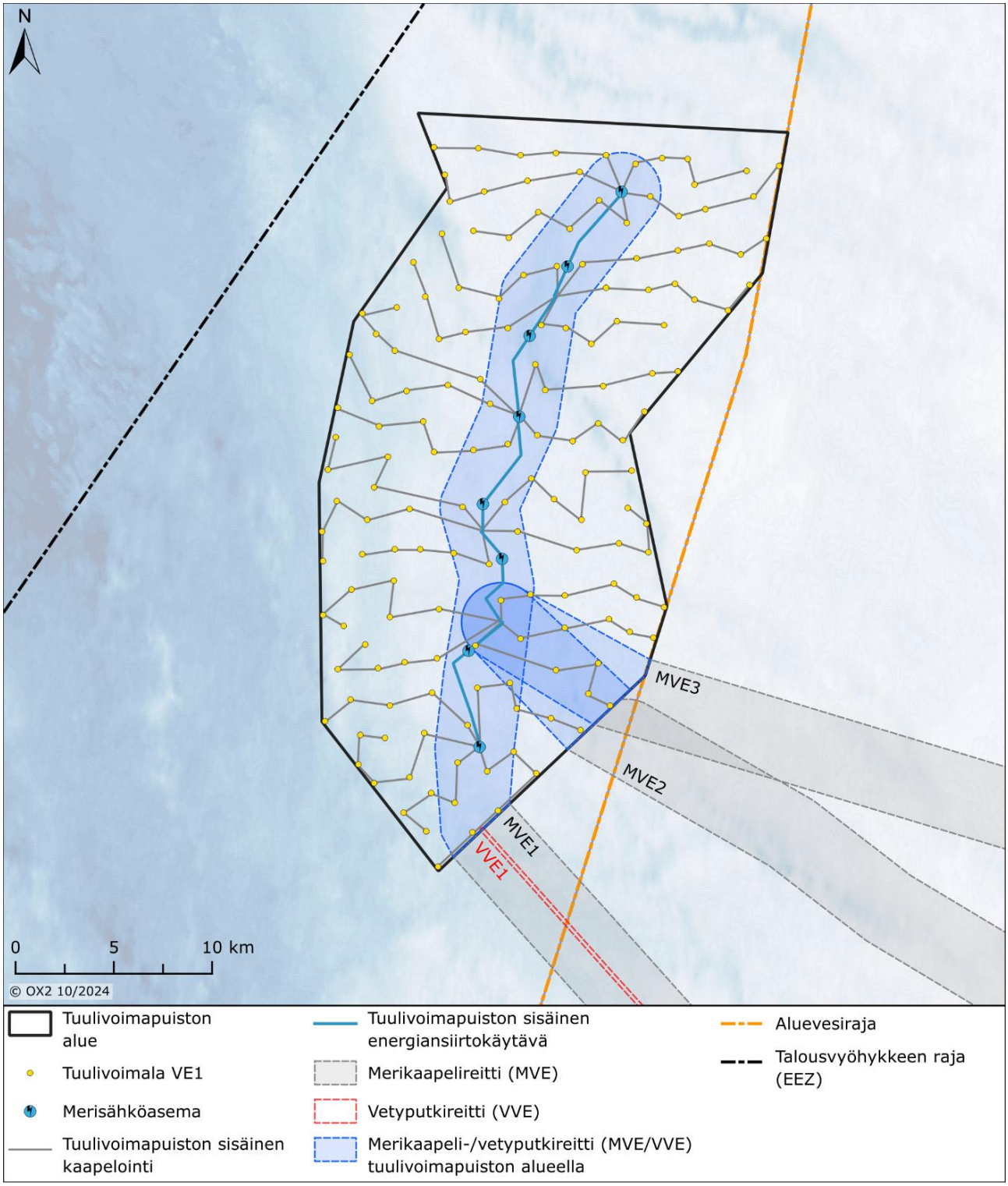
1.6 Sähkönsiirto merituulivoimapuiston alueella ja tuulivoimapuistosta rannikolle

1.6.1 Merituulivoimapuiston sisäiset kaapelit

Tuulivoimapuiston sisäiset kaapelit yhdistävät merituulivoimaloita toisiinsa sekä merisähköasemaan. Sisäiset kaapelit voidaan suunnitella eri tavoin valitun teknologian mukaan. Kaapeleiden lukumäärä, kaapelityyppi, jännitetaso ja tuulivoimaloiden lukumäärä riippuu tuulivoimaloiden yksikkötehosta.

Tällä hetkellä saatavilla oleva kaapelitekniikka mahdollistaa esimerkiksi 66 kV:n tuulivoimapuiston sisäverkon kaapeloinnin, joka mahdollistaa noin 80–100 MW:n kokonaistehon kaapelia kohti. Tämä tarkoittaa, että yhteen kaapelihaaraan voidaan kytkeä kuusi 15 MW:n tuulivoimalaa. Tuulivoimapuiston sisäverkon nimellisjännitetason odotetaan nousevan 132 kV:iin tai jopa tätä korkeammaksi seuraavien 5–10 vuoden aikana, mikä lisäisi kunkin kaapelin kokonaissiirtokapasiteettia ja vähentäisi siten kaapelihaarojen lukumäärää ja kaapeleiden kokonaispituutta. Oheisessa kuvassa on esitetty esimerkki sisäverkon kaapeloinnista Hallan merituulivoimapuistossa (Kuva 1-9).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 1-9. Esimerkki tuulivoimapuiston sisäverkon kaapeloinnista. Esimerkissä on 160 tuulivoimalaa sekä käytössä 66 kV:n kaapelit ja kahdeksan merisähköasemaa/keskitettyä vedyn tuotantoasemaa. Merisähköasemia tullaan rakentamaan enintään 3–8 kappaletta.

Tuulivoimapuiston sisäinen kaapeli voidaan merenpohjan olosuhteista riippuen laskea merenpohjan päälle tai asentaa eri tavoilla merenpohjan sisään: vesipainepuhaltamalla, auraamalla tai kaivantoja tekemällä. Alueilla, joilla merenpohjaa ei ole mahdollista kaivaa, voi olla tarpeen suojata kaapelia kivenlohkareilla tai betonisilla suojilla. Upotussyvyys merenpohjaan on noin 1–2 metriä, jotta kaapelit saadaan suojattua mm. jäältä, laitteilta ja/tai ankkureilta.

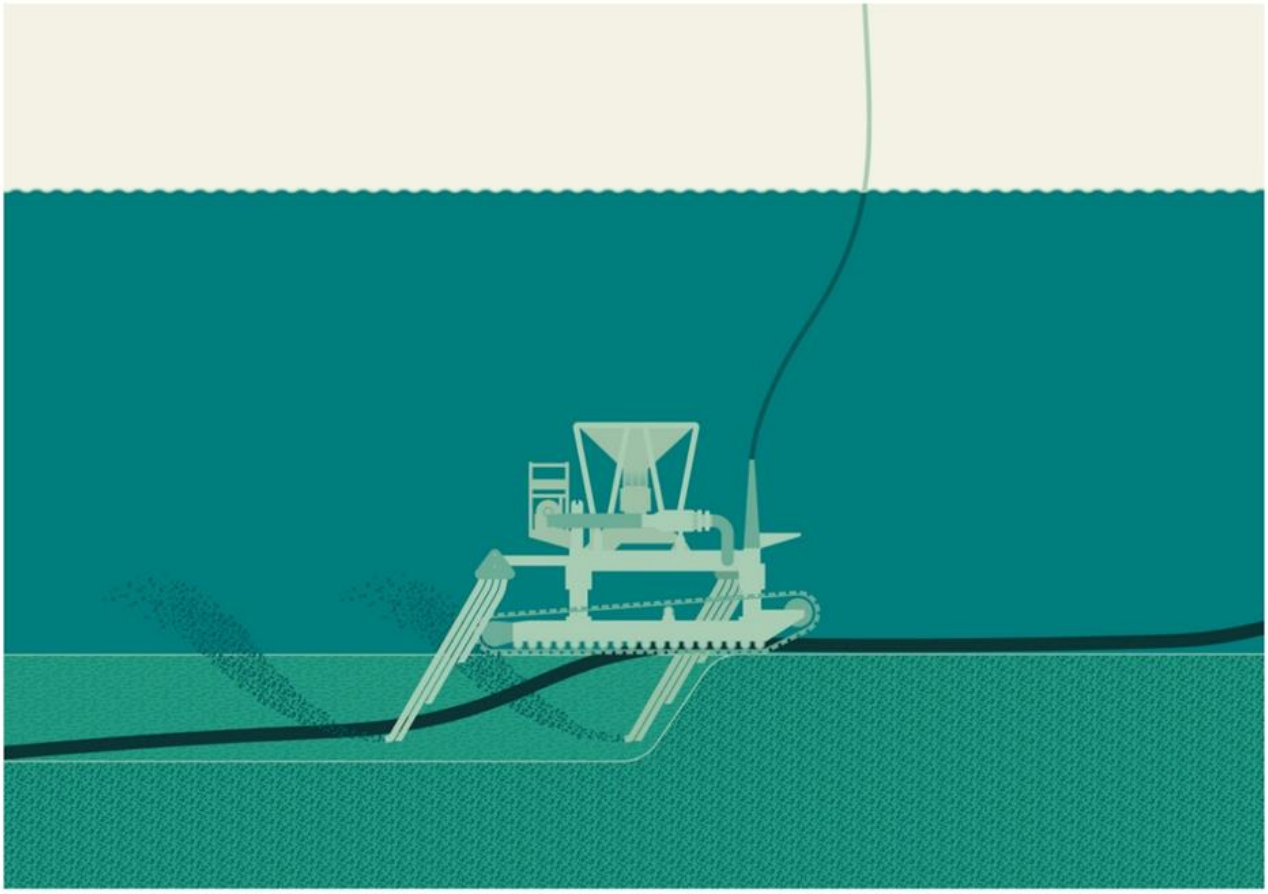
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kaapelikaivannon leveys on enintään 3,5 metriä per kaapeli. Kaapelien välinen etäisyys ja kaapelikaivannon syvyys vaihtelee mm. pohjan olosuhteiden mukaan.

Tarvittaessa merikaapelit voidaan asentaa syvemmälle merenpohjaan, esimerkiksi väylän alituksen kohdalla. Lopullinen kaapelin asennussyvyys riippuu esimerkiksi alueen geologisista olosuhteista sekä tarvittavasta suojauksen tasosta. Tarvittavaa suojaustasoa koskeva analyysi (*Cable Burial Risk Assessment*, CBRA) tehdään hankkeen jatkosuunnittelun aikana.

1.6.1.1 Vesipainepuhallus

Kaapeleiden asennuksessa vesipainepuhallus on tehokas menetelmä alueilla, joilla on paksu kerros pehmeitä pintasedimenttejä, kuten silttiä ja hiekkaa. Tässä menetelmässä käytetään vesisuihkulla varustettua laitetta, kuten kauko-ohjattavaa alusta, joka suihkuttaa vettä korkealla paineella nesteyttäen sedimenttiä siten, että kaapeli uppoaa määriteltyyn syvyyteen seuraavan kuvan mukaisesti (Kuva 1-10). Merenpohjan ollessa hyvin pehmeää voidaan tehdä suhteellisen kapea oja, jonka tarkka leveys riippuu sedimentin laadusta ja kaapelin koosta. Kapea oja suojaa kaapelia parhaiten. Olosuhteista ja mitoituksesta riippuen oja voidaan täyttää uudelleen tai veden virtaukset täyttävät merenpohjan automaattisesti ajan kuluessa. Vesipainepuhalluksessa ei aiheudu tarvetta läjittää massoja merenpohjaan.



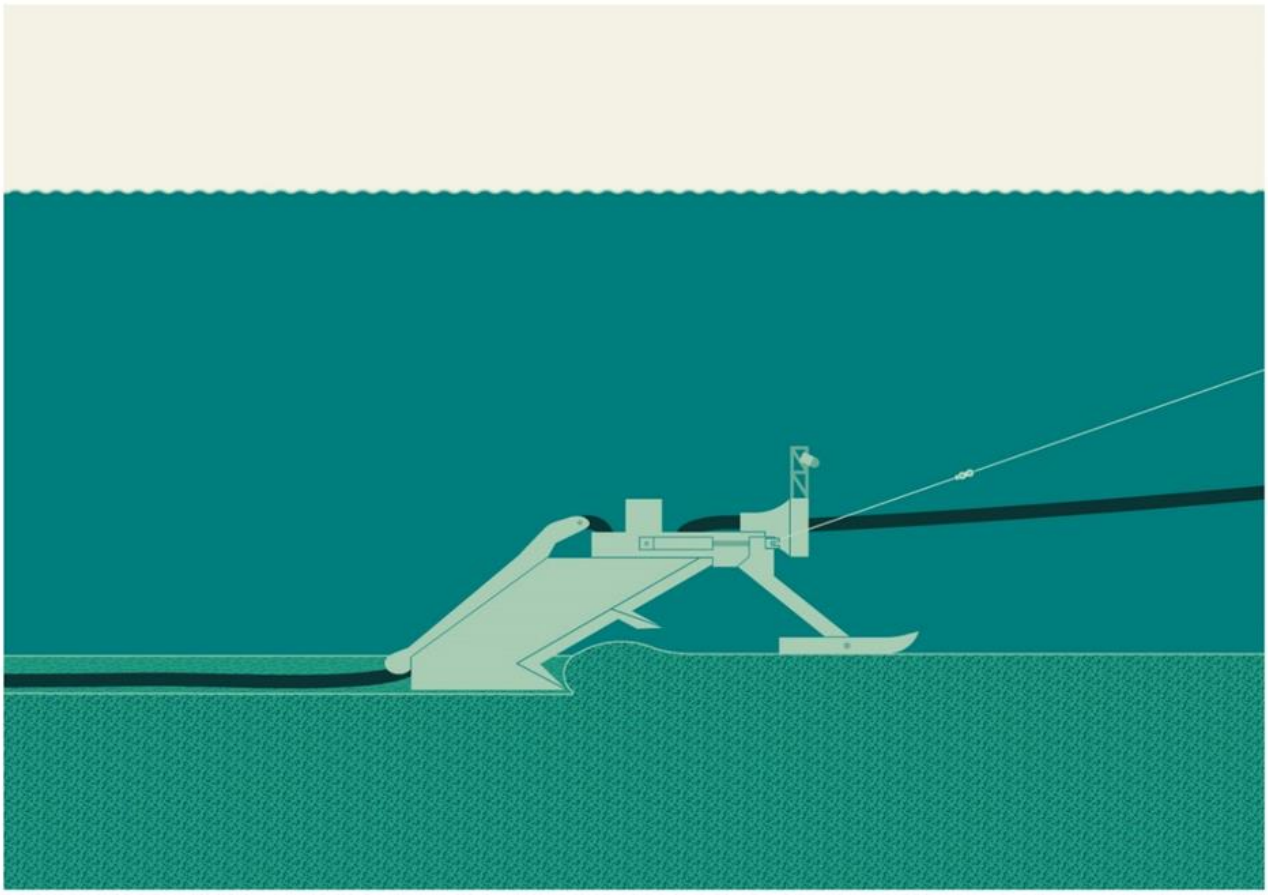
Kuva 1-10. Esimerkkikuva vesipaineasennuskoneesta. Huomaa, että kuva ei ole mittakaavassa (OX2 2024).

1.6.1.2 Auraus

Tässä menetelmässä kaapelit haudataan suoraan merenpohjaan aluksen hinaamaa auraa käyttäen seuraavan kuva mukaisesti (Kuva 1-11). Kaapeli syötetään auran läpi siten, että se asettuu merenpohjaan kapeaa kanavaa pitkin. Käytettävissä on erilaisia auran muotoja erilaisiin merenpohjan olosuhteisiin. Lisäksi voidaan käyttää vesipainepuhalluksella tuettua auraa tai

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

pystyinjektoria. Tekniikka sopii hyvin suhteellisen matalilla syvyyksillä tehtäviin asennuksiin, joissa on tarve asentaa kaapeli syvälle pohjaan.



Kuva 1-11. Esimerkkikuva aurakoneesta. Huomaa, että kuva ei ole mittakaavassa (OX2 2024).

1.6.1.3 Kaivannot

Valmiiksi kaivetut kaivannot ovat tehokas menetelmä alueilla, joilla maaperä on kovaa, esimerkiksi savea tai tiivistynyttä hiekkaa, johon kaivanto voidaan tehdä ennalta valmiiksi. Kaapeli lasketaan merenpohjaan aiemmin tehtyyn kaivantoon, minkä jälkeen se voidaan suojata lisäämällä erikseen kiviä tai soraa varmistamaan riittävä suojaus. Kaivantoa tehtäessä merenpohjasta nostettava maa-aines läjitetään tarvittaessa hankkeen läjitysalueille.

1.6.1.4 Kaapelien suojaus

Kaapelien suojausta saatetaan tarvita alueilla, joilla merenpohja ei salli kaivamista, joka on tyypillistä matalissa vesissä. Kaapelin suojaus voi tarkoittaa esimerkiksi suojaputkia, kivipeitteen sijoittamista kaapeleiden päälle tai betonipatjoja. Oheisessa kuvassa (Kuva 1-12) on esitetty betonisuojaus, joka voidaan laskea kaapelin päälle. Betonipatjojen asentaminen on aikaa vievää ja niitä käytetään usein vain lyhyillä etäisyyksillä. Vaihtoehtona betonipatjoille kaapelien suojauksessa voidaan käyttää kivisäkkejä sekä esimerkiksi kaapelin pitämiseen paikoillaan tai vakauttamiseen erityisesti perustusten läheisyydessä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 1-12. Esimerkki kaapelin suojana käytettävästä betonipatjasta. (Subsea Protection Systems 2024).

1.6.2 Siirtokaapeli ja merisähköasemat

Sähkönsiirto tuulivoimapuistosta mantereen liityntäpisteeseen tapahtuu joko vaihtovirta- (HVAC) tai tasasähköyhteyttä (HVDC) käyttäen. Siirtokaapeleiden reitti ja pituus määräytyvät lopullisen liityntäpisteen ja alueen olosuhteiden kuten geologian, muiden toimintojen ja ympäristön perusteella.

Yleisimmät tasavirtakaapelit (HVDC) ovat symmetrisiä yksi- tai kaksinapaisia. Ne koostuvat kahdesta tai kolmesta yksivaiheisesta kaapelista kaapelinippua kohti, joista yksi on positiivinen napa, yksi negatiivinen napa sekä yksi mahdollisesti nollajohdin, jotka on niputettu yhteen. Vaihtovirtakytkentää varten merikaapeleita on saatavana joko kolmivaihekaapeleina tai yksivaihekaapeleina, jotka on niputettu yhteen tai asennettu vierekkäin.

Yksivaiheisen tasavirtakaapelin halkaisija on enintään 200 mm ja jännite on yleensä 320–525 kV, mutta voi olla jopa 600 kV. Seuraavassa kuvassa (Kuva 1-13) esitetään tyypillinen tasavirtakaapeli. Kuitukaapeli asennetaan yleensä yhdessä yksivaiheisten kaapeleiden kanssa. Kuitukaapelia käytetään sekä tiedonsiirtotarpeisiin sähkönsiirron yhteydessä että itse siirtokaapelin monitorointiin ja valvontaan. Kuitukaapeli mahdollistaa vikojen paikantamisen, voimalaitosten ja ohjauskeskusten välisen viestinnän ja auttaa ennaltaehkäisemään mahdollisia vikoja järjestelmässä.

Kuva 1-13. Periaatekuvassa yksivaiheisen tasavirtamerikaapelin (HVDC) rakenne (ABB 2024).

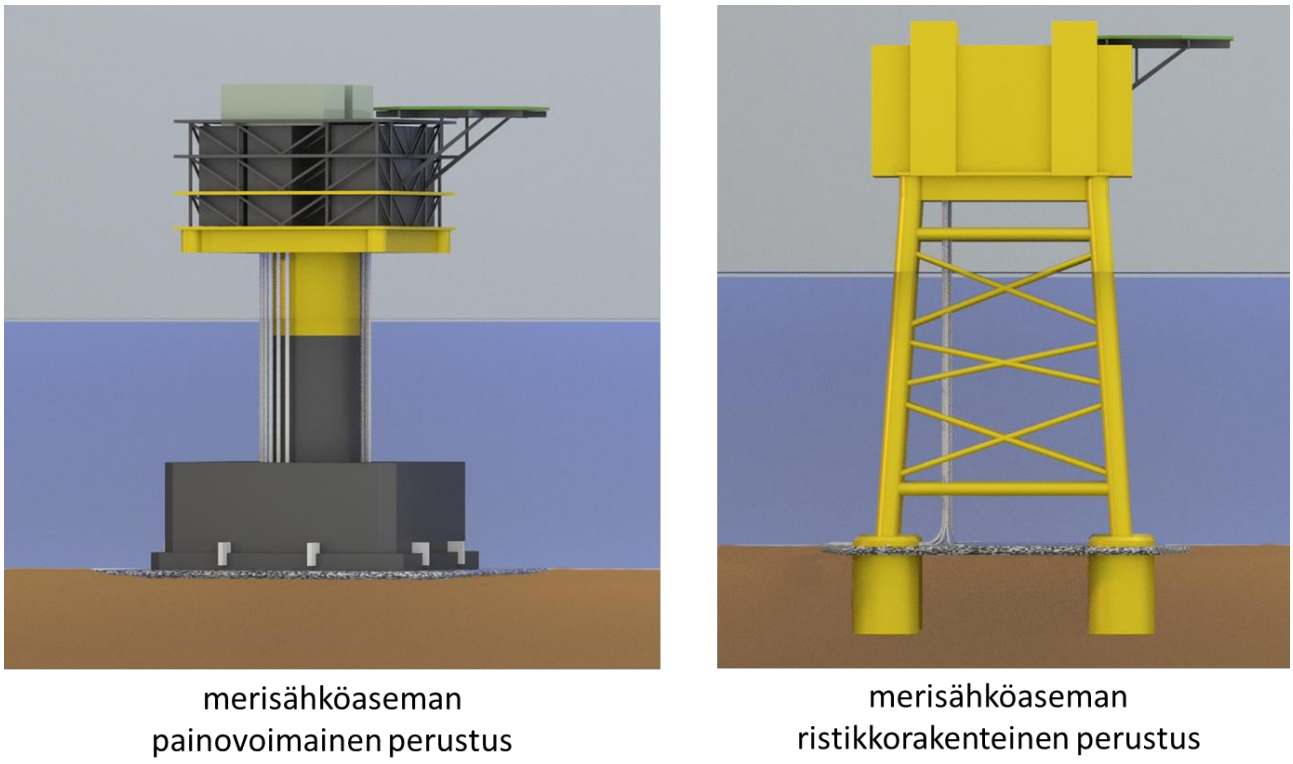
Kolmivaiheisen vaihtovirtakaapelin jännite on yleensä 220 kV tai 275 kV ja siirtokapasiteetti 300–500 MW. Kolmivaihekaapelin ulkohalkaisija on noin 250–350 mm. Oheisessa kuvassa (Kuva 1-14) esitetään tyypillinen vaihtovirtakaapeli. Kuitukaapeli on yleensä integroitu kolmivaihekaapeliin.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 1-14. Periaatekuvassa kolmivaiheisen vaihtovirta (HVAC) merikaapelin rakenne (ABB 2024).

Siirtokaapelien vaihtoehtoiset asennustavat ovat vastaavanlaisia HVDC- ja HVAC-kaapeleille kuin edellä kuvatut vaihtoehtoiset asennustavat tuulivoimapuiston sisäisille kaapeleille.

Tuulivoimapuiston sisäverkon jännitetason muuntaminen suuremmaksi jännitteeksi ja mahdollinen konversio eli muuttaminen vaihtovirrasta tasavirraksi edellyttää yhtä tai useampaa muuntaja-asemaa (HVAC) tai konvertteriasemaa (HVDC). Muuntaja- ja konvertteriasemista käytetään tässä yhteydessä yhteisesti nimitystä merisähköasema. Asemia arvioidaan rakennettavan 3–8 kappaletta. Merisähköasemien perustustyypit ovat pitkälti samat kuin merituulivoimaloiden, mutta ne ovat kooltaan merkittävästi suurempia. Seuraavassa kuvassa (Kuva 1-15) on esitetty merisähköaseman eri perustuksia, joita voivat olla esimerkiksi painovoimainen (gravitaatio) tai ristikkorakenteinen perustus. Seuraavissa kuvissa on esitetty esimerkkejä tyypillisistä merisähköasemista (Kuva 1-16 ja Kuva 1-17). Tässä ympäristövaikutusten arvioinnissa on arvioitu vaikutukset merisähköaseman painovoimaperustuksen mukaan. Merisähköasemien jäähdytys arvioidaan toteutettavan ilmajäähdytyksellä, jossa käytetään aseman ulkoa otettavaa ilmaa muuntajien jäähdyttämiseen. Jäähdytyksestä ei aiheudu lämpökuormaa meriveteen.



Kuva 1-15. Esimerkkejä merisähköasemien perustuksista (OX2 2023).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 1-16. Esimerkki merellä sijaitsevasta sähköasemasta (HVDC DolWin Alpha, keltainen rakennus) ristikkoperustuksella sekä sähköaseman rakentamisessa hyödynnettävä nosturialus. Merituulivoimapuiston alueelle arvioidaan rakennettavan 3–8 merisähköasemaa (Overdick-offshore 2024).

Kuva 1-17. HVDC HelWin Alpha, esimerkki itseasentuvasta asemasta, joka hinataan paikalleen ja nostetaan ylös nostojalkojen avulla. (Overdick-offshore 2024).

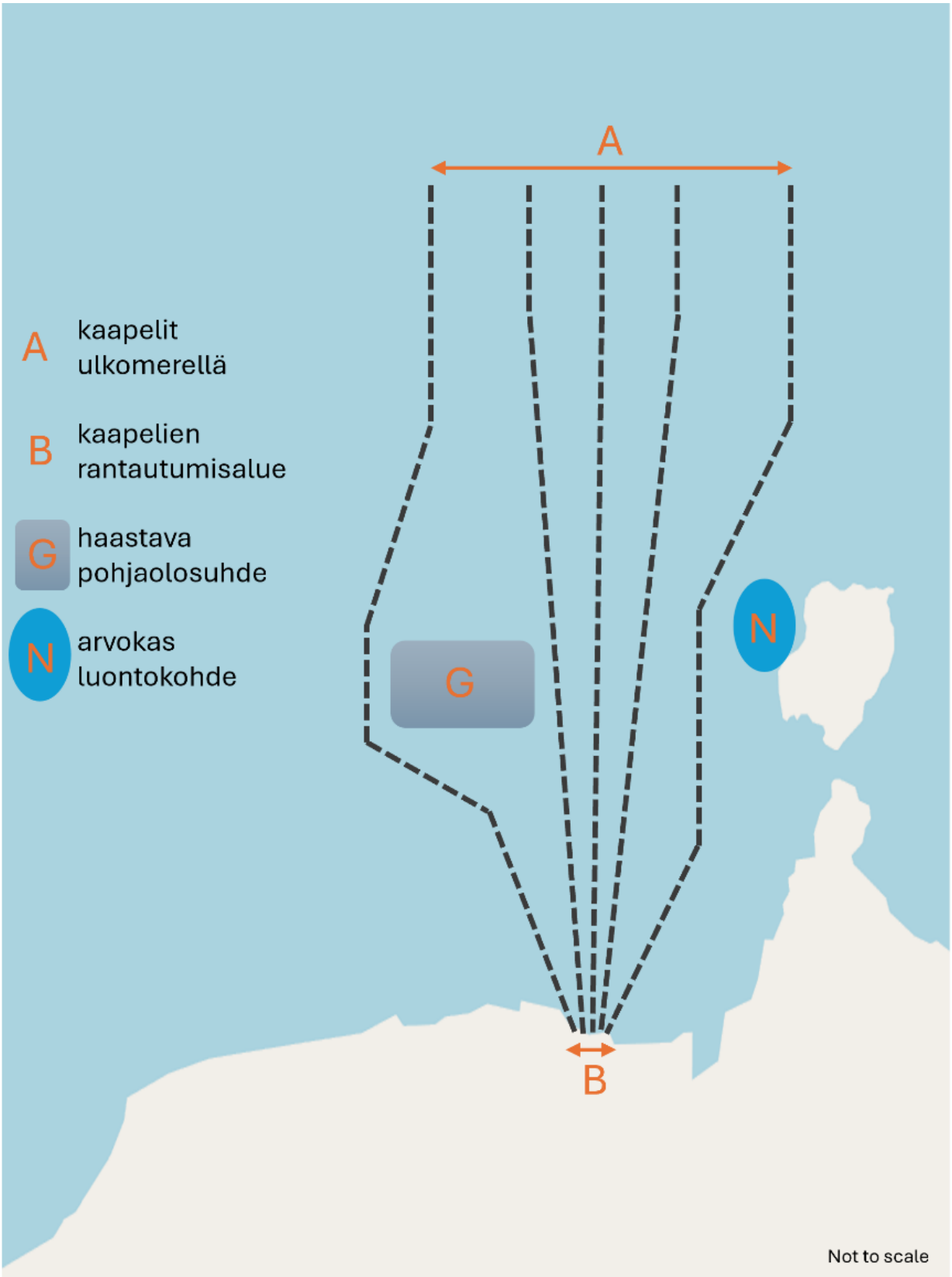
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankkeen tarvitsema merisähköasemien määrä riippuu valitusta ja hankkeeseen sopivasta teknologiasta. Hankkeen toteuttamiseksi voidaan rakentaa esimerkiksi kolme suurempaa merisähköasemaa tai kahdeksan pienempää asemaa. Aikaisemmin esitetyssä kuvassa (Kuva 1-9) on esitetty esimerkki kahdeksan merisähköaseman ratkaisusta 160 merituulivoimalan hankkeessa. Merisähköaseman arvioitu painovoimaperustuksen koko on halkaisijaltaan enintään 71,5 metriä, jolloin pohjan pinta-ala on noin 4 000 m^2 ja tällöin asemia rakennettaisiin kolme kappaletta. Käytettäessä ristikkorakenteista perustusta, jossa on 4–8 jalkaa, on arvioitu tarvittavan pinta-alan olevan noin 160 m^2 ilman eroosiosuojausta. Perustuksen päällä oleva rakenne, joka sisältää merisähköaseman ja sitä suojaavat rakenteet, on kokoluokaltaan enintään 185 x 95 metriä.

Tässä YVA-menettelyssä arvioidaan hankkeen liittämistä kolmeen liityntäpisteeseen (Siikajoki, Pikkarala ja Hanhela) eri reittivaihtoehtoja pitkin (Kuva 1-19). Vaihtoehtoiset reittikäytävät ovat merellä noin neljä kilometriä leveitä, mutta merenpohjassa olevalle yksittäiselle kaapelille tarvitaan vain noin kolmen metrin leveys kaivantoa varten (Kuva 1-18). Lopulliset merikaapeli- ja voimajohtoreitit päätetään YVA-menettelyn jälkeen jatkosuunnittelussa ja ne perustuvat teknisiin ja ympäristöllisiin näkökohtiin sekä Fingridin näkemykseen mahdollisista lopullisista liityntäpisteistä.

Hanke tarvitsee yhteensä enintään 10 siirtokaapelia tuulivoimapuistosta mantereelle riippuen valittavasta siirtokaapelityypistä ja hankkeen lopullisesta kokonaistehosta. Kaapelit tarvitsevat pohjaolosuhteista riippuen 50–300 metrin etäisyydellä toisistaan, jotta korjausalus pääsee turvallisesti toimimaan huolto- ja poikkeustilanteista, esimerkiksi yhden kaapelin rikkoutumistilanteessa. Kaapelien välinen etäisyys vähenee tultaessa lähemmäs rantaa, ja rantautumisalueella kaapelit tarvitsevat paikasta riippuen enää enimmillään yhteensä 80 metriä tilaa. Seuraavassa kuvassa (Kuva 1-18) on esitetty periaatekuva viiden siirtokaapelin asettelusta. Kaikki merikaapelit voivat sijoittua reitille MVE1 (enintään 10 kaapelia) tai ne jaetaan kahdelle eri reitille (enintään 5 kaapelia per reitti: MVE1, MVE2 ja MVE3) (ks. Taulukko 1-2). Tässä YVA-selostuksessa on arvioitu tilannetta, jossa yhdelle energiansiirtoreitille sijoitetaan joko vetyputki tai merikaapeleita. Kahta merikaapelireittiä käytettäessä sähkönsiirto mantereella tapahtuu kahdelle eri sähköasemalle (vaihtoehdot Hanhela, Siikajoki ja Pikkarala). MVE2 ja MVE3 reittivaihtoehtoja käytettäessä liitytään lähtökohtaisesti joko Pikkaralan tai Siikajoen liityntäpisteille. Mikäli kaikki merikaapelit rantautuvat Raahessa SSAB:n tehtaalla, liityntä sähköverkkoon voi tapahtua Hanhelan sähköasemalla.

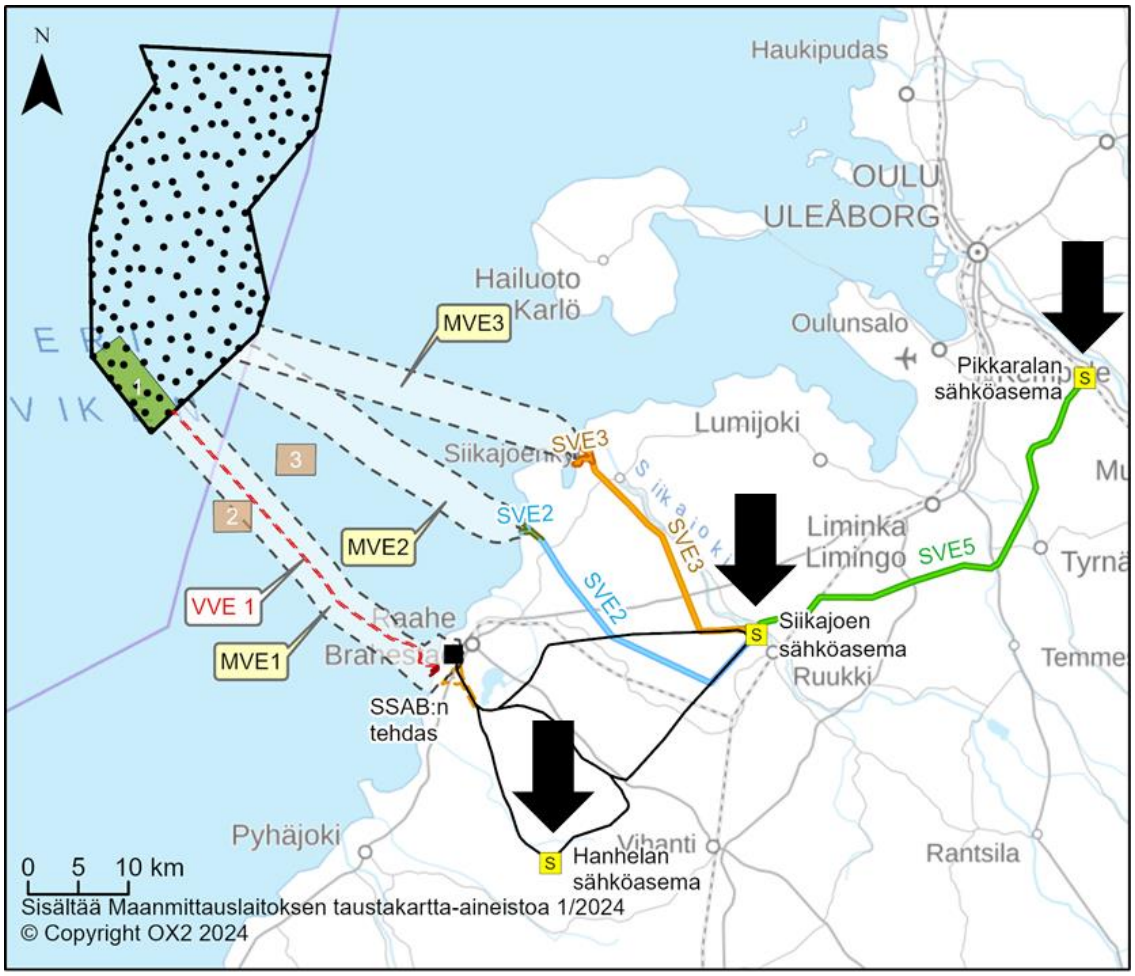
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 1-18. Periaatekuva viiden merikaapelin asettelusta ulkomereltä kohti rantaa. Syvemmillä alueilla kaapelit ovat etäämmällä toisistaan, ja rantaan tultaessa niiden välinen etäisyys pienenee. Kaapelien välinen etäisyys ulkomerellä on noin 50–300 metriä (A) ja rantautuessaan kaikki kaapelit vaativat enää yhteensä enintään 80 metrin levyisen alueen (B). Tarkemmassa reittisuunnittelussa otetaan huomioon sekä pohjaolosuhteet että ympäristönäkökulmat (OX2 2024).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Jotta hankkeessa tuotettu sähkö saadaan käyttöön, tulee hanke liittää kantaverkkoon Fingridin kantaverkon liityntäpisteen kautta. Fingridillä on Hallan merituulivoimahankkeen läheisyydessä olemassa olevia sekä suunnitteilla olevia liityntäpisteitä, jotka on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 1-19). Olemassa olevia liityntäpisteitä ovat Pikkarala ja Siikajoki. Lisäksi yksi mahdollisuus on liittyminen kantaverkkoon SSAB:n terästehtaan kautta Raahessa sijaitsevalla Hanhelan sähköasemalla. Lisäksi Fingrid on alustavasti suunnitellut liityntämahdollisuuksien lisäämistä Manner-Suomeen erityisesti merituulivoiman liittämiseksi ja yksi esitetyistä liityntäpisteistä sijaitsisi Raahen seudulla, mutta liityntäpisteen tarkempi sijainti ei ole tiedossa (Fingrid 2024a). Tarkempi kantaverkon liityntäpiste määritetään hankkeen edetessä yhteistyössä Fingridin kanssa.



Tuulivoimapuiston alue
Tuulivoimala VE1
Sähköasema-alue
Vetyvarastoalue
Merikaapelireitti
Vetyputkireitti
Sähköasema
Vaihtoehtoiset läjitysalueet / tuulipuisto
Vaihtoehtoiset läjitysalueet / merikaapelireitit
Voimajohtoreitti SVE2
Voimajohtoreitti SVE3
Voimajohtoreitti SVE5
Voimajohtoreitti SSAB

Kuva 1-19. Fingridin olemassa olevat ja suunnittelemat kantaverkon liityntäpisteet Hallan merituulivoimahankkeen läheisyydessä, osoitettu mustilla nuolilla.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

1.7 Merituulivoimapuiston ja sähkönsiirron rakentaminen

Rakentamisvaihe käsittää ne vaiheet, jotka liittyvät rakentamisen valmisteluun (esimerkiksi merenpohjatutkimukset), sekä tuulivoimapuiston ja merikaapelilinjojen asentamiseen. Hankkeen rakentaminen tapahtuu useissa vaiheissa, jotka yleensä käsittävät merenpohjan valmistelun sekä perustuksien, tuulivoimaloiden, merikaapeleiden ja merisähköaseman asennukset. Rakentamisvaiheen arvioidaan kestävän kokonaisuudessaan noin kolme vuotta, jonka aikana meriliikenne merituulivoimapuistoalueen ja rakentamissatamien välillä lisääntyy.

Rakentamisessa tullaan käyttämään hankealueen läheistä satamaa (alustavasti Raahen satamaa) tai satamia komponenttien säilytystä ja asentamista varten. Laiturin viereistä vesialuetta tarvitaan arviolta 12 500 m^2 asennus- ja kuljetusaluksia varten. Laiturialueen kohdalla vesiväylän syväyksen tulisi olla noin 10–12 metriä. Voimaloiden eri komponenttien osalta arvioidaan, että satama-alueella pitäisi pystyä varastoimaan enintään 80 voimalan komponentteja olettaen, että hankkeessa tullaan rakentamaan enintään 160 voimalaa. Torneja varten tarvitaan enintään 160 000 m^2, naselleja varten 50 000 m^2 ja lapoja varten 300 000 m^2 varastointitilaa. Perustuksia varten vastaavasti tarvitaan noin 10–15 metrin vesiväylän syväys ja 12 500 m^2 laituritilaa asennus- ja kuljetusaluksia varten. Riippuen perustustyypistä, varastointitilaa tarvitaan painovoimaperusteisten osalta enimmillään noin 170 000 m^2 ja paaluperustusten osalta noin 96 000 m^2. Voimalan tornin ja paaluperustuksen yhdistävät kappaleet (*eng. transition piece*) vaatisivat enimmillään noin 23 500 m^2 tilaa.

Tuulivoimapuistosta tulevat merikaapelit tuodaan rantaan valitulla rantautumisalueella. Maaperäolosuhteista riippuen merikaapelit voidaan rantautumisalueella joko kaivaa suojaan maahan tai käyttää erilaisia erikoistekniikoita kuten suuntaporausta kaapelien tuomiseksi rantaan. Yhdellä rantautumisalueella hankkeen merikaapelit vaativat tilaa rakentamisen aikana noin 80 metrin leveydeltä, mutta tarkempi tilantarve riippuu asennustavasta. Rantautumisen jälkeen merikaapeli voidaan tarvittaessa muuntaa maakaapeliksi kaapelien jatkoskohdassa esimerkiksi maan alle sijoitettavan betonielementin sisällä. Rantautumisalueella rakentaminen on lyhytkestoista ja paikallista eikä rakentamisen aikana arvioida olevan tarvetta varastoinnille rantautumisalueella.

Merituulivoimapuiston rakentaminen tehdään arviolta 14 vuorokauden työskentelysykleissä. Henkilöstöä kuljetetaan siihen soveltuvilla miehistökuljetusaluksilla ja majoitetaan majoitusaluksissa, asennusaluksissa tai mantereella. Rakentamisvaiheen keskuksena toimii hankealueen läheisyydessä toimivat satamat, joka tässä hankkeessa on lähtökohtaisesti Raahen satama. Rakentamiseen vaadittavat materiaalit tuodaan pääosin rahtialuksilla meriteitse satama-alueille, missä tehdään esimerkiksi komponenttien esikokoonpanoja ja esikäyttöönottoa, jonka jälkeen ne kuljetetaan rakentamistöihin soveltuvilla aluksilla merituulivoimapuiston alueelle. Rakentamista johdetaan erilliseltä alukselta tai mantereelta ja pieniä henkilöstöaluksia voidaan käyttää rakentamistöiden tukena varsinaisten asennustöissä käytettävien alusten lisäksi.

Ison merituulivoimapuiston rakentamisen arvioidaan tapahtuvan vaiheittain. Rakentamisen arvioidaan ajoittuvan yhteensä kolmen vuoden avovesikaudelle, joista pohjarakentamisen arvioidaan kestävän kaksi vuotta. Rakentaminen voi tapahtua esimerkiksi niin, että ensimmäisenä rakentamisvuotena asennetaan puolet perustuksista, toisena vuotena asennetaan loput perustukset ja puolet voimaloista, ja kolmantena rakentamisvuotena asennetaan loput voimalat. Hankkeen tarkka rakentamisaikataulu varmistuu tarkemmassa suunnittelussa. Pohjarakentaminen suunnitellaan niin, että yhden avovesikauden aikana rakennetaan yksi alue hankkeesta, jolloin samalle alueelle ei kohdistu rakentamisen aikana vaikutuksia ja muodostu kumulatiivisia vaikutuksia pohjan muokkaamisesta ja näin ollen esimerkiksi sedimenttien leviämisestä.

Merikaapeleiden osalta yksittäinen kaapelilinjakokonaisuus rakennetaan yhden avovesikauden aikana, eli avovesikauden aikana rakennetaan enimmillään kymmenen (MVE1) tai viisi (MVE1, MVE2 ja MVE3) merikaapelia samalle kaapelikäytävälle. Siirtokaapelit avomereltä mantereelle rakennetaan yhtenä kokonaisuutena tuulivoimarakentamisen kanssa, jotta rakennetut voimalat saadaan liitettyä kantaverkkoon. Mikäli hanke toteutuu kokonaisuudessaan ja reitille MVE1 rakennetaan kaikki tarvittavat kymmenen merikaapelia, tehdään se mahdollisuuksien mukaan

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

yhden avovesikauden aikana. Mikäli kymmenen merikaapelia jaetaan kahdelle eri reitille (MVE1, MVE2 tai MVE3), rakennetaan kummallekin viisi merikaapelia kahden eri avovesikauden aikana.

Hankkeen rakentamisen aikana jätettä muodostuu pääasiassa satamassa, jossa hankkeen osia kuljetetaan, varastoidaan ja kootaan hankealueelle kuljettamista varten. Jäte on pääasiassa tavanomaista jätettä, kuten suojamuoveja, pakkausmateriaaleja ja muita osien suojaamiseen tarkoitettuja materiaaleja. Satamassa syntyvä jäte kerätään ja käsitellään asianmukaisesti esimerkiksi kierrättämällä. Mikäli hankkeen myötä syntyy jätettä merellä, kerätään se talteen ja toimitetaan mantereelle asianmukaista käsittelyä varten.

Hankkeen rakentamiseen vaadittavat materiaalit ja niiden määrät on esitetty tarkemmin luonnonvarojen vaikutusten arvioinnissa luvussa 18.

1.7.1 Meren pohjaolosuhteet ja pohjan tutkiminen

Ennen tuulivoimapuiston ja merikaapeleiden tarkempaa suunnittelua ja asentamista kerätään olemassa olevat tiedot merenpohjan laadusta sekä tehdään merenpohjatutkimuksia, joilla selvitetään tarkemmin mm. alueen geologisia olosuhteita sekä sedimenttien määrää ja laatua. Suomessa talousvyöhykkeen merenpohjan laadusta on toistaiseksi saatavilla vain karkean tason tietoa. Merenpohjan tutkimuksia tehdään esimerkiksi luotaamalla, sedimenttinäytteillä (esimerkiksi puristinkairaus ja vibracore -menetelmät) sekä myöhemmässä vaiheessa myös geoteknisillä kairauksilla. Kerätty tieto toimii lähtökohtana perustustyypin tai -tyyppien lopulliselle valinnalle sekä tuulivoimapuiston ja kaapeloinnin yksityiskohtaiselle suunnittelulle. Tutkimuksilla varmistetaan myös, että rakennustyöt voidaan toteuttaa mm. ilman vaaraa törmätä esimerkiksi räjähtämättömiin ammuksiin tai aiheuttaa haittaa meriarkeologisesti arvokkaille kohteille.

1.7.2 Meriperustusten ja tuulivoimaloiden asentaminen sekä kaapelointi

1.7.2.1 Meriperustusten asennus

Painovoimaperustukset valmistetaan siihen soveltuvalla alueella satama-alueilla tai niiden läheisyydessä. Perustuksiin tarvittava betoni tuotetaan paikan päällä ja muut materiaalit toimitetaan satamaan meriteitse. Painovoimaperustusta käytettäessä merenpohja valmistellaan perustuksen asennuspaikassa korvaamalla merenpohjan päällimmäisen kerroksen materiaali homogeenisella ja tasaisella sorakerroksella. Perustukset kuljetetaan tämän jälkeen alueelle kelluvalla lautalla, hinaajalla tai muulla soveltuvalla aluksella. Perustukset lasketaan tämän jälkeen sorakerroksen päälle vinsseillä ja täyttämällä ne varovasti painolastilla. Merenpohjan ruoppauksessa syntyvä maa-aines läjitetään proomuilla tai muilla soveltuvilla aluksilla erikseen määritetyille läjitysalueille, joiden virtaus- ja pohjaolosuhteet ovat läjitykseen soveltuvimmat.

Paaluperustukset tuodaan satamaan meriteitse. Asennustyöt toteutetaan yleensä viiden perustuksen työsykleissä. Perustukset viedään satamasta tuulivoimapuistoon asennusaluksen kyydissä tai kelluttamalla. Paaluperustus nostetaan ja asetetaan merenpohjaan esimerkiksi jack-up-aluksen tai uivan nosturin avulla. Se juntataan sitten merenpohjaan paaluttamalla, täristämällä tai poraamalla. Asennuksessa voidaan olosuhteiden mukaan käyttää näiden menetelmien yhdistelmää.

Ristikkorakenteiset perustukset edellyttävät, että merenpohja on suhteellisen tasainen. Näin ollen merenpohjaa voi olla tarpeen tasoittaa ennen asentamista. Perustus kuljetetaan alueelle proomulla tai asennusaluksella ja asetetaan merenpohjaan jack-up-proomulla tai uivalla nosturilla. Jos käytetään pienpaaluja, teräsputket paalutetaan, täristetään tai porataan merenpohjaan perustuksen kulmien kohdalla. Paalut liitetään sitten perustukseen valamalla tai mekaanisella ankkuroinnilla.

Perustusten asennustöihin kuluu noin kaksi avovesikautta. Asennustöitä tehdään vuoden ympäri sääolosuhteiden salliessa. Merialueiden jäätyminen talvella vaikuttaa siihen, voidaanko asennustöitä tällöin tehdä. Perustuksen asentamisen jälkeen käytetään tarvittaessa suojausta estämään perustusta ympäröivän merenpohjan eroosio ja ankkuroinnin heikentyminen. Eroosiosuojaus

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

koostuu yleensä alemmasta sorakerroksesta ja ylemmästä, sekakokoisesta kivestä koostuvasta kerroksesta.

Ruopattavia maamassoja arvioidaan merituulivoimapuiston alueella olevan enimmillään tilanteessa, jossa hankkeen jokainen tuulivoimala sekä sähköasemat toteutetaan painovoimaperustuksella. Tällöin ruopattavia massoja on enintään noin 2 500 000–3 000 000 m^3 (Taulukko 1-2). Ruopattavien massojen määrät tarkentuvat suunnittelun ja pohjatutkimusten edetessä ja käsitellään tarkemmin vesiluvassa. Massat on tarkoitus läjittää merituulivoimapuiston alueelle erikseen osoitetuille läjitykseen soveltuville alueille. Merituulivoimapuiston alueella perustusten, sähköasemien, merikaapeleiden sekä meriläjityksen vaatima pohjanmuokkaus kohdistuu arviolta enintään 0,8 %:iin koko puiston alueen alasta (Taulukko 1-2).

Siirtokaapelin vaatimien ruoppausmäärien arvioidaan olevan enimmillään 1 200 000 m^3 (Taulukko 1-2).

1.7.2.2 Voimaloiden asennukset, kuljetukset ja nostot merellä

Tornit, nasellit ja lavat kuljetetaan rakennussatamaan rahtialuksilla. Tuulivoimaloiden asentaminen suoritetaan jack-up aluksella (Kuva 1-20) tai muulla asentamiseen soveltuvalla aluksella. Varsinaisen asennusaluksen tukena toimii kaksi pienempää henkilökuljetusalusta sekä tarvittaessa nostoissa avustava helikopteri (rakentamisen tilatarve ja aikataulutus luvussa 1.7).

Kuva 1-20. Merituulivoimalan asennus jack-up aluksella (COWI 2021).

1.7.2.3 Merisähköasemat

Merisähköasema asennetaan yleensä perustukselleen uivalla nosturilla. Merisähköasema perustuksineen voidaan suunnittelusta riippuen siirtää tai asentaa myös muilla nostomenetelmillä, esimerkiksi omilla tukijaloillaan. Sähköasemien komponentteja tuodaan satamiin meri- ja maateitse.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

1.7.2.4 Tuulivoimapuiston sisäiset kaapelit ja siirtokaapelit

Tuulivoimapuiston sisäiset kaapelit ja siirtokaapelit lasketaan siihen soveltuvalta kaapelialukselta (Kuva 1-21). Kaapeleiden asennustyöt tehdään erikseen siihen soveltuvalla kaapelia laskevalla aluksella sekä rakentamistyötä tukevalla pienemmällä aluksella. Erilaiset asennustavat on kuvattu edellä kappaleessa 1.6.

Kuva 1-21. Merikaapeleiden asennusalus (NKT 2021).

1.7.3 Hankkeen rakentamisessa tarvittava murske ja maa-aines

Hankkeen rakentamisessa tarvitaan huomattava määrä mursketta ja maa-ainesta esimerkiksi voimaloiden perustusten ja merikaapeleiden suojaamista varten. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 1-3) on esitetty arviot hankkeessa tarvittavista murskemääristä. Voimaloiden perustusten osalta kiviainesta tarvitaan eniten painovoimaperustuksia käytettäessä, koska niiden pohja pitää valmistella ja tasata sekä lisäksi kiviainesta tarvitaan eroosiosuojaukseen. Merikaapelien suojausta varten on arvioitu tilanne, jossa hankkeessa tuotetaan vain sähköä ja jonka siirtämiseksi mantereelle tarvitaan yhteensä 10 merikaapelia. Määrien arvioinnissa on oletettu, että merikaapelit tulee suojata rannalta katsottuna siihen asti, missä veden syvyys on 15 metriä, mutta tarvittaessa kaapelit voidaan joutua suojamaan myös muutoin. Tästä syystä tarvittava murskemäärä on arvioitu tilanteelle, jossa kaapelit joudutaan suojamaan koko matkalta. 15 metriä syvemmissä olosuhteissa ei kuitenkaan arvioida olevan tarvetta merikaapelien suojaukselle kiviaineksella. Kaapeleita voidaan suojata myös upottamalla ne merenpohjan sisään. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 1-3) on kuitenkin esitetty myös arvio tilanteelle, jossa merikaapelit tai vetyputki suojataan koko matkalta.

Taulukko 1-3. Arvio hankkeen rakentamiseen tarvittavista murskemääristä.

Arvio rakentamiseen tarvittavista murskemääristä	Arvioitu määrä (m^3)
Voimaloiden perustukset (pohjan valmistelu ja eroosiosuojaus)	72 000–650 000
Merikaapeleiden suojaaminen (veden syvyys alle 15 metriä) (yhteensä 10 merikaapelia)	563 000
Merikaapeleiden suojaaminen (koko kaapelin pituudelta) (yhteensä 10 merikaapelia)	1 370 000

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Murske ja maa-aines pyritään hankkimaan mantereella niin, että kuljetuksesta aiheutuisi mahdollisimman vähän vaikutuksia ympäristöön ja liikenteen sujuvuuteen. Maa-aines ja murske tullaan hankkimaan asianomaiset luvat omaavalta toimijalta. Vaihtoehtoisesti kiviaineista voidaan laivata, tuoda rautateitse tai kuljettaa maanteitse läheltä (alle 50 kilometriä) satamaa. Ympäristövaikutusten arvioinnissa oletetaan, että rakentamiseen ja tuotannon aikaiseen toimintaan hyödynnetään Raahen satamaa. On mahdollista, että myös muita lähialueen, kuten Oulun, satamaa voidaan hyödyntää hankkeen rakentamisessa tai tuotannon aikana.

1.7.4 Sedimenttien läjittäminen

1.7.4.1 Meriläjitys

Hallan merituulivoimapuisto alustavat meriläjitysaluevaihtoehdot (Kuva 1-1) on mitoitettu siten, että yhden alustavan läjitysalueen kapasiteetti riittää sekä merituulivoimapuistoalueen enimmäisruoppausmäärälle (enintään 3 000 000 m^3) että kaapelireittien enimmäisruoppausmäärälle (1 200 000 m^3).

Hallan merituulivoimapuiston alueelle suunniteltu läjitysalue (alue 1) on kokonaisuutena huomattavasti suurempi kuin hankkeen koko läjitystarpeen arvioidaan olevan (ks. läjitysalueet 1, 2 ja 3: Kuva 1-1 ja Taulukko 1-2). Suunniteltu läjitysalue sisältää useampia kohtia, joihin sedimenttejä voidaan läjittää. Läjitysalueen aluerajauksen sisäpuolelle on suunniteltu sijoitettavan tuulivoimaloita, mutta tuulivoimaloista jätetään riittävä suojaetäisyys sedimenttien läjitysalueisiin. Lopullinen eri toimintojen ja rakenteiden sijoittumisen suunnittelu tehdään tarkemmassa teknisessä suunnittelussa ja hankkeen jatkokehityksessä. Tuulivoimaloiden rakentamisen aikana ruopattavien sedimenttien läjitys on mahdollista suunnitella niin, että yhden avovesikauden aikana läjitetään sedimentit yhdelle läjitysalueen osalle, kuten pohjoiselle osalle, ja toisella avovesikaudella puolestaan toiselle, kuten eteläiselle osalle, ja minimoida näin läjityksen kumulatiiviset vaikutukset. Merikaapelien asentamisen aikana mahdollisesti ruopattavat sedimentit läjitetään lähtökohtaisesti eri läjitysalueille (alueet 2 ja 3) kuin voimaloiden (alue 1) asentamisesta syntyvät sedimentit pitkien kuljetusmatkojen takia.

Sekä kaapelireittien että merituulivoimapuiston alueen ruoppausmäärien tarkentuessa, lopullinen meriläjitysalue mitoitetaan tarvittavan kapasiteetin mukaan esitettyjen alueiden sisäpuolelle. Esitetyt aluerajat ovat tällä hetkellä viitteellisiä ja pinta-ala on määritetty siten, että kaikki tarvittavat massat saadaan läjitettyä alueelle yhden metrin läjityskerrospaksuudella. Kaikkien alustavien meriläjitysalueiden vesisyvyys vaihtelee 18–47 metrin välillä ja pinta-ala on vähintään 1 200 ha. Läjitysalueen 1 pinta-ala on enintään 3 300 ha, läjitysalueiden 2 ja 3 pinta-alat enintään 1 200 ha (Kuva 1-1 ja Taulukko 1-2).

Läjitysalueet on valittu ottaen huomioon tiedossa olevat lähtötiedot, joita ovat mm. alueella olemassa oleva infra (mm. meriväylät, tiedossa olevat putket ja kaapelit), suojelualueet, rajoitusalueet (esimerkiksi puolustusvoimat) ja vesisyvyys alueella.

Meriläjitysalueet on pyritty sijoittamaan käytössä olevien tietojen (merikarttatieto) perusteella syvänteisiin niin, että alueen ylin taso jäisi lopputilanteessa ympäröivän merenpohjan tasolle tai sen alapuolelle, ja että alueen virtausnopeudet ovat alhaisia, jolloin läjitettyjen massojen kulkeutuminen jäisi mahdollisimman vähäiseksi kaikissa tuuli- ja virtausolosuhteissa.

Hankkeen meriläjityskelpoiset ruoppausmassat kuljetetaan joko merituulivoimapuiston alueelta tai kaapelireiteiltä meriläjitysalueille proomuilla, joiden vetoisuuden on arvioitu tässä hankkeessa olevan noin 400–1 000 m^3 riippuen ruoppauskalustosta, jonka valintaan vaikuttaa ruoppauskohteen vesisyvyys. Vesisyvyys vaihtelee merkittävästi sen mukaan, toteutetaanko ruoppausta kaapelireiteillä esimerkiksi rannikon läheisyydessä vai merituulivoimapuiston alueella.

Ruopattujen massojen meriläjitys ajoittuu avovesikaudelle tuulivoimaloiden perustuksien pohjien teon aikaan. Koska merituulivoimapuiston alue on suuri, perustusten valmistelut tehdään parin vuoden aikana. Ruoppauskaluston ollessa paikalla, työt suoritetaan intensiivisesti ja tarvittaessa ympäri vuorokauden ja kaikkina viikonpäivinä, mutta ruoppaus ja meriläjitys aiheuttaa veden samentumista aina melko rajatulle alueelle yksittäisen työkohteen läheisyydessä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kiintoaineen ja sameuden leviämistä on käsitelty tarkemmin luvussa 5. Kiintoaineen ja sameuden leviämisen mallinnuksessa (Niras 2023a, liite 3) rakentamisen on oletettu tapahtuvan yhden avovesikauden aikana, jotta saatiin arvioitua rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset enimmillään ruoppauksen ja läjityksen osalta. Rakentamisen etenemistä on kuvattu tarkemmin luvussa 1.7.

1.7.4.2 Maaläjitys

Mikäli merellä rakentamisen aikana ruopattujen massojen läjitys ei onnistu merelle, on teoreettisesti mahdollista kuljettaa massat mantereelle läjitettäväksi. Massojen kuljetus mantereelle läjitettäväksi ei kuitenkaan ole Hallan merituulivoimahankkeen kokoluokan hankkeessa käytännössä mahdollista johtuen mm. suurista etäisyyksistä, massojen määristä, useista käsittelyvaiheista ja vesi-sedimenttiseoksen käsittelystä ja kuljettamisesta tiiviisti niiden aikana (lastaus proomuun, kuljetus rantaan, nosto proomusta, rekka-auton lastaus, purku) siten, ettei se vuoda mereen, tielle tai maastoon, sekä yleisestä meritoimintojen haastavuudesta. Näistä syistä johtuen vaikutusten arvioinnissa on huomioitu ainoastaan sedimenttien läjittäminen merelle erikseen määritetyille läjitysalueille. Hankkeen vesitalouslupavaiheessa selvitetään meriläjityksen vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia tarkemmin yhdessä viranomaisten kanssa.

1.8 Merituulivoimaloiden ja merikaapeleiden toiminta ja huolto

Merituulivoimaloiden toiminnan arvioidaan kestävän noin 35 vuotta mm. teknologian kehityksen myötä. Tuulivoimaloiden käyttöikää voidaan pidentää mm. koneistoja ja komponentteja uusimalla.

Voimaloita huolletaan tarvittaessa vuoden ympäri sääolosuhteiden salliessa. Merituulivoimaloita ja sähköasemia tarkkaillaan normaalin toiminnan aikana etäyhteyden kautta. Tuulivoimapuiston kunnossapito edellyttää henkilöstön ja tarvittavien osien viemistä voimaloille pienemmillä huoltoaluksilla, laivoilla tai helikoptereilla. Huoltotyöt tehdään pääosin siihen erikoistuneella huoltotyöaluksella tai muulla henkilöstöä kuljettavalla aluksella. Suurempiin huoltotöihin, kuten isojen osien vaihtoon, voidaan käyttää myös esimerkiksi nostoaluksia sekä helikoptereita. Jääolosuhteiden takia huoltotöiden aikana voidaan tarvita esimerkiksi jäämurtajia.

Merikaapelit tarkastetaan tarpeen mukaan esimerkiksi sen varmistamiseksi, että niiden suojaus on kunnossa. Kaapelin vaurioituessa se korjataan käyttämällä kaapelialusta, joka nostaa vaurioituneen kaapeliosuuden ylös korjausta varten ja laskee kaapelin sitten takaisin merenpohjaan käyttäen samaa menetelmää kuin rakentamisvaiheessa. Kaapeleiden suojaamiseksi vaurioilta tuulivoimapuiston alueella tai kaapelireittien kohdalla ei tulisi sallia pohjatroolausta.

Merituulivoimapuiston toiminnan aikana muodostuu jätettä esimerkiksi huolto- ja kunnossapidon yhteydessä. Pääasiassa jätettä syntyy esimerkiksi eri öljyjen vaihdoista, joista arvioidaan syntyvän jäteöljyjä noin 600–1 000 litraa per voimala vuosittain. Jätettä voi syntyä myös esimerkiksi korjattujen tai vaihdettujen osien myötä. Voimaloiden huoltoa tehdään vain tarvittaessa, jonka takia korjattujen tai vaihdettujen osien myötä syntyvän jätteen määrän arvioidaan pysyvän kohtalaisena. Muodostuviin jätemääriin liittyy epävarmuutta ja jätemäärä riippuu valittavista tuulivoimaloista.

Jätteen toimittamisessa noudatetaan ajantasaista lainsäädäntöä sekä hankkeelle myöhemmin myönnettäviä lupia. Jätteet toimitetaan sellaiselle käsittelylaitokselle, jolla on lupa käsitellä ja varastoida hankkeessa syntyviä jätelajeja. Toiminnan aikana muodostuva jäte kerätään erikseen sen kuljettamiseen soveltuvaan alukseen ja kuljetetaan mantereelle asianmukaista käsittelyä varten.

Tuulivoimapuiston toiminnan aikana ei arvioida syntyvän merkittäviä määriä jätettä merikaapeleiden toiminnasta tai huollosta.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

1.9 Merituulivoimaloiden ja merikaapeleiden käytöstä poisto

Merituulivoimapuiston toiminnan päättyessä noudatetaan kulloinkin voimassa olevaa lainsäädäntöä ja parhaita käytäntöjä siten, että tuulivoimapuisto ennallistetaan siinä määrin kuin se on tarpeen. Käytöstä poiston aikana pyritään minimoimaan ympäristövaikutukset.

Tuulivoimalat ja merisähköasemat puretaan ja poistetaan kokonaan käyttäen vastaavanlaista alusta ja menetelmiä käänteisessä järjestyksessä kuin asennuksessa. Perustukset voidaan poistaa osittain tai kokonaan. Osittain poistettaessa poisto tehdään merenpohjan tasoon tai juuri sen alapuolelle niin, että jäljelle jäävä osa jää merenpohjan sisään. Kaapelit poistetaan tai jätetään paikalleen, mikäli se on mahdollista esimerkiksi turvallisuusnäkökulmasta. Jos kaapelien poisto on tarpeen, poisto on olennaisilta osin sama kuin kaapelia laskettaessa, mutta tapahtuu käänteisessä järjestyksessä. Mahdollinen eroosiosuojaus jätetään todennäköisesti paikalleen, koska valtaosan oletetaan uponneen merenpohjaan, jolloin sen poistamisesta koituisi suurempia vaikutuksia kuin sen jättämisestä alueelle.

Tuulivoimalasta yli 80–95 % voidaan nykyaikana kierrättää. Voimaloiden komponenteista suurin osa on metallia ja siten ne ovat täysin kierrätettävissä. Toistaiseksi haastavin kierrätettävä osa ovat voimalan lavat, jotka ovat pääasiassa lasikuitua sisältävää komposiittimateriaalia. Voimalavalmistajat ovat kuitenkin jo julkaisseet suunnitelmiaan kokonaan kierrätettävistä lavoista ja lisäksi kehitteillä on teknologioita lapojen kierrättämiseen. Lavoista arvioidaan syntyvän toiminnan päättymisen jälkeen jätettä noin 200 tonnia per voimala, mikäli oletetaan että lapoja ei voida kierrättää ja lavat käsitellään kokonaisuudessaan jätteenä. Muutoin käytöstä poiston aikana arvioidaan muodostuvan pääasiassa tavanomaista jätettä.

1.10 Turvallisuus

Merituulivoiman rakentamiseen ja tuotantoon liittyvien turvallisuusriskien varhainen havainnointi ja huomioon ottaminen on keskeistä koko suunnittelun aikana. Hankkeen YVA-menettelyn yhteydessä tehty ympäristöriskienarviointi on esitetty luvussa 20. Pelastuslaki (379/2011) velvoittaa toiminnanharjoittajaa omatoimiseen varautumiseen (14 §):

- Ehkäistävä tulipalojen syttymistä ja muiden vaaratilanteiden syntymistä
- Varauduttava henkilöiden, omaisuuden ja ympäristön suojaamiseen vaaratilanteissa
- Varauduttava tulipalojen sammuttamiseen ja muihin sellaisiin pelastustoimenpiteisiin, joihin ne omatoimisesti kykenevät
- Ryhdyttävä toimenpiteisiin poistumisen turvaamiseksi tulipaloissa ja muissa vaaratilanteissa sekä toimenpiteisiin pelastustoiminnan helpottamiseksi

Edellä mainitut velvoitteet on huomioitu tarpeellisilta osin YVA-menettelyssä tehdyssä riskinarvioinnissa. Velvoitteet huomioidaan hankkeen jatkosuunnittelussa ja toiminnan suunnittelussa varaudutaan mahdollisiin poikkeus- ja vaaratilanteisiin.

Ennen asennus- ja toimintavaiheita merituulivoimapuistolle laaditaan turvallisuussuunnitelma, jossa määritellään turvalliset toimintatavat, kuinka ehkäistä ja minimoida riskit sekä toiminta onnettomuustilanteissa. Turvallisuussuunnitelmassa huomioidaan erilaiset onnettomuusmahdollisuudet mitä tuulivoimaloiden toimintaan ja huoltotoimintaan voi liittyä.

Sähköasemilla sijaitsevissa muuntajissa käytetään öljyjä. Muuntajaöljyt eivät yleisesti ole herkästi syttyviä, mutta voivat kuitenkin syttyä palamaan, mikäli lämpötila nousee riittävän korkeaksi. Merisähköasemilla mm. sähköjärjestelmiin liittyy säilytettävää palokuormaa, joka voi edesauttaa palon jatkumista ja leviämistä poikkeustilanteessa.

Lisäksi merituulivoimahankkeen mahdollisesti meriliikenteelle aiheuttamia riskejä on käsitelty erikseen liikenteen vaikutusarvioinnissa luvussa 14.3. Onnettomuuksia merituulivoimapuiston ja muun meriliikenteen välillä pyritään ehkäisemään jo ennakkoon hyvällä merenkulun huomioivalla suunnittelulla ja yhteistyöllä liikenneviranomaisten kanssa jo hankkeen kehitysvaiheessa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2 VEDYN TUOTANNON TEKNINEN KUVAUS

Hallan merituulivoimahankkeessa voidaan tuottaa joko sähköä tai sähkön avulla vetykaasua merituulivoimapuiston alueella. Vetykaasu johdetaan mantereelle merenpohjaan asennettavaa siirtoputkea pitkin, joka tuodaan rantaan SSAB:n tehdasalueella (Kuva 1-1). Reittivaihtoehtoja vetyputkelle on vain yksi (VVE1) ja se noudattelee samaa reittiä kuin sähkönsiirron vaihtoehto MVE1.

2.1 Suunnitteluperusteet

On arvioitu, että tuulivoimapuisto voisi tuottaa vetyä noin 220 000 tonnia vuodessa. Suunnittelun oletuksena on, että elektrolyysilaitteisto voidaan sijoittaa merelle joko keskitetyille miehittämättömille meriasemille (enintään 3–8 asemaa, Kuva 1-9), tai kunkin merituulivoimalan tornin alaosaan (enintään 160 voimalaa) asennettavalle tasolle.

Eri vaikutusten muodostumisen osalta merituulivoimassa vaikutuksen aiheuttaja vaihtelee vaikutustyypeittäin. Esimerkiksi voimalateho on harvassa vaikutustyypissä määrittävä tekijä. Sen sijaan vaikutuksia muodostuu enemmän esimerkiksi voimalan ulkoisiin mittoihin, sijaintiin, tuulivoimalan lähtöäänitasoon tai perustuksen kokoon liittyen. Tässä YVA-menettelyssä tehdyt mallinnukset ja vaikutusten arvioinneissa käytetyt hanketiedot on pyritty tekemään niin, että jokaisen vaikutustyypin osalta kyseessä on arvioitu enimmäisvaikutus. Vedyn tuotannon osalta tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi suola- ja lämpökuorma on arvioitu huomioiden hankkeen arvioitua enimmäisvuosituotantoa (12 TWh), eli on arvioitu hankkeen enimmäissähköntuotantoa, joka käytetään kokonaisuudessaan vedyntuotannossa. Tällöin hankkeen tuottama lämpö- ja suolakuorma on maksimivaikutusperiaatteen mukainen.

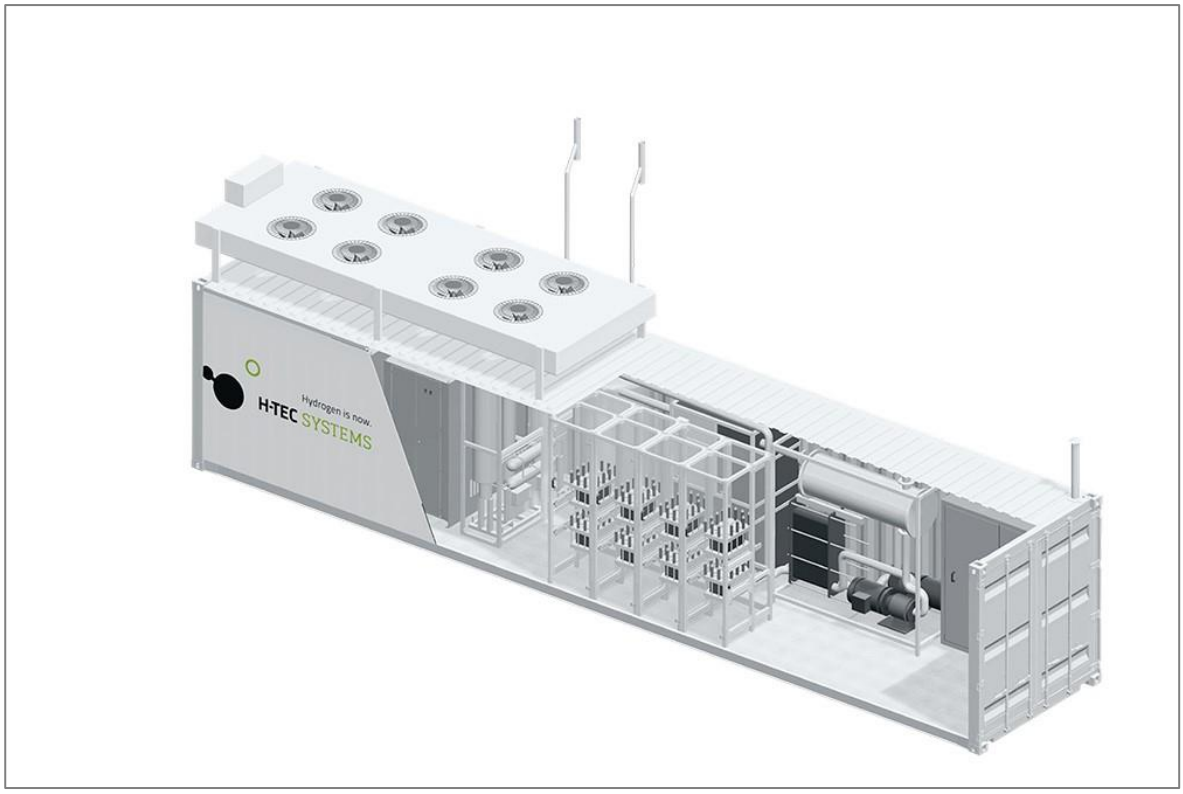
2.2 Vetytalouden periaatteet

Vety on alkuaine ja sitä voidaan valmistaa monenlaisista energianlähteistä, fossiilisista tai fossiilittomista. Vedyllä on suuri potentiaali energiankantajana tulevaisuuden energiajärjestelmässä, jossa energiaa tuotetaan esimerkiksi auringosta, tuulesta ja vedestä. Vetyyn viitataan energian kantajana, sillä vety itsessään ei ole ensisijainen energianlähde, mutta sitä voidaan käyttää energian varastointiin, siirtämiseen tai tuottamiseen.

Vetymolekyyli koostuu kahdesta vetyatomista ja sen kemiallinen merkki on H_2. Vety on yleisin ja kevyin alkuaine. Huoneenlämmössä ja normaalipaineessa vety on kaasua ja se tiivistyy nesteeksi vasta hyvin matalissa lämpötiloissa (-253 °C). Vety on erittäin helposti syttyvää. Vety palaa puhtaasti ilman hiilidioksidipäästöjä ja sisältää enemmän energiaa kiloa kohden kuin fossiiliset polttoaineet.

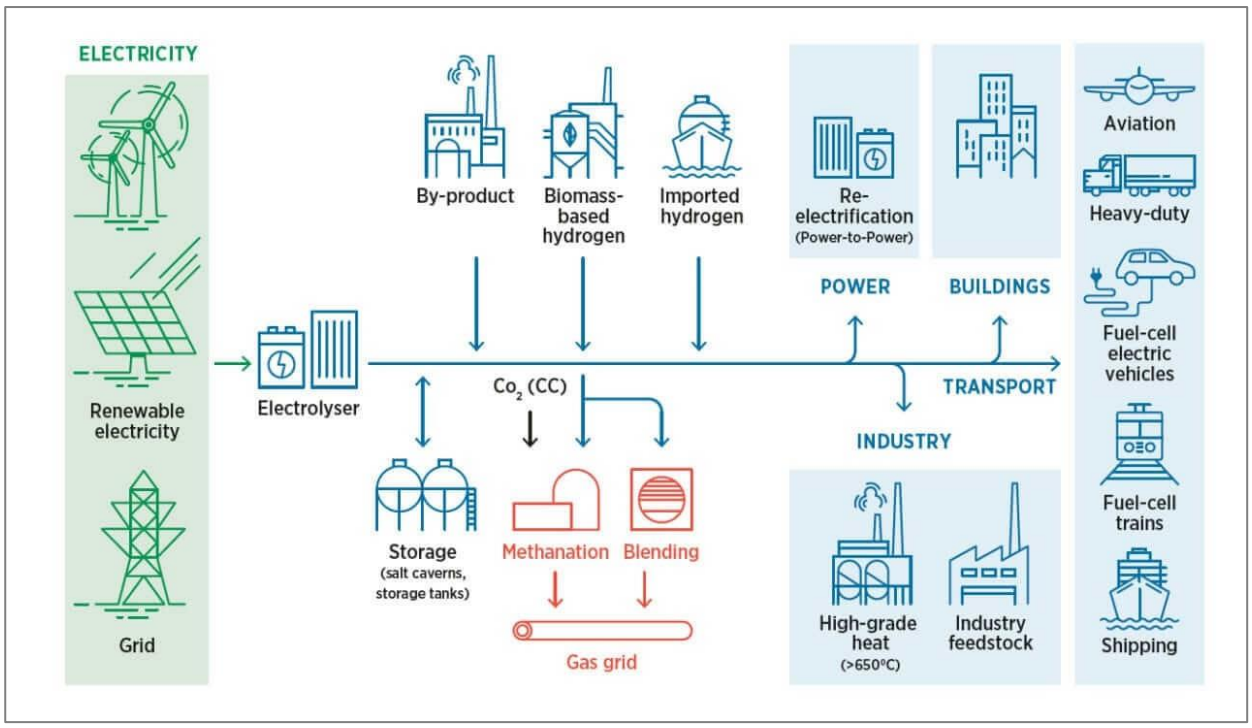
Vetyä voidaan tuottaa eri tavoin. Lähes kaikki teollisuuden nykyisin käyttämä vety tuotetaan fossiilisesta maakaasusta niin sanotulla höyryreformoinnilla. Tällä tavalla tuotettu vety on fossiilista alkuperää ja sen valmistusprosessi aiheuttaa suuria hiilidioksidipäästöjä. Ympäristöystävällinen tapa valmistaa vetyä on elektrolyysi. Seuraavassa kuvassa (Kuva 2-1) esitetyssä elektrolyysilaitteistossa vesi hajotetaan vedyksi ja hapeksi sähkön avulla. Jos elektrolyysissä käytetään uusiutuvista lähteistä, kuten auringosta tai tuulesta saatavilla olevaa sähköä, vetyä kutsutaan yleensä ”vihreäksi” eli fossiilivapaaksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 2-1. Elektrolyysilaitteisto modulaarisessa muodossa, jonka koko on noin 2MW (energi.se 2021).

Auringon säteilystä ja tuulesta voidaan tuottaa uusiutuvaa sähköä, jota voidaan käyttää vedyn tuottamiseen, joka voidaan varastoida jatkokäyttöä varten. Varastosta vety voidaan muuntaa esimerkiksi polttokennon avulla sähköksi esimerkiksi autojen käyttövoimaksi tai syöttää verkkoon, kuten seuraavassa kuvassa on esitetty (Kuva 2-2). Polttokennossa vety ja happi reagoivat hallitusti muodostaen sähköä, vettä ja lämpöä.



Kuva 2-2. Vedyn arvoketju sähköstä loppukäyttäjälle (Sadeq ym. 2024).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vetyä on teollisuudessa käytetty yli sata vuotta, mikä tarkoittaa sitä, että kaasun turvallisesta käsittelystä on paljon kokemusta ja tietoa. Teollisuudessa kehitetään sovelluksia, kuten hiilen korvaamista pelkistimenä teräksen valmistuksessa, jossa vedyn avulla rautaoksidia muutetaan raudaksi. Lisäksi tällä hetkellä ja tulevaisuudessa monet alan toimijat suunnittelevat hiilidioksidin talteenottoa vedyn tuotannon lisäksi mm. metanolin valmistamiseksi.

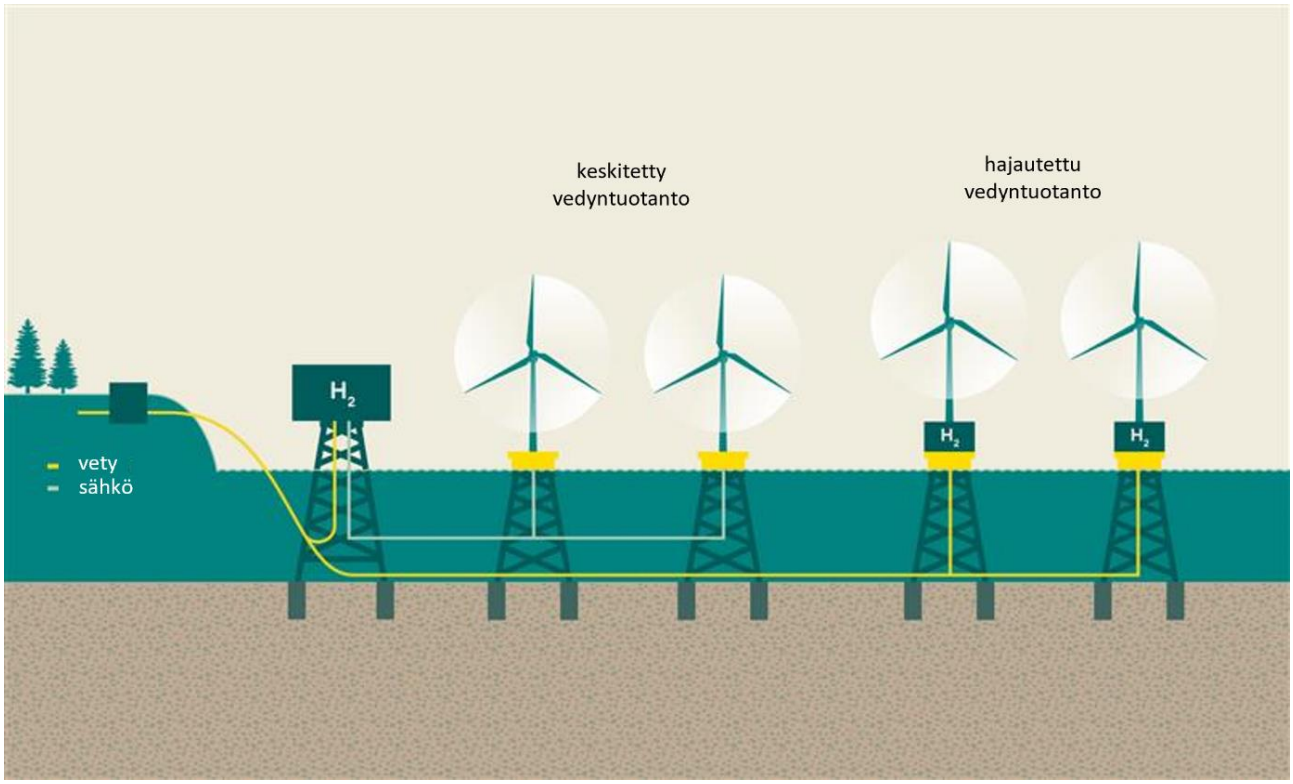
Aikamme suuri haaste on hallita energianhuoltoa samalla, kun fossiilisista polttoaineista luovutaan vähitellen. Monet ovat yhtä mieltä siitä, että ”vihreällä” vedyllä voisi olla keskeinen rooli siirryttäessä fossiilista polttoaineista uusiutuviin energialähteisiin ja kestäviin energiajärjestelmiin. Siksi kiinnostus vetyä kohtaan on lisääntymässä kaikkialla maailmassa.

Uusiutuvien, erityisesti säästä riippuvaisten, energiatuotantomenetelmien lisääminen ja niiden osuuden kasvattaminen energiajärjestelmässä vaatii toimiakseen säätövoimaa. Vety voisi tässä yhteydessä toimia kysyntähuippujen ja -laskujen tasaajana sekä ylimääräisen energian varastona. Tämä osaltaan mahdollistaa esimerkiksi tuulivoiman lisäämistä energiajärjestelmään, sillä tuulivoima tuottaa vaihtelevan määrän sähköä sen mukaan, kuinka tuulista on. Vetyvarastot voivat varastoida suuremman energiamäärän pidemmäksi ajaksi kuin akut.

2.3 Vedyn tuotannon yleiskuvaus

Hallan merituulivoimahankkeessa on mahdollista toteuttaa kaksi erilaista tuotantotapaa, jotka on koottu alle sekä esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 2-3).

1. Vedyn tuotanto merituulivoimalan tornin alaosassa
2. Vedyn tuotanto keskitetysti merituulivoimapuistoalueella sijaitsevilla meriasemilla



Kuva 2-3. Havainnollistus merellä tapahtuvan vedyntuotannon kahdesta eri toteutusvaihtoehdosta eli tuotanto keskitetyllä meriasemalla (kuvassa vasemmalla) ja voimaloiden tornin alaosaan sijoittuva hajautettu vedyntuotanto (kuvassa oikealla) (OX2 2024).

Vedyn tuotantolaitoksen toimintaperiaatteet ovat samat riippumatta valitusta toteutustavasta. Vetyä voidaan tuottaa elektrolyysillä, jossa vesi hajotetaan sähköllä vedyksi ja hapeksi. Elektrolyysissä syntyy vetykaasun lisäksi sivutuotteena lämpöä, happea ja vettä, jonka suolapitoisuus on korkeampi kuin otetussa merivedessä. Yhden vetykilogramman tuottamiseen tarvitaan

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tekniikasta riippuen noin 50–55 kWh sähköä. Hallan merituulivoimapuiston on arvioitu tuottavan noin 220 000 tonnia vetyä vuodessa. Elektrolyysin hyötysuhteen on arvioitu olevan noin 60 %. Loput 40 % sähköenergiasta arvioidaan muuttuvan lämmöksi. Seuraavassa taulukossa on esitetty arvioita Hallan merituulivoimapuiston vedyn tuotantomääristä sekä tarvittavista raaka-aineista ja muodostuvista suola- ja lämpökuormista (Taulukko 2-1).

Taulukko 2-1. Hallan merituulivoimapuiston vedyn tuotannon tunnuslukuja ja arvioita tarvittavista raaka-aineiden määristä.

Hallan merituulivoimapuiston vedyn tuotannon tunnuslukuja	
Hankkeen arvioitu sähkön vuosituotanto	12 TWh
Vedyn tuotantomäärä (per tunti)	noin 25 t
Vedyn tuotantomäärä (per päivä)	noin 603 t
Vedyn tuotantomäärä (per vuosi)	noin 220 000 t
Elektrolyysin veden kulutus (keskimäärin per tunti)	noin 251 m^3
Elektrolyysin veden kulutus (maksimi per tunti)	noin 502 m^3
Elektrolyysin veden kulutus (per päivä)	noin 6027 m^3
Elektrolyysin veden kulutus (per vuosi)	noin 2 200 000 m^3
Vedenpuhdistuksen veden kulutus (per vuosi)	noin 4 400 000 m^3
Suolaisen prosessijäteveden määrä (per vuosi)	noin 2 200 000 m^3
Suolakuorma (per vuosi)	noin 6 600–11 000 t
Jäähdytysveden kulutus (per vuosi)	noin 270 000 000 m^3
Jäähdytyksen lämpökuorma (per vuosi)	17 000 TJ

Hankkeesta aiheutuu tarvetta muokata merenpohjaa oheisen taulukon mukaisesti (Taulukko 2-2) mm. ruoppauksesta, vesipainepuhalluksesta vetyputken asentamisessa, keskitettyjen vetyasemien perustusten pohjien valmistelusta kiviaineskerroksilla sekä läjityksestä. Vetyputken kaivannon leveys on maksimissaan noin 3,5 metriä. Läjitysalueiden pinta-alat on esitetty vaihtoehdoittain aiemmin esitetyssä taulukossa (Taulukko 1-2). Vetyputken tarvitsema pinta-ala on pienempi kuin merikaapeleiden tarvitsema pinta-ala, jolloin vedyn tuotanto ja siirto eivät ylitä aiemmin esitettyä arviota koko hankkeen muokattavasta pinta-alasta.

Taulukko 2-2. Hankkeen vedyn tuotannon ja siirron enimmäismäärät ja niistä aiheutuvan pohjan muokkauksen pinta-alat ja ruoppausmäärät. Meriläjitysalueiden vaatima pinta-ala on esitetty taulukossa 1-2.

Hankkeen toiminto	**Enimmäismäärä (kpl) Enimmäispituus (m)**	**Tarvittava pohjan muokkauksen pinta-ala (ha)**	**Tarvittava ruoppausmäärä (m^3)**
Tuulivoimalat (hajautettu vedyn tuotanto)	160 kpl	25,5 (painovoimaperustus)	2 500 000 **–** 3 000 000 (painovoimaperustus)
Keskitetty vedyn tuotanto	8 kpl	3,2 (painovoimaperustus)	(sisältyy tuulivoimalat -arvioon)
Hankealueen sisäinen vetyputki (hajautettu vedyn tuotanto)	160 kpl 315 000 m	110	(sisältyy tuulivoimalat -arvioon)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankkeen toiminto	Enimmäismäärä (kpl) Enimmäispituus (m)	Tarvittava pohjan muokkauksen pinta-ala (ha)	Tarvittava ruoppausmäärä (m^3)
Hankealueen sisäinen vetyputki (keskitetty vedyn tuotanto)	8 kpl 35 000 m	12	(sisältyy tuulivoimalat -arvioon)
Vetyputki hankealueelta mantereelle	44 300 m	15,5	
Yhteensä		**171**	

Vedyn tuotantoa elektrolyysillä on kuvattu myöhemmin luvussa 2.4

2.3.1 Vedyn tuotanto hajautetusti tuulivoimalan tornin alaosassa

Tulevaisuudessa vetyä on mahdollista tuottaa suoraan tuulivoimalan tornin alaosassa. Elektrolyyserit ja muut komponentit asennetaan merikontteihin, jotka sijoitetaan torniin kiinnitettäville tasoille, kuten seuraavassa kuvassa (Kuva 2-4) on esitetty. Vedyn tuotanto ei muuta voimalan perustuksen kokoa. Vety johdetaan putkistojen avulla keskitettyyn paikkaan tuulivoimapuistossa, josta päävientiputken kautta vety siirretään mantereelle.

Kuva 2-4. Esimerkki vedyntuotannosta merituulivoimalan tornin alapäässä (Siemens-Gamesa 2021).

2.3.2 Vedyn tuotanto keskitetysti tuulivoimapuistoalueella sijaitsevalla asemalla

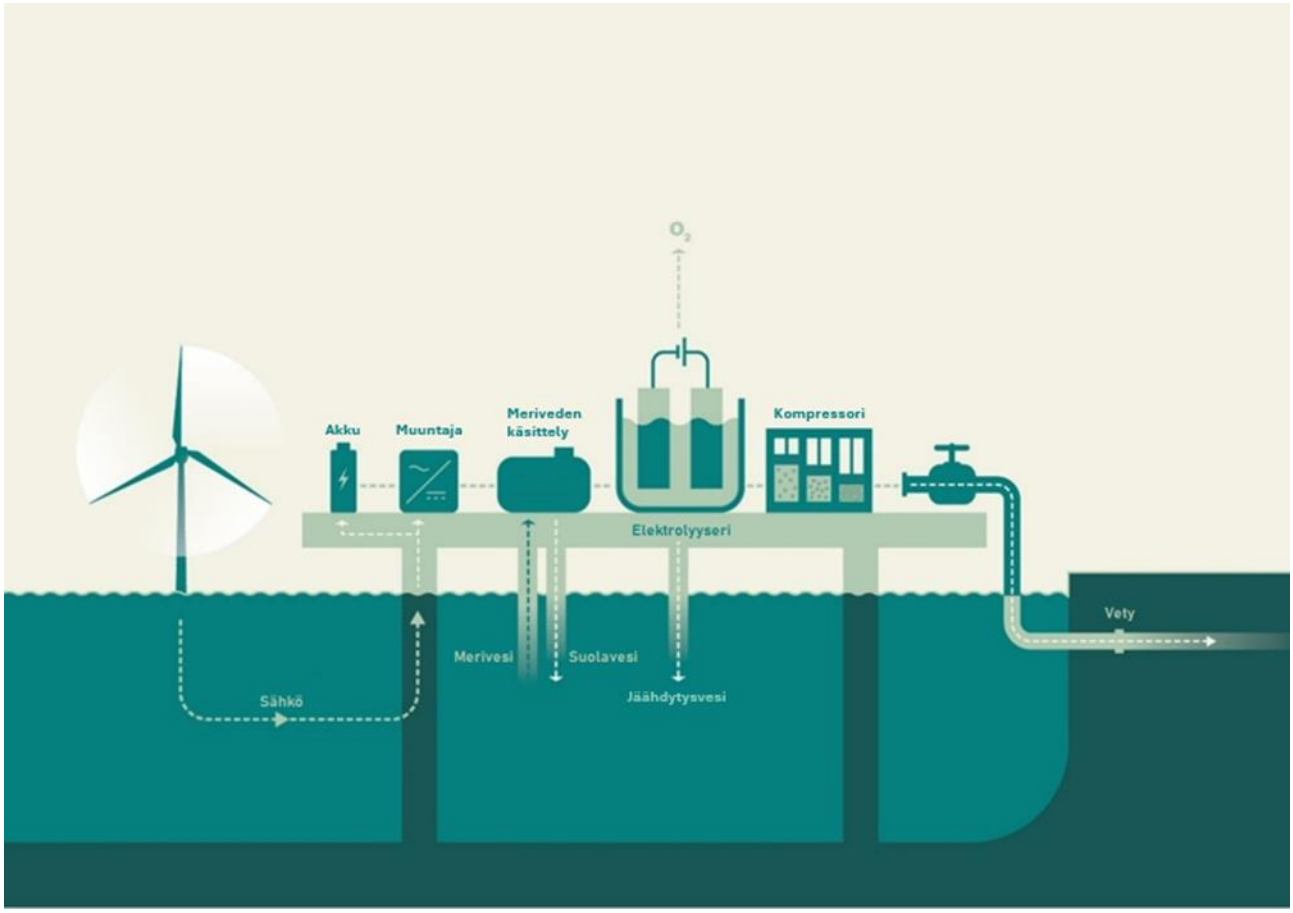
Hallan tuulivoimapuisto vaatisi noin 3–8 keskitettyä vedyntuotantoasemaa (asemien sijainti ks. Kuva 1-9). Vedyntuotantoaseman perustuksen koko vastaa merellä sijaitsevan sähköaseman perustusta. Aiemmin esitetyissä kuvissa on havainnollistettu esimerkkejä tyypillisistä merisähköasemista (Kuva 1-16 ja Kuva 1-17), jotka vastaavat rakenteiltaan keskitettyä vedyntuotantoasemaa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2.4 Vedyn valmistus elektrolyysillä

2.4.1 Elektrolyyseri

Vedyn tuotantoon on useita eri elektrolyysitekniikoita, joista osa on jo vakiintunut markkinoille ja osa on vielä kehitteillä. Eri elektrolyysitekniikoita tutkitaan jatkuvasti ja käytettävää tekniikkaa tarkennetaan myöhemmässä suunnitteluvaiheessa. Elektrolyyserit ovat usein modulaarisia ja koostuvat useista moduuleista (Kuva 2-5), jotka edelleen koostuvat useista kennoista. Kukin kenno koostuu pelkistetysti anodista, katodista ja elektrolyytistä.



Kuva 2-5. Elektrolyysilaitoksen prosessikaavio (OX2 2024).

Hankkeen vedyn tuotannossa voidaan hyödyntää useampaa tekniikkaa. Yksi mahdollinen vaihtoehto on käyttää PEM-elektrolyysiä (*Proton Exchange Membrane*). Vaihtoehtoisena teknologiana on suunniteltu käytettävän alkalielektrolyysiä. Käytettävä teknologia varmistuu suunnittelun edetessä ja molempien tekniikoiden vaikutukset on arvioitu toisiaan vastaaviksi.

2.4.2 Vedyn tuotantoon liittyvät kemikaalit

Vedyn tuotannossa ja sen prosesseissa mahdollisesti tarvittavat kemikaalit ja niiden määrät tarkentuvat valittavien tekniikoiden mukaan suunnittelun edetessä. Alustavat kemikaalitiedot on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 2-3).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 2-3. Alustavat arviot käytettävistä kemikaaleista ja niiden määristä.

Kemikaali	Kulutus per vuosi	Käyttö	Vaaraluokitus
Kaliumhydroksidi (KOH) (20–35 %)	3 120–19 200 t	Vedyn tuotanto	Met. Corr. 1, H290, Eye irri. H302, Skin Corr. 1A, H314
Natriumhydroksidi (NaOH)	36–72 t	Vesienkäsittely	Met. Corr. 1, H290 Skin Corr. 1A, H314 Eye Dam. 1, H318
Rikkihappo (H_2SO_4)	72–120 t	Vesienkäsittely	Met. Corr. 1, H290 Skin Corr. 1A, H314

Elektrolyysiin valittavasta teknologiasta riippuen elektrolyyserissä kemikaalina voidaan käyttää esimerkiksi kaliumhydroksidia (KOH). Kemikaalia ei varastoida tuotantoasemilla, mutta kemikaali on prosessissa jatkuvasti käytössä. Kemikaali ei kulu elektrolyysissä eikä siitä arvioida muodostuvan päästöjä normaalitilanteessa.

Vesienkäsittelyssä arvioidaan käytettävän vesienkäsittelyyn yleisimmin soveltuvia kemikaaleja kuten natriumhydroksidia ja rikkihappoa. Käytettävät kemikaalit ja niiden määrät tarkentuvat jatkosuunnittelussa ja luvituksessa.

Tuotantoasemilla käytetään inertisointiin typpeä, jota varastoidaan kaasumaisena pieniä määriä. Jäähdytysjärjestelmissä on käytössä tyypillisiä jäähdytysaineita, kuten glykolia, suljetuissa järjestelmissä.

Kaikki kemikaalit varastoidaan omissa säiliöissä ja varastoinnin yksityiskohdat tarkentuvat suunnittelun edetessä. Tarvittavat kemikaalit, niiden määrät, varastointi ja käyttö tullaan kuvaamaan tarpeellisilta osin seuraavissa lupavaiheissa. Kemikaalien varastointi tullaan suunnittelemaan turvallisuusmääräysten ja -vaatimusten mukaisesti huomioiden mm. asianmukaiset vuotosuojaukset.

2.4.3 Vedentarve ja -käsittely

Elektrolyysi tarvitsee vuosittain noin 4 miljoonaa kuutiometriä (milj. m^3) merivettä, josta prosessiveden tarve on noin 2 milj. m^3 tuulivoimapuiston tuottaessa pelkästään vetyä (Taulukko 2-1). Meriveden ottopaikka, kuten syvyys ja sijainti, valitaan tarkemmin myöhemmässä suunnitteluvaiheessa ympäristön kannalta optimaalisten olosuhteiden luomiseksi. On huomioitavaa, että elektrolyysin veden tarve vaihtelee tuotannon mukaan.

Elektrolyysissä käytettävä vesi puhdistetaan epäpuhtauksista elektrolyysereiden käyttöiän pidentämiseksi. Vedenpuhdistukseen voidaan hyödyntää esimerkiksi suodatusta tai suolanpoistoa. Meriveden puhdistamisella estetään esimerkiksi laitteiston korroosio ja mineraalien kertyminen elektrolyyseriin. Puhdistusprosessista saadaan tuotteena deionisoitua vettä (*demivesi*, ns. suolaton vesi) ja sivutuotteena prosessijätevettä, jossa on korkea suolapitoisuus. Tyypillisesti elektrolyysi vaatii demiveden laatuista vettä raaka-aineeksi, jossa on hyvin matala sähkönjohtavuus. Prosessivesi johdetaan elektrolyyseriin, kun taas korkeamman suolapitoisuuden omaava prosessijätevesi johdetaan takaisin mereen.

Lisäksi vettä käytetään jäähdytykseen, jota on käsitelty luvussa 2.4.4

2.4.3.1 Meriveden puhdistaminen

Meriveden käsittelyssä poistetaan orgaaninen aines, liuenneet ionit sekä liukenematon kiintoaines. Vedenkäsittelyyn on olemassa erilaisia tekniikoita.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vesien käsittely koostuu yleensä useammasta välivaiheesta, joista ensimmäisessä poistetaan esimerkiksi suodattamalla suuremmat hiukkaset ja orgaaninen aines ja toisessa vaiheessa poistetaan veteen liuenneet ionit. Suolan poistamiseksi on olemassa erilaisia tekniikoita, joista yleisin on käänteisosmoosi. Tässä tekniikassa suolainen vesi johdetaan paineen avulla puoliksi läpäisevän kalvon läpi. Prosessi voidaan toistaa useamman kerran elektrolyysiä varten.

Toinen vedenkäsittelytekniikka, joka voi täydentää tai korvata käänteisosmoosin, on ioninvaihtokalvo. Prosessissa vesi virtaa kalvon läpi, joka sisältää kationinvaihto- ja anioninvaihtoryhmiä. Nämä ryhmät kykenevät sitomaan ioneja vedestä tai vapauttamaan niitä veteen. Ioninvaihtokalvojen etuja verrattuna käänteisosmoosikäsittelyyn ovat muun muassa alhaisemmat energiavaatimukset ja mahdollisuus saavuttaa korkeampia virtausnopeuksia. Toisaalta ne voivat olla herkempiä likaantumiselle ja vaativat säännöllistä regenerointia tai kalvon vaihtoa. Myös muita vedenkäsittelymenetelmiä voidaan käyttää meriveden puhdistukseen, kuten elektrodialyysiä, haihdutusta tai tyhjiötislausta.

2.4.3.2 Puhdistettu prosessivesi ja prosessijätevesi

Vedenkäsittelyssä tuotetun prosessiin soveltuvan demiveden ja suolaisen prosessijäteveden suhde voi vaihdella. Useimmat nykyisin markkinoilla olevat elektrolyyserit tuottavat 45–65 % prosenttia prosessivettä ja 35–55 % prosessijätevettä.

Prosessivesi johdetaan elektrolyysereihin vedyn valmistukseen, kun taas prosessijätevesi johdetaan takaisin mereen. Prosessijäteveden hyödyntämistä, käsittelyä ja johtamista mereen tutkitaan ja kehitetään hankkeen suunnitelmien edetessä optimaalisten olosuhteiden luomiseksi ja ympäristövaikutusten minimoimiseksi. Esimerkiksi prosessijätevesi voidaan johtaa mereen yhdessä jäähdytysveden kanssa, jolloin suolapitoisuus laimenee vesien purkupaikalla entisestään.

Eri vedenkäsittelytekniikoille yhteistä on se, että ne tuottavat prosessijätevettä, jonka suolapitoisuus on korkeampi kuin ympäröivän meriveden. Prosessijäteveden määrä ja suolapitoisuus riippuvat valitusta tekniikasta ja niitä voidaan mukauttaa ympäristövaikutusten minimoimiseksi. Arvioidaan, että vesienkäsittelyssä merivedestä poistetaan noin 6 600–11 000 tonnia suolaa vuodessa. Poistettava suolan määrä riippuu esimerkiksi paikallisesta meriveden laadusta (kuten suolapitoisuudesta).

Elektrolyysissä muodostuvaa jäteveden määrään pyritään vaikuttamaan teknisillä ratkaisuilla, jotka tarkentuvat suunnittelun edetessä. Eri tekniikoita esimerkiksi prosessijäteveden määrän vähentämiseksi tai mahdollisuuksia vaikuttaa jäteveden laatuun tutkitaan ja tarkennetaan suunnittelun edetessä sekä hankkeen jatkoluvituksessa.

2.4.4 Jäähdytys

Elektrolyysiprosessissa syntyy lämpöä ja käyttölämpötilan optimoimiseksi laitteistoa tulee jäähdyttää esimerkiksi vesi- ja/tai ilmajäähdytyksellä. YVA-menettelyssä on oletettu prosessijäähdytyksen tapahtuvan vesijäähdytyksellä. Elektrolyysereiden jäähdytykseen vaaditaan arviolta enintään 270 miljoonaa tonnia merivettä vuosittain. Jäähdytyksen aikana jäähdytysveden lämpötila nousee arviolta noin 15 °C ottolämpötilaan verrattuna, mikä on arviolta noin 17 000 TJ lämpökuorman lisäys. Jäähdytysveden määrä ja lämpötila riippuvat valitusta tekniikasta, vallitsevista olosuhteista ja siitä, missä määrin lämpöä voidaan hyödyntää prosessin muissa osissa. Suurten lämpöhäviöiden vuoksi hukkalämmön hyödyntämismahdollisuuksia muissa osaprosesseissa tutkitaan suunnittelun edetessä.

Elektrolyysin tarvitsemaa jäähdytyksen määrää pyritään vähentämään teknisillä ratkaisuilla, jotka tarkentuvat suunnittelun edetessä. Elektrolyysiprosessin jäähdytystä, kuten jäähdytysveden määrää ja lämpötilaa, ja siihen vaikuttavia teknisiä ratkaisuja käsitellään ja määritellään tarvittaessa hankkeen jatkoluvituksessa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2.4.5 Happi

Elektrolyysiprosessi tuottaa vedyn lisäksi myös happea. Happea tuotetaan arvioltaan enimmillään noin 1 700 000 tonnia vuosittain (Taulukko 2-4). Elektrolyysiprosessissa syntyvä happi arvioidaan johdettavan ilmakehään, mutta hapen talteenottoa ja sen käyttökohteita tutkitaan hankkeen suunnittelun edetessä.

Taulukko 2-4. Arvioitu hapen tuotanto vedyntuotannossa.

Hapen tuotanto	Arvioitu vuosituotanto per tuotanto-asema(tonnia/vuosi)
Keskitetty vedyn tuotantoasema (3 kpl)	600 000
Keskitetty vedyn tuotantoasema (8 kpl)	200 000
Hajautettu vedyn tuotanto (160 kpl)	11 000
Arvio hankkeen tuottaman hapen määrästä yhteensä	1 700 000

2.4.6 Vedyn tuotantolaitoksen rakentaminen

Vedyn tuotantolaitokset rakennetaan tuulivoimaloiden asennuksen jälkeen joko tuulivoimaloiden torniin (hajautettu tuotanto) tai sähköaseman kaltaiselle rakennukselle (keskitetty tuotanto). Vedyn tuotantoasemien rakentamisen arvioidaan ajoittuvan samalle ajankohdalle tuulivoimapuiston rakentamisen kanssa. Hajautetussa vedyn tuotannossa elektrolyyserit rakennetaan pääasiassa modulaarisina kontteina voimaloiden torniin asennettavan alustan päälle. Vedyn tuotannon komponentit kootaan valmiiksi satamassa, jonka jälkeen ne kuljetetaan jokaiselle voimalalle erikseen asennettavaksi. Keskitetyn tuotannon rakentaminen vastaa pääosin merisähköaseman rakentamista. Tarvittavien konttien määrä, tuotantoon tarvittava muu laitteisto ja niiden rakenne tarkentuu suunnittelun edetessä.

2.4.7 Vedyn tuotantolaitosten toiminta, huolto ja kunnossapito

Vedyn tuotantolaitokset tarkastetaan ja tarvittaessa huolletaan arvioltaan 1–2 kertaa vuodessa sekä tarvittaessa esimerkiksi häiriö- tai poikkeustilanteessa.

Vedyn tuotannossa syntyy prosessin sivutuotteena happea, suolapitoista vettä meriveden puhdistuksesta sekä lämpöä. Elektrolyysissä käytettävä elektrolyytti vaihdetaan arvioltaan noin viiden vuoden välein. Käytetty liuos siirretään säiliöön ja edelleen mantereelle käsiteltäväksi. Lisäksi vedyn tuotantolaitoksessa muodostuu jätevesien käsittelyn jätteitä sekä pieniä määriä jäteöljyjä ja -rasvoja. Vedyn tuotannosta ei muodostu muuta käsiteltävää jätettä toiminnan aikana.

2.4.8 Vedyn tuotantolaitosten käytöstä poisto

Vedyn tuotannon käytöstä poisto vastaa rakentamisvaihetta ja sen vaikutuksia. Purkamiseen liittyvistä töistä aiheutuu mm. melua ja tärinää sekä liikenteen määrän lisääntymistä mantereelta hankealueelle. Vedyn tuotannon purkamisen arvioidaan kestävän suunnilleen yhtä kauan kuin tuulivoimaloiden purkaminen, jolloin käytöstä poiston vaikutukset ovat väliaikaisia ja ajallisesti lyhytkestoisia. Vedyn tuotantolaitosten purkamisessa huomioidaan mahdollisissa luvissa, kuten vesiluvassa, asetetut määräykset toiminnan lopettamiseen liittyen.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2.5 Vedyn siirto

Hankkeen vedynsiirto koostuu tuulivoimapuiston alueelta rannikolle vievästä vientiputkesta sekä hajautetun vedyntuotannon konseptissa lisäksi puiston sisäisestä putkiverkosta. Hajautetussa tuotannossa sisäinen putkiverkko yhdistyy merellä sijaitseville keräysasemille, joilta vetyputki jatkuu edelleen rantaan. Keskitetyssä vedyntuotannossa tuulivoimaloilta siirretään sähköä vedyntuotantoasemille ja vety viedään asemilta putkella rantaan. Vetyputkisto voidaan rakentaa teräs-, komposiitti-, tai muoviputkista.

Teräsputkisto rakennetaan tehdasvalmisteisista moduuleista, jotka liitetään yhteen pitkittäishitsatuilla liitoksilla. Putken sisäpinta käsitellään kitkaa vähentävällä pinnoitteella ja ulkopinta korroosiota estävällä pinnoitteella. Putken ympärille valetaan yleensä myös betonipinnoite.

Joustavarakenteiset muovi- ja komposiittiputket ovat toinen hyvin meriolosuhteisiin soveltuva materiaali. Putket ovat kevyitä, ja pienen taivutussäteensä vuoksi niiden asennus ja kuljetus on merkittävästi helpompaa teräsputkiin verrattuna. Putket ovat kevyitä, joten asentamiseen voidaan tarvita painoja tai ankkurointia. Vetyputken tyypillinen ulkohalkaisija on noin 60 cm. Alla on esitetty joustavan putken asennus merenpohjaan (Kuva 2-6) sekä erään komposiittiputkenrakenne (Kuva 2-7). Vetyputken asennukseen soveltuvat myös merikaapelien eri asennustavat, jotka on esitelty luvussa 1.6. Asennustapa valitaan riippuen mm. putken tyypistä ja merenpohjan geologiasta.

Kuva 2-6. Joustavan vetyputken asennus. Oikeanpuoleisessa kuvassa putken ympärille on lisätty painot (SoluForce 2023).

Kuva 2-7. Joustavan ja kaasutiiviin putken rakenne (SoluForce 2023).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2.5.1 Vetyputkiston rakentaminen

Vetyputki rakennetaan mereltä mantereelle esimerkiksi vedyn varastointisäiliöön asti. Vetyputken pituus on noin 37,8 kilometriä ja putken halkaisija on noin 60 cm. Vetyputken kaivannon leveys on enintään noin 3,5 metriä. Vetyputken rakentaminen koostuu putkikaivannon valmistelusta ja rakentamisesta sekä putken asennuksesta. Putkikaivannon valmistelu sisältää merenpohjan muokkaustoimet, jotta putki voidaan laskea niin, ettei putkiprofiiliin muodostu ylimääräistä rasitusta tai jännitystä. Muokkaustoimet toteutetaan paikallisesti esimerkiksi ruoppauksena tai kiviaineksen kasaamisena. Kiviaineksen kasauksella pyritään myös tukemaan ja suojaamaan putkilinjaa tarvittavilta osin. Vetyputken rakentaminen voi vaatia putken suojausta riippuen paikallisista olosuhteista. Vetyputken osalta arvioidaan, että tarvittava murskemäärä ei ylitä merikaapeleille arvioitua murskemäärää. Putkenlasku on jatkuva prosessi, jossa putken osat yhdistetään toisiinsa kiinni ennen merenpohjaan laskua.

Vetyputken suojaukseen tarvittava murskemäärä on vähäisempi kuin merikaapeleiden suojaukseen tarvittava määrä. Määrien arvioinnissa on oletettu, että vetyputki tulee suojata rannalta katsottuna siihen asti, missä veden syvyys on vähemmän kuin 15 metriä, mutta tarvittaessa putkisto voidaan joutua suojamaan myös muutoin. On kuitenkin arvioitu, että 15 metriä syvemmissä olosuhteissa ei olisi tarvetta vetyputken suojaukselle kiviaineksella. Putki voidaan suojata myös upottamalla se merenpohjan sisään. Vetyputken osalta ei ylitetä taulukossa 1-3 esitettyä arviota tarvittavasta murskemäärästä merikaapeleille.

Putken asennustapoja rantautumisalueella on useita. Vetyputken asennus kallioiselle alueelle on mahdollista esimerkiksi vaakasuuntaisella suuntaporauksella. Toinen vaihtoehto on avoimen ojan kaivaminen kaapelikaivannon tapaan. Vaihtoehtoisesti rantautuminen voidaan toteuttaa rakentamalla laituri tai silta ranta-alueen ylittämiseksi. Rantautumispaikan vaatima leveys on noin 20 metriä. Jos asennuksessa käytetään avointa ojaa, alue maisemoidaan rakentamisen jälkeen. Putkilinjan alueella ajoneuvojen käyttö ja metsänkasvatus on rajoitettua. Putkilinjan rantautumisalue sekä linjan alue mantereella on pidettävä puuttomana.

2.5.1.1 Meriläjitys

Lähtökohtaisesti vetyputken osalta ruoppaustarpeet ovat arviolta enintään yhtä suuret kuin sähkönsiirtokaapelien kohdalla. Sedimenttien läjityksien osalta käytettäisiin hankkeen suunniteltuja läjitysvaihtoehtoja. Vetyputken asennustavat ovat lähtökohtaisesti samoja kuin sähkönsiirtokaapeleiden osalta. Ruoppausmäärät eivät kuitenkaan ylitä sähkönsiirtokaapeleille arvioituja ruoppausmääriä, sillä hankkeen vedyn siirtoa varten tarvitaan yksi vetyputki, kun taas sähkönsiirtoon tarvitaan siirtokaapeleita enintään 10 kappaletta (Taulukko 1-2).

2.5.2 Vetyputkiston toiminta, huolto ja kunnossapito

Vetyputkiston turvallisuuden varmistamiseksi laaditaan käyttö- ja turvallisuusjärjestelmä, jolla varmistetaan esimerkiksi putkiston hallinta ja mahdollisten kaasuvuotojen havaitseminen. Vetyputkistolle tehdään suunniteltuja huolto- ja säännöllisiä tarkastuskäyntejä voimassa olevan lainsäädännön ja muiden vaatimusten mukaisesti. Mikäli vetyputkistoon tehdään laajamittaisia huoltotoimia, ajoitetaan ne talvikuukausien ulkopuoliselle ajalle. Vedyn siirtoputkistosta ei arvioida aiheutuvan jätteitä normaalitilanteessa.

2.5.3 Vetyputkiston käytöstä poisto

Toiminnan päätyttyä vetyputki ja sen rakenteet ensisijaisesti kaivetaan ylös, nostetaan merestä ja viedään mantereelle kierrätettäväksi. Samoin toimitaan myös rantautumisalueiden ja mantereen osalta. Toissijaisena vaihtoehtona on jättää putki paikalleen, jos se nähdään viranomaisten puolelta järkevämpänä vaihtoehtona. Putken poistaminen vastaa toimiltaan putken rakentamista.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2.6 Vedyn varastointi

Tässä YVA-selostuksessa arvioidaan vedyn varastointia mantereella. Vetyä varastoidaan yleensä paineistettuna tai nestemäisenä. Nestemäisen vedyn varastointi vaatii vedyn jäähdyttämisen noin -253 °C asteeseen. Tällä hetkellä vedyn mahdollisia varastointitapoja ovat mm. paineistetut vetysäiliöt ja pallomaiset eristetyt säiliöt. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 2-5) on esitetty vedyn tunnuslukuja. Vedyn varastointia ja sen vaikutusten arviointia on kuvattu tarkemmin YVA-selostuksen B-osassa.

Taulukko 2-5. Vedyn tunnuslukuja.

Vedyn ominaisuus	Tunnusluku
Vedyn tiheys (10 °C:ssa)	0,09 g/dm^3
Nestemäisen vedyn tiheys	71 g/dm^3
Kaasun ja nesteen tiheyden suhdeluku	Noin 800

2.6.1 Paineistettu vety

Yleisin tapa varastoida vetyä on paineistetut vetysäiliöt. Vedyn paineistaminen ennen varastointia vähentää varastosäiliöiden määrää ja siten varastointiin tarvittavaa pinta-alaa.

Suurimmat arvioidut varastosäiliöt ovat halkaisijaltaan noin 3 metriä ja korkeudeltaan noin 14 metriä, kun vetyä varastoidaan 15 °C lämpötilassa. Tarvittavan tilantarpeen vähentämiseksi on mahdollista käyttää pystysäiliöitä.

Vedyn varastointi ilmankehän paineessa vaatisi erittäin suuria varastointitiloja, joten vety paineistetaan noin 150–700 barin paineeseen varastointitavasta riippuen.

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 2-6) on esitetty esimerkkitietoja paineistetusta vetysäiliöstä.

Taulukko 2-6. Esimerkkitietoja paineistetusta vetysäiliöstä.

Vetysäiliö	Arvot
Korkeus	14 m
Halkaisija	3 m
Tilavuus	99 m^3
Tarvittava pinta-ala	16 m^2
Varastointikapasiteetti 1bar paineessa	8,5 kg
Varastointikapasiteetti 350 bar paineessa	2 900 kg

Paineistettu vety vaatii esimerkiksi 2,4 GW varaston osalta 12 tunnin tuotannon varastokapasiteetiksi noin 105 kappaletta vetysäiliöitä. Tarvittava pinta-ala olisi tällöin noin 10 000 m^2. Vedyn varastointialue aidataan.

2.6.2 Nestemäinen vety

Vedyn varastointiin tarvittavaa pinta-alaa voidaan vähentää varastoimalla vetyä nestemäisessä muodossa. Tällöin vedyn tiheys on noin 800 kertaa suurempi kuin vastaavan vetymäärän tiheys ilmakehän paineessa. Vetyä säilytetään alle -253 °C:n lämpötilassa pallomaisessa varastointisäiliössä, jonka kaksoisseinät on eristetty tyhjiöllä (Kuva 2-8).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 2-8. Kuva vedyn varastoinnista nestemäisessä muodossa (Kawasaki Heavy Industries 2024).

2.7 Turvallisuus

Turvallisuusriskien varhainen havainnointi ja huomioon ottaminen on keskeistä koko suunnittelun aikana. Hankkeen YVA-menettelyn yhteydessä tehty ympäristöriskienarviointi on esitetty luvussa 20. Pelastuslaki (379/2011) velvoittaa toiminnanharjoittajaa omatoimiseen varautumiseen (14 §):

- Ehkäistävä tulipalojen syttymistä ja muiden vaaratilanteiden syntymistä
- Varauduttava henkilöiden, omaisuuden ja ympäristön suojaamiseen vaaratilanteissa
- Varauduttava tulipalojen sammuttamiseen ja muihin sellaisiin pelastustoimenpiteisiin, joihin ne omatoimisesti kykenevät
- Ryhdyttävä toimenpiteisiin poistumisen turvaamiseksi tulipaloissa ja muissa vaaratilanteissa sekä toimenpiteisiin pelastustoiminnan helpottamiseksi

Edellä mainitut velvoitteet on huomioitu tarpeellisilta osin YVA-menettelyssä tehdyssä riskinarvioinnissa. Velvoitteet huomioidaan hankkeen jatkosuunnittelussa ja toiminnan suunnittelussa varaudutaan mahdollisiin poikkeus- ja vaaratilanteisiin.

Seuraavissa luvuissa on esitelty vedyn tuotantoprosessissa, siirrossa ja varastoinnissa huomioon otettavia riski- ja turvallisuustekijöitä.

2.7.1 Vety

Vety on hyvin kevyt kaasu. Tämän takia onnettomuustilanteissa vety voi nousta korkealle ilmaan, jolloin siitä ei aiheudu vaikutuksia ympäristöön. Vety on kuitenkin erittäin helposti syttyvä kaasu, jonka takia poikkeustilanteissa vety voi syttyä, jos lähellä kaasuvuotoa on lämmönlähde. Korkeassa paineessa vety voi syttyä myös itsestään ilman ulkoista syttymisen lähdettä.

Vetykaasu voi syttyä palamaan eri tavoin riippuen syttymisajankohdasta, vuototyypistä ja liekistä. Jatkuvan vetypäästön syttyessä voi syntyä suihkuliekki, jonka koko riippuu esimerkiksi paineesta ja vuotoreiän koosta. Suuren vetymäärän syttyessä kerralla kaasu voi palaa räjähdysmäisesti.

Vetykaasun palaminen voi aiheuttaa ihmisiin kohdistuvia vaikutuksia palamisessa syntyvän lämpösäteilyn myötä. Räjähdyksistä syntyvät paineaallot voivat myös aiheuttaa materiaalivahinkoja, kuten vahinkoa laitoksen rakenteisiin.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2.7.1.1 Elektrolyyserit ja kompressorit

Elektrolyysissä vesi hajotetaan tuulivoimaloiden tuottaman sähkön avulla vedyksi ja hapeksi. Elektrolyyserissä vetykaasu on normaalissa ilmakehän paineessa. Elektrolyysin osalta riskiksi on tunnistettu mahdolliset vetyvuodot. Vedyn käyttö laitoksen eri osissa vaatii vedyn paineistusta. Tämä tehdään laitoksissa sijaitsevilla kompressoreilla, jotka puristavat vetykaasun haluttuun paineeseen, jonka jälkeen vety kuljetetaan tai varastoidaan putkissa. Kompressoreissa riskit ovat samanlaisia elektrolyysereiden kanssa, mutta korkeamman paineen takia vaikutukset voivat olla merkittävämpiä.

Elektrolyysereistä ja kompressoreista aiheutuvien vetyvuotojen on arvioitu aiheuttavan vahinkoja, joilla voi olla paikallisia vaikutuksia laitoksen huoltohenkilöstöön tai aluksilla oleviin ihmisiin. Vuodosta voi syntyä suihkuliekki tai räjähdys. Syttymättömän vuodon odotetaan nousevan ja laimenevan nopeasti ympäristöön.

2.7.1.2 Varastointi

Mekaaniset iskut tai tulipalot voivat aiheuttaa säiliön rikkoontumisen ja johtaa edelleen suuriinkin vuotoihin. Mekaanisia iskuja voi aiheutua esimerkiksi aluksen törmäämisestä.

Mahdollisia onnettomuustilanteita ovat suihkuliekit ja kaasupilvien räjähdykset, mikäli kaasu syttyy viiveellä. Vetykaasun varastoinnin onnettomuustilanteissa ei arvioida ilmenevän kiehuvan nesteen tai höyryn laajenemisesta aiheutuvaa paineennousua ja siitä seuraavaa varastosäiliön rikkoontumista (Boiling liquid expanding vapour explosion, BLEVE). Paineistettu säiliö voi myös aiheuttaa riskin, jos säiliön paine nousee esimerkiksi ulkoisen lämmittämisen seurauksena. Paineen kasvusta voi seurata esimerkiksi varastosäiliön räjähdys.

2.7.1.3 Putkistot

Merellä sijaitsevassa vedyn tuotannossa on toteutuskonseptista riippumatta puiston sisäisiä yksittäisiä ja keskitettyjä vientiputkia. Putkien hajoaminen voi aiheuttaa vaikutuksia ympäristölle ja ihmisille onnettomuuspaikan välittömässä läheisyydessä. Pienet vuodot voivat johtua esimerkiksi vuotavista putkikytkennöistä, riittämättömästä kunnossapidosta tai putkiston virheellisistä asennuksista.

Suuremmilla vuodoilla, kuten putkien rikkoutumisilla, katsotaan olevan merkittäviä seurauksia paikallisesti mutta myös kauempana onnettomuuspaikasta. Suuret putkivuodot voivat noustessaan pintaan aiheuttaa merenpinnan yläpuolella ilmakehässä suihkuliekkejä. Merenpinnan alapuolella vuodot muodostavat vetykuplia, jotka ilmaan siirtyessään muodostavat kaasupilviä. Kaasupilvet voivat syttyessään aiheuttaa räjähdyksiä.

2.7.2 Happi

Elektrolyysissä syntyy sivutuotteena myös happea, joka on normaalilämpötilassa ja -paineessa (20 °C, 1 bar) kaasumaista. Toisin kuin vety, happi ei ole palava kaasu ja ei täten aiheuta yksinään tulipalon vaaraa. Happi on kuitenkin hapettava kaasu, jolloin se voi edistää käynnissä olevia tulipaloja.

Hapen kannalta oleellisimpia riskejä ovat seuraavat:

- Happi voi edistää ympäristössä käynnissä olevaa tulipaloa
- Runsas happi reagoidessaan öljyn tai rasvan (esimerkiksi voimaloiden öljyn tai muuntajaöljyn) kanssa voi aiheuttaa tulipalon tai jopa räjähdyksen

2.7.3 Vedenalaiset kaasuputket

Merituulivoimapuiston putkiverkosto muodostuu pääosin sisäisestä vedyn siirtoputkistosta, kun hankkeessa vedyn tuotanto on hajautettu, sekä merituulivoimapuiston alueelta mantereelle johtavista siirtoputkista. Vedyn siirtoputket sijoitetaan merenpohjaan aina rantautumispisteelle asti.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vedenalaisten siirtoputkien vuodot aiheuttavat vedyn pääsyn meriveteen ja edelleen ilmakehään. Pienten vuotojen esiintymistodennäköisyys on arvioitu suuremmaksi kuin suurien vuotojen, mutta onnettomuustilanteissa suurien vuotojen vaikutukset ovat todennäköisesti merkittävämpiä. Mahdollisia syitä vedenalaisessa vetyputkistossa tapahtuviin suuriin vuotoihin voivat olla seuraavat seikat:

- Alusten virheellinen tai huolimaton ankkurointi
- Putkistojen virheellinen kunnossapito
- Virheellinen tai huolimaton pohjatroolaus
- Ilkivalta

Vuodon sattuessa kaasu nousee veden pinnalle, jossa se voi muodostaa syttyvän kaasupilven ennen leviämistä ilmaan. Jos alus kulkee kaasupilven läpi, aluksella oleva syttymislähde voi sytyttää kaasupilven ja aiheuttaa tulipalon tai räjähdyksen. Suuri vedenalainen kaasupäästö synnyttää myös kaasukuplia, jotka voivat aiheuttaa paikallisia tiheyseroja veteen ja heikentää veden kelluttavuutta, jolloin kaasupäästön alueella oleva alus voi upota.

2.7.4 Tulipalot

Vety on herkästi syttyvä aine, jolloin sen käsittelyyn liittyy ilmeinen riski tulipalon syttymiselle ja/tai leviämiselle. Suuri tulipalo voi johtaa suuren savumäärän leviämiseen ympäristöön.

Suuret tulipalot voivat aiheuttaa suuronnettomuuden hankealueella, mikäli tulipalo pääsee leviämään tuotantoyksiköistä toiseen. Laajamittainen tulipalo voi aiheuttaa esimerkiksi vetysäiliön ulkopuolisen lämmön nousun, jonka seurauksena säiliön paine nousee ja voi edelleen aiheuttaa säiliön rikkoutumisen.

2.7.5 Suuronnettomuudet

Vetyputkistossa voi aiheutua suuronnettomuus, jossa paikallisesti esiintynyt poikkeustilanne pääsee leviämään hallitsemattomasti tuotantolaitoksen sisä- tai ulkopuoliselle alueelle aiheuttaen esimerkiksi vetyvuodon, tulipalon tai räjähdyksen. Tällöin riskinä on paikallisen onnettomuuden muuttuminen suuronnettomuudeksi, johon johtavia tilanteita voivat olla esimerkiksi seuraavat riskit:

- Suuri vetyputkessa tapahtuva tai vetypilven viivästynyt syttyminen voi aiheuttaa vahinkoa viereisille vedyn tuotantolaitoksille ja/tai tuulivoimaloille. Nämä vauriot voivat puolestaan johtaa edelleen uusiin vetyvuotoihin sekä vedyn syttymiseen ja siten useampien viereisten voimaloiden ja/tai vedyn tuotantolaitosten vaurioitumiseen.
- Laitoksessa tapahtuva suuri poikkeustilanne, esimerkiksi vetyvuoto voi vaikuttaa ohikulkeviin aluksiin ja aiheuttaa onnettomuuden.
- Tulipalo ja samanaikainen runsas happi voivat vahingoittaa esimerkiksi vetyä kuljettavia putkistoja, mikä voi johtaa vetyvuotoon ja edelleen aiheuttaa räjähdyksiä. Tämä puolestaan voi vaurioittaa läheisiä rakenteita, kuten tuulivoimaloita.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

3 YHDYSKUNTARAKENNE JA MAANKÄYTTÖ

YHTEENVETO:

- Merituulivoimapuiston rakentamisen myötä talousvyöhykkeen vesialueelle sijoittuu tuulivoimaloita. Talousvyöhykkeelle sijoittuvaa hanketta ei kaavoiteta alueidenkäyttölain mukaisesti. Merituulivoimapuiston alue on osin merialuesuunnitelmassa osoitetun energiantuotantoalueen mukainen, osalle puiston aluetta on osoitettu merenkulun alueita. Hankkeen jatkosuunnittelussa on turvattava meriliikenteen toimintaedellytykset.
- Merikaapeli- ja vetyputkivaihtoehdot MVE1 ja VVE1 eivät sijoitu Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavojen yhdistelmäkartassa osoitetuille tuulivoimaloiden alueille (tv-2). Vaihtoehdot MVE2 ja MVE3 sijoittuvat kahdelle kaavayhdistelmässä osoitetulle tuulivoimaloiden alueelle (tv-2). Vaihtoehdot tai niiden vaihtoehtoiset läjitysalueet eivät estä maakuntakaavan toteuttamista, mutta maakuntakaavassa osoitettujen tuulivoimahankkeiden jatkosuunnittelussa on otettava huomioon Hallan hankkeen energiansiirtoreitit.
- Suunnitellut merikaapeli-/vetyputkireittivaihtoehdot sijoittuvat osittain oikeusvaikutteisille yleiskaava-alueille Raahessa (MVE1/VVE1, MVE2) ja Siikajoella (MVE3). Merenpohjaan laskettavien tai asennettavien kaapeleiden tai vetyputken maankäyttövaikutukset reittien vesialueilla ovat vähäisiä ja rakentamisen aikaisia. Merkittävimmät maankäyttövaikutukset kohdistuvat reittivaihtoehtojen rantautumispaikoille.
- Energiansiirtoreitti MVE1/VVE1 sijoittuu olemassa olevan Raahen teollisuus- ja satama-alueen yhteyteen. Alueella on voimassa olevia yleis- ja asemakaavoja sekä vireillä oleva asemakaava. MVE1/VVE1 ei ole ristiriidassa kuntakaavojen suhteen, mutta hankkeen sähkön-/vedynsiirron toteuttaminen edellyttää yhteensovittamista olemassa olevan maankäytön sekä alueelle suunniteltujen satama-, teollisuus- ja logistiikkatoimintojen kanssa.
- Merikaapelivaihtoehdot MVE2 ja MVE3 sijoittuvat nykytilassa huomattavasti luonnontilaisemmille alueille ja aluetta koskevissa kaavoissa on kaapelireittien ja rantautumispaikkojen läheisyyteen osoitettu maankäyttömuutoksille herkempiä alueita ja suunnittelutavoitteita. MVE2 rantautuu eteläisemmässä vaihtoehdossa retkeily- ja ulkoilualueelle, jolla ympäristö säilytetään. Rantautumiskohdan vaatima tilatarve on pinta-alaltaan suhteellisen pieni, eikä se toteuduttuaan estä retkeilyä tai ulkoilua ympäröivillä alueilla. Pohjoisempi rantautumispiste sijoittuu metsätalousalueelle, jolle on osoitettu teollisuuden reservialuemerkintä. MVE3 rantautuu molemmissa vaihtoehdoissa rantayleiskaavassa osoitetulle maisemanhoitoalueelle. Hanke aiheuttaa kohtalaisia muutoksia kaapelireittien ja vaikutusalueen virkistyskäyttöön lähinnä esimerkiksi virkistyskokemuksen muuttumisen kautta ja rakentamisaikaisina alueen käytön rajoituksina, mutta ei estä alueen nykyisen käytön jatkumista. Jatkosuunnittelussa on mantereen puoleisilla alueilla varmistettava riittävä etäisyys kaapelireittien ja nykyisten/kaavoissa osoitettujen loma-asuntopaikkojen välillä.
- Hanke toteuttaa valtakunnallisia alueidenkäyttötavoitteita erityisesti hyödyntämällä merialuesuunnitelmassa tunnistettua tuulivoimapotentiaalia ja sijoittamalla voimalat keskitetysti. Hallan energiansiirto mantereelle tukeutuu vireillä olevassa maakuntakaavassa osoitettuun ohjeelliseen pääsähköjohtoon.

3.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Selvitettäessä vaikutuksia yhdyskuntarakenteeseen ja alueidenkäyttöön tutkittiin hankkeen suhdetta sekä nykyiseen että suunniteltuun tilanteeseen. Arviointia varten selvitettiin hankealuetta ja sen lähiympäristöä koskevat tiedot nykyisestä maankäytöstä, voimassa olevista kaavoista ja suunnitellusta maankäytöstä. Kaavoitustilanteen aineistot on kerätty aikavälillä 11/2023–11/2024.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Arvioitaessa vaikutuksia yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön tutkittiin hankkeen vaikutuksia eri aluetasoilla: onko hankkeen toteuttamisella vaikutuksia seudun aluerakenteeseen, alueen yhdyskuntarakenteeseen, hankealueen lähiympäristön maankäyttöön tai yksittäisiin kohteisiin välittömällä vaikutusalueella. Vastaavasti tutkittiin hankkeen suhdetta voimassa ja vireillä oleviin kaavoihin, muihin maankäytön suunnitelmiin, valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin ja merialuesuunnitteluun.

Hankkeen maankäyttövaikutukset voivat olla joko välittömiä tai välillisiä. Hanke saattaa aiheuttaa ympäristössä sellaisia muutoksia, jotka vaikuttavat nykyiseen maankäyttöön tai muuttavat tulevan maankäytön suunnitteluun liittyviä lähtökohtia tai reunaehtoja. Välillisiä vaikutuksia voi periaatteessa syntyä esimerkiksi ympäristön häiriötekijöiden muutoksista, muun muassa melusta. Osana arviointia tarkasteltiin hankkeen rakentamista rajoittavat vaikutukset. Mahdolliset maankäytön ristiriidat ja kaavojen muutostarpeet osoitettiin ja kuvattiin.

Vaikutusten arvioinnin selostusvaiheessa tarkistettiin kaavatilanteen kuvauksen ajantasaisuus sekä tarvittaessa nykytilan ja kaavatilanteen kuvausta arviointiohjelmasta saadun palautteen perusteella. Arvioinnissa kiinnitettiin huomioita vaikutusten merkittävyyteen ja arviointia varten laadittiin havainnollistavaa kartta-aineistoa.

Tässä YVA-selostuksen osassa A keskitytään merituulivoimapuiston, merellä sijaitsevien läjitysalueiden, energiasiirtoreittien ja niiden rantautumispaikkojen vaikutusten arviointiin. Mantereella tapahtuvat energiasiirron vaikutukset on arvioitu osassa B.

Vaikutukset selvitettiin asiantuntija-arviona, jonka teki kokenut alueidenkäytön asiantuntija.

3.2 Nykytila

3.2.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ovat osa maankäyttö- ja rakennuslain mukaista alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää. Valtioneuvosto päätti valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista 14.12.2017 ja ne tulivat voimaan 1.4.2018. Päätöksellä valtioneuvosto korvasi valtioneuvoston vuonna 2000 tekemän ja 2008 tarkistaman päätöksen valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista.

Alueidenkäyttötavoitteiden tehtävänä on muun muassa auttaa saavuttamaan maankäyttö- ja rakennuslain ja alueidenkäytön suunnittelun tavoitteet, joista tärkeimmät ovat hyvä elinympäristö ja kestävä kehitys. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan tavoitteet on otettava huomioon ja niiden toteuttamista on edistettävä maakunnan suunnittelussa, kuntien kaavoituksessa ja valtion viranomaisten toiminnassa.

Uudistetut tavoitteet jakautuvat viiteen kokonaisuuteen, jotka ovat:

- Toimivat yhdyskunnat ja kestävä liikkuminen
- Tehokas liikennejärjestelmä
- Terveellinen ja turvallinen elinympäristö
- Elinvoimainen luonto- ja kulttuuriympäristö sekä luonnonvarat
- Uusiutumiskykyinen energiahuolto

Uusiutumiskykyisen energianhuollon tavoitteiden taustalla on Suomen ilmasto- ja energiapolitiikka, jonka vuoksi alueidenkäytössä on tarpeen varautua uusiutuvan energiantuotannon merkittävään lisäämiseen sekä tuulivoimapotentiaalin laajamittaiseen hyödyntämiseen. Tavoitteiden mukaan tuulivoimalat sijoitetaan ensisijaisesti keskitetysti usean voimalan yksiköihin. Tavoitteiden mukaan turvataan valtakunnallisen energiahuollon kannalta merkittävien voimajohtojen ja kaukokuljettamiseen tarvittavien kaasuputkien linjaukset ja niiden toteuttamismahdollisuudet. Voimajohtolinjauksissa hyödynnetään ensisijaisesti olemassa olevia johtokäytäviä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

3.2.2 Kaavoitus ja muut maankäytön suunnitelmat

3.2.2.1 Maakuntakaavat

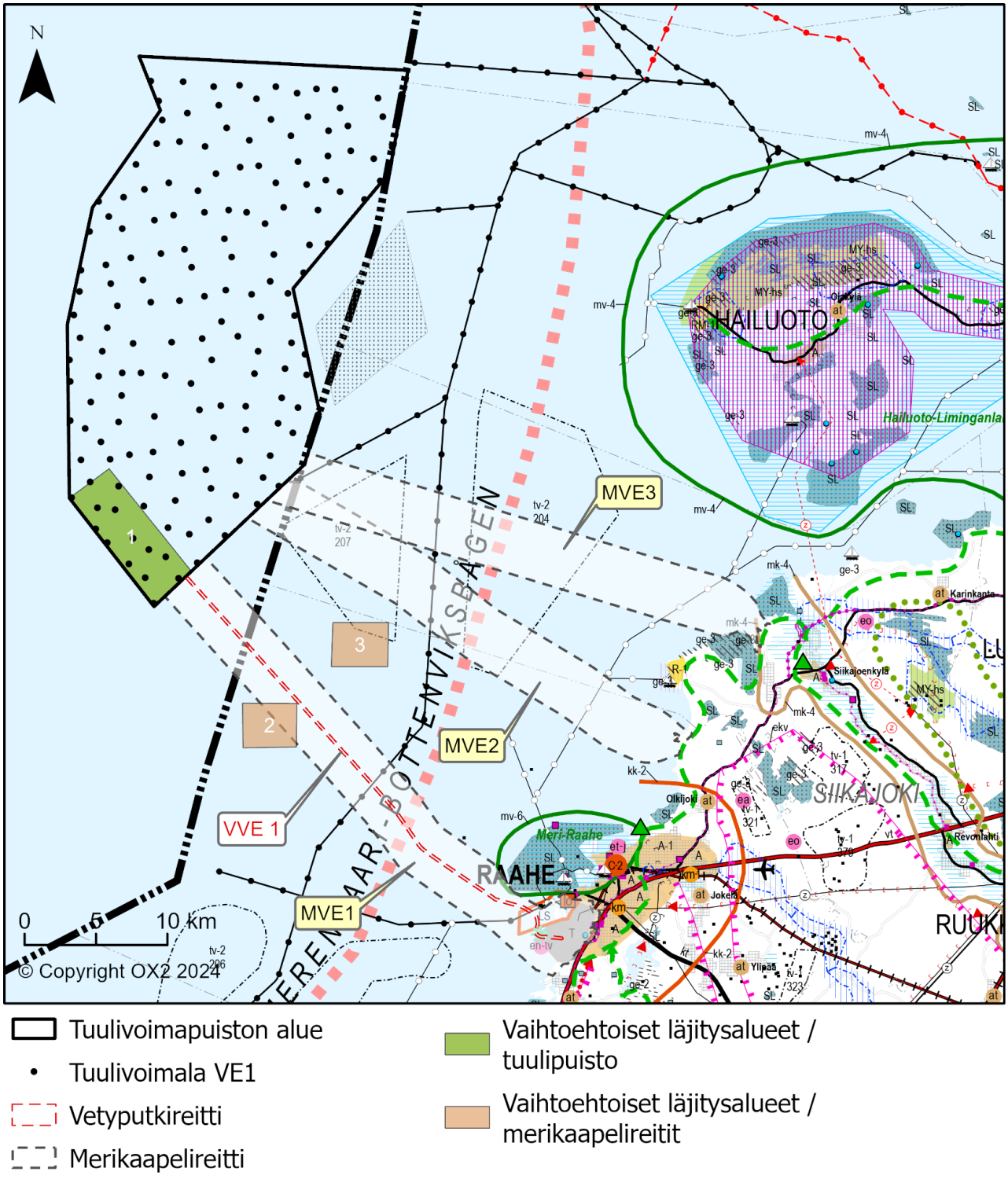
Voimassa olevat maakuntakaavat

Merituulivoimapuiston alue sijoittuu Suomen talousvyöhykkeelle eikä alue kuulu maakuntakaavoitettuun alueeseen.

Merikaapelireittien, vetyputkireittivaihtoehdon sekä merikaapelireitteihin liittyvien vaihtoehtoisten läjitysalueiden alueilla ovat voimassa seuraavat kolme Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavaa *(Pohjois-Pohjanmaan liitto 2023b)*:

- 1. vaihemaakuntakaava (lainvoimainen 3.3.2017)
  - vaihemaakuntakaava on hyväksytty 2.12.2013. Kaavassa käsiteltäviä pääteemoja ovat luonnonympäristö, kaupan palvelurakenne, aluerakenne ja taajamat, liikennejärjestelmä ja logistiikka sekä energiantuotanto ja -siirto.
- 2. vaihemaakuntakaava (lainvoimainen 2.2.2017)
  - vaihemaakuntakaava on hyväksytty 7.12.2016. Vaihemaakuntakaavassa käsitellään koko maakunnan alueidenkäyttöä seuraavien teemojen osalta: kulttuuriympäristöt ja maisema-alueet, maaseudun asutusrakenne, virkistys- ja matkailualueet, seudulliset ampumaradat ja materiaalikeskukset, puolustusvoimien alueet.
- 3. vaihemaakuntakaava (lainvoimainen 17.1.2022)
  - vaihemaakuntakaava on hyväksytty 11.6.2018. Kolmannessa vaihemaakuntakaavassa käsitellään maakunnan alueidenkäyttöä seuraavien teemojen osalta: pohjavesi- ja kiviainesalueet, mineraalipotentiaali- ja kaivosalueet, Oulun seudun liikenne ja maankäyttö, tuulivoima-alueiden tarkistukset, Vaalan ja Himangan kaavamerkintöjen tarkistukset ja muut maakuntakaavamerkintöjen päivitykset. Korkein hallinto-oikeus on hylännyt vaihemaakuntakaavan hyväksymisestä tehdyt valitukset 17.1.2022.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-1. Ote Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavojen yhdistelmäkartasta (Pohjois-Pohjanmaan liitto 2022). Merikaapelireittivaihtoehdot on lisätty kaavakartalle harmailla katkoviivarajauksilla ja vetyputkireittivaihtoehto punaisella katkoviivalla.

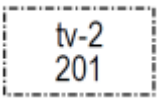
Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavoissa merituulivoimapuiston läheisyyteen tai merikaapelireittivaihtoehtojen (MVE1, MVE2 ja MVE3) ja vetyputkireittivaihtoehdon VVE1 alueelle tai reittivaihtoehtojen välittömään läheisyyteen on osoitettu seuraavat taulukossa 3-1 osoitetut merkinnät.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 3-1. Pohjois-Pohjanmaan yhdistelmäkartassa osoitetut kaavamerkinnät ja -määräykset merikaapeli- ja vetyputkireittien sekä vaihtoehtoisten läjitysalueiden alueella tai välittömässä läheisyydessä.

Merkintä	Kaavamääräys
A A-1	TAAJAMATOIMINTOJEN ALUE (1. ja 3.vmkk) **(MVE1)** Merkinnällä osoitetaan asumisen, palvelujen, teollisuus- ja muiden työpaikka-alueiden ym. taajamatoimintojen sijoittumisalue ja laajentumisalueita. **Suunnittelumääräykset:** Yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa tulee alueiden käyttöönottojärjestyksessä ja mitoituksessa kiinnittää erityistä huomiota vaihtoehtoisten aluekokonaisuuksien toiminnallis-taloudelliseen edullisuuteen, ympäristön laatuun ja kevyen liikenteen toimintaedellytyksiin. Yksityiskohtaisemmassa kaavoituksessa tulee edistää yhdyskuntarakenteen eheyttämistä hajanaisesti ja vajaasti rakennetuilla alueilla sekä taajaman ydinalueen kehittämistä toiminnallisesti ja taajamakuvallisesti selkeästi hahmottuvaksi keskukseksi. Maankäyttöratkaisuissa tulee pyrkiä hyvään energiatalouteen. Yksityiskohtaisemmassa kaavoituksessa tulee määritellä kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen kannalta edulliset vyöhykkeet taajamarakenteen kehittämisen perustaksi. Yksityiskohtaisempiin kaavoihin tulee sisällyttää periaatteet uudisrakentamisen sopeuttamisesta rakennettuun ympäristöön. Alueiden käytön suunnittelussa ja rakentamisessa on varmistettava, että alueella sijaitsevien kulttuuriympäristön tai maiseman vaalimisen kannalta tärkeiden kohteiden kulttuuri- ja luonnonperintöarvot säilyvät. Taajaman merkittävä laajentaminen päätien toiselle puolelle yksityiskohtaisempaan kaavaan perustuen edellyttää turvallisten yhteyksien järjestämistä päätien poikki. Maankäytön suunnittelussa tulee ottaa huomioon tulvariskialueet ja tulvien hallintasuunnitelmat sekä varautua sään ääri-ilmiöiden vaikutuksiin. Lisämerkintä –1 osoittaa, että alueen yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa ja käytössä tulee ottaa huomioon maankohoamisrannikon erityispiirteet.
SL	LUONNONSUOJELUALUE (1. ja 3.vmkk) **(MVE1, MVE3)** Merkinnällä osoitetaan luonnonsuojelulain nojalla suojeltuja tai suojeltaviksi tarkoitettuja alueita. **Suunnittelumääräys:** Alueen ja sen ympäristön maankäyttö tulee suunnitella ja toteuttaa siten, ettei vaaranneta alueen suojelun tarkoitusta, vaan pyritään edistämään alueen luonnon monimuotoisuuden sekä alueiden välisten ekologisten yhteyksien säilymistä. Rakennuslupahakemuksesta tulee pyytää MRL 133 § mukainen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen lausunto.
LS	SATAMA-ALUE (1.vmkk) (MVE1, VVE1) **Suunnittelumääräys:** Sataman keskeisten ydintoimintojen kehittämismahdollisuuksille tulee varata yksityiskohtaisemmassa kaavoituksessa riittävät aluevaraukset. (1.vmkk)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Kaavamääräys
	TEOLLISUUS- JA VARASTOALUE (1. ja 3.vmkk) (MVE1, VVE1) Merkinnällä osoitetaan vähintään seudullista merkitystä omaavia, lähinnä perinteisen teollisuuden tuotanto- ja varastoalueita, jotka eivät sisälly taajamatoimintojen aluevaraukseen ja jotka halutaan turvata muulta maankäytöltä. Lisämerkinnällä -1 osoitetaan seudullisesti merkittävien biojalostamojen alueet. **Suunnittelumääräys:** Biojalostamon alueen toimintojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon lähiasutukselle aiheutuvat onnettomuus- ja päästöriskit ja pyrkiä ratkaisuihin, joissa riskit jäävät lieviksi.
	LOGISTIIKKA-ALUE (1. ja 3.vmkk) (MVE1) Merkinnällä osoitetaan maakunnallisesti merkittävät eri liikennemuotoja yhdistävät tavaraliikenteen terminaalialueet **Suunnittelumääräykset:** Oulun Oritkarin satama-alueen välittömään läheisyyteen on varattava riittävä alue kansainvälistä yhdistettyjen kuljetusten terminaalialuetta varten siihen liittyvine raiteistoja laiturialueineen sekä sujuva pääsy yleiseltä tie- ja rataverkolta. Oulun lentoaseman välittömään läheisyyteen on varattava riittävä alue lentoliikenteen tavarankäsittelyä ja siihen liittyvää yritystoimintaa varten. Alue tulee sijoittaa siten, että varsinainen rahdin käsittely tapahtuu pääosin lentoliikenteen alueella. Logistiikkaan liittyviä yritys- ja tukitoimintoja varten on varattava riittävästi aluetta välittömästi liikennealueen ulkopuolelta. Logistiikka-alueelle tulee turvata sujuva pääsy yleiseltä tieverkolta siten, että matkustajien ja rahdin liikennevirrat voidaan erottaa toisistaan. Raahen ja Kalajoen satama-alueisiin liittyen on varattava riittävä alue meriliikenteen tavarankäsittelyä ja yritystoimintaa varten ja sujuva pääsy alueelle yleiseltä tie- ja rataverkolta.
	TUULIVOIMALOIDEN ALUE (tv-2) (1. ja 3.vmkk) **(MVE2, MVE3, vetyputken ja merikaapelireittien pohjoisempi läjitysalue)** Merkinnällä osoitetaan merialueita, jotka soveltuvat merkitykseltään seudullisten tuulivoimala-alueiden rakentamiseen. Alueella ei ole voimassa MRL 33 § mukaista rakentamisrajoitusta. Luku merkinnän yhteydessä viittaa kaavaselostuksen alueluetteloon. **Suunnittelumääräykset:** Alueen suunnittelussa on otettava huomioon vaikutukset asutukseen, maisemaan, linnustoon, luontoon ja kulttuuriympäristöön sekä pyrittävä ehkäisemään haitallisia vaikutuksia. Tuulivoimarakentamisen yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on varmistettava, ettei asutukselle aiheudu merkittäviä melu- ja välkevaikutuksia ja että valtakunnallisten kulttuuriympäristöjen arvot säilyvät. Lisäksi tulee ottaa huomioon lentoliikenteestä, merenkulun turvallisuudesta ja tutkajärjestelmistä johtuvat rajoitteet voimaloiden koolle ja sijoittelulle sekä selvitettävä tuulivoimaloiden vaikutukset puolustusvoimien toimintaan. Tuulivoimalat tulee sijoittaa ryhmiin geometrialtaan selkeään muotoon ja niin lähelle toisiaan, kuin se energiantuotannon taloudellisuus huomioon ottaen on mahdollista.
	TUULIVOIMALOIDEN ALUE (1.vmkk) **(MVE1, VVE1)** 1.vmk (merkkien yhteydessä): Merkinnällä osoitetaan tuulivoimaloiden rakentamiseen soveltuvia satama- ja teollisuusalueita. **Suunnittelumääräykset:**

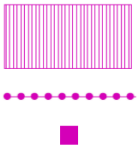
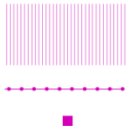
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Kaavamääräys
	Alueen suunnittelussa on otettava huomioon vaikutukset asutukseen, maisemaan, linnustoon, luontoon ja kulttuuriympäristöön sekä pyrittävä ehkäisemään haitallisia vaikutuksia. Tuulivoimarakentamisen yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on varmistettava, ettei asutukselle aiheudu merkittäviä melu- ja välkevaikutuksia ja että valtakunnallisten kulttuuriympäristöjen arvot säilyvät. Lisäksi tulee ottaa huomioon lentoliikenteestä, liikenneväylistä ja tutkajärjestelmistä johtuvat rajoitteet voimaloiden koolle ja sijoittelulle sekä selvitettävä tuulivoimaloiden vaikutukset puolustusvoimien toimintaan. Alueen suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota tuulivoimarakentamisen ja alueella olevien muiden toimintojen yhteensovittamiseen.
	KANSAINVÄLINEN KEHITTÄMISVYÖHYKE: PERÄMERENKAARI (3.vmkk) **(MVE1, MVE2, MVE3, VVE1)** **Suunnittelumääräykset:** Kehittämisvyöhykkeen toimintojen verkostoitumista tulee edistää alueidenkäyttöratkaisuilla. Yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on varauduttava palvelutasoltaan korkeatasoisiin kansainvälisiin liikenneyhteyksiin, erityisesti pääteiden liikenteen sujuvuuden ja turvallisuuden parantamiseen, raideliikenteen kehittämiseen sekä tietoliikenneverkostoihin. Perämeren rannikon matkailu- ja virkistyspalvelujen yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa tulee ottaa huomioon seudullisesti merkittävien virkistysalueiden, veneilyreittien ja -satamien kehittämistarpeet sekä yhtenäisen kevyen liikenteen reitin kehittämismahdollisuus. Yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa tulee ottaa huomioon maankohoamisen taloudelliset ja ympäristölliset vaikutukset sekä turvattava maiseman ja luonnontalouden erityispiirteet ja luonnon kehityskulkujen alueellinen edustavuus. Maankohoamisrannikon luonnon- ja kulttuuriperinnön kansainvälisten arvojen säilymistä ja matkailullista hyödyntämistä on pyrittävä edistämään.
	LAIVAVÄYLÄ (1.vmkk) **(MVE1, MVE2, MVE3, VVE1)**
	VENEVÄYLÄ (2. ja 3.vmkk) **(MVE2, MVE3)** Merkinnällä osoitetaan Perämeren rannikon ja Oulujärven ylikunnallisia veneilyväyliä.
  mv-6	MATKAILUN VETOVOIMA-ALUE / MATKAILUN JA VIRKISTYKSEN KEHITTÄMISEN KOHDEALUE (1., 2. ja 3.vmkk) **(MVE1)** Merkinnällä osoitetaan ympäristöarvojen, matkailun ja virkistyksen kannalta valtakunnallisesti ja kansainvälisesti merkittäviä aluekokonaisuuksia. **Suunnittelumääräys:** Alueen maankäyttöä suunniteltaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota virkistysalueiden ja -reittien verkoston muodostamiseen sekä maisema- ja ympäristöarvojen säilymiseen ja matkailukeskusten rakentamisen sopeuttamiseen ympäristöön. **Meri-Raahe** Alueen kehittäminen perustuu saariston luonnonympäristön ja vanhan puukaupungin kulttuuriympäristön arvoihin sekä vetovoimaiseen kaupunkikulttuuriin. (2.vmkk)

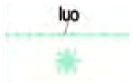
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Kaavamääräys
	KAUPUNKIKEHITTÄMISEN KOHDEALUE: RAAHEN KAUPUNKISEUTU (3.vmkk) **(MVE1)** Merkinnällä osoitetaan Raahen-Pattijoen yhtenäisen yhdyskuntarakenteen aluetta, joka muodostaa Raahen aluekeskuksen ydinalueen. **Suunnittelumääräykset:** Yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on pidettävä lähtökohtana kaupunkiseudun nykyistä rakennetta ja turvattava tuotanto- ja liiketoimintojen kehittämismahdollisuudet riittävillä aluevarauksilla. Uusilla alueilla tulee suosia pientaloasutusta siten, että seudulla on tarjolla vaihtoehtoisia asumismuotoja. Raahen keskustaa kehitettäessä suunnittelun lähtökohtana on pidettävä historiallisen ruutukaavan ja vanhan puukaupunkimiljöön säilymistä. Uusien kauppapalvelujen sijoitusratkaisuilla ei saa vaarantaa kaupungin keskustan kehittämisedellytyksiä. Kaupunkiseudulla tulee yksityiskohtaisemmalla suunnittelulla luoda edellytykset seudullisen virkistysalueverkoston toteuttamiselle.
  mk-4	MAASEUDUN KEHITTÄMISEN KOHDEALUE (2. ja 3.vmkk) **(MVE3)** Merkinnällä osoitetaan ylikunnallisia maaseutuasutuksen alueita, joilla kehitetään erityisesti maatalouteen ja muihin maaseutuelinkeinoihin, luonnon- ja kulttuuriympäristöön sekä maisemaan tukeutuvaa asumista, elinkeinotoimintaa ja virkistyskäyttöä. Vyöhykkeillä on tarvetta kehittää kuntien yhteistyöllä yhtenäisiä suunnitteluperiaatteita. **Kehittämisperiaatteet:** Alueita kehitetään jokiluontoon ja -maisemaan perustuvana sekä valtakunnallisesti ja maakunnallisesti merkittäviin kulttuuriympäristöihin ja -kohteisiin tukeutuvana asumis-, virkistys- ja vapaa-ajan alueena ja luontomatkailuvyöhykkeenä. Maaseutua kehitettäessä sovitetaan yhteen maaseutuelinkeinojen, pysyvän asutuksen ja loma-asutuksen tavoitteet, erityisesti maatalouden toimintaedellytykset huomioon ottaen. Loma-asutuksen ja matkailupalvelujen suunnitelmallisella kehittämisellä pyritään tukemaan maaseudun pysymistä asuttuna. Kohdealueella sijaitsevia taajamia kehitetään erityisesti jokimaiseman arvojen ja mahdollisuuksien pohjalta. **Suunnittelumääräykset:** Yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota luonnon ja ympäristön kestävään käyttöön, maatalouden ja muiden maaseutuelinkeinojen toimintaedellytyksiin, maiseman hoitoon, vesistön vedenlaadun turvaamiseen ja ulkoilureittien kehittämiseen. Yksityiskohtaisemmassa kaavoituksessa tulee määritellä tulvan aiheuttamat rajoitukset rakentamiselle. **Aluekohtaiset täydentävät suunnittelumääräykset:** **Siikajokilaakso** (mk-4) Yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota Siikajoen vedenlaadun parantamiseen. (2.vmkk)
	MERKITTÄVÄSTI PARANNETTAVA VALTATIE (vt) / KANTATIE (kt) (1. ja 3.vmkk) **(MVE1)** Merkinnällä osoitetaan huomattavaa tien parantamista, joka on verrattavissa tien uus- tai laajennusinvestointeihin.

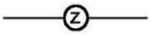
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Kaavamääräys
	Suunnittelumääräys: Yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on pyrittävä edistämään kevyen liikenteen väylien toteuttamista erityisesti taajamien, kyläkeskusten ja koulujen läheisyydessä.
	VIHERYHTEYSTARVE (2.vmkk) **(MVE2, MVE3)** Merkinnällä osoitetaan kaupunkiseutujen ja jokilaaksovyöhykkeiden sisäisiä ja niitä yhdistäviä tavoitteellisia ulkoilun runkoreittejä ja niihin liittyviä pienialaisia virkistysalueita. Merkintään sisältyy sekä olemassa olevia että kehitettäviä ulkoilu-, pyöräily-, melonta- ym. reittejä. **Suunnittelumääräys:** Yksityiskohtaisemmalla suunnittelulla tulee turvata virkistysalueiden ja -reittien seudullinen jatkuvuus ja kehittäminen sekä liittyminen virkistyskeskuksiin, suojelualueisiin ja kulttuuriympäristöihin.
	MUINAISMUISTOKOHDE (2. ja 3.vmkk) **(MVE1)** Merkinnällä osoitetaan muinaismuistolailla (295/63) rauhoitetut kiinteät muinaisjäännökset. **Suunnittelumääräys:** Kohdetta koskevista maankäytön suunnitelmista on pyydettävä museoviranomaisen lausunto.
	VALTAKUNNALLISESTI ARVOKAS RAKENNETTU KULTTUURIYMPÄRISTÖ (2. ja 3.vmkk) **(MVE1)** Merkinnällä osoitetaan valtioneuvoston päätöksen mukaiset valtakunnallisesti merkittävät rakennetut kulttuuriympäristöt (RKY 2009). Osa kohteista ei näy kaavakartalla; luettelo valtakunnallisesti arvokkaista rakennetuista kulttuuriympäristöistä ja -kohteista on esitetty 2. vaihemaakuntakaavan selostuksen liitteissä 4 ja 5 sekä 3. vaihemaakuntakaavan selostuksen liitteessä 5 a. **Suunnittelumääräykset:** Alueiden käytön suunnittelussa tulee edistää kulttuuriympäristön valtakunnallisten ja maakunnallisten arvojen säilymistä. Yksityiskohtaisemmassa kaavoituksessa on otettava huomioon rakennettujen kulttuuriympäristöjen kokonaisuudet ja ominaispiirteet. Suunnittelussa tulee erityisesti kiinnittää huomiota RKY 2009 -inventoinnissa sekä Pohjois-Pohjanmaan rakennettu kulttuuriympäristö 2015 -selvityksessä kirjattuihin arvoihin ja ominaispiirteisiin.
	MAAKUNNALLISESTI ARVOKAS RAKENNETTU KULTTUURIYMPÄRISTÖ (2. ja 3.vmkk) **(MVE1)** Merkinnällä osoitetaan maakunnallisesti arvokkaat aluemaiset rakennetut kulttuuriympäristöt ja tieosuudet. Osa kohteista ei näy kaavakartalla; luettelo kaikista maakunnallisesti arvokkaista rakennetuista kulttuuriympäristöistä ja -kohteista on esitetty 2. vaihemaakuntakaavan selostuksen liitteissä 4 ja 5 sekä 3. vaihemaakuntakaavan selostuksen liitteessä 5 a. **Suunnittelumääräykset:** Alueiden käytön suunnittelussa tulee edistää kulttuuriympäristön maakunnallisten arvojen säilymistä. Yksityiskohtaisemmassa kaavoituksessa on otettava huomioon rakennettujen kulttuuriympäristöjen kokonaisuudet ja ominaispiirteet. Suunnittelussa tulee

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Kaavamääräys
	erityisesti kiinnittää huomiota Pohjois-Pohjanmaan rakennettu kulttuuriympäristö 2015 -selvitykseen kirjattuihin arvoihin ja ominaispiirteisiin.
	PERINNEMAISEMAKOHDE (3.vmkk) **(MVE1)** Merkinnällä osoitetaan valtakunnallisesti ja maakunnallisesti merkittäviä perinnemaisema- ja perinnebiotooppikohteita. **Suunnittelumääräykset:** Alueiden suunnittelussa ja käytössä tulee edistää kohteen kulttuuri- ja luonnonperintöarvojen säilymistä. Valtakunnallisesti arvokkaisiin kohteisiin merkittävästi vaikuttavissa hankkeissa on varattava ao. viranomaiselle tilaisuus antaa lausunto.
	NATURA 2000 -VERKOSTOON KUULUVA ALUE (1. ja 3.vmkk) **(MVE3)** Merkinnällä osoitetaan valtioneuvoston päätösten mukaiset Natura 2000 -verkoston alueet.
	LUONNON MONIMUOTOISUUDEN KANNALTA ERITYISEN TÄRKEÄ ALUE (3.vmkk) **(MVE1, VVE1)** Merkinnällä osoitetaan suojelualueiden ulkopuolella olevia tärkeitä lintualueita sekä muita luontoarvoiltaan merkittäviä alueita. **Suunnittelumääräys:** Alueen maankäyttöä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon luonnon monimuotoisuuteen liittyvät arvot ja niiden säilymisen edistäminen. Alueen maankäyttö tulee suunnitella ja toteuttaa niin, että edistetään alueen monimuotoisuuden säilymistä. Yksityiskohtaisemmassa kaavoituksessa tulee varmistaa, että suunniteltu maankäyttö ei vaaranna linnuston ja kasvien elinoloja. *(Hanhikivikaava)*
	TUULI- JA RANTAKERROSTUMA (1. ja 3.vmkk) **(MVE3)**
	MAAKUNNALLISESTI ARVOKAS MAISEMA-ALUE (2. ja 3.vmkk) **(MVE3)** Merkinnällä osoitetaan maakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet (Pohjois-Pohjanmaan päivitysinventointi 2013–2015; Kainuun päivitys- ja täydennysinventointi 2011–2013). Luettelot alueista on esitetty 2. vaihemaakuntakaavan ja 3. vaihemaakuntakaavan kaavaselostuksissa. **Suunnittelumääräykset:** Alueen yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa ja kehittämisessä on otettava huomioon alueen ominaispiirteet sekä maisema- ja kulttuuriarvot. Alueen suunnittelussa on arvioitava ja sovitettava yhteen maakuntakaavassa osoitetun käyttötarkoituksen mukainen maankäyttö sekä maisema- ja kulttuuriympäristöarvot. Maisema-alueella tulee edistää peltojen, niittyjen ja muiden avoimien maisematilojen säilymistä. Uudis- ja täydennysrakentamisen suunnittelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota rakentamisen sopeutumiseen sijainniltaan ja rakennustavaltaan maisemaan. Suunnittelussa tulee erityisesti kiinnittää huomiota selvityksissä Arvokkaat maisema-alueet Pohjois-Pohjanmaalla. Pohjois-Pohjanmaan valtakunnallisesti ja maakunnallisesti arvokkaiden maisema-alueiden päivitys- ja täydennysinventointi

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Kaavamääräys
	(Pohjois-Pohjanmaan liitto, julkaisu B:86, 2015) sekä Kainuun kulttuurimaisemat ja maisemanähtävyydet. Valtakunnallisesti ja maakunnallisesti arvokkaiden maisema-alueiden päivitys- ja täydennysinventointi 2011–2013 (Maaseutumaisemat – arvokkaiden maisema-alueiden inventointi, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2013) esitetyissä aluekuvauksissa selostettujen ominaispiirteiden ja arvojen säilymiseen.
	MERKITTÄVÄSTI PARANNETTAVA RASKAAN TAVARALIIKENTEEN PÄÄRATA (1. ja 3.vmkk) **(MVE1)** **Suunnittelumääräys:** Yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on varauduttava tasoristeysten poistamiseen ja liikenteen kapasiteetin lisäämiseen.
	PÄÄSÄHKÖJOHTO 110 kV (1. ja 3.vmkk) **(MVE1)**

Tuulivoimaloiden rakentamista koskevia yleisiä suunnittelumääräyksiä Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavoissa ovat:

- Maakuntakaavassa osoitettujen tuulivoimala-alueiden ulkopuolelle voidaan toteuttaa tuulivoimapuistoja, jotka eivät ole merkitykseltään seudullisia.

- Perämeren rannikkoalueella tuulivoimarakentaminen tulee sijoittaa ensisijaisesti maakuntakaavassa osoitetuille tuulivoimaloiden alueille. Tapauskohtaisesti voidaan harkita tuulivoimaloiden sijoittamista myös muille alueille, mikäli se ei merkittävästi lisää tuulivoimarakentamisesta aiheutuvia haitallisia yhteisvaikutuksia asutukseen, maisemaan, linnustoon tai muuhun ympäristöön.

- Tuulivoimalat tulee lähtökohtaisesti sijoittaa linnuston kannalta tärkeiden alueiden ulkopuolelle. Tapauskohtaisesti voidaan harkita tuulivoimarakentamista myös näille alueille, mikäli tuulivoimarakentaminen ei heikennä alueiden linnustoarvoja.

- Tuulivoimarakentamista suunniteltaessa voimalat tulee sijoittaa valtakunnallisesti ja maakunnallisesti arvokkaiden maisema-alueiden ja rakennettujen kulttuuriympäristöjen, luonnonsuojelualueiden, Natura 2000 -verkoston alueiden, harjujensuojeluohjelman alueiden, maakuntakaavan luo-alueiden (luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen arvokas alue) ja seudullisesti merkittävien virkistysalueiden ulkopuolelle.

- Tuulivoimarakentamista suunniteltaessa on otettava huomioon eri hankkeiden yhteisvaikutukset erityisesti asutukseen, maisemaan ja linnustoon sekä pyrittävä ehkäisemään haitallisia vaikutuksia. Tuulivoimarakentamisen yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on varmistettava, ettei asutukselle aiheudu merkittäviä melu- ja välkevaikutuksia ja että valtakunnallisten kulttuuriympäristöjen arvot säilyvät.

- Lähekkäin sijoittuvien tuulivoimala-alueiden liittäminen sähköverkkoon on pyrittävä keskittämään yhteiseen johtokäytävään.

- Tuulivoimarakentamista suunniteltaessa on otettava huomioon lentoliikenteestä, liikenneväylistä ja tutkajärjestelmistä johtuvat rajoitteet voimaloiden koolle ja sijoittelulle sekä selvitettävä tuulivoimaloiden vaikutukset puolustusvoimien toimintaan.

- Tuulivoimarakentamista suunniteltaessa on kuultava puolustusvoimia. Suunnittelussa tulee turvata puolustusvoimien toimintaedellytykset sekä ottaa erityisesti huomioon puolustusvoimien toiminnasta, kuten tutkajärjestelmistä ja radioyhteyksien turvaamisesta johtuvat rajoitteet.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Rantojen käyttöä koskevia yleisiä suunnittelumääräyksiä Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavoissa ovat:

- Yksityiskohtaisemmassa kaavoituksessa tulee ottaa huomioon ranta-alueen ympäristöolosuhteet, vesihuollon järjestäminen sekä rakennusoikeuden, yhteiskäyttöalueiden ja yleisten alueiden tasapuolinen jakautuminen eri maanomistajille. Yksityiskohtaisemmissa kaavoissa voidaan taajamien ja kylien ulkopuolella enintään puolet rantaviivasta osoittaa rakennusmaaksi. Pienissä vesistöissä rantarakentamisen mitoituksessa tulee lisäksi ottaa huomioon vesistön sietokyky ja vesipinta-ala. Pienissä saarissa mitoituksen tulee perustua saaren pinta-alaan.

Tulvariskien hallintaa koskevia yleisiä suunnittelumääräyksiä Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavoissa ovat:

- Yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on otettava huomioon sään ääri-ilmiöiden vaikutukset ja viranomaisten selvitysten mukaiset tulva-alueet ja tulviin liittyvät riskit. Uutta rakentamista ei tule sijoittaa tulvavaara-alueille, jollei voida osoittaa, että tulvariskit pystytään hallitsemaan. Suunniteltaessa tulville herkkiä toimintoja tulee tulvasuojelusta vastaavalle alueelliselle ympäristöviranomaiselle varata mahdollisuus lausunnon antamiseen.

Erityistoimintoja ja vaara-alueita koskevia yleisiä suunnittelumääräyksiä Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavoissa ovat:

- Vaarallisia kemikaaleja käyttävää tai varastoivaa laitosta ympäröivän konsultointivyöhykkeen yksityiskohtaiseen suunnitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota. Suunniteltaessa riskille alttiiden toimintojen, kuten asuinalueiden, vilkkaiden liikenneväylien, yleisölle tarkoitettujen kokoontumistilojen ja sairaaloiden sijoittumista vyöhykkeen sisälle on kaavaa laadittaessa pyydettävä palo- ja pelastusviranomaisen ja tarvittaessa TUKES:n lausunto.

Rakentamisrajoituksia koskevia yleisiä suunnittelumääräyksiä Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavoissa ovat:

- Virkistys- ja suojelualueiksi sekä liikennettä ja teknistä huoltoa varten maakuntakaavassa osoitettuja alueita koskee maankäyttö- ja rakennuslain 33 § mukainen ehdollinen rakentamisrajoitus. Rajoitus ei koske virkistys- ja matkailukohteen kohdemerkintää, kehittämisperiaatemerkintöjä eikä alueiden erityisominaisuuksia kuvaavia merkintöjä.

3.2.2.2 Vireillä olevat maakuntakaavat

Energiansiirtoreittien alueella on vireillä Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaava, joka on edennyt kaavaehdotusvaiheeseen. Vaihemaakuntakaava käsittelee koko maakunnan alueidenkäyttöä ja sen suunnitellut pääteemat ovat *(Pohjois-Pohjanmaan liitto 2024a)*

- *aluerakenne ja saavutettavuus* (kansallinen alueidenkäytön kehityskuvatyö ja aluerakennetyö),
- *liikennejärjestelmä ja logistiikka-alueet* (valtakunnallinen, maakunnallinen ja seudullinen liikennejärjestelmätyö, liikennepuolen suunnitelmat ja selvitykset, infrahankkeet, edunvalvonta, Oulun seudun Kehityskuva 2030+),
- *energiantuotanto, varastointi ja siirto* (TUULI-hanke ja EMMI-hanke, maa- ja merituulivoima, vetytalous, aurinkovoima, sähkönsiirto),
- *viherrakenne ja ekosysteemipalveluiden tarkastelu* (TUULI-hanke, Natura 2000-verkostoon kohdistuvien riskien tunnistaminen) sekä
- *energiamurroksen vaikutukset maankäytön suunnitteluun ja ilmastovaikutusten arvioinnin kehittäminen* (Energiamurros ja maankäytön ilmastovaikutusten arviointi Pohjois-Pohjanmaalla EMMI-hanke on Pohjois-Pohjanmaan maakuntaohjelma 2022–2025 Kestävästi kasvava Pohjois-Pohjanmaa -teeman kärkihanke).

Pohjois-Pohjanmaan liitto on aloittanut kaavan laatimisen lokakuussa 2021 ja sen osallistumis- ja arviointisuunnitelma (OAS) oli nähtävillä loka–joulukuussa 2021. Kaavan luonnosaineiston

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

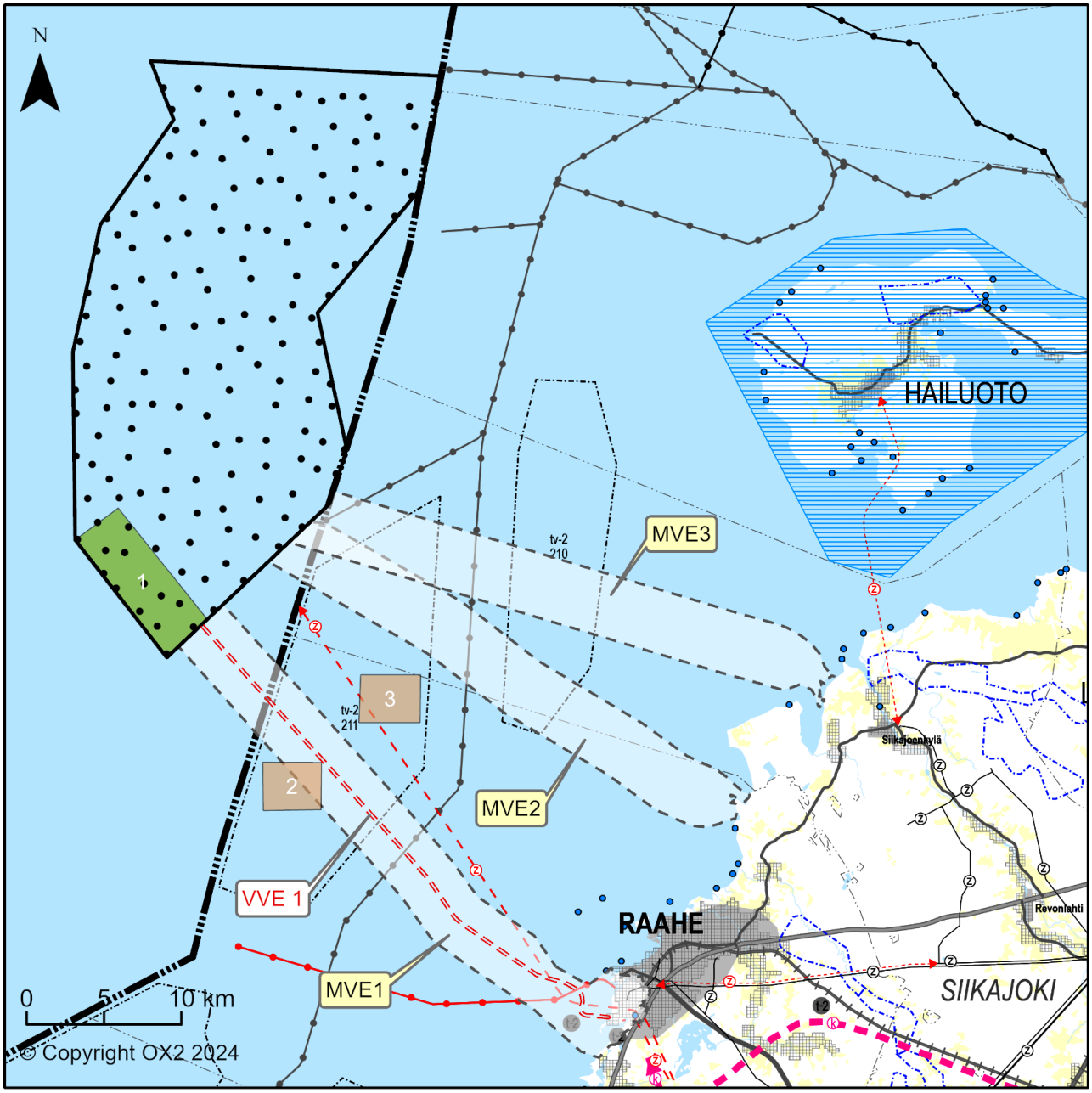
nähtävillä olo oli 8.8.–23.9.2022. Vaihemaakuntakaavan valmisteluvaiheen kuulemisen eli kaavaluonnoksen palautekooste ja yleisvastine käsiteltiin maakuntahallituksessa 13.2.2023 § 24. Maakuntahallitus hyväksyi 19.12.2023 (§ 178) energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan ehdotuksen lausuntoaineiston maankäyttö- ja rakennusasetuksen 13 §:n mukaisesti kuultavaksi. Kaavan viranomaisehdotusvaiheen lausuntokierros järjestettiin 10.1.–23.2.2024 ja maakuntahallitus käsitteli viranomaisehdotusvaiheen (MRA 13 §) kuulemisen lausuntokoosteen ja lausuntoihin laaditut vastineet 6.5.2024.

Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan julkinen kuuleminen järjestettiin 20.9.–24.10.2024 ja maakuntahallitus käsitteli ehdotuksen kuulemisen aikana saadun palautteen koosteen 19.11.2024. Kokouksen evästyskeskustelun perusteella päätettiin, että kaavan hyväksyminen siirtyy keväälle 2025, jotta ehdotusvaiheessa saadut lausunnot ja muut palautteet voidaan käsitellä. Marras-joulukuun 2024 aikana käydyt neuvottelut ja niiden pohjalta tehtävät juridiset arvioinnit määrittävät tarkoituksenmukaisen tavan edetä maakuntakaavan kanssa.

Verrattuna Pohjois-Pohjanmaan voimassa olevien maakuntakaavojen yhdistelmäkartassa (Kuva 3-1) osoitettuihin kaavamerkintöihin, energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan kaavaehdotuksessa *(Pohjois-Pohjanmaan liitto 2024c)* (Kuva 3-2) merikaapelireittien MVE2 ja MVE3 alueelle osoitettu merituulivoimaloiden alue (tv-2, nro 210) on kaventunut ja pidentynyt hieman pohjoiseen päin. Voimassa olevien maakuntakaavojen yhdistelmäkartassa osoitettu tuulivoimaloiden alue (tv-2, nro 207) on kaavaehdotuksessa osoitettu etelään päin laajentuneena siten, että myös merikaapelireitti MVE1 sekä vetyputkireitti VVE1 sijoittuvat merituulivoimaloiden alueelle (tv-2, nro 211). Tällöin vaihtoehtoisen läjitysalueen nro 3 lisäksi myös vaihtoehtoinen läjitysalue nro 2 sijoittuu kaavaehdotuksessa osoitetulle merituulivoimaloiden alueelle. Kaavaehdotuksessa osoitetaan merikaapelireittien MVE1 ja MVE2 väliin luode-kaakko-suuntainen voimajohdon yhteystarve (z). Raahen edustalle voimassa olevien maakuntakaavojen yhdistelmäkartassa osoitettu laivaväylä, joka risteää merikaapelireitin MVE1 ja vetyputkireitin VVE1 kanssa, on osoitettu kaavaehdotuksessa merkittävästi parannettavaksi laivaväyläksi. Kaavaehdotuksessa merikaapelireitin MVE1 alueelle osoitetaan yksi perinnebiotooppi sekä kaksi teollisuus- ja varastoalueen kohdemerkintää, jotka ovat potentiaalisia seudullisesti merkittävien uusiutuvan energiantuotannon jatkojalostuksen edellyttämien kemiallisten prosessien tuotantolaitosten alueita.

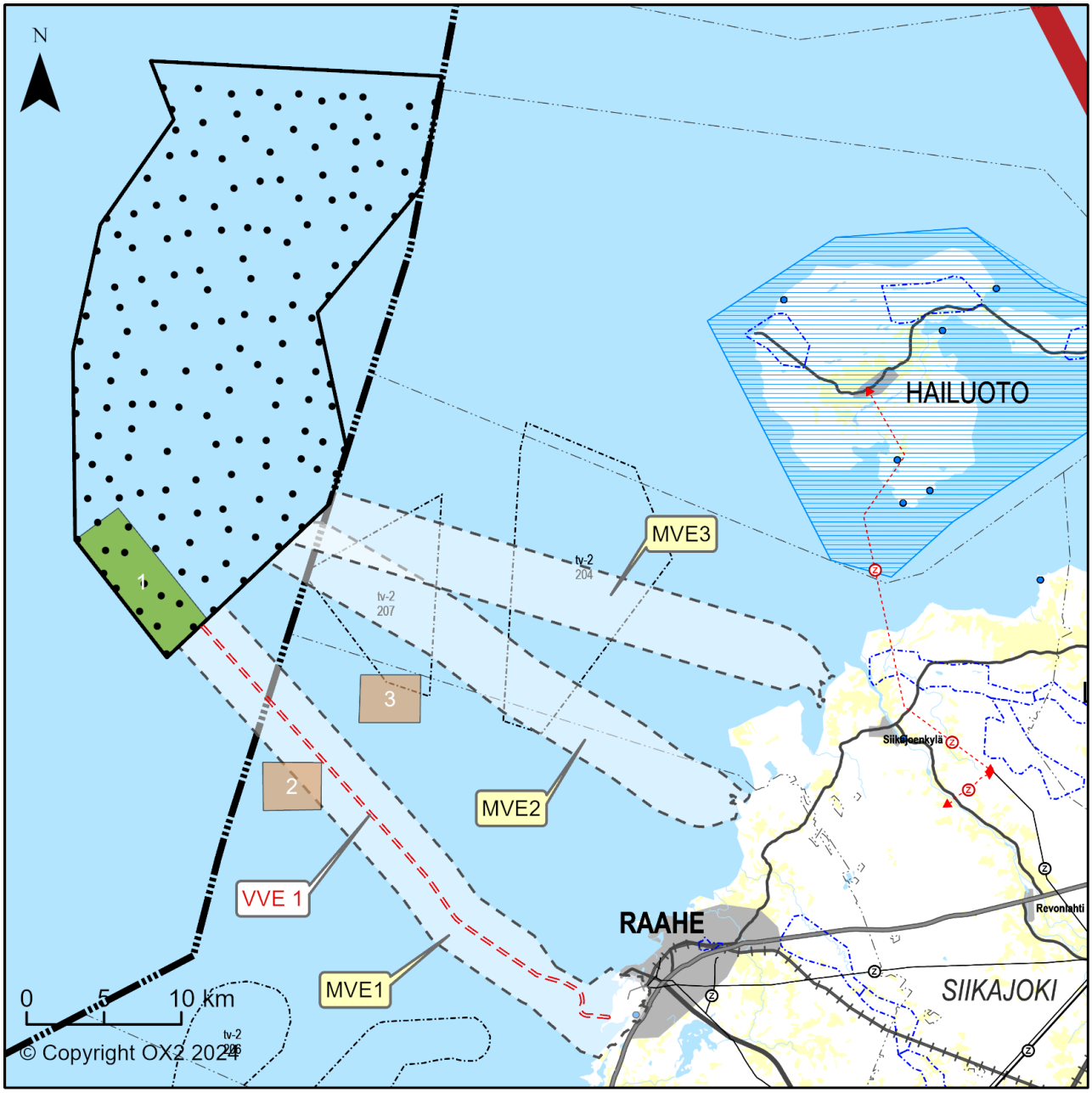
Energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan ehdotusvaiheessa on julkaistu uusien merkintöjen lisäksi kartta kumottavista merkinnöistä *(Pohjois-Pohjanmaan liitto 2024d)*, jossa esitetään edellä mainitut voimassa olevien maakuntakaavojen yhdistelmäkartassa osoitetut tuulivoimaloiden alueet (tv-2, nro 204 ja nro 207). Kumottavana merkintänä osoitetaan myös merikaapelireitin MVE1 alueelle sijoittuva perinnemaisemakohde, jonka tilalle on kaavaehdotuksessa osoitettu suunnittelumääräykseltään päivitetty ja uudelleen nimetty perinnebiotooppi. Lisäksi merikaapelireitin MVE1 alueelle sijoittuva pääsähköjohto 110 kV -merkintä on korvattu kaavaehdotuksessa vastaavalla, mutta eri tavoin nimetyllä ja kaavamääräyksin täydennetyllä voimajohto 110 kV -merkinnällä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-2. Ote vireillä olevan Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan ehdotuksesta. Karttaotteessa esitetään vain uudet kaavamerkinnät. Merikaapelireittivaihtoehdot on lisätty kaavakartalle harmailla katkoviivarajauksilla ja vetyputkireittivaihtoehto punaisella katkoviivalla. (Pohjois-Pohjanmaan liitto 2024c)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

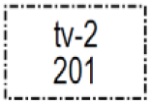


Kuva 3-3. Ote vireillä olevan Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan ehdotusvaiheen kumottavien kaavamerkintöjen kartasta. Karttaotteessa esitetään vain voimassa olevat, mutta kaavaehdotusvaiheen mukaisesti kumottavat kaavamerkinnät. (Pohjois-Pohjanmaan liitto 2024d) Merikaapelireittivaihtoehdot on lisätty kaavakartalle harmailla katkoviivarajauksilla ja vetyputkireittivaihtoehto punaisella katkoviivalla.

Vireillä olevassa Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan kaavaehdotuksessa merituulivoimapuiston läheisyyteen tai merikaapelireittivaihtoehtojen (MVE1, MVE2 ja MVE3) ja vetyputkireittivaihtoehdon VVE1 alueelle tai reittivaihtoehtojen välittömään läheisyyteen on osoitettu seuraavat taulukossa 3-2 osoitetut merkinnät.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 3-2. Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan viranomaislausuntokierroksen ehdotuksessa osoitetut kaavamerkinnät ja -määräykset merikaapeli- ja vetyputkireittien sekä vaihtoehtoisten läjitysalueiden alueella tai välittömässä läheisyydessä. Tekstien muotoilu on maakuntakaavaehdotuksen mukainen (punainen fontti).

Merkintä	Kaavamääräys
	VOIMAJOHDON YHTEYSTARVE **(MVE1, VVE1)** Merkinnällä osoitetaan sähköverkon kehittämistarve pitkällä aikavälillä. Nuolimerkintä on yleispiirteinen yhteystarve, jota ei ole tutkittu tarkemmilla selvityksillä. Sijainnin määrittely ja toteuttaminen edellyttää yksityiskohtaista vaikutusten arviointia riittävien selvitysten perusteella. Yhteystarpeella on hankeperustelut, mutta siihen ei voida liittää maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukaista ehdollista rakentamisrajoitusta. Arvioitu toteuttamisaikataulu on 5–20 vuotta.
	MERITUULIVOIMALOIDEN ALUE **(MVE1, MVE2, MVE3, VVE1, merikaapelireittien vaihtoehtoiset läjitysalueet, nro 2 a 3)** Merkinnällä osoitetaan merialueita, jotka soveltuvat merkitykseltään seudullisten tuulivoimala-alueiden rakentamiseen. Alueella ei ole voimassa MRL 33 § mukaista rakentamisrajoitusta. Luku merkinnän yhteydessä viittaa kaavaselostuksen ja tuulivoiman kohdekuvausten tv-alueluetteloon. **Suunnittelumääräykset:** Alueen suunnittelussa on otettava huomioon vaikutukset asutukseen, kalastukseen, kalastoon, linnustoon, luontoon, maisemaan ja rakennettuun kulttuuriympäristöön, mukaan lukien vedenalainen kulttuuriperintö sekä pyrittävä ehkäisemään haitallisia vaikutuksia. Tuulivoimarakentamisen yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on varmistettava, ettei toteuttamisesta aiheudu asutukselle tai tuulivoimalle herkille lajeille merkittäviä melu- ja välkevaikutuksia, ja että arvokkaiden kulttuuriympäristöjen ja maisema-alueiden arvot säilyvät. Lisäksi tulee ottaa huomioon lentoliikenteestä, merenkulun turvallisuudesta, talvimerenkulusta, tutka- ja radiojärjestelmistä sekä sensori- ja tietoliikenneyhteyksistä johtuvat rajoitteet voimaloiden koolle ja sijoittelulle sekä selvitettävä tuulivoimaloiden vaikutukset puolustusvoimien toimintaan, merenkulun turvallisuuteen ja toimintaedellytyksiin sekä tutka- ja radiojärjestelmiin. Tuulivoimalat tulee sijoittaa ryhmiin, geometrialtaan selkeään muotoon ja niin lähelle toisiaan kuin energiantuotannon taloudellisuus ja meripelastustoiminta huomioon ottaen on mahdollista. Merituulivoimaa suunniteltaessa on otettava huomioon eri hankkeiden yhteisvaikutukset sekä aluevesillä että merialueen talousvyöhykkeellä (Suomen merialuesuunnitelma). Erityistä huomiota on kiinnitettävä sähkönsiirron vaikutusten arviointiin merellä ja maalla sekä merelliseen monikäyttöön.
	PERINNEBIOTOOPPI **(MVE1, MVE2)** Merkinnällä osoitetaan valtakunnallisesti ja maakunnallisesti merkittäviä perinnemaisema- ja perinnebiotooppikohteita. **Suunnittelumääräys:** Alueiden suunnittelussa ja käytössä tulee edistää kohteen maisema-, kulttuuri- ja luonnonperintöarvojen säilymistä. Arvokkaisiin kohteisiin vaikuttavissa hankkeissa on pyydettävä lausunto kyseisessä asiassa toimivaltaiselta valtion viranomaiselta ja alueelliselta museoviranomaiselta.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Kaavamääräys
T t t-1 t-2	TEOLLISUUS- JA VARASTOALUE **(MVE1, VVE1)** Merkinnällä osoitetaan vähintään seudullista merkitystä omaavia, lähinnä perinteisen teollisuuden tuotanto- ja varastoalueita, jotka eivät sisälly taajamatoimintojen aluevaraukseen ja jotka halutaan turvata muulta maankäytöltä. Lisämerkinnällä -1 osoitetaan seudullisesti merkittävien biojalostamojen alueet. Lisämerkinnällä -2 osoitetaan potentiaaliset seudullisesti merkittävien uusiutuvan energiantuotannon jatkojalostuksen edellyttämien kemiallisten prosessien tuotantolaitosten alueet. **Suunnittelumääräys:** Biojalostamon ja uusiutuvan energiantuotannon jatkojalostuksen edellyttämien kemiallisten prosessien tuotantolaitoksen alueen toimintojen tarkemmassa suunnittelussa tulee selvittää lähiasutukselle ja muulle ympäristölle aiheutuvat onnettomuus- ja päästöriskit ja pyrkiä ratkaisuihin, joissa riskit jäävät lieviksi. Vaarallisten kemikaalien laajamittaista teollista käsittelyä ja varastointia saa harjoittaa ainoastaan Turvallisuus- ja kemikaaliviraston luvalla.
	MERKITTÄVÄSTI PARANNETTAVA LAIVAVÄYLÄ **(MVE1, VVE1)**
	VOIMAJOHTO 110 kV **(MVE1)** Merkinnällä osoitetaan toteutetut voimajohdot, joita koskee maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen ehdollinen rakentamisrajoitus.

Taulukko 3-3 osoittaa Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan ehdotuksessa osoitetut ja hankkeeseen liittyvät yleiset suunnittelumääräykset.

Taulukko 3-3. Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan ehdotuksessa osoitettuja yleisiä suunnittelumääräyksiä. Tekstien muotoilu on maakuntakaavaehdotuksen mukainen (punainen fontti).

Maakuntakaavamääräysten käyttötapa Maakuntakaavamääräyksillä **osoitetaan koko maakuntakaavan aluetta koskevia alueidenkäytön periaatteita ja yleismääräyksiä**, jotka ohjaavat tarkempaa suunnittelua.
Tuulivoima **TUULIVOIMALOIDEN RAKENTAMINEN** **Yleisiä suunnittelumääräyksiä:** Yleisiä suunnittelumääräyksiä: Nämä yleiset suunnittelumääräykset koskevat kaikkea tuulivoimarakentamista maakunnassa. Maakuntakaavassa osoitettujen seudullisesti merkittävien tuulivoimala-alueiden ulkopuolelle voidaan toteuttaa tuulipuistoja, jotka eivät ole merkitykseltään seudullisia. Pohjois-Pohjanmaalla tuulivoiman seudullisesti merkittävä kokonaisuus on vähintään kymmenen voimalaa käsittävä tuulivoimahanke. Maisemallisesti herkällä Oulujärven ranta-alueella tuulivoimalat tulee sijoittaa vähintään 5 km etäisyydelle Oulujärven ranta-alueesta maisemavaikutusten vähentämiseksi. Maakuntakaavan tuulivoimaloiden alue (tv-1 ja tv-2) on erityisominaisuutta kuvaava merkintä, joka mahdollistaa tarkemman suunnittelun, ei tarkka aluerajaus. Kuntakaavoituksessa tuulivoimaloiden alue täsmentyy tarkempien, voimalakohtaisten selvitysten ja vaikutusten arvioinnin perusteella maakuntakaavan tv-alueeseen tukeutuen. Vaikutusten arvioinnissa on huomioitava viimeisin selvitystieto mukaan lukien valtakunnalliset ja maakunnalliset selvitykset sekä Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan tuulivoima-alueiden

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kohdekuvaukset (kaavaselostuksen liite 2). Tarkemmassa suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös muut lähialueiden energia- ja voimalinjahankkeet ja hankkeiden yhteisvaikutukset.

Tuulivoimarakentamista suunniteltaessa voimalat tulee sijoittaa valtakunnallisesti ja maakunnallisesti arvokkaiden maisema-alueiden ja merkittävien rakennettujen kulttuuriympäristöjen, mukaan lukien vedenalainen kulttuuriperintö ja muinaismuistolailla rauhoitettujen kiinteiden muinaisjäännösten ulkopuolelle sekä luonnonsuojelualueiden, Natura 2000 -verkoston alueiden, harjujensuojeluohjelman alueiden, pohjavesialueiden, maakuntakaavan luo -alueiden ja merkittävien virkistysalueiden ulkopuolelle. Tuulivoimarakentamisen yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on varmistettava valtakunnallisten ja maakunnallisten ekologisten yhteyksien säilyminen eheinä ja toimivina.

Seudullisesti merkittävä tuulivoimarakentaminen tulee sijoittaa ensisijaisesti maakuntakaavassa osoitetuille tuulivoimaloiden alueille. Tapauskohtaisesti voidaan harkita tuulivoimaloiden sijoittamista myös muille alueille, mikäli selvityksillä ja vaikutusten arvioinnilla voidaan varmistua siitä, ettei alue yksin tai yhdessä muiden hankkeiden kanssa merkittävästi lisää tuulivoimarakentamisesta aiheutuvia haitallisia yhteisvaikutuksia asutukseen, linnustoon, tuulivoimalle herkille lajeille, Natura 2000 -verkostoon ja ekologisten yhteyksien säilymiseen, arvokkaiden maisema-alueiden ja merkittävien rakennettujen kulttuuriympäristöjen arvoihin tai muuhun ympäristöön. Tuulivoimarakentamista suunniteltaessa on arvioitava tuulivoimahankkeen vaikutukset vaikutusalueella sijaitseviin Natura-alueisiin ja varmistaa ettei hankkeesta aiheudu erikseen ja yhdessä jo toteutuneiden tuulivoima-alueiden ja vireillä olevien muiden tuulivoima-alueiden kanssa Natura-alueen suojeluperusteena olevalle lajistolle tai luontotyypille merkittäviä haitallisia vaikutuksia.

Tuulivoimalat tulee lähtökohtaisesti sijoittaa maakotkan ydinreviirien ja linnuston kannalta tärkeiden alueiden ulkopuolelle (IBA, FINIBA ja MAALI-alueet). Tapauskohtaisesti voidaan harkita tuulivoimarakentamista myös näille alueille, mikäli voidaan varmistua siitä, ettei tuulivoimarakentaminen yksin tai yhdessä muiden hankkeiden kanssa heikennä linnustoarvoja. Muuttolinnustoon kohdistuvien yhteisvaikutusten ehkäisemiseksi voimalat tulee sijoittaa ensisijaisesti Pohjois-Pohjanmaan rannikon päämuuttoreitin (PPL 2021) ja linnuston tärkeiden levähtämisalueiden ulkopuolelle. Tuulivoima-alueiden tarkemmassa suunnittelussa tulee turvata riittävä etäisyys metsäpeurojen esiintymis- ja vasomisalueisiin. Tuulivoimalle herkkien lajien osalta on käytettävä viimeisintä saatavilla olevaa valtakunnallista ja alueellista selvitystietoa.

Laajamittaista tuulienergiatuotantoa suunniteltaessa on otettava huomioon eri hankkeiden yhteisvaikutukset erityisesti tuulivoimalle herkkiin lajeihin ja linnustoon, kulttuuri-, maisema ja luontoarvoihin sekä muihin elinkeinoihin ja asutukseen, ja huolehdittava siitä, että tärkeiden alueiden arvot säilyvät ja merkittävien haitallisten vaikutusten syntyminen ehkäistään. Tuulivoimarakentamisen yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on varmistettava, ettei asutukselle aiheudu merkittäviä melu- ja välkevaikutuksia ja että arvokkaiden kulttuuriympäristöjen arvot säilyvät.

Poronhoitoalueella tulee turvata poronhoidon edellytykset, myös tuulivoimatuotannon edellyttämien voimalinjojen suunnittelun ja toteuttamisen yhteydessä.

Tuulivoiman vesistövaikutuksiin, etenkin vesistökuormituksen riskin riittävään huomioiseen happamien sulfaattimaiden ja mustaliuskeiden esiintymisalueilla, on kiinnitettävä tarkemmassa suunnittelussa erityistä huomiota. Tuulivoimahankkeiden suunnittelussa ja hankekohtaisissa vaikutusten arvioinneissa tulee huomioida valuma-alueiden muutosten ja vedenpidätyskyvyn muutokset, joista helposti muodostuu ennakoimattomia kerrannaisvaikutuksia runsaan tuulivoimarakentamisen alueilla. Lisäksi tuulivoima- ja voimajohtorakentamisen on huomioitava virtavesieliöstön vapaan liikkumisen turvaaminen tiestörakentamisessa, eroosioherkkyyden huomioiminen virtaamia äärevöitettäessä sekä rantavyöhykkeen olosuhteiden ja pienten virtavesien olosuhteiden turvaaminen. Lisäksi vaikutusten arvioinnissa on huomioitava yhteisvaikutukset muiden suuresti maankäyttöä muuttavien hankkeiden kanssa.

Lähekkäin sijoittuvien tuulivoimala-alueiden liittäminen sähköverkkoon on ensisijaisesti keskitettävä samaan tai olemassa olevaan johtokäytävään ja yhteispylväisiin. Suunnittelua on

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tehtävä yhteistyössä muiden energiantuotannon hanketoimijoiden, kuntien, viranomaisten sekä kanta- ja alueverkkoyhtiöiden kanssa. Lisäksi on arvioitava sähkönsiirron yhteisvaikutukset muiden voimajohtohankkeiden kanssa sekä maalla että merellä.

Tuulivoimarakentamista suunniteltaessa on otettava huomioon lentoliikenteestä, liikenneväylistä, meripelastustoiminnasta, merenkulun tutka- ja radiojärjestelmistä ja muusta toiminnasta johtuvat rajoitteet voimaloiden koolle ja sijoittelulle sekä selvitettävä tuulivoimaloiden vaikutukset. Ilmatieteen laitoksen säätutkien osalta vaikutusarviointi on tehtävä myös yli 20 kilometrin etäisyydellä sijaitseviin tuulivoima-alueisiin, jos ne sijaitsevat alle 10 kilometrin etäisyydellä 20 kilometrin etäisyysrajan sisäpuolella olevista tuulivoima-alueista. Tarvittaessa on neuvoteltava mahdollisuudesta järjestää kompensaatiomittausasemia laajojen tuulivoima-alueiden yhteyteen (noin yli 10 voimalaa tai alue yli 20 km^2).

Tuulivoimarakentamista suunniteltaessa on kuultava puolustusvoimia. Suunnittelussa tulee turvata puolustusvoimien toimintaedellytykset sekä ottaa erityisesti huomioon puolustusvoimien toiminnasta, kuten sensori- ja tietoliikennejärjestelmien turvaamisesta johtuvat rajoitteet. Yli 50 metriä (kokonaiskorkeus maanpinnasta) korkeiden tuulivoimaloiden rakentamisesta tulee pyytää lausunto puolustusvoimien Pääesikunnalta. Tuulivoimaloita ei saa rakentaa alle 4 kilometrin etäisyydelle puolustusvoimien alueista eikä alle 12 kilometrin etäisyydellä varalaskupaikoista.

Muita yleismääräyksiä

ERITYISTOIMINNOT / VAARA-ALUEET

Yleisiä suunnittelumääräyksiä:

Vaarallisia kemikaaleja käyttävää tai varastoivaa laitosta ympäröivän konsultointivyöhykkeen yksityiskohtaiseen suunnitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota. Suunniteltaessa riskille alttiiden toimintojen, kuten asuinalueiden, vilkkaiden liikenneväylien, yleisölle tarkoitettujen kokoontumistilojen ja sairaaloiden sijoittumista vyöhykkeen sisälle on kaavaa laadittaessa pyydettävä palo- ja pelastusviranomaisen ja tarvittaessa TUKES:n lausunto.

RAKENTAMISRAJOITUS

Virkistys- ja suojelualueiksi sekä liikennettä ja teknistä huoltoa varten maakuntakaavassa osoitettuja alueita koskee maankäyttö- ja rakennuslain 33 § mukainen ehdollinen rakentamisrajoitus. Rajoitus ei koske virkistys- ja matkailukohteen kohdemerkintää, kehittämisperiaatemerkintöjä eikä alueiden erityisominaisuuksia kuvaavia merkintöjä.

3.2.2.3 Yleiskaavat

Merituulivoimapuisto ja siihen liittyvä läjitysalue sijoittuvat talousvyöhykkeelle, eikä alueella ole voimassa olevia yleiskaavoja. Myöskään muilla läjitysalueilla ei ole voimassa yleiskaavoja.

Kaikki tarkasteltavat merikaapelireittivaihtoehdot, MVE1 (Raahessa), MVE2 (Raahessa ja Siikajoella sekä MVE3 (Siikajoella), sijoittuvat mantereen läheisyydessä ja rantautumisalueilla oikeusvaikutteiselle yleiskaavoitetulle alueelle.

MVE1 sijoittuu Raahessa mantereen läheisyydessä ja mantereella seuraaville yleiskaava-alueille (ks. kuva 3-4 ja kuva 3-5):

- Raahen pohjoisen saariston osayleiskaava (hyv. 21.6.2000)
  - Kaavassa reittivaihtoehdon MVE1 alueelle on osoitettu laivaväylä, vesialuetta (W), retkeily- ja ulkoilualuetta (VR), retkeily- ja ulkoilualuetta, jolla on teollisuus- ja varastoaluetta (VR/T-1), retkeily- ja ulkoilualuetta, jolla on vesiliikenteen aluetta (VR/LV-4, alue varataan syväsataman toteuttamista varten) sekä valtakunnalliseen rantojensuojeluohjelmaan kuuluvan alueen raja.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

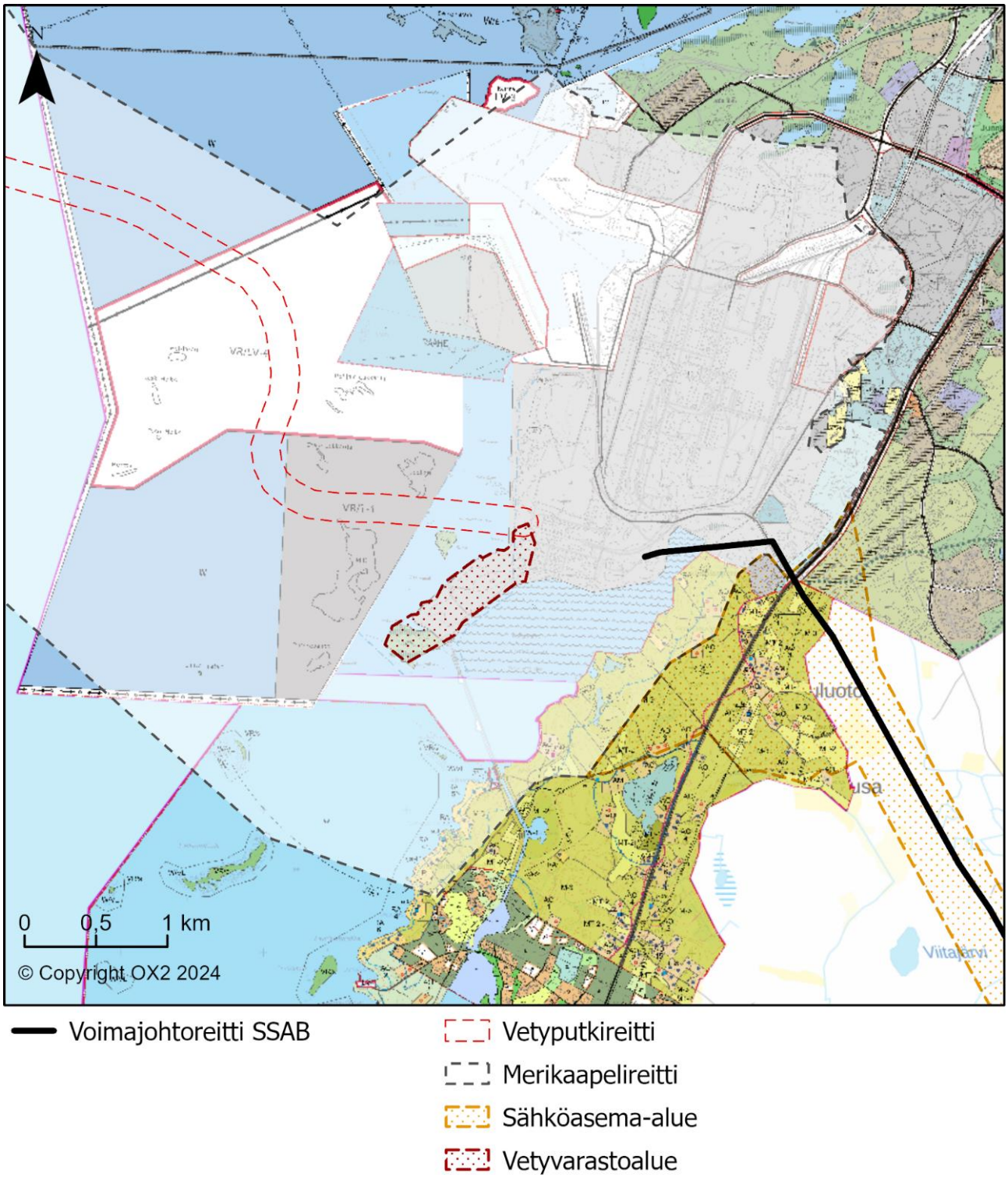
- Sulaton osayleiskaava (hyv. 29.5.2017)
  - Kaavassa reittivaihtoehdon MVE1 alueelle on osoitettu vesialuetta (W), satama-aluetta (LS-2), ympäristövaikutuksiltaan merkittävien teollisuustoimintojen aluetta (TT-1), kaksi tuulivoimaloiden aluetta (tv-1), ohjeellinen puhdistettujen jätevesien purkuputki (pup), ohjeellinen jäähdytysveden ottoputki (jäo), ohjeellinen raakavesiputki (rap), ohjeellinen merivesiputki (mep) sekä ohjeellinen voimajohto (z).
- Raahen keskeisten taajama-alueiden osayleiskaava (hyv. 11.4.2007): *tavoitteellinen yhdyskuntarakenne, liikenneverkko ja virkistysalueet (kartta 1)*
  - Kaavassa reittivaihtoehdon MVE1 alueelle sijoittuu vesialuetta (W), satama-aluetta (LS), venesatama (LV), rautateitä, teollisuus- ja varastoaluetta (T), virkistysaluetta (V), luonnonmukaisena säilytettävää virkistysaluetta (V/s), teollisuus- ja varastoaluetta (T/LS), tavaraliikenteen terminaalialuetta (LTA), terminaali/teollisuusaluetta (LTA/T), ympäristövaikutuksiltaan merkittävien teollisuustoimintojen aluetta (TT), teollisuusaluetta, jolla ympäristö asettaa toiminnan laadulle erityisiä vaatimuksia (TY), tuulivoimapuiston aluetta (tv), teollisuusjätteiden loppusijoitusaluetta (ej-3), suojelualuetta (S-1), suojaviheraluetta (EV), suojaviheraluetta, jolla ympäristö säilytetään (EV/s), teollisuuden vedenhankinta-aluetta sekä maisemallisesti arvokasta peltoaluetta, jolla ympäristö säilytetään (MA/s).
- Raahen keskeisten taajama-alueiden osayleiskaava (hyv. 11.4.2007): *luonnon ja kulttuuriympäristön sekä maiseman kannalta arvokkaat kohteet (kartta 2)*
  - Kaavassa reittivaihtoehdon MVE1 alueelle tai läheisyyteen on osoitettu luontoarvojen seurantakohde (lus), muinaismuistokohde (1.2, Kirkkoluoto), perinnemaisema (3.1, Kuljunmäki) sekä uhanalaisten kasvien alueet; suikeanoidanlukko (J), keltakynsimö (H), otalehtivita (O), pohjannoidanlukko (E), suomentähtimö (M), ruijanesikko (D), suolayrtti (N).
- Raahen eteläisen ranta-alueen osayleiskaava (hyv. 29.4.2019)
  - Kaavassa reittivaihtoehdon MVE1 alueelle sijoittuu maa- ja metsätalousvaltaista aluetta (M-3), maatalousaluetta (MT-2), loma-asuntoaluetta (RA), loma- ja matkailualuetta (R), erillispientalojen aluetta (AO), venesatama/venevalkama (LV), melualuetta (me-1), paikallisesti merkittävää kulttuurihistoriallista kohdetta tai aluetta (sr-1: Salmikarvon kalasataman verkkovajat, sr3: Virkkulan loma-asunto), maakunnallisesti merkittävää kulttuurihistoriallista kohdetta tai aluetta (sr-4: Kotarannan lomamökit), luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeää aluetta (luo-7), vesialuetta (W), vesialuetta (W-1), vesialuetta (W/VL), retkeily- ja ulkoilualuetta, jolla ympäristö säilytetään (VR/s) sekä Raahen kultakaivosalueen purkuviemärin linjaus (j). Lisäksi reittivaihtoehdon alueelle on osoitettu merenrannikon tulva-alttiin alueen raja, rantavyöhykkeen raja, olemassa olevia rakennuspaikkoja sekä uuden rakennuspaikan ohjeellisia sijainteja.

Vetyputkireittivaihtoehto VVE1 sijoittuu Raahen kaupungissa mantereen läheisyydessä ja mantereella seuraaville yleiskaava-alueille.

- Raahen pohjoisen saariston osayleiskaava (hyv. 21.6.2000)
  - Kaavassa reittivaihtoehdon VVE1 alueelle sijoittuu laivaväylä, vesialuetta (W), retkeily- ja ulkoilualuetta, jolla on vesiliikenteen aluetta (VR/LV-4, alue varataan syväsataman toteuttamista varten), retkeily- ja ulkoilualuetta, jolla on teollisuus- ja varastoaluetta (VR/T-1) sekä valtakunnalliseen rantojensuojeluohjelmaan kuuluvan alueen raja.
- Raahen keskeisten taajama-alueiden osayleiskaava (hyv. 11.4.2007)

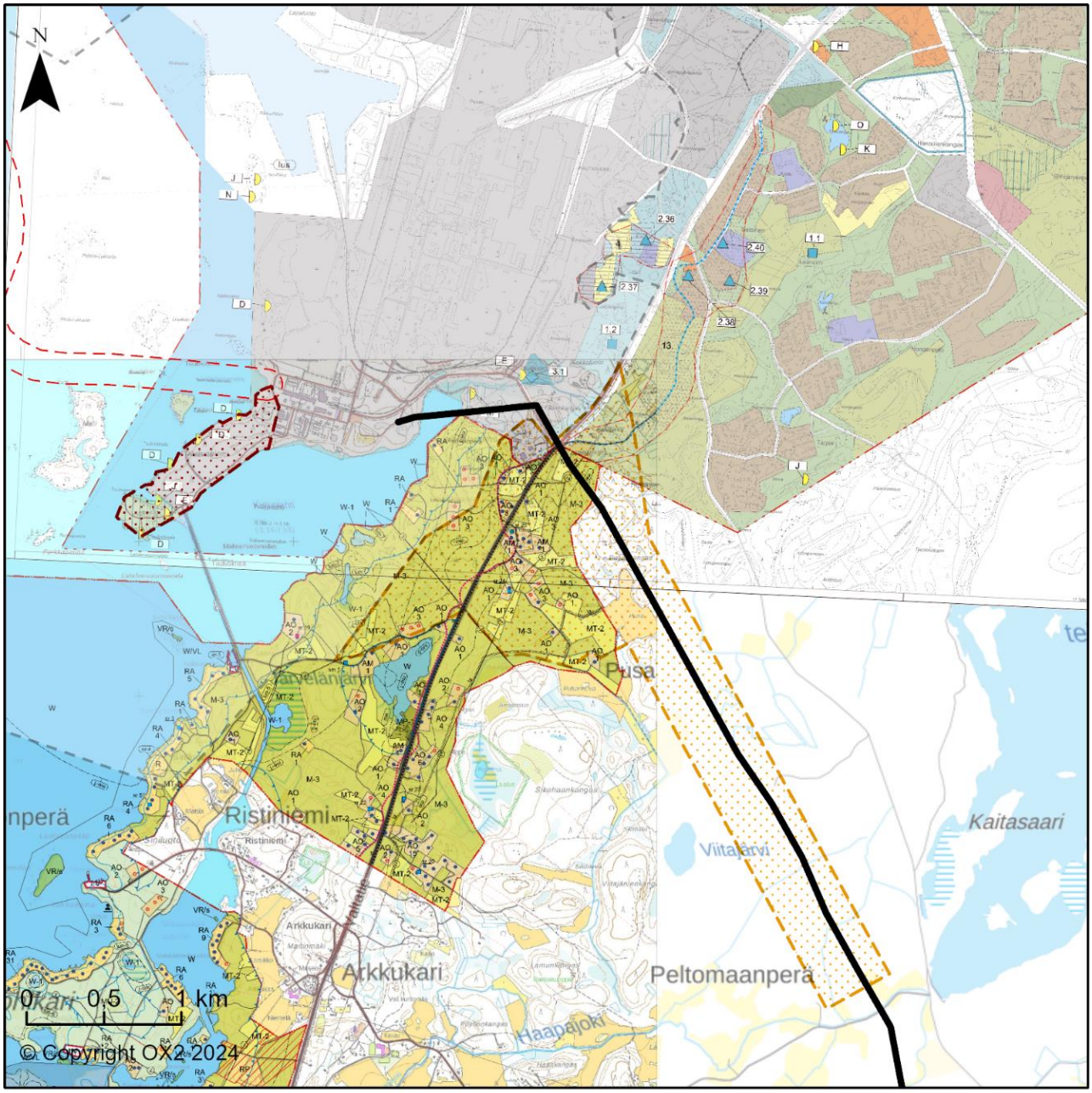
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- Kaavassa reittivaihtoehdon VVE1 alueelle sijoittuu vesialuetta (W), tuulivoimapuiston aluetta (tv) sekä ympäristövaikutuksiltaan merkittävien teollisuustoimintojen aluetta (TT).



Kuva 3-4. Ote Raahen yleiskaavayhdistelmästä merikaapelivaihtoehdon MVE1 ja vetyputkireitin VVE1 alueilta. Tässä kartassa esitetään Raahe 2030 keskeisten taajama-alueiden osayleiskaavan kartta 1. Kartalla esitetään myös vedyn varastointialue ja sähköasema-alue, joita käsitellään YVA-selostuksen osassa B. (Kuvassa esitetty myös MVE1:n rantautumisalueelta lähtevä SSAB:n voimajohtoreitin alkuosa. SSAB:n sähkönsiirtovaihtoehdoille on tehty oma YVA-menettelynsä ja reittivaihtoehdot on esitetty kokonaisuudessaan tämän YVA-selostuksen Yleistietodokumentissa) (SYKE 2024)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

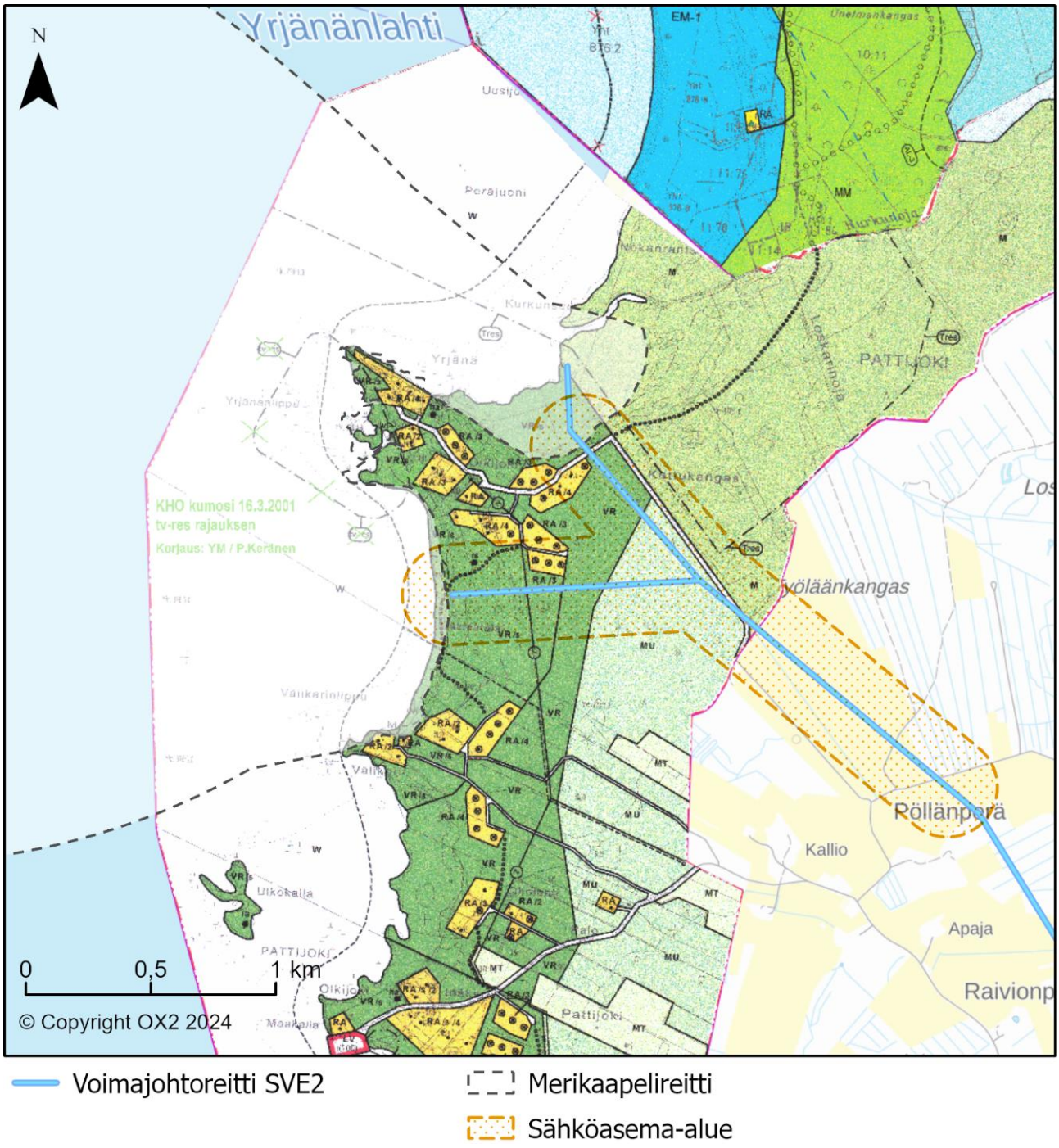


Kuva 3-5. Ote Raahen yleiskaavayhdistelmästä merikaapelivaihtoehdon MVE1 ja vetyputkireitin VVE1 alueilta. Tässä kartassa esitetään Raahe 2030 keskeisten taajama-alueiden osayleiskaavan kartta 2. Kartalla esitetään myös vedyn varastointialue ja sähköasema-alue, joita käsitellään YVA-selostuksen osassa B. (Kuvassa esitetty myös MVE1:n rantautumisalueelta lähtevä SSAB:n voimajohtoreitin alkuosa. SSAB:n sähkönsiirtovaihtoehdoille on tehty oma YVA-menettelynsä ja reittivaihtoehdot on esitetty kokonaisuudessaan tämän YVA-selostuksen Yleistietodokumentissa). (SYKE 2024)

MVE2 sijoittuu Raahessa mantereen läheisyydessä ja mantereella seuraavalle yleiskaava-alueelle:

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- Merenrannikon osayleiskaava (hyv. 4.6.1999)
  - Kaavassa reittivaihtoehdon MVE2 alueelle sijoittuu vesialuetta (W), retkeily- ja ulkoilualuetta, jolla ympäristö säilytetään (VR/s), maa- ja metsätalousvaltaista aluetta (M) ja loma-asuntoalueta (RA). Rannikon suuntaisesti on osoitettu moottorikelkkailureitti. Merikaapelireitin alueelle sijoittuu vähäisessä määrin teollisuuden reservialuetta (Tres). Lisäksi on osoitettu ohjeellisia lähivenevalkamia (lvl) sekä ohjeellinen uimaranta (vv).

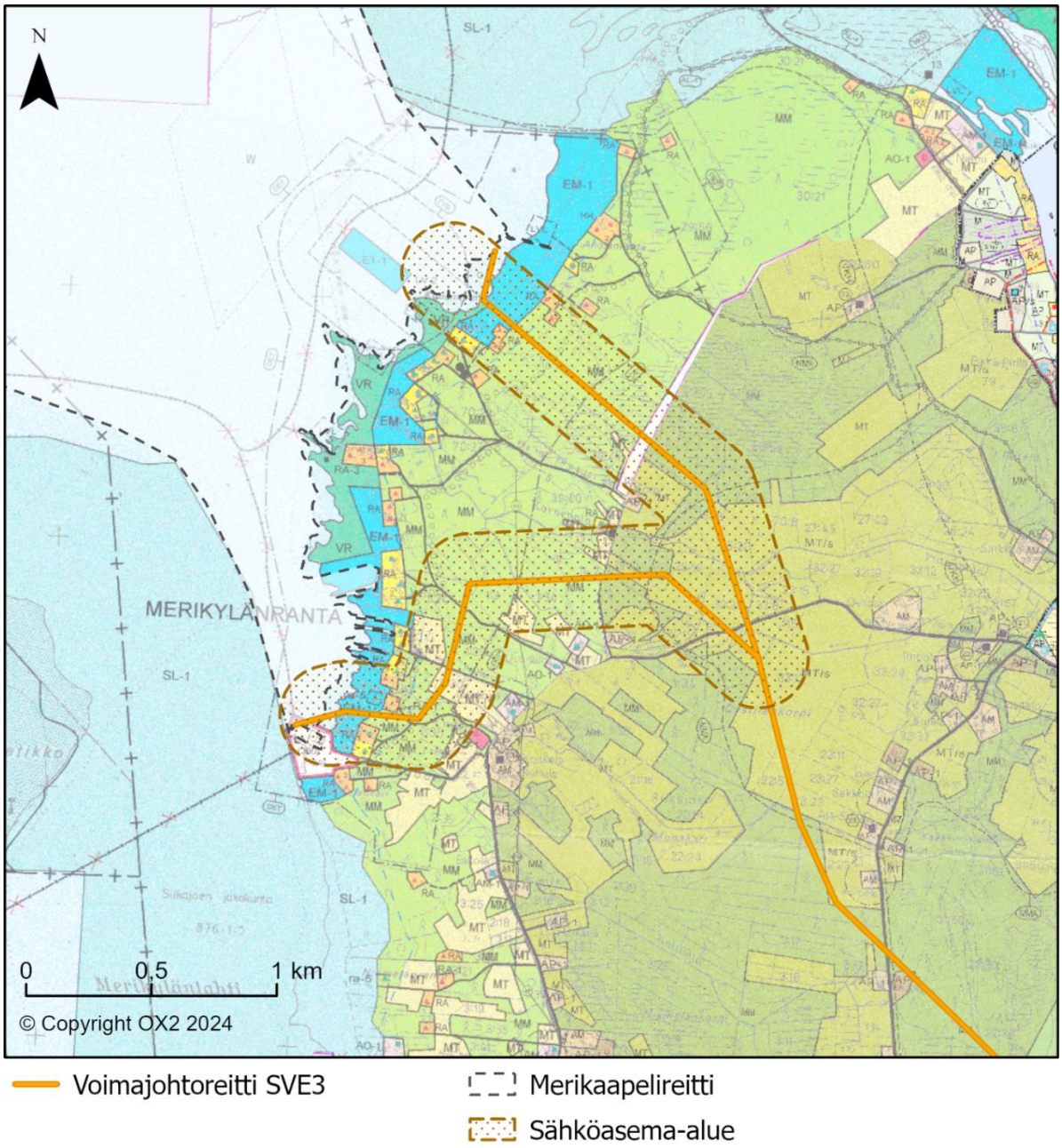


Kuva 3-6. Ote Raahen yleiskaavayhdistelmästä merikaapelivaihtoehdon MVE2 alueelta. Kuvassa esitetään myös sähkönsiirron reittivaihtoehto SVE2 ja sähköasema-alue, joita käsitellään YVA-selostuksen osassa B. (SYKE 2024)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

MVE3 sijoittuu Siikajoen kunnassa mantereen läheisyydessä ja mantereella seuraavalle yleiskaava-alueelle.

- Siikajoen rantaosayleiskaava (hyv. 1.6.2001)
  - Kaavassa reittivaihtoehdon MVE3 alueelle sijoittuu vesialuetta (W), maisemanhoitoaluetta (EM-1), pienvenesatama tai kalasatama (LV), ohjeellisia kalasatamia (LV-2), ohjeellisia lähivenevalkamia (LVL), retkeily- ja ulkoilualuetta (VR), yhdyskuntateknisen huollon aluetta, joka on varattu tuulivoimaloille (ET-1) sekä tuulivoimala-alueen melusuoja-aluetta (TVS). Alue on osoitettu DET-osa-aluemerkinnällä eli alueena, jonka maankäyttö soveltuu järjestettäväksi detaljikaavalla. Lisäksi alueelle sijoittuu vähäisessä määrin maakunnallisesti arvokasta maisema-aluetta (MMA) sekä luonnonsuojelualuetta (SL-1).



Kuva 3-7. Ote Siikajoen yleiskaavayhdistelmästä merikaapelivaihtoehdon MVE3 alueelta. Kuvassa esitetään myös sähkönsiirron reittivaihtoehto SVE3 ja sähköasema-alue, joita käsitellään YVA-selostuksen osassa B. (SYKE 2024)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

3.2.2.4 Vireillä olevat yleiskaavat

Raahen kaupungissa on vireillä Raahen sataman osayleiskaava merikaapelireitin MVE1 ja vetyputkireitin VVE1 alueella. Raahen kaupungin kehittämislautakunta päätti osayleiskaavan vireilletulosta 7.5.2024 § 65 ja kaavasta on julkaistu osallistumis- ja arviointisuunnitelma. Kaavasuunnittelun tavoitteena on selvittää satamatoimintojen laajennusmahdollisuuksia, kartoittaa LNG-terminaalin sekä vihreän vedyn tuotannon ja varastoinnin edellytyksiä, mahdollistaa teollisuus- ja logistiikkatoimintojen laajennusmahdollisuudet, tutkia liikenteellisiä kehitystarpeita, kartoittaa tuulivoiman edellytyksiä alueella, mahdollistaa Tkem-kaavamerkintä SSAB:n alueelle, huomioida maankohoamisrannikon erityispiirteet sekä määrittää ja huomioida suojeluohjelmien kannalta merkittävät kohteet. Kaavoituksen alustavan aikataulun mukaan kaavaluonnos julkaistaan keväällä 2025, kaavaehdotus alkuvuodesta 2026 ja osayleiskaava hyväksytään keväällä 2026. (*Raahen kaupunki 2024a, Raahen kaupunki 2024b*)

Raahen sataman osayleiskaavan suunnittelualueen kaakkoispuolella on vireillä SSAB:n tehdasalueen laajennuksen osayleiskaava, jonka tavoitteena on mahdollistaa vedyntuotantolaitoksen sekä sitä varten rakennettavan teollisuusalueen sisäisen infrastruktuurin, sähkönsiirtoverkon sekä putkilinjojen rakentaminen alueelle. Raahen kaupunginhallitus päätti kokouksessaan 2.9.2024 § 221 määrätä SSAB:n tehdasalueen laajennuksen osayleiskaavan suunnittelualueelle MRL 38 §:n mukaisesti rakennuskiellon sekä MRL 128 §:n mukaisesti toimenpiderajoituksen osayleiskaavan laatimista varten. Osayleiskaavan suunnittelualueen rakennuskielto ja toimenpiderajoitus ovat voimassa viisi (5) vuotta. (Raahen kaupunki 2024 f) Kaavoituksen alustavan aikataulun mukaan kaavaluonnoksen valmisteluaineisto tulee nähtäville alkuvuonna 2025 ja kaavaehdotus syksyllä 2025, jolloin osayleiskaava hyväksyttäisiin loppuvuodesta 2025 (Raahen kaupunki 2024g).

Raahen kaupungin ja Pyhäjoen kunnan alueilla on vireillä Maanahkiaisen tuulivoimapuiston osayleiskaava, joista Raahen merialueelle sijoittuva osa sijaitsee lähempänä Hallan merituulivoimapuistoa. Osayleiskaavan tavoitteena on mahdollistaa laajimmillaan 40 tuulivoimalan rakentaminen, joista Raahen edustalle suunnitellaan enimmillään 16 tuulivoimalan rakentamista. Tuulivoimaloiden enimmäiskorkeus on 350 metriä. Merituulivoimapuiston alueelle rakennetaan lisäksi merisähköasemia, joiden kautta toteutetaan alueen sähkönsiirto mantereelle merikaapeleilla (*Raahen kaupunki 2024c*). Maanahkiaisen tuulivoimapuiston osayleiskaavan alue ei yllä Hallan merituulivoimapuiston alueelle, mutta Maanahkiaisen merikaapelivaihtoehdoista kaksi risteävät Hallan merikaapelireitin MVE1 kanssa ja yksi vetyputkireitin VVE1 kanssa. Pohjoisempi reitti rantautuu Raahen Kallioniemen kohdalla risteten vetyputkireitin VVE1 kanssa Louekarin länsipuolella. Eteläisempi reitti sijoittuu Kuljunniemen eteläpuolelle Kuljunlahdelle, jossa reitti rantautuu SSAB:n voimajohtoreitille Aunolanperän kohdalla.

Siikajoen kunnassa ei ole vireillä yleiskaavahankkeita merituulivoimapuiston, merikaapelireittien (MVE2 ja MVE3) tai niihin liittyvien vaihtoehtoisten läjitysalueiden alueilla.

3.2.2.5 Asemakaavat ja ranta-asemakaavat

Merituulivoimapuiston alueella ei ole voimassa olevia asemakaavoja tai ranta-asemakaavoja.

Osa merikaapelivaihtoehdon MVE1 alueesta sijoittuu neljälle asemakaavoitetulle alueelle (kuva 3-8) Raahen syväsataman, SSAB:n tehtaan ja Lapaluodon alueella. Lisäksi vetyputkireittivaihtoehdon VVE1 alueella on voimassa asemakaava vähäiseltä osin:

- AKM 235: Raahen syväsataman teollisuusalueen asemakaava ja asemakaavan muutos (hyv. 29.5.2017)
    - Kaavassa reittivaihtoehdon MVE1 alueelle on osoitettu vesialuetta (W), teollisuusrakennusten korttelialuetta (TT-1), teollisuus- ja varastorakennusten korttelialuetta, jolle voidaan sijoittaa laajamittaisesti vaarallisia kemikaaleja teollisesti käsittelevä laitos (T/kem-1), satama-aluetta, jolle voidaan rakentaa sataman- ja huolintatoimintoja palvelevia rakennuksia, rakennelmia ja laitteita sekä merenkulun turvalaitteita ja niihin liittyviä rakennelmia (LS-2), tuulivoimaloiden aluetta (tv-1),

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ohjeellisia maanalaisia voimajohtoja (z), ohjeellisia ajoyhteyksiä (ajo), ohjeellinen puhdistettujen jätevesien purkuputki (pup), ohjeellinen raakavesiputki (rap), ohjeellinen jäähdytysveden ottoputki (jäo), ohjeellinen merivesiputki (mep) sekä vesialueena säilytettävä satama-alueen osa (lsw).

- Raahen sataman Lapaluodon satamanosan asemakaavan muutos ja laajennus (hyv. 28.1.2013)
  - Kaavassa reittivaihtoehdon MVE1 alueelle on osoitettu vesialuetta (W-1), venesatama/venevalkama (LV-1), satama-aluetta (LS-1), teollisuusrakennusten korttelialuetta, jolla ympäristö asettaa toiminnan laadulle erityisiä vaatimuksia (TY-1), suojaviheraluetta (EV, EV-2), palvelurakennusten korttelialuetta (P-2), yleisen tien aluetta (LT-1) sekä teollisuus- ja varastorakennusten korttelialuetta (T-3, T-4).

- Aittalahden teollisuusalueen asemakaavan muutos (hyv. 23.4.2018)
  - Kaavassa reittivaihtoehdon MVE1 alueelle on osoitettu teollisuus- ja varastorakennusten korttelialuetta (T-3).

- Ak 248: SSAB:n tehdasalueen asemakaava (hyv. 5.2.2024)
  - Kaavassa reittivaihtoehdon VVE1 alueelle on osoitettu teollisuus- ja varastorakennusten korttelialuetta, jolle saa sijoittaa merkittävän, vaarallisia kemikaaleja valmistavan tai varastoivan laitoksen (T/kem-2), vesialuetta (W), luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeää aluetta (luo-1), ajoyhteys (ajo) sekä (ohjeellinen) rautatieliikenteelle varattu alueen osa (lr).
  - Kaavassa reittivaihtoehdon MVE1 alueelle on osoitettu edellä mainittujen reittivaihtoehdon VVE1 alueelle osoitettujen kaavamerkintöjen lisäksi teollisuus- ja varastorakennusten korttelialuetta (T-7), satama-aluetta, jolle voidaan rakentaa sataman- ja huolintatoimintoja palvelevia rakennuksia, rakennelmia ja laitteita sekä merenkulun turvalaitteita ja niihin liittyviä rakennelmia (LS-2), energiahuollon aluetta (EN), suojaviheraluetta (EV), suojaviheraluetta (EV-1, alueelle saa sijoittaa melulta suojaavia valleja), luonnonsuojelualuetta (SL), johtoa varten varattuja alueen osia (z), ohjeellista hulevesien johtamista varten varattua alueen osaa / laskeutus- ja sammutusjätevesiallasta (hule-1), luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeää aluetta (luo-1, luo-2, luo-3), paikallisesti arvokasta perinnemaisemaa (ma), ohjeellista alueen osaa, jolle saa sijoittaa meluvallin (mv), ohjeellinen merivesiputki (mep), puhdistettavaa/kunnostettavaa maa-aluetta (saa), alueen osaa, jolle saa sijoittaa yhdyskuntateknisen huollon rakennuksia, rakenteita ja laitteita (et), kaatopaikka-aluetta (ej), vesialueena säilytettävää alueen osaa (lsw), alueen osaa, jolle saa sijoittaa yhdyskuntateknisen huollon rakennuksia, rakenteita ja laitteita (ap/e-2) sekä alueen osaa, jolle saa sijoittaa pysäköintiä sekä väliaikaisia rakenteita ja rakennuksia, muilta osin alue on säilytettävä puustoisena (ap/e).

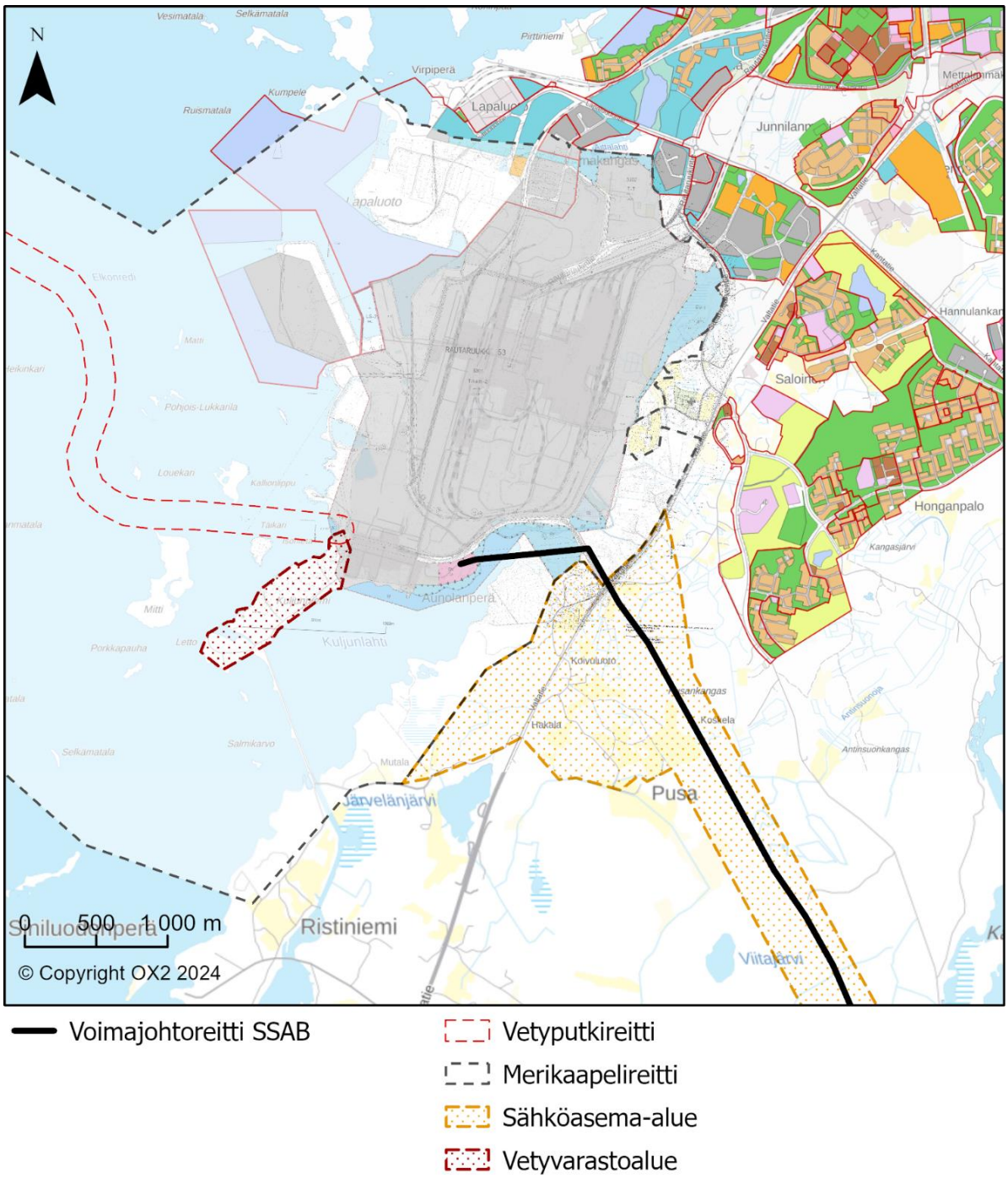
Lisäksi reittivaihtoehto MVE1 rajautuu Länsi-Kalkan teollisuusalueen asemakaavaan (hyv. 26.11.1998), jossa reittivaihtoehtoa sivuten on osoitettu suojaviheraluetta (EV-2) (*Sweco Finland Oy 2023*). Satamajärventien toiselle puolelle sijoittuu Tokolan teollisuusalueen asemakaava ja asemakaavan muutos (hyv. 29.8.2016), jossa reittivaihtoehdon MVE1 aluetta lähimmäksi, noin 40 metrin etäisyydelle, on osoitettu suojaviheraluetta (EV-37) sekä teollisuus- ja varastorakennusten korttelialuetta (T) (*Raahen kaupunki 2023b*). Vetyputkireittivaihtoehdon VVE1 rantautumispiste ei sijaitse asemakaavoitetulla alueella.

Raahen kaupungissa pieni osa merikaapelivaihtoehdon MVE2 alueesta sijoittuu Yrjänänkarin rantakaavan (hyv. 27.5.1982, muutospäivämäärä 25.9.2003) alueelle. Reittivaihtoehto MVE2

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ympäröi asemakaavoitettua aluetta etelä- länsi- ja pohjoispuolilta. Asemakaava-alueen rajaus on esitetty Suomen ympäristökeskuksen elinympäristön tieto- ja analyysipalvelu Liiterissä.

Reittivaihtoehdon MVE3, VVE1 ja merikaapelireitteihin liittyvien vaihtoehtoisten läjitysalueiden alueille ei ole voimassa olevia asema- tai ranta-asemakaavoja.



Kuva 3-8. Ote Raahen kaupungin asemakaavayhdistelmästä sekä helmikuussa 2024 hyväksytystä SSAB:n tehdasalueen asemakaavasta. Kuvassa esitetään myös vedyn varastointialue ja Raahen eteläpuoleinen sähköasema-alue, joita käsitellään YVA-selostuksen osassa B. (Kuvassa esitetty myös MVE1:n rantautumisalueelta lähtevä SSAB:n voimajohtoreitin alkuosa. SSAB:n sähkönsiirtovaihtoehdoille on tehty oma YVA-menettelynsä ja reittivaihtoehdot on esitetty kokonaisuudessaan tämän YVA-selostuksen Yleistietodokumentissa). (Raahen kaupunki 2023a; Raahen kaupunki 2024d)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

3.2.2.6 Vireillä olevat asemakaavat

Raahessa tai Siikajoella reittivaihtoehtojen VVE1, MVE1, MVE2 ja MVE3 alueella sekä merikaapelireitteihin liittyvien vaihtoehtoisten läjitysalueiden alueilla ei ole vireillä asemakaavahankkeita.

3.2.2.7 Merialuesuunnitelma

Maankäyttö- ja rakennuslain 1.10.2016 voimaan tulleen muutoksen myötä, niiden maakuntien liittojen, joiden alueeseen kuuluu aluevesiä, tehtäväksi on tullut merialuesuunnittelu maakunnan aluevesillä ja talousvyöhykkeellä (*Pohjanmaan liitto 2023*). Pohjois-Pohjanmaan liitto laati yhteisen merialuesuunnitelman Lapin, Keski-Pohjanmaan ja Pohjanmaan liittojen kanssa. Pohjois-Pohjanmaan liiton maakuntavaltuusto hyväksyi osaltaan Selkämeren pohjoisosan, Merenkurkun ja Perämeren merialuesuunnitelmaehdotuksen 14.12.2020 *(Pohjois-Pohjanmaan liitto 2023c)*.

Merialuesuunnitelma on strateginen näkemys merialueen kestävästä käytöstä ja meriympäristön hyvän tilan tukemisesta, ja se tukee maakuntakaavoitusta sekä aluekehitystä. Vaikka merialuesuunnittelusta säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa ja merialuesuunnitelmalla on välillisiä ohjausvaikutuksia, merialuesuunnitelma ei ole osa alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää eikä sillä ole oikeusvaikutuksia. Suunnitelma on luonteeltaan mahdollistava ja ohjaava, ja se kuvailee vuoden 2030 tavoitetilaa. (*Merialuesuunnittelu 2023*) Merialuesuunnittelulla edistetään merialueen eri käyttömuotojen kestävää kehitystä ja kasvua, luonnonvarojen kestävää käyttöä sekä meriympäristön hyvän tilan saavuttamista (*Pohjanmaan liitto 2023*). Merialuesuunnitelma kattaa Suomen aluevedet ja talousvyöhykkeen. Merialuesuunnitelmassa on osoitettu merkittäviä ja potentiaalisia alueita, jotka eivät ole tulkittavissa aluevarauksiksi.

Merialuesuunnitelmassa Hallan merituulivoimapuisto sijaitsee talousvyöhykkeen avomerialueella ja merituulivoimapuiston alue on osoitettu osin energiantuotantoalueeksi (Siikajoen-Hailuodon edustan merituulivoima-alue 3). Tuulivoimapuiston poikki lounais-koillissuuntaisesti ja sen ympärille on osoitettu Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merenkulunalueita. Selkämeren pohjoisosan, Merenkurkun ja Perämeren merialuesuunnitelmassa Raahen ja Oulun satamat on osoitettu kansainvälisesti merkittäviksi (TEN-T) satamiksi, joista molemmista lähtee ulospäin merenkulun alueet.

Hankkeen kaikki energian siirtoreittivaihtoehdot (MVE1, MVE2, MVE3 ja VVE1) sijoittuvat kaikille merialuesuunnitelmassa määritellyille merialuesuunnittelun vyöhykkeille (sisäsaaristo ja sisemmät rannikkovedet; ulkosaaristo ja ulommat rannikkovedet; avomeri).

Reittivaihtoehtojen MVE1 ja VVE1 alueille on merialuesuunnitelmassa osoitettu seuraavat merkittävät ja potentiaalisiksi tunnistetut alueet:

- merkittävät vedenalaiset luontoarvot: Kalajoki-Pyhäjoki
- matkailu ja virkistys: Raahe
- TEN-T-satama: Raahen satama
- merenkulun alue: Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merenkulunalueet
- energiantuotanto: Siikajoen-Hailuodon edustan merituulivoima-alue 2

Lisäksi reittivaihtoehtojen MVE1 ja VVE1 alueelle on osoitettu seuraavat tunnistetut yhteydet ja yhteystarpeet:

- matkailu- ja virkistysyhteys: Veneily ja risteilyliikenne

Reittivaihtoehtojen MVE2 ja MVE3 alueille on osoitettu seuraavat merkittävät ja potentiaalisiksi tunnistetut alueet:

- kalastus: rannikkokalastus
- energiantuotanto: Siikajoen-Hailuodon edustan merituulivoima-alue 1
- energiantuotanto: Siikajoen-Hailuodon edustan merituulivoima-alue 2
- merenkulun alue: Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merenkulunalueet

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Edellä mainittujen lisäksi reittivaihtoehdon MVE3 alueelle sijoittuu rannikon alueella:

- merkittävät vedenalaiset luontoarvot: Siikajoki

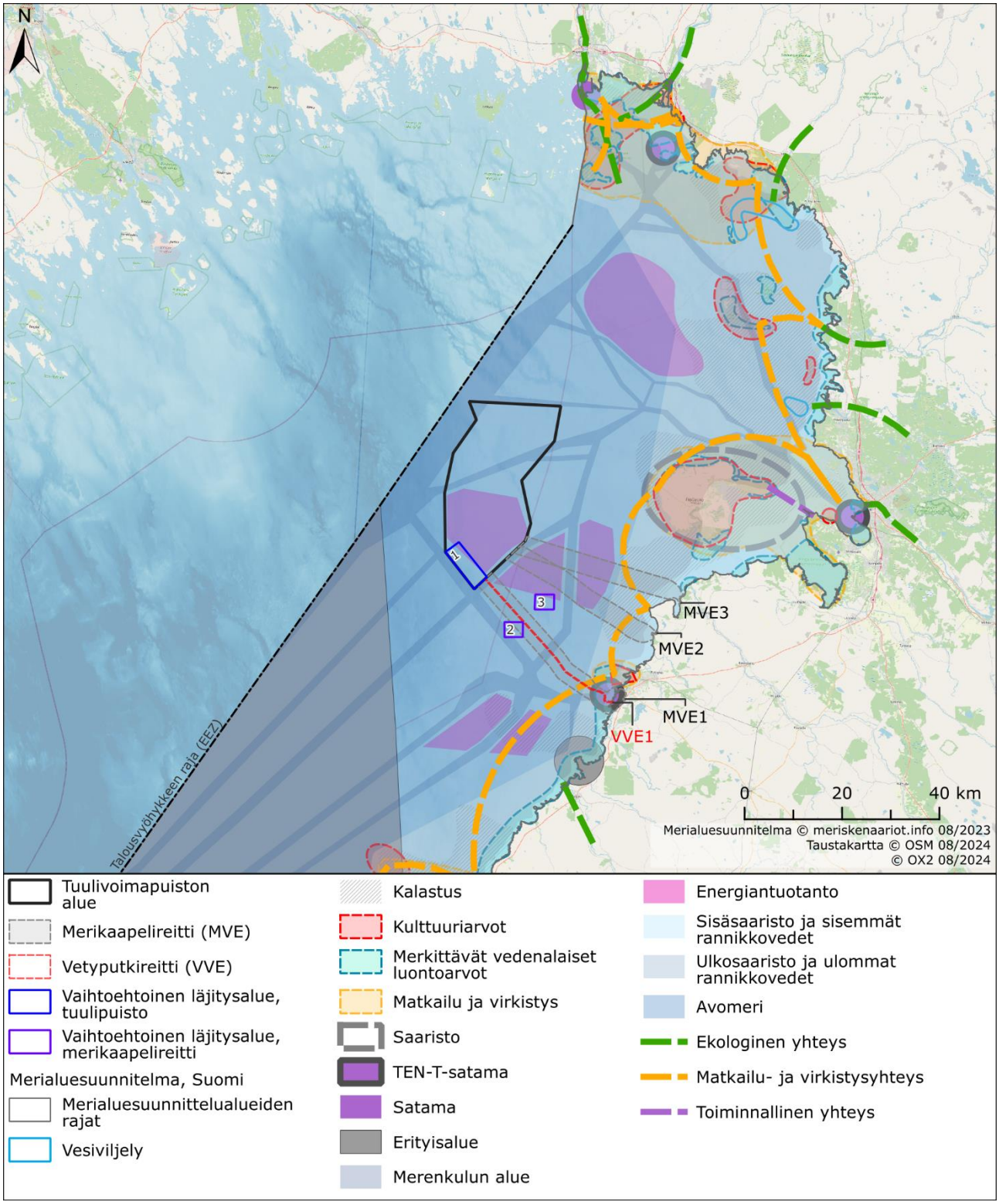
Merialuesuunnitelmassa tuulivoimapuistoon liittyvän vaihtoehtoisen läjitysalueen (nro 1, Kuva 3-9) alueelle on osoitettu energiantuotannon alue (Siikajoen-Hailuodon edustan merituulivoima-alue 3). Merikaapelireitteihin liittyvän vaihtoehtoisen läjitysalueen alueille on osoitettu pohjoisemman vaihtoehdon osalta energiantuotantoalue (Siikajoen-Hailuodon edustan merituulivoima-alue 2) ja eteläisemmän vaihtoehdon osalta Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merenkulunaluetta.

Merialuesuunnitelmassa merituulivoimapuiston läheisyyteen, vaihtoehtoisten läjitysalueiden alueille tai merikaapelireittivaihtoehtojen (MVE1, MVE2 ja MVE3) ja vetyputkireittivaihtoehdon VVE1 alueelle tai niiden välittömään läheisyyteen on osoitettu seuraavat taulukossa 3-4 esitetyt merkinnät.

Taulukko 3-4. Merialuesuunnitelmassa osoitetut merkinnät vetyputki- ja merikaapelireittien sekä vaihtoehtoisten läjitysalueiden kohdilla tai välittömässä läheisyydessä.

Selite	Merkinnän kohdalla
Sisäsaaristo ja sisemmät rannikkovedet	MVE1, MVE2, MVE3, VVE1
Ulkosaaristo ja ulommat rannikkovedet	MVE1, MVE2, MVE3, VVE1
Avomeri	MVE1, MVE2, MVE3, VVE1, vaihtoehtoiset läjitysalueet (tuulivoimapuiston sekä vetyputki- ja merikaapelireittien osalta), merituulivoimapuisto
Energiantuotanto	MVE1, MVE2, MVE3, pohjoisempi vaihtoehtoinen läjitysalue (merikaapelireitit), vaihtoehtoinen läjitysalue (tuulivoimapuisto), merituulivoimapuisto
Merenkulun alue	MVE1, MVE2, MVE3, VVE1, eteläisempi vaihtoehtoinen läjitysalue (vetyputki- ja merikaapelireittien osalta), merituulivoimapuisto
Kalastus	MVE2, MVE3
TEN-T-satama (nykyinen ja suunniteltu kansainvälisesti merkittävät TEN-T- ydinverkon ja kattavan verkon satama)	MVE1, VVE1
Merkittävät vedenalaiset luontoarvot	MVE1, MVE3, VVE1
Matkailu- ja virkistysyhteys	MVE1, VVE1

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-9. Ote Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merialuesuunnitelmasta 2030 sekä merikaapelireittien (MVE) sijainnit. (Merialuesuunnittelu 2023)

3.2.2.8 Raahen strateginen maankäytön suunnitelma

Raahen kaupunki on laatinut strategisen maankäytön suunnitelman, jonka Raahen kaupunginvaltuusto hyväksyi 31.10.2022 § 125. Strategisen maankäytön suunnitelma ei ole maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellyn kaavoitusprosessin mukainen suunnitelma, mutta suunnitelma

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

sisältää koko kunnan laajuisen nykytila-analyysin, jota voidaan hyödyntää jatkuvan yleiskaavoituksen paikkatietoaineistona tulevaisuudessa. *(Raahen kaupunki 2024e)* Raahen strategisen maankäytön suunnitelman alueelle sijoittuvat rannan läheiset osat merikaapelivaihtoehdoista MVE1 ja MVE2 sekä vetyputkivaihtoehdosta VVE1.

Raahen strategisen maankäytön suunnitelman kartalla *(Raahen kaupunki 2022)* reittivaihtoehdon MVE1 alueelle on osoitettu tilaa vaativien elinkeinotoimintojen aluetta (T), tuulivoimaloita (3), pääsähköjohto (110 kV tai 400 kV) (z), kaksi pääsähköjohdon yhteystarvetta (z), kehitettävä erikoiskuljetusyhteys, laivaväylä, maakunnallisesti merkittäviä satama- ja logistiikkatoimintoja sekä viher-, virkistys- tai retkeilyaluetta (V) Letossa ja Täikarilla. Lisäksi reitti MVE1 sijoittuu vähäisessä määrin kartalla osoitetulle matkailun ja virkistyksen kehittämisalueelle sekä johdetun korkeusrajoituksen alueelle (rakenteiden suurin sallittu korkeus on 340 metriä merenpinnan tasosta).

Reittivaihtoehdon VVE1 alueelle on osoitettu maakunnallisesti merkittäviä satama- ja logistiikkatoimintoja, pääsähköjohdon yhteystarve (z) sekä kaksi laivaväylää. Lisäksi reittivaihtoehto VVE1 rajautuu tilaa vaativien elinkeinotoimintojen alueelle (T), kahteen tuulivoimalaan (3), viher-, virkistys- tai retkeilyalueeseen (V) ja johdetun korkeusrajoituksen alueeseen (rakenteiden suurin sallittu korkeus on 340 metriä merenpinnan tasosta).

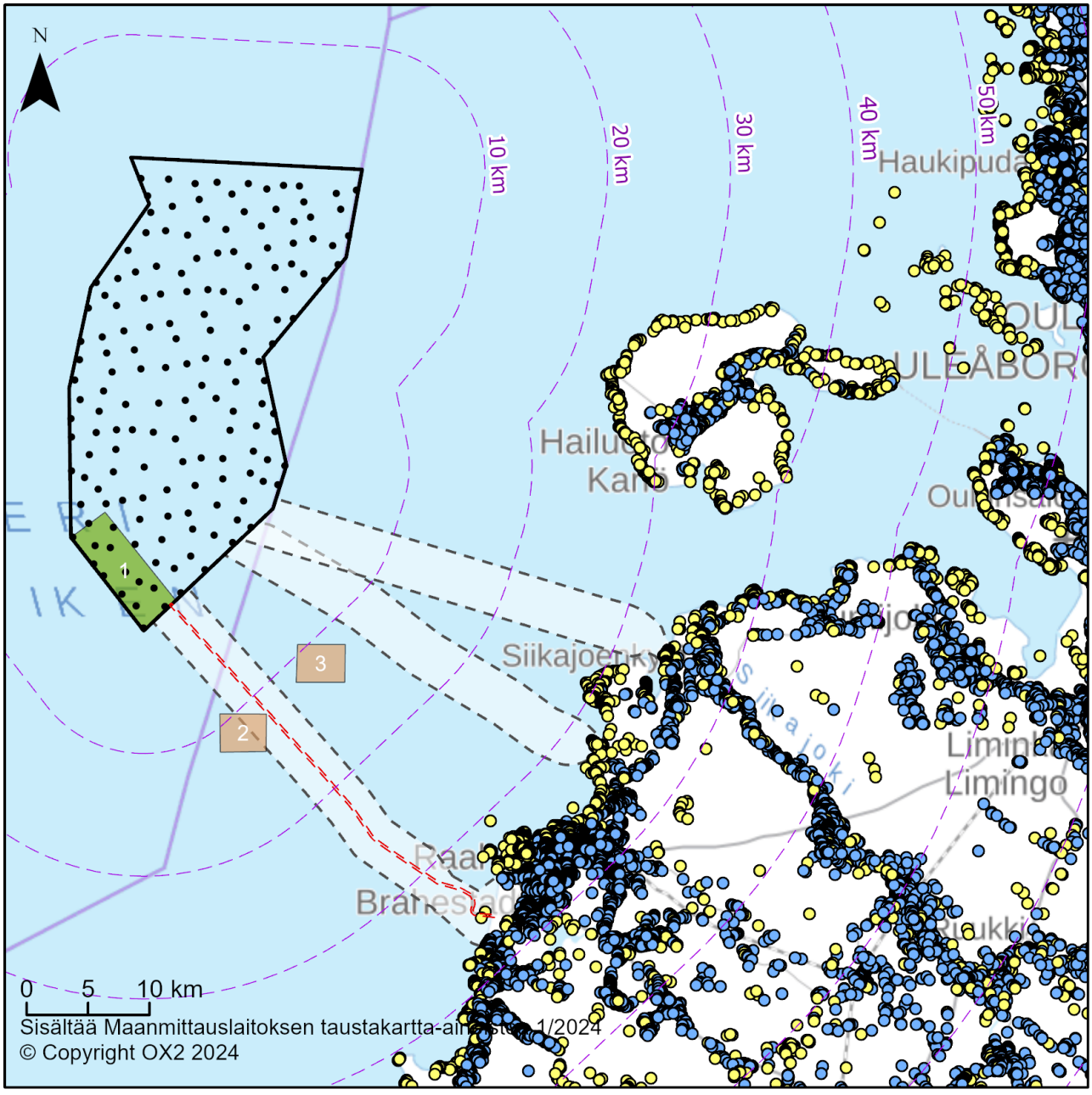
Reittivaihtoehdon MVE2 alueelle on osoitettu veneväylä, maakuntakaavassa osoitettu tuulivoimaloiden alue sekä johdetun korkeusrajoituksen aluetta (rakenteiden suurin sallittu korkeus on 401 metriä merenpinnan tasosta).

3.2.3 Asutus

Tässä luvussa kuvataan asutuksen nykytila. Ihmisten elinolosuhteisiin liittyvä vaikutusten arviointi on kokonaisuudessaan luvussa 19.

Lähin asutus merituulivoimapuistoon nähden sijaitsee Hailuodossa noin 23 kilometrin etäisyydellä tuulivoimapuistoalueesta siten, että saaren rannikolla on lähes yksinomaan loma-asutusta (Kuva 3-10). Hailuodon länsirannikolla Marjaniemessä on myös muutama asuinrakennukseksi luokiteltu rakennus, mutta enemmän vakituista asutusta on kunnan taajamassa. Siikajoella lähimmät loma- ja asuinrakennukset sijaitsevat Tauvossa vajaan 30 kilometrin etäisyydellä. Raahen saariston lähimpään loma-asutukseen on etäisyyttä niin ikään noin 30 kilometriä.

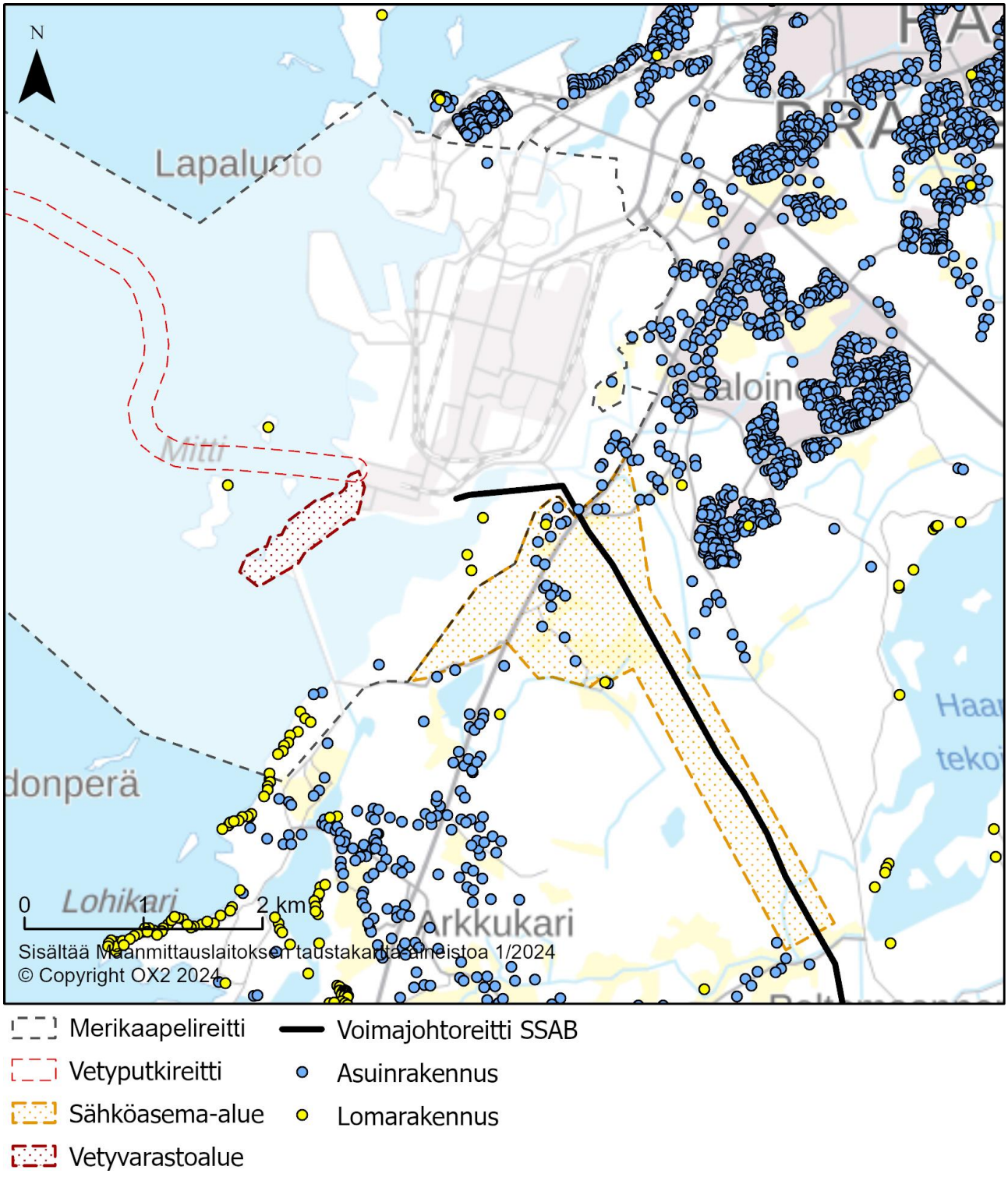
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-10. Hallan merituulivoimapuiston lähiseudun asuin- ja lomarakennukset. Kartalla on esitetty vaihtoehto VE1:n mukainen tuulivoimaloiden määrä merituulivoimapuiston alueella.

Merikaapelin MVE1 sekä vetyputken VVE1 rantautumisvaihtoehto sijoittuu teollisuus- ja satama-alueelle Raahessa, jonka lähiympäristössä on paikoin runsaasti asuin- ja lomarakennuksia (Kuva 3-11). Merikaapelireitille sijoittuu muutama lomarakennus muun muassa tehdasalueen edustan saarilla (Mitti ja Louekari). Merikaapelin rantautumisalueen eteläosassa rannikolla sijaitsee pääosin lomarakennuksia, mutta myös muutama asuinrakennus. Merikaapelin rantautumisalueen keskiosissa (SSAB:n tehtaan itäpuolella) sekä pohjoispuolella sijaitsee pääosin vakituista asutusta.

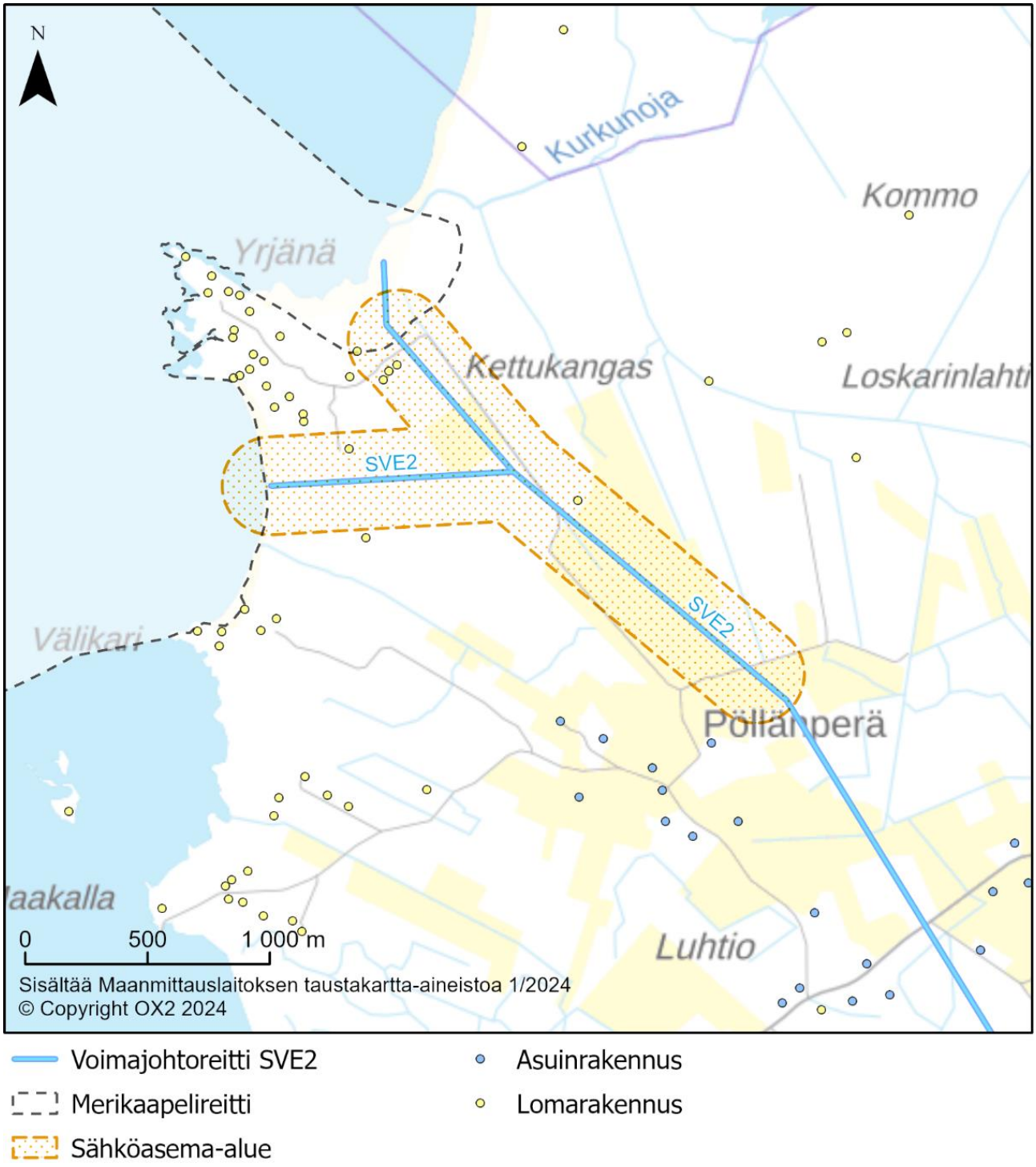
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-11. Merikaapelireitin MVE1 ja vetyputkireitin VVE1 rantautumisalue ja lähialueen asutus. (Kuvassa esitetty myös MVE1:n rantautumisalueelta lähtevä SSAB:n voimajohtoreitin alkuosa. SSAB:n sähkönsiirto-vaihtoehdoille on tehty oma YVA-menettelynsä ja reittivaihtoehdot on esitetty kokonaisuudessaan tämän YVA-selostuksen Yleistietodokumentissa).

Merikaapelireitti MVE2 rantautuu Raahen pohjoispuolella Pöllänperän kohdalla (Kuva 3-12). MVE2:n rantautumisalueen etelänpuoleisella vaihtoehdolla sijaitsee lomarakennuksia rantautumisalueen eteläpäässä Välikarin alueella ja pohjoispuolella Yrjänän alueella. Lähimmät vapaa-ajan rakennukset MVE2:n pohjoisempaan rantautumispaikkaan nähden sijaitsevat Yrjänän niemellä ja Yrjänäntien varrella.

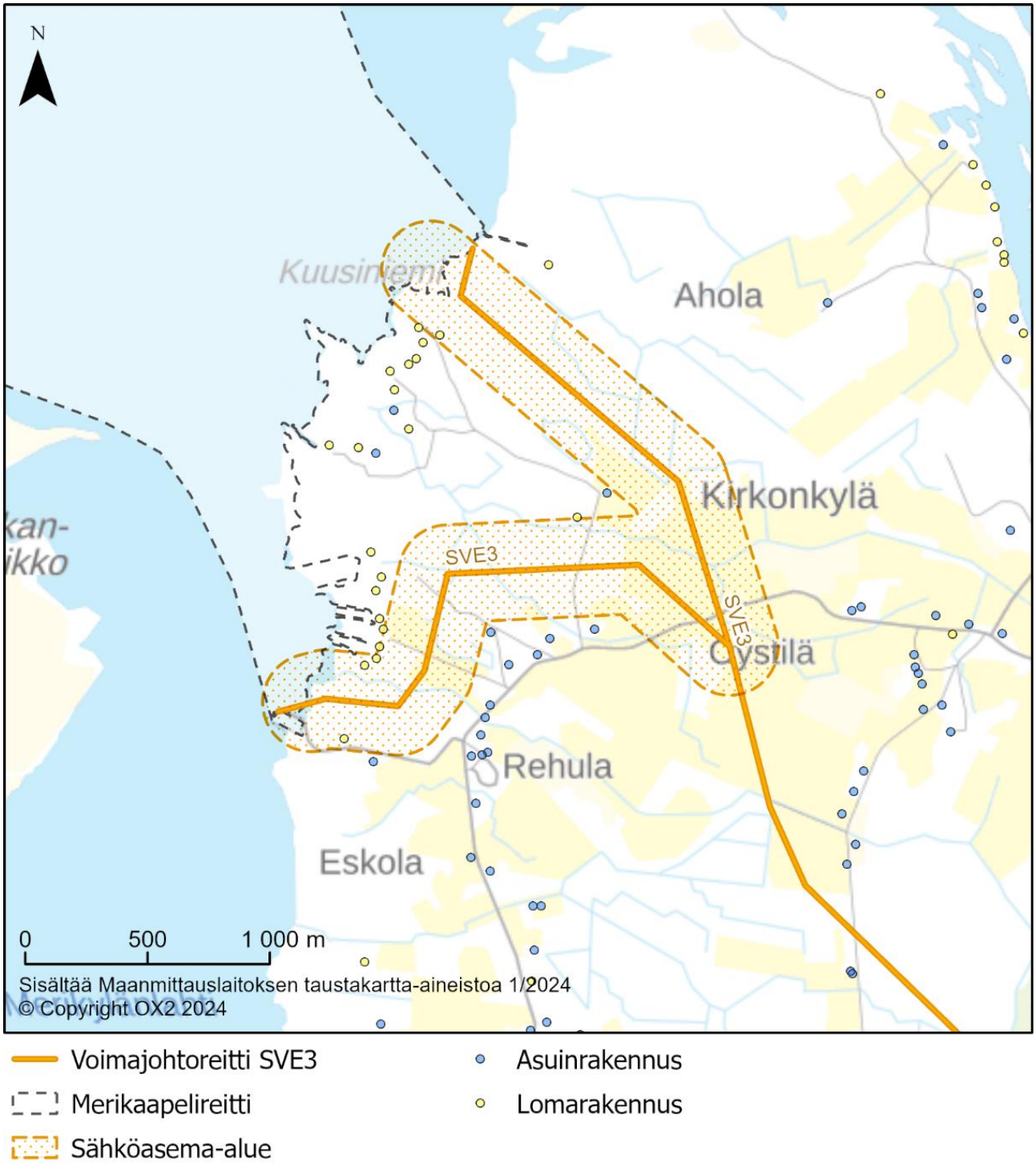
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-12. Merikaapelireitin MVE2 rantautumisalue ja lähialueen asutus.

Merikaapelireitti MVE3 rantautuu Siikajoen Kirkonkylän kohdalla (Kuva 3-13). MVE3:n rantautumisalueella sijaitsee lomarakennuksia noin 100 metrin etäisyydellä rantaviivasta. Rehulankarin pienvenesatama sijaitsee rantautumisalueen eteläpuolella.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-13. Merikaapelireitin MVE3 rantautumisalue ja lähialueen asutus.

3.3 Vaikutusten arviointi

3.3.1 Vaikutukset valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet (VAT) ovat osa alueidenkäyttölain mukaista alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää. Alueidenkäyttölain 24 §:n mukaan tavoitteet on otettava huomioon ja niiden toteuttamista on edistettävä maakunnan suunnittelussa, kuntien kaavoituksessa ja valtion viranomaisten toiminnassa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hallan merituulivoimapuistoa koskevat erityisesti seuraavat valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. Seuraavassa on myös arvioitu tavoitteiden toteutumista tämän hankkeen osalta.

Toimivat yhdyskunnat ja kestävä liikkuminen

Edistetään koko maan monikeskuksista, verkottuvaa ja hyviin yhteyksiin perustuvaa aluerakennetta, ja tuetaan eri alueiden elinvoimaa ja vahvuuksien hyödyntämistä. Luodaan edellytykset elinkeino- ja yritystoiminnan kehittämiselle sekä väestökehityksen edellyttämälle riittävälle ja monipuoliselle asuntotuotannolle.

Luodaan edellytykset vähähiiliselle ja resurssitehokkaalle yhdyskuntakehitykselle, joka tukeutuu ensisijaisesti olemassa olevaan rakenteeseen. Suurilla kaupunkiseuduilla vahvistetaan yhdyskuntarakenteen eheyttä.

Arvio tavoitteen toteutumisesta:

Hallan merituulivoimapuisto hyödyntää merialuesuunnitelman mukaisesti talousvyöhykkeen tuuliolosuhteita tuulivoimatuotantoon ja luo edellytyksiä Pohjois-Pohjanmaan elinkeinoelämän vahvistamiselle.

Hanke on Suomen ilmastotavoitteiden mukainen hanke, joka toteutuessaan tuottaa hiilineutraalia sähköä. Hanke hyödyntää olemassa olevaa yhdyskuntarakennetta hyödyntämällä alueella olevia satamatoimintoja ja liikenneväyliä. Hankkeen toteuttaminen ei aiheuta maankäyttöä, joka hajauttaisi yhdyskuntarakennetta. Meriläjitysalueet sijoittuvat suhteellisen etäällä rannikosta ja hankkeen energiansiirtoreitit merituulivoimapuiston alueelta mantereelle toteutetaan vedenalaisina kaapeleina tai putkena, jolloin vaikutuksia rannikkovyöhykkeen yhdyskuntarakenteeseen ei aiheudu.

Tehokas liikennejärjestelmä

Turvataan kansainvälisesti ja valtakunnallisesti merkittävien liikenne- ja viestintäyhteyksien jatkuvuus ja kehittämismahdollisuudet sekä kansainvälisesti ja valtakunnallisesti merkittävien satamien, lentoasemien ja rajanylityspaikkojen kehittämismahdollisuudet.

Arvio tavoitteen toteutumisesta:

Hanke sijoittuu Perämeren merkittävien laivaväylien välittömään läheisyyteen. Jatkosuunnittelun yhteydessä varmistetaan, ettei merkittäviä vaikutuksia meriliikenteenohjaukselle, merenkululle tai alusten navigoinnille muodostu. Yhteensovittamalla energiansiirtoreittien rantautumisalueilla Raahen sataman kehittämistarpeet varmistetaan sataman kehittämismahdollisuudet.

Terveellinen ja turvallinen elinympäristö

Ehkäistään melusta, tärinästä ja huonosta ilmanlaadusta aiheutuvia ympäristö- ja terveyshaittoja.

Haitallisia terveysvaikutuksia tai onnettomuusriskejä aiheuttavien toimintojen ja vaikutuksille herkkien toimintojen välille jätetään riittävän suuri etäisyys, tai riskit hallitaan muulla tavoin.

Otetaan huomioon yhteiskunnan kokonaisturvallisuuden tarpeet, erityisesti maanpuolustuksen ja rajavalvonnan tarpeet ja turvataan niille riittävät alueelliset kehittämisedellytykset ja toimintamahdollisuudet.

Arvio tavoitteen toteutumisesta:

Tuulivoimalat ja mahdolliset vedyntuotantolaitokset sijaitsevat avomerellä etäällä asutuksesta, loma-asutuksesta ja muista herkistä kohteista, jolloin niihin ei kohdistu haitallisia terveysvaikutuksia tai onnettomuusriskejä. Vetyputki rantautuu teollisuusalueelle.

Maanpuolustuksen ja rajavalvonnan tarpeet turvataan pyytämällä tarvittavat lausunnot hankkeen hyväksyttävyydestä ja toteuttamiskelpoisuudesta hankesuunnittelun aikana.

Elinvoimainen luonto- ja kulttuuriympäristö sekä luonnonvarat

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Huolehditaan valtakunnallisesti arvokkaiden kulttuuriympäristöjen ja luonnonperinnön arvojen turvaamisesta.

Edistetään luonnon monimuotoisuuden kannalta arvokkaiden alueiden ja ekologisten yhteyksien säilymistä.

Huolehditaan virkistyskäyttöön soveltuvien alueiden riittävyydestä sekä viheralueverkoston jatkuvuudesta.

Arvio tavoitteen toteutumisesta:

Merituulivoimapuiston alueella ei ole valtakunnallisesti arvokkaita kulttuuriympäristöjä. Hankkeen suhdetta valtakunnallisesti arvokkaisiin kulttuuriympäristöihin on arvioitu tämän arviointimenettelyn yhteydessä.

Merituulivoimapuiston suunnittelussa on pyritty edistämään luonnon monimuotoisuuden arvojen säilymistä osoittamalla alustavat voimalapaikat vesisyvyyksien ja pohjanlaadun suhteen tavanomaisille alueille. Energiansiirtoreitit ja niiden rantautumispaikat on osoitettu luonnonsuojelualueiden ulkopuolisille alueille.

Merituulivoimapuisto muuttaa alueen virkistyskäyttökokemusta, mutta ei estä esimerkiksi veneilyä hankealueella. Varsinainen merituulivoimapuisto sijaitsee etäällä avomerellä, minkä vuoksi alue ei ole aktiivisinta virkistysaluetta. Lähempänä rannikkoa merenpohjaan asennettavat tai laskettavat energiansiirtokaapelit/putket eivät aiheuta pysyviä vaikutuksia alueiden virkistyskäyttömahdollisuuksille.

Uusiutumiskykyinen energiahuolto

*Varaudutaan uusiutuvan energian tuotannon ja sen edellyttämien logististen ratkaisujen tarpeisiin. Tuulivoimalat sijoitetaan ensisijaisesti keskitetysti usean voimalan yksiköihin**.***

Turvataan valtakunnallisen energiahuollon kannalta merkittävien voimajohtojen ja kaukokuljettamiseen tarvittavien kaasuputkien linjaukset ja niiden toteuttamismahdollisuudet. Voimajohtolinjauksissa hyödynnetään ensisijaisesti olemassa olevia johtokäytäviä.

Arvio tavoitteen toteutumisesta:

Merituulivoimapuiston sijoitussuunnitelma tukee periaatetta usean voimalan sijoittamisesta keskitetysti ja merialuesuunnitelman mukaisesti.

Merituulivoimapuisto ei vaaranna valtakunnallisen energiahuollon kannalta merkittävien voimajohtojen ja kaukokuljettamiseen tarvittavien kaasuputkien linjauksia tai niiden toteuttamismahdollisuuksia. Vireillä olevassa Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavassa on osoitettu pääsähköjohdon yhteystarve mantereelta merituulivoimapuiston alueelle. Mantereen sähkönsiirrossa hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan olemassa olevia johtokäytäviä, mutta uusia johtokäytäviä joudutaan toteuttamaan (vaikutukset on arvioitu YVA B:ssä).

3.3.2 Vaikutukset kaavoitukseen ja muihin maankäytön suunnitelmiin

3.3.2.1 Voimassa oleva maakuntakaava

Merituulivoimapuisto sijaitsee talousvyöhykkeellä eikä alue kuulu maakuntakaavoitettuun alueeseen. Seuraavassa on arvioitu energiansiirtoreittivaihtoehtojen sekä merikaapelireittien vaihtoehtoisten läjitysalueiden suhdetta maakuntakaavassa osoitettuun maankäyttöön.

Merikaapelireitti MVE1 ja vetyputkireitti VVE1 risteävät Raahen satamaan johtavan laivaväylän kanssa. Rakentamisen aikana voi esiintyä tilapäisiä rajoitteita meriliikenteeseen, mutta merenpohjaan asennettavista tai laskettavista merikaapeleista/putkista ei aiheudu toiminnan aikana merkittäviä vaikutuksia. Reittivaihtoehtojen MVE1 ja VVE1 koillispuolelle sijoittuvalle Raahen saariston luonnonsuojelualueelle tai Kuljunniemen luontoarvoiltaan merkittävälle alueelle ei arvioitu kohdistuvan suoria haitallisia ja pitkäkestoisia vaikutuksia. Energiansiirtoreitit MVE1 ja VVE1 rantautuvat maakuntakaavassa osoitetulle satama-alueelle, logistiikka-alueelle ja teollisuus- ja varastoalueelle. Hanke ei ole ristiriidassa suhteessa maakuntakaavan tavoitteiden

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kanssa, mutta tarkemmassa suunnittelussa tulee varmistaa, että satama-alueen kehittämisedellytyksille, meriliikenteen tavarankäsittelylle ja yritystoiminnalle sekä teollisuuden tarpeille voidaan varata riittävät alueet. Raahen taajamatoimintojen alueen, Raahen kaupunkikehittämisen kohdealueen tai Meri-Raahen matkailun vetovoima-alueen suunnittelutavoitteisiin energiansiirtoreiteillä ei ole merkittävää vaikutusta. Myöskään satama- ja teollisuusalueen tuulivoimaloiden alueeseen ei kohdistu vaikutuksia. MVE1 rantautumispaikan läheisyyteen sijoittuvaan perinnemaisemakohteeseen tai kiinteän muinaismuistokohteeseen ei arvioitu kohdistuvan vaikutuksia, mikäli jatkosuunnittelussa sen läheisyyteen kohdistuu maankäytön suunnittelua, tulee niistä pyytää museoviranomaisen lausunto. Väyläinfrastruktuurin kehittämistavoitteisiin ei energiansiirtoreiteillä ole vaikutusta. Arvokkaan kulttuuriympäristön kohteet sijoittuvat energiansiirtoreittien ulkopuolelle, eikä niihin kohdistu vaikutuksia.

Merikaapelireitit MVE2 ja MVE3 sijoittuvat osin kahdelle merituulivoimaloiden aluevaraukselle (Siikajoki-Hailuoto ent. ”Seljänsuunmatala itäinen” ja Raahe-Siikajoki ent. ”Seljänsuunmatala läntinen”). Merenpohjaan laskettava tai asennettava, maksimissaan noin 10 kaapelista muodostuva merikaapelireitti vaatii leveydeltään tilaa noin 0,5–3 kilometriä pohjaolosuhteista riippuen. Kyseisistä Metsähallituksen merituulivoiman aluevarauksesta ei ole vielä saatavissa tarkempia hanketietoja. Maakuntakaavassa osoitetun tuulivoima-alueen halki kulkeva Hallan hankkeen merikaapelireitti voi vaikuttaa Seljänsuun alueen tuulivoima-alueiden voimaloiden ja sähkönsiirtokaapeleiden sijoitteluun. Reitin johtaminen maakuntakaavassa osoitetun tuulivoimapuiston alueelle keskittää merituulivoimaan liittyvän infrastruktuurin rakentamisen energiantuotantoon varatulle alueelle, mutta Seljänsuun alueen tuulivoimahankkeiden jatkosuunnittelussa on otettava huomioon Hallan hankkeen ratkaisut.

Merikaapelireitti MVE2 risteää maakuntakaavassa osoitetun laivaväylän, veneväylän sekä rannikon suuntaisen viheryhteystarpeen kanssa. Hankkeen toteuttamisesta voi aiheutua lähinnä rakentamisen aikaista häiriötä meri- ja veneliikenteelle ja ranta-alueen virkistyskäytölle. Pysyviä vaikutuksia maakuntakaavan suunnitteluperiaatteisiin ei kohdistu.

Merikaapelireitti MVE3 risteää maakuntakaavassa osoitetun laivaväylän, veneväylän, rannikon suuntaisen viheryhteystarpeen kanssa. Hankkeen toteuttamisesta voi aiheutua lähinnä rakentamisen aikaista häiriötä meri- ja veneliikenteelle ja ranta-alueen virkistyskäytölle. Reittivaihtoehdon MVE3 itäisellä reunalla sijaitsevan Ulkonokanhietikon tuuli- ja rantakerrostumat tulee ottaa huomioon merikaapelireitin jatkosuunnittelussa. MVE3 rantautuu Siikajoen lintuvedet ja suot -luonnonsuojelualueiden väliin sijoittuvalla kohdalla. Kaapelin asentamisen vaikutuksia voidaan verrata pienen ruoppaushankkeen vesistövaikutuksiin, joista tärkeimpiä ovat pohjan tuhoutuminen/peittyminen, kiintoainevaikutus (sameus) sekä työkoneista ja toimenpiteistä aiheutuva väliaikainen meluvaikutus. Luonnonsuojelualueisiin kohdistuvia vaikutuksia voidaan lieventää rakentamistoimenpiteiden huolellisella ajoittamisella. Reittivaihtoehto MVE3 ei ole ristiriidassa Siikajoen maaseudun kehittämisen kohdealueen tavoitteiden kanssa, mutta rantautumispaikkojen lähiympäristön yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa tulee yhteensovittaa jokiluonnon ja -maiseman kestävä käyttö sekä maaseutuelinkeinojen toimintaedellytykset.

Energiansiirtoreittien läjitysalueen vaihtoehdon nro 2 kohdalla maakuntakaavassa ei ole aluevarausta. Läjitysalueen vaihtoehdon nro 3 kanssa on osittain päällekkäinen merkintä merituulivoima-alueen (Seljänsuu matala itäinen) kanssa. Meriläjitys voi vaikuttaa Seljänsuun tuulivoima-alueen voimaloiden sekä niihin liittyvien merikaapeleiden tai mahdollisen vetyputken sijoitteluun. Läjitys maakuntakaavassa osoitetun tuulivoimapuiston alueelle keskittää merituulivoimaan liittyvän infrastruktuurin rakentamisen energiantuotantoon varatulle alueelle, mutta eri hankkeiden suunnittelua tulee yhteensovittaa.

Merituulivoimapuiston itäpuolelle sijoittuvan Merikallan Natura-alueen suojeluperusteisiin ei arvioitu kohdistuvan merkittäviä haitallisia vaikutuksia.

Kaikki energiansiirtoreittivaihtoehdot sijoittuvat osittain Perämerenkaaren kehittämisvyöhykkeelle. Vedenalaiset energiansiirtoreitit eivät ole ristiriidassa kehittämisvyöhykkeen suunnittelumääräyksien suhteen.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

3.3.2.2 Vireillä oleva maakuntakaava

Energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan ehdotuksessa *(Pohjois-Pohjanmaan liitto 2024c)* reittivaihtoehdon MVE1 suuntaisesti on osoitettu voimajohdon yhteystarve mantereelta talousvyöhykkeen rajalle, voimajohdon yhteystarve (z) SSAB:n tehdasalueen läpi, merituulivoimaloiden aluetta (tv-2), merkittävästi parannettava laivaväylä, perinnebiotooppi sekä teollisuus- ja varastoaluetta, jonka lisämerkinnällä (t-2) osoitetaan potentiaaliset seudullisesti merkittävien uusiutuvan energiantuotannon jatkojalostuksen edellyttämien kemiallisten prosessien tuotantolaitosten alueet.

Maakuntakaavaehdotuksessa Raahen sataman ja Hallan tuulivoimapuiston alueen välille yleispiirteisesti osoitettu voimajohdon yhteystarve tukee Hallan merikaapelireitin MVE1 toteuttamista.

Merikaapelireitti MVE1 ja vetyputkireitti VVE1 sijoittuvat maakuntakaavassa osoitetulle merituulivoimaloiden alueelle (tv-2 211, Seljänsuun matala läntinen uusi). Merikaapelireitit MVE2 ja MVE3 sijoittuvat kahdelle maakuntakaavassa osoitetulle merituulivoimaloiden alueelle (tv-2 211: Seljänsuun matala läntinen uusi ja tv-2 210: Seljänsuun matala itäinen uusi). Kyseisistä Seljänsuun matalan merituulivoimaloista ei ole vielä saatavissa tarkempia hanketietoja. Maakuntakaavassa osoitetun tuulivoima-alueen halki kulkeva Hallan hankkeen merikaapelireitti voi vaikuttaa mahdollisiin Seljänsuun tuulivoima-alueiden voimaloiden ja sähkönsiirtokaapeleiden sijoitteluun. Reitin johtaminen maakuntakaavassa osoitetun tuulivoimapuiston alueelle keskittää merituulivoimaan liittyvän infrastruktuurin rakentamisen energiantuotantoon varatulle alueelle, mutta eri hankkeiden suunnittelua tulee yhteensovittaa.

Reittivaihtoehdon MVE1 alueelle ja reittivaihtoehdon VVE1 välittömään läheisyyteen on osoitettu kaksi teollisuus- ja varastoaluetta, jonka lisämerkinnällä (t-2) osoitetaan potentiaaliset seudullisesti merkittävien uusiutuvan energiantuotannon jatkojalostuksen edellyttämien kemiallisten prosessien tuotantolaitosten alueet. Maakuntakaavan tavoitteet ovat yhteensovitettavissa vetyputki- ja merikaapelireittien jatkosuunnittelussa.

Merikaapelireitti MVE1 sekä vetyputkireitti VVE1 risteävät Raahen meriväylän kanssa satama-alueen länsipuolella. Kaavaehdotuksessa meriväylän kohdalle on osoitettu merkittävästi parannettava laivaväylä. Väylävirastolla on vireillä Raahen meriväylän syventäminen, jonka tavoitteena turvata Raahen terästehtaiden kustannustehokkaat raaka-aine ja tuotekuljetukset tulevaisuudessa sekä varmistaa Raahen sataman kehittämisedellytykset jatkossa (*Väylävirasto 2023c*). Esiselvityksen mukaisesti on tarkasteltu meriväylän syventämistä 11,0/11,5/12,0 metrin mitoitussyvyyteen, johon liittyy ruoppaus- ja läjitystöitä, myös satama-alueella. Hallan merikaapelireitin MVE1 tai vetyputkireitin VVE1 toteuttaminen edellyttää hankkeen toteuttamista koordinoidusti Raahen meriväylän syventämisen kanssa. Hankkeen toteuttamisessa on huomioitava myös mahdolliset tarpeet syventää meriväylää myöhemmin tulevaisuudessa.

Merikaapeleihin liittyvien vaihtoehtoisten läjitysalueiden alueille nro 2 sekä nro 3 on osoitettu merituulivoimaloiden aluetta (tv-2 211, Seljänsuu matala läntinen uusi). Merialueläjitys voi vaikuttaa Seljänsuun tuulivoima-alueen voimaloiden ja sähkönsiirtokaapeleiden sijoitteluun. Läjitys maakuntakaavassa osoitetun tuulivoimapuiston alueelle keskittää merituulivoimaan liittyvän infrastruktuurin rakentamisen energiantuotantoon varatulle alueelle, mutta eri hankkeiden suunnittelua tulee yhteensovittaa.

Merituulivoimapuistoon liittyvä vaihtoehtoinen läjitysalue sijaitsee tuulivoimaloiden alueen eteläosassa talousvyöhykkeellä, jonne ei laadita maankäyttö- ja rakennuslain mukaisia kaavoja.

Maakuntakaavaehdotuksessa merikaapelireitin MVE1 alueen reunalle on osoitettu perinnebiotooppi Aunolanperän kohdalle. Maakuntakaavan perinnebiotooppiin liittyvän suunnittelumääräyksen mukaisesti arvokkaisiin kohteisiin vaikuttavissa hankkeissa on pyydettävä lausunto kyseisessä asiassa toimivaltaiselta valtion viranomaiselta ja alueelliselta museoviranomaiselta. Vaikutuksia perinnebiotoopille voidaan vähentää hankkeen tarkemman suunnittelun aikana.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

3.3.2.3 Kuntakaavat

Voimassa olevien yleiskaavojen vesialueilla Hallan merituulivoimahankkeen vaikutukset ovat hyvin vähäisiä, sillä varsinainen tuulivoimapuisto sijaitsee yleiskaavoittamattomalla alueella ja merituulivoimapuiston alueelta mantereelle johtavat energiansiirtoreitit lasketaan tai asennetaan merenpohjaan. Mahdolliset vaikutukset (lisääntyvä meriliikenne, tilapäinen veden samentuminen, melu) ovat lähinnä rakentamisen aikaisia, eivätkä energiansiirtoreitit estä kaavojen mukaisen maankäytön toteutumista. Energiansiirtoreittien rantautumispaikoilla sähkönsiirtokaapelit tarvitsevat tilaa noin 80 metriä ja vetyputki joitakin kymmeniä metrejä.

Merituulivoimapuiston energiansiirtoreitin MVE1 toteuttaminen ei estä Raahen pohjoisen saariston osayleiskaavassa, Sulaton osayleiskaavassa, Raahen keskeisten taajama-alueiden osayleiskaavassa tai Raahen eteläisen ranta-alueen osayleiskaavassa esitettyjen tavoitteiden toteutumista eikä se ole ristiriidassa maankäyttöratkaisujen kanssa. Merikaapelivaihtoehdon MVE1 sekä vetyputkivaihtoehdon VVE1 rantautumispisteen kohdalle on osoitettu Raahen keskeisten taajama-alueiden osayleiskaavassa ympäristövaikutuksiltaan merkittävien teollisuustoimintojen aluetta (TT). Rantautumispiste rajautuu länsipuolella tuulivoimapuiston alueeseen (tv).

Raahen Lapaluodon satama- ja teollisuusalueella reittien MVE1 ja VVE1 rakentaminen tapahtuu alueella, joka on jo teollisuus- ja satamakäytössä. Hankkeen vaatimien energiansiirtoreittien yksityiskohtaisessa suunnittelussa tulee ottaa huomioon sataman ja teollisuustoimintojen suunnitellut laajentumisalueet niin mantereella kuin merialueella. MVE1 ja VVE1 jatkosuunnittelussa on sovitettava rantautumispaikan läheisyydessä voimassa olevien asemakaavojen (Raahen syväsataman teollisuusalueen asemakaava ja asemakaavan muutos; Raahen sataman Lapaluodon satamanosan asemakaavan muutos ja laajennus; Aittalahden teollisuusalueen asemakaavan muutos) tavoitteet ja reunaehdot. SSAB:n tehdasalueen asemakaavassa reittivaihtoehtojen MVE1 ja VVE1 rantautumispisteen kohdalle tai sen välittömään läheisyyteen on osoitettu teollisuus- ja varastorakennusten korttelialuetta, jolle saa sijoittaa merkittävän, vaarallisia kemikaaleja valmistavan tai varastoivan laitoksen (T/kem-2), vesialuetta (W), luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeää aluetta (luo-1) sekä itäpuolelle ajoyhteys (ajo). Satama-alueella rantautumispaikan läheisyydessä rakentaminen ja esimerkiksi raskaan kaluston ajoneuvojen käyttö on rajoitettua, minkä vuoksi toimintoja on yhteensovitettava.

Merikaapelivaihtoehdon MVE2 rantautumispisteet sijoittuvat Merenrannikon osayleiskaavan alueelle Raahessa. Kaavassa reittivaihtoehdon MVE2 pohjoisemman rantautumispisteen kohdalle on osoitettu maa- ja metsätalousvaltaista aluetta (M) sekä välittömään läheisyyteen retkeily- ja ulkoilualuetta, jolla ympäristö säilytetään (VR/s). Lisäksi pisteen itäpuolelle välittömään läheisyyteen on osoitettu teollisuuden reservialuetta (Tres). Reittivaihtoehdon MVE2 eteläisemmän rantautumispisteen kohdalle on osoitettu retkeily- ja ulkoilualuetta, jolla ympäristö säilytetään (VR/s) sekä välittömään läheisyyteen luoteispuolelle ohjeellinen lähiuimapaikka (vvl) ja ohjeellinen ulkoilureitti. Merenrannikon yleiskaavan toteutumisen näkökulmasta pohjoisempi rantautumispaikka on jossain määrin edullisempi, sillä merikaapeli on mahdollista johtaa maa- ja metsätalousvaltaiselle alueelle ja yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa tulisi tutkia mahdollisuudet osoittaa mantereen linjaus Yrjänäntien itäpuoleiselle teollisuuden reservialueelle. Rantautumispaikan ja sähkönsiirron toteuttaminen edelleen mantereelle edellyttää yleiskaavasta poikkeamista.

Reittivaihtoehdon MVE3 rantautumispisteiden kohdalla on voimassa Siikajoen rantayleiskaava. Kaavassa reittivaihtoehdon MVE3 pohjoisemman rantautumispisteen kohdalle on osoitettu vesialuetta (W) sekä välittömään läheisyyteen itäpuolelle maisemanhoitoaluetta (EM-1). Maisemanhoitoalueen ja sisämaan puolella olevan metsätalousvaltaisen alueen rajapintaan on osoitettu loma-asuntoalueita (RA). Rantautumispiste sijaitsee alueella, jonka maankäyttö soveltuu järjestettäväksi detaljikaavalla (DET). Lisäksi rantautumispisteen länsipuolelle on osoitettu tuulivoimala-alueen melusuoja-alue (TVS) ja itäpuolelle ohjeellinen lähivenevalkama (LVL). Kaavassa eteläisemmän rantautumispisteen kohdalle on osoitettu kalasatama (LV-2) sekä välittömään läheisyyteen pohjoispuolelle vesialuetta (W) ja länsipuolelle luonnonsuojelualuetta (SL-1). Myös eteläisempi rantautumispiste sijaitsee alueella, jonka maankäyttö soveltuu järjestettäväksi detaljikaavalla (DET). Pohjoisemman rantautumispisteen kohdalla on enemmän väljyyttä

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

suhteessa rantayleiskaavan RA-tontteihin, minkä lisäksi maakaapelikaivanto voitaisiin yhteensovittaa alueelle osoitetun ohjeellisen lähivenevalkaman toteutuksessa. Rantautumispaikan ja sähkönsiirron toteuttaminen edelleen mantereelle edellyttää yleiskaavasta poikkeamista.

Raahen kaupungissa vireillä olevasta Raahen sataman osayleiskaavasta on laadittu osallistumis- ja arviointisuunnitelma, jossa määritetään suunnittelualueen rajaus sekä kaavan tavoitteet. Suunnittelualueelle sijoittuvat Hallan merikaapelireitin MVE1 eteläosa sekä vetyputkireitin VVE1 eteläosa. Kaavasuunnittelun tavoitteena on selvittää satamatoimintojen laajennusmahdollisuuksia, kartoittaa LNG-terminaalin sekä vihreän vedyn tuotannon ja varastoinnin edellytyksiä, mahdollistaa teollisuus- ja logistiikkatoimintojen laajennusmahdollisuudet, kartoittaa tuulivoiman edellytyksiä alueella sekä mahdollistaa Tkem-kaavamerkintä SSAB:n alueelle. Tavoitteet tukevat Hallan merituulivoimahanketta. Raahen sataman osayleiskaavaa laadittaessa voidaan huomioida Hallan sähkönsiirtoreittien ja vetyputkireitin vaatima maankäyttö osoittamalla reitit osayleiskaavassa.

Raahen kaupungissa on vireillä myös SSAB:n tehdasalueen laajennuksen osayleiskaava, jonka suunnittelualue sijoittuu Aunolanperän ympäristössä merikaapelireitin MVE1 alueelle. Kaavan tavoitteena on mahdollistaa vedyntuotantolaitoksen sekä sitä varten rakennettavan teollisuusalueen sisäisen infrastruktuurin, sähkönsiirtoverkon sekä putkilinjojen rakentaminen alueelle. Vireillä oleva osayleiskaava tukee Hallan hankkeen tavoitteita, mutta rakennuskiellon ja toimenpiderajoituksen kesto on suositeltavaa huomioida hankekokonaisuuden suunnittelussa.

Raahen kaupungin ja Pyhäjoen kunnan alueilla on vireillä Maanahkiaisen tuulivoimapuiston osayleiskaava, joista Raahen merialueelle sijoittuva osa sijaitsee lähempänä Hallan merituulivoimapuistoa. Osayleiskaavan alue ei yllä Hallan tuulivoimapuistoalueelle, mutta hankkeen kaksi merikaapelivaihtoehtoa vaativat yhteensovittamista Hallan merikaapelireitin MVE1 kanssa sekä lisäksi toisen merikaapelivaihtoehdon osalta Hallan vetyputkireitin VVE1 kanssa Louekarin länsipuolella. Maanahkiaisen reitit eivät sijoitu Hallan vetyputkireitin VVE1 rantautumisalueelle, mutta sijoittuvat Hallan merikaapelireitin MVE1 potentiaalisille rantautumisalueille, minkä osalta muodostuu yhteensovitustarve.

3.3.2.4 Merialuesuunnitelma

Merialuesuunnitelmassa varsinaiselle Hallan merituulivoimapuiston alueelle on osin osoitettu energiantuotannon alue. Merkinnän selitteen mukaan kyseessä on Selkämeren potentiaalinen merituulivoimatuotannon alue (Siikajoen-Hailuodon edustan merituulivoima-alue 3) avomerivyöhykkeillä. Merituulivoima-alueelle on energiantuotannon lisäksi osoitettu merenkulun alueita. Merialuesuunnitelman tavoitteena on sovittaa yhteen eri toimialojen tarpeita ja näin edesauttaa merellisten elinkeinojen harjoittamista ja meriympäristön tilaa.

Merikaapelireittivaihtoehtojen osalta merialuesuunnitelmassa on osoitettu energiantuotannon aluetta erityisesti reittivaihtoehtojen MVE2 ja MVE3 länsiosiin, mutta myös reittien MVE1 ja VVE1 pohjoisosaan vähäisessä määrin. Kaikki merikaapelireitit ja vetyputkireitti risteävät kahden merenkulun alueen kanssa, joiden lisäksi reittien MVE1 ja VVE1 rantautumispaikat sijaitsevat merenkulun alueella.

Mantereen läheisyydessä kaikki merikaapelireittivaihtoehdot sekä vetyputkireitti risteävät matkailu- ja virkistysyhteyden kanssa. Merkittävänä ja potentiaalisena kalastuksen alueena olevaa aluetta on osoitettu reittivaihtoehtojen MVE2 ja MVE3 alueille. Merkittävänä ja potentiaalisena TEN-T-sataman alueena olevaa aluetta on osoitettu Raaheen reittien MVE1 ja VVE1 rantautumiskohtaan. Lisäksi reittivaihtoehdot MVE1 ja VVE1 sijaitsevat rannan läheisyydessä merkittävien vedenalaisten luontoarvojen alueella sekä sijaitsevat lähellä matkailun ja virkistyksen aluetta ja kulttuuriarvoilla osoitettua aluetta. Reittivaihtoehto MVE3 sivuaa merkittävien vedenalaisten luontoarvojen aluetta rannan läheisyydessä.

Hanke toteuttaa merialuesuunnitelmassa alueelle osoitettuja strategisia tavoitteita ja toiminnot ovat yhteen sovitettavissa. Merituulivoimapuiston alueelta mantereelle johtavat energiansiirtoreitit voivat aiheuttaa rakentamisenaikaisia vaikutuksia muun muassa meriliikenteelle,

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kalastukselle ja lyhytkestoisia häiriöitä esimerkiksi virkistykselle. Merialuesuunnitelma ei kuulu alueidenkäytön suunnittelujärjestelmään, eikä sillä ole oikeusvaikutuksia.

3.3.3 Vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen ja muuhun maankäyttöön

Hallan vaihtoehtojen VE1 ja VE2 mukainen merituulivoimapuisto sijoittuu talousvyöhykkeelle avomerelle etäälle yhdyskuntarakenteesta ja taajamarakenteen ulkopuolelle (noin 30 kilometriä Siikajoelta, 35 kilometriä Raahesta ja 65 kilometriä Oulusta). Merituulivoimapuiston rakentamisen johdosta avomerelle rakentuu tuulivoimaloita ja rakentamaton vesialue muuttuu osin energiantuotantoalueeksi. Merituulivoimapuiston alue säilyy rakentamisenkin jälkeen pääosin avoimena vesialueena, jossa liikkumiseen ei kohdistu pysyviä rajoituksia. Merituulivoimapuiston vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön ovat hyvin vähäiset, sillä etäisyydet mantereelle ovat pitkiä ja esimerkiksi maisemalliset tai meluvaikutukset yli 30 kilometrin etäisyydellä ovat vähäiset.

Hallan merituulivoimapuiston alueen soveltuvuus tuulivoimatuotannolle on tunnistettu ja alue on osin esitetty merialuesuunnitelmassa energiantuotannon alueena. Avomerelle sijoittuvalle tuulivoimapuistoalueelle ei merialuesuunnitelmassa ole esitetty energiantuotannon lisäksi muita potentiaalisia alueita kuin merenkulun alue. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole yhdyskuntarakenne- tai maankäyttövaikutusten välillä merkittävää eroa, vaikkakin VE1:n suurempi voimalamäärä aiheuttaa jossain määrin suuremman muutoksen Perämeren alueen meriliikenteelle.

Vaikutukset meriliikenteelle on arvioitu luvussa 14.

Hankkeeseen kuuluvat energiansiirtovaihtoehdot toteutetaan joko merenpohjaan laskettavina tai asennettavina merikaapeli- tai vetyputkireitteinä. Niiden käytön aikaiset vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen tai maankäyttöön ovat hyvin vähäiset muualla kuin rantautumiskohdilla. Rantautumiskohtien sijaintia suhteessa voimassa ja valmisteilla oleviin kaavoihin on kuvattu luvuissa 3.2.2.1–3.2.2.6 ja vaikutuksia arvioitu luvussa 3.3.2.

Merituulivoimapuiston alueelle toteutettavilla merisähköasemilla, vedyntuotantoasemilla tai -laitoksella ei ole vaikutuksia yhdyskuntarakenteeseen tai maankäytön kehittämiseen. Myöskään talousvyöhykkeen avomerialueelle sijoittuvilla varsinaisen tuulivoimapuiston tai merikaapelireittien läjitysalueilla ei ole vaikutuksia yhdyskuntarakenteeseen tai maankäytön kehittämiseen.

Merikaapelin MVE1 sekä vetyputken VVE1 rantautumisvaihtoehto sijoittuu YKR-aluejaossa Raahen taajaman teollisuus- ja satama-alueelle, jonka lähiympäristössä on vain vähän asuin- tai lomarakennuksia. Merikaapelireitille sijoittuu lomarakennuksia muun muassa tehdasalueen edustalla (Mitti ja Louekari). Vetyputken rantautumispaikka sijoittuu nykyisessä ja kaavoissa osoitetussa maankäytössä teollisuusalueelle. Merikaapelireitti on laajempi, ja sen eteläisissä osissa rantavyöhykkeellä on nykytilanteessa luonnontilaisempaa rantaa ja Salmikarvontien varrella vapaa-ajanasuntoja. Vaikka merikaapelin rantautumispaikan vaikutukset maankäyttöön arvioitiin kokonaisuutena vähäisiksi, tulisi jatkosuunnittelussa tutkia mahdollisuudet sijoittaa rantautumiskohta yleis- ja asemakaavoissa osoitetulle teollisuusalueelle tai energiahuollon alueen läheisyyteen.

Merikaapelireitin MVE2:n rantautumisalue on YKR-aluejaossa luokittelematonta aluetta. Rantautumisvyöhykkeellä on sekä olemassa olevaa että kaavoissa osoitettua loma-asutusta Välikarissa ja Yrjänässä. Rannansuuntaisesti on osayleiskaavassa osoitettu retkeily- ja ulkoilualuetta, jossa ympäristö säilytetään. Merikaapelireitin MVE2 eteläisempi rantautumispaikka sijoittuu Välikarin ja Yrjänän loma-asuntoalueiden väliselle, noin puolen kilometrin levyisen rakentamattoman alueen kohdalle. Reitti etenisi rantaviivasta Välimatalan hietikolta kohden sisämaata, jossa maasto muuttuu metsäisemmäksi. Eteläisempi kaapelireitti ei estä yleiskaavassa osoitettua alueen käyttötarkoitusta retkeily- ja ulkoilualueena. Rakentamisen aikana alueen käytölle kohdistuisi paikallisia ja tilapäisiä häiriöitä ja käytön aikana reitin kohdalle jäisi puuttomana pidettävä vyöhyke.

Pohjoisempi rantautumispaikka sijoittuu Kurkunsuun alueella hietikolle. Reitti etenisi rantaviivasta kohden sisämaata, jossa maasto muuttuu metsäisemmäksi. Yrjänänniemellä sijaitseviin loma-asuntoihin on etäisyyttä noin 500 metriä ja Yrjänäntien varrella oleviin loma-asuntoihin

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

noin 100 metriä. Myös Kurkunsuun alueella reitti sijoittuisi sisämaassa osayleiskaavassa osoitetulle retkeily- ja ulkoilualueelle, jossa ympäristö säilytetään. Lisäksi kaapelireitin välittömään läheisyyteen sijoittuu kaavassa osoitettu loma-asunnon rakennuspaikka, kaapelireitti ei estä rakennuspaikan toteuttamista, mutta jatkosuunnittelussa tulisi kuitenkin tutkia mahdollisuus linjata kaapelireitti Yrjänäntien itäpuolelle, missä yleiskaavassa on osoitettu teollisuuden reservialuetta.

MVE3:n rantautumisalue on YKR-aluejaossa maaseutuasutuksen aluetta. Merikaapelireitin tutkimusvyöhyke sijoittuu Rehulankarin-Korvennokan ja Aholanrannan alueelle. Eteläisempi rantautumispiste sijoittuu Rehulankarin pienvenesataman pohjoispuolelle rannansuuntaiselle maisemanhoitoalueelle, minkä jälkeen reitti kulkee loma-asuntotonttien välisen metsätalousalueen kautta sisämaahan, missä reitti sijoittuu metsä- ja maatalousalueille kiertäen olemassa olevat asuinpientalojen ja maatilojen talouskeskusten alueet. Pohjoisempi rantautumispiste sijoittuu Kuusiniemen ja Aholanrannan kohdalla rannansuuntaiselle maisemanhoitoalueelle. Aholanrannan alueelle on Siikajoen rantaosayleiskaavassa osoitettu yksittäisiä loma-asuntojen rakennuspaikkoja, joiden välistä maakaapelireitti on mahdollista linjata noin 100 metrin levyiselle metsätalousalueen osalle.

3.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli hanketta ei toteuteta, alueen maankäyttö säilyy nykyisellään. Hankkeen toteuttamatta jättämisen myötä myöskään merialuesuunnitelmassa osoitettu potentiaalinen energiatuotannon alue ei hankkeen myötä konkretisoidu.

3.4 Yhteisvaikutukset

Halla Offshore Wind Oy:n Hallan hankkeen lisäksi samalle tuulivoimaloiden alueelle on vireillä esisuunnitteluvaiheessa Suomen Hyötytuuli Oy:n Kihu OWF -hanke. Kihu on vaihtoehtoinen Hallan hankkeelle ja siten vain yksi hanke voi edetä luvitusvaiheeseen. Lisäksi osin Hallan merituulivoima-alueen eteläreunan kanssa samalle alueelle talousvyöhykkeelle on suunnitteilla Suomen Hyötytuuli Oy:n Kiisla-merituulivoimahanke. Hanke ei ole saanut valtioneuvoston tutkimuslupaa.

Hallan hankealueen läheisyydessä on suunnitteilla myös muita merituulivoimahankkeita. Lähimpänä on vireillä Raahen ja Pyhäjoen edulla Maanahkiaisen merituulivoimapuiston osayleiskaavan muutos. Niiden yhteisvaikutukset maankäyttöön ja kaavoitukseen kohdistuvat lähinnä merialueelle ja liittyvät etenkin mantereelle johtaviin energiansiirtoreitteihin sekä meriliikenteeseen liittyviin vaikutuksiin.

Suomen talousvyöhykkeen ulkopuolella on vireillä kaksi merituulivoimahanketta Omega ja Polargrund. Näistä hankkeista ei aiheudu maankäyttöön ja kaavoitukseen merkittäviä yhteisvaikutuksia. Yhteisvaikutukset voivat liittyä meriliikenteeseen.

Muita hankkeita ja yhteisvaikutuksia on kuvattu luvussa 21.

3.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Maankäyttövaikutusten merkittävyys ja vaihtoehtojen vertailu tehtiin käytönaikaisille vaikutuksille erikseen hankevaihtoehdoille (VE0, VE1, VE2), sekä erikseen eri merikaapelireitti-/vetyputkivaihtoehdoille (MVE1/VVE1, MVE2, MVE3).

Varsinaisen merituulivoima-alueen vaihtoehdoilla on vain pieniä eroja alueidenkäyttövaikutusten suhteen. Toisaalta tuulivoimaloiden keskittäminen usean voimalan yksikköön tukee uusiutumiskykyisen energianhuollon valtakunnallista alueidenkäyttötavoitetta. Vaikutukset merituulivoimapuiston lähellä sijaitsevaan Merikallan Natura-alueen suojelutavoitteisiin arvioitiin molemmissa vaihtoehdoissa vähäisiksi. Merituulivoimapuistoalueen herkkyys arvioitiin vähäiseksi vaihtoehdoissa VE1 ja VE2.

Merikaapelireittien vaihtoehtoiset läjitysalueet sijoittuvat molemmat etäälle rannikosta. Itäisempi läjitysalue sijoittuu osittain voimassa olevassa maakuntakaavassa osoitetulle

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tuulivoimaloiden (Seljänsuun matala itäinen eli Metsähallituksen huutokauppa-alue nro 1) alueelle. Suhteessa vireillä olevaan maakuntakaavaan molemmat läjitysalueet sijoittuvat edellä mainittujen maakuntakaavassa osoitettujen tuulivoimaloiden aluevarausten alueelle. Merialueläjitys voi vaikuttaa Seljänsuun matala itäisen tuulivoimala-alueen voimaloiden ja vedenalaisen infrastruktuurin sijoitteluun, minkä vuoksi hankkeiden suunnittelua tulee yhteensovittaa. Läjitysalueiden osalta muutoksen suuruus arvioitiin vähäisen kielteiseksi ja herkkyys vähäiseksi.

Merikaapelireitit MVE2 ja MVE3 sijoittuvat voimassa olevassa maakuntakaavassa osoitettujen Seljänsuun tuulivoimala-aluevarausten alueille. MVE1/VVE1 sijoittuu vireillä olevassa maakuntakaavassa osoitetulle tuulivoima-alueelle. Muutoksen suuruus arvioitiin kaikissa vaihtoehdoissa vähäisen negatiiviseksi ja herkkyys vähäiseksi, sillä hankkeet ovat sovitettavissa jatkosuunnittelussa yhteen.

Merikaapelireittivaihtoehtojen rantautumispaikkojen osalta MVE1/VVE1 sijoittuu olemassa olevan teollisuus- ja satama-alueen yhteyteen. Mikäli rantautumispaikka saadaan toteutettua satama- ja teollisuuskäytössä olevalle alueelle, muutoksen suuruus arvioitiin vähäisen negatiiviseksi ja alueen herkkyys vähäiseksi. Vaihtoehdot MVE2 ja MVE3 sijoittuvat nykytilassa huomattavasti luonnontilaisemmille alueille ja aluetta koskevissa kaavoissa on kaapelireittien ja rantautumispaikkojen läheisyyteen osoitettu maankäyttömuutoksille herkempiä alueita ja suunnittelutavoitteita.

MVE2 rantautuu eteläisemmässä vaihtoehdossa retkeily- ja ulkoilualueelle, jolla ympäristö säilytetään. Pohjoisempi rantautumispiste sijoittuu metsätalousalueelle, jolle on osoitettu teollisuuden reservialuemerkintä. Muutoksen suuruus arvioitiin vähäisen negatiiviseksi ja herkkyys kohtalaiseksi. MVE3 rantautuu molemmissa vaihtoehdoissa rantayleiskaavassa osoitetulle maisemanhoitoalueelle. Muutoksen suuruus arvioitiin vähäisen kielteiseksi ja herkkyys kohtalaiseksi.

Kaikki energiansiirtoreitit merituulivoimapuistosta mantereelle risteävät useiden maakunta- ja kuntakaavoissa osoitettujen maankäyttömuotojen (esimerkiksi laiva- ja veneväylät, rannikonsuuntainen viheryhteystarve) kanssa. Merenpohjaan laskettavien tai asennettavien kaapeleiden tai vetyputken vaikutukset niihin arvioitiin kuitenkin vähäisiksi ja rakentamiseen aikaisiksi.

Taulukko 3-5. Vaikutusten merkittävyys maankäyttöön eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				VE1 VE2 MVE1 VVE1					
	Kohtalainen				MVE2 MVE3	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

3.6 Arvioinnin epävarmuudet

Hankkeen aiheuttamat vaikutukset on pyritty huomioimaan mahdollisimman laajasti. Maankäytön kehityksen ennustamiseen liittyy kuitenkin aina epävarmuustekijöitä ja kaavojen ohjaustarkkuuteen liittyviä osin tulkinnallisia kysymyksiä.

Arvioinnissa käytetyt alustavat voimaloiden sijoituspaikat ja merikaapelilinjaukset tarkentuvat jatkosuunnittelun yhteydessä. Muutokset voivat koskea tuulivoimaloiden lukumäärää,

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kokonaiskorkeutta, voimaloiden paikkaa, sähkö- tai vetyasemien paikkaa tai merikaapelien ja vedyn siirtoputken linjauksia. Arvioinnin kohteena olleet merikaapelireitit ovat leveitä ja myös rantautumispaikkojen sijaintitiedot ovat yleispiirteisiä. Yksityiskohtainen maankäyttö- ja kaavoitusvaikutusten arviointi voidaan tehdä hankkeen jatkosuunnittelun yhteydessä, jolloin myös mahdollinen kaavoitus- tai kaavamuutostarve voidaan tunnistaa paremmin. YVA-menettelyssä arvioitu voimaloiden maksimimäärä, tuulivoimapuistoalueiden laajuus tai kokonaiskorkeus luo jatkosuunnittelulle raamit, joita ei voida lähtökohtaisesti muuttaa jatkosuunnittelussa. Näin vaikutusten tarkastelu pohjautuu maksimivaikutuksen arviointiin varovaisuusperiaatteen mukaisesti.

Arvioinnissa on pyritty käyttämään uusinta kartta- ja paikkatietoaineistoa, mutta on mahdollista, että aineistossa on epätarkkuuksia tai puutteita.

3.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Hankkeen haitallisia vaikutuksia voidaan lieventää jättämällä riittävät suojaetäisyydet muuttuvan maankäytön ja häiriintyvien kohteiden välille. Nämä vaikutusten lieventämismahdollisuudet liittyvät etenkin merikaapelien tai vedynsiirtoputken sijoittamiseen mahdollisimman etäälle luonnonsuojelu- ja Natura-alueista. Energiansiirtoreittien rantautumiskohtien suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös asutus, virkistysalueet ja -reitit sekä muut herkästi häiriintyvät kohteet.

Vaikutusten lieventämisen osalta merkityksellistä ovat YVA- ja kaavamenettelyjen aikana toteuttavat lausuntomenettelyt ja viranomaisvuoropuhelu. Merituulivoimahankkeiden osalta ei ole vastaavia vakiintuneita suunnitteluperiaatteita kuin manneralueiden tuulivoima-alueiden osalta on olemassa, ja suunnittelun ohjaustarkkuus on erilainen. Osa suunnitteluratkaisuista ja vaikutusten lieventämisen periaatteista täsmentyy vielä vesilupavaiheen selvityksillä ja arvioinneilla.

Tunnistettuja haitallisia vaikutuksia voidaan lieventää selvityksin tarkentuvan hankesuunnittelun muutosten ohella kaavamääräyksin ja -merkinnöin sekä vaadittavan vesiluvan määräyksin.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

4 MAISEMA JA KULTTUURIYMPÄRISTÖ

YHTEENVETO:

Maisema

- Hallan merituulivoimapuiston maisemalliset vaikutukset levittäytyvät laajalle, mutta merituulivoimapuisto sijoittuu samalla kauaksi mantereesta. Maisemalliset vaikutukset ovat voimakkaimmillaan tuulivoimapuiston sisällä tai sen välittömässä läheisyydessä. Hailuodon länsirannan avoimille ranta-alueille tuulivoimapuiston maisemalliset vaikutukset ovat voimakkaat sekä Tauvon hiekkarannalle kohtalaiset kielteiset. Muille kohteille vaikutukset arvioitiin vähäisemmiksi suurten etäisyyksien takia. Kokonaisuudessaan maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaiset koska hankkeen maisemallinen vaikutusalue on hyvin laaja.
- Inventoiduille arvokohteille maisemalliset vaikutukset ovat voimakkaimmat Marjaniemen satamalle ja Hailuodon länsirannalle, mutta kokonaisuudessaan kohtalaiset Hailuodon valtakunnallisesti arvokkaalle maisemalle ja rakennetulle kulttuuriympäristölle sekä Taskun tunnusmajakalle, joka on myös valtakunnallisesti arvokas kulttuuriympäristö. Muille inventoiduille arvokohteille maisemalliset vaikutukset ovat vähäisiä kielteisiä.
- Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittäviä eroja.
- Merikaapelin vaihtoehdoista tai vetyputkesta ei muodostu maisemallisia vaikutuksia, joten maiseman kannalta vaihtoehdoissa ei ole eroja.

Vedenalainen kulttuuriperintö

- Hallan merituulivoimapuiston, merikaapeli- ja vetyputkireittien alueelle ei sijoitu tunnettuja muinaisjäännöksiä tai muita kulttuuriperintökohteita. Energiansiirtoreittien läheisyyteen neljän kilometrin säteellä sijoittuu seitsemän tunnettua vedenalaista hylkyä, joista lähin sijaitsee noin 450 metrin etäisyydellä reitistä MVE1. Merikaapelireittivaihtoehdon MVE1 rantautumisalueelle sijoittuu myös kolme muinaisjäännöskohdetta. Tieto alueen muinaisjäännöskohteista tarkentuu ennen rakentamista suoritettavassa meriarkeologisessa inventoinnissa.
- Vedenalaisiin muinaisjäännöksiin ei kohdistu suoria vaikutuksia, mutta välillisiä vaikutuksia voi syntyä pohjan ruoppauksessa syntyvän kiintoaineen leviämisestä. Kohteiden ja rakentamisalueiden välisen etäisyyden vuoksi vaikutus on kuitenkin hyvin vähäinen. Myös vaikutukset MVE1 rantautumisalueella sijaitseville kohteille jäävät vähäisiksi, kun ne otetaan huomioon jatkosuunnittelussa. Kokonaisuudessaan merikaapelireittivaihtoehdon MVE1 vaikutukset arvioitiin vähäisen kielteiseksi ja muista reitti- ja hankevaihtoehdoista ei oleteta kohdistuvan vaikutuksia muinaisjäännöksille tai muille kulttuuriperintökohteille.

4.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

4.1.1 Maisema ja kulttuuriympäristöt

Hankkeen toteutuessa suoria maisemavaikutuksia aiheutuu tuulivoimalarakenteista sekä tuulivoimaloihin liittyvistä muista rakenteista, kuten voimajohdoista (voimajohdot kuvattu erillisessä asiakirjassa ”YVA-selsotus B-osio”). Merikaapeleista tai vetyputkista ei toiminnan aikana aiheudu maisemavaikutuksia. Vaikutusarviointi on tehty tämän hetken suunniteltujen maksimimittojen mukaan ennakoiden teknologian kehittyminen. Tässä luvussa käsitellään hankkeen vaikutuksia Suomen maisemaan ja kulttuuriympäristöihin. Ruotsin puolelle kohdistuvia vaikutuksia on käsitelty erillisessä rajat ylittävien vaikutusten arviointiliitteessä (liite Y4).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Rakentamisvaiheessa maisemavaikutukset kohdistuvat lähinnä merituulivoimapuiston alueeseen. Korkeat nosturit saattavat kuitenkin näkyä myös laajemmalle alueelle, mutta niiden vaikutus on tilapäinen. Rakentamisvaiheen päätyttyä tuulivoimalan rakenteet tulevat näkymään laajalle alueelle suuren kokonsa ja sijaintinsa johdosta. Näkymiä kohti merituulivoimapuistoa avautuu avoimilta ranta-alueilta ja merellä liikkuville merialueelta. Näkymiä ympäristöstä kohti tuulivoimaloita katkaisevat rakennukset, rakenteet ja erityisesti kasvillisuus. Esimerkiksi rakennetuilla tai metsäisillä alueilla tämäntyyppisiä pitkiä näkymäakseleita katkaisevia elementtejä on yleensä runsaasti.

Maiseman ja kulttuuriympäristökohteiden osalta tarkastelualueeksi on yleensä mantereelle sijoittuvan tuulivoimapuiston osalta alustavasti määritelty esimerkiksi 25 kilometriä hankealueista mukaan lukien voimajohdon lähiympäristö. Tässä hankkeessa maisemalliset vaikutukset ulottuvat laajemmalle alueelle avoimen meren yli. Tuulivoimapuistoa lähimpinä olevien säähavaintoasemien Kemin, Marjaniemen ja Raahen vuoden 2020 näkyvyyden keskiarvo on noin 37 kilometriä. Jos huomioidaan tuulivoimalan koon suhteen ohuet rakenteet rungossa ja lavoissa, jää tuulivoimalan keskimääräinen havainnointietäisyys todennäköisesti tämän alapuolelle. Havainnointiin vaikuttaa merellä keskeisesti ilmankosteus, joka on yleensä kesällä korkeampi ja talvella matalampi. Toinen merkittävä tekijä on valaistus. Tummaa taivasta vasten kirkkaat voimalat näkyvät laajasti ja samoin yöllä voimaloiden lentoestevalot voivat erottua kauaksi. Alustavasti maisemallisten vaikutusten tarkastelualueeksi on määritelty tässä hankkeessa 35 kilometriä merituulivoimapuiston osalta, mitä voidaan pitää teoreettisena maksiminäkyvyysalueena (*Ympäristöministeriö 2016a, julkaisussa voimaloiden kokonaiskorkeutena on 210 metriä. Julkaisussa ei ole käsitelty merituulivoimarakentamista*). Vaikka voimalat voivat näkyä tätä kauemmaksi, eivät visuaaliset vaikutukset todennäköisesti ole enää tätä etäämmällä merkittäviä maiseman arvojen tai erilaisten miljöötyyppien luonteen kannalta. Periaatteena on, että tarkastelualuetta laajennetaan kuitenkin tarvittaessa, mikäli yleispiirteisessä arvioinnissa havaitaan merkittäviä vaikutuksia tarkastelualueita etäämmälle sijoittuviin kohteisiin. Elokuussa 2024 julkaistussa päivitetyssä *Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa* oppaassa (*Ympäristöministeriö 2024*), on ohjeistus myös merituulivoimarakentamisen vaikutusarvioinnin osalta. Ohjeelliset vaikutustarkasteluvyöhykkeet edellä mainitussa oppaassa ovat: 0–20 kilometriä lähivaikutusalue, jolla visuaaliset vaikutukset voivat olla merkittäviä; 20–40 kilometriä ulompi vaikutusalue, jolla mahdolliset vaikutukset maiseman luonteeseen ja laatuun vähenevät etäisyyden kasvaessa sekä 40–55 kilometriä kaukovaikutusalue, jolle voimalat ja lentoestevalot voivat näkyä, mutta niillä ei välttämättä enää ole merkitystä maiseman luonteen ja laadun kannalta. Hallan maisemavaikutusten arviointi on tehty aiemmin julkaistun oppaan (*Ympäristöministeriö 2016a)* ohjeistuksen mukaan. Päivitetty opas julkaistiin YVA-selostuksen viimeistelyvaiheessa, kun vaikutusten arvioinnit oli jo tehty.

Vaikutusten arviointi maiseman ja kulttuuriympäristön osalta perustuu hankkeen alustavaan suunnitelma-aineistoon, kartta- ja ilmakuvatarkasteluihin, maastokäyntiin sekä olemassa oleviin selvityksiin (*Kansalliskirjasto 2024; Lapin liitto 2021; Museovirasto 2024a, 2024c; Oulun kaupunki 2021; Oulun kaupunki 2024; Pohjois-Pohjanmaan liitto 2016a, 20156b, 2016c; Pohjois-Pohjanmaan liitto 2023a, 2023b, 2023d; Pohjois-Pohjanmaan liitto 2024a-b; Ympäristöhallinto 2021; Ympäristöministeriö 1992a-b*). Vaikutusarviointia varten on tehty näkymäalueanalyysi, jonka perusteella on selvitetty alueet, joilta on näkymäyhteys voimaloihin. Maisemavaikutuksia on havainnollistettu realistisilla havainnekuvilla, joiden ottopaikat on valittu mm. näkymäalueanalyysin avulla. Tietokoneella tehdyssä mallinnuksessa on käytetty mittatarkkaa tuulivoimalan 3D-mallia sekä maanmittauslaitokselta saatua karttamateriaalia. Vaikutusten arvioinnissa on tutkittu hankkeen suhdetta ympäristöön sekä vaikutuksia näkymiin ympäröiviltä alueilta.

Arvioinnissa annetaan yleiskuva vaikutusten kohdentumisesta, luonteesta ja merkittävyydestä. Omia tulkintoja maiseman arvoista kuten maiseman ”kauneudesta” ei tehdä, jotta arviointi olisi mahdollisimman objektiivista. Myös yhteisvaikutukset muiden hankkeiden ja suunnitelmien kanssa kuvataan sanallisesti ja havainnollistetaan vastaavasti tietokonemallinnuksilla.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

4.1.2 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö

Hankealueella, merikaapelireitillä, vetyputkireitillä ja läjitysalueilla tullaan suorittamaan meriarkeologinen inventointi ennen rakentamista, sen jälkeen, kun tarkat suunnitelmat voimalapaikoista ja merikaapelireiteistä ovat olemassa eli arviolta ennen vesilupavaihetta. Tällöin tieto alueen muinaisjäännöksistä ja muista kulttuuriperintökohteista tarkentuu. Mahdollisia vaikutuksia tunnettuihin muinaisjäännöksiin arvioidaan tuulivoimapuiston rakentamisen ja toiminnan aiheuttamien vaikutusmekanismien pohjalta.

Edellä mainittu vedenalaisen kulttuuriperinnön selvitys toimitetaan aluehallintovirastolle (”AVI”), kun vesilupaa haetaan AVI:lta. Jos selvityksessä havaitaan vedenalaisia muinaisjäännöksiä, kuten vanhoja laivanhylkyjä, niiden osia tai muita ihmisen tekemiä rakennelmia, joita on todennäköisesti vain lähempänä rantaa aluevesillä, niin hankesuunnitelmaa muutetaan mahdollisuuksien mukaan ja pyritään välttämään tai kiertämään mahdolliset muinaisjäännökset. Selvitys tehdään rakentamisalueilla niin aluevesillä kuin talousvyöhykkeellä ja se kattaa tuulivoimaloiden perustukset, merikaapelit, vetyputken, merisähkö- ja vetyasemat sekä alueet, joilla tullaan ruoppaamaan, kaivamaan, tekemään täyttöjä ja lohkareiden asettamista sekä muilla tavoilla muokkaamaan merenpohjaa. Hankkeen rakentamisen aikaisia haitallisia vaikutuksia tullaan ehkäisemään pääsääntöisesti vedenalaisen kulttuuriperinnön kohteita kiertämällä tai välttämällä sekä tarvittaessa sopien hyvistä toimintatavoista Museoviraston kanssa.

Suomen aluevesillä muinaismuistolaki (295/1963) velvoittaa yleisen rakennushankkeen toteuttajan ottamaan etukäteen selvää siitä, tuleeko hanke koskemaan muinaisjäännöksiä. Avomerialueiden muinaisjäännöksiä ovat sellaiset alusten hylyt ja hylyn osat, joiden voidaan olettaa olleen uponneena yli sadan vuoden ajan. Muinaismuistolaki velvoittaa myös ilmoittamaan Museovirastolle sellaisen hylyn löytymisestä, jonka voidaan olettaa olleen uponneena yli sadan vuoden ajan. Talousvyöhykkeellä muinaismuistolakia ei kuitenkaan sovelleta. Talousvyöhykettä koskee sen sijaan Suomen 1996 ratifioima YK:n merioikeusyleissopimus (SopS 49–50/1996), jonka yleisissä määräyksissä velvoitetaan jäsenmaat suojelemaan merestä löytyneitä arkeologisia ja historiallisia esineitä.

Hankevastaava tulee ilmoittamaan Museovirastolle merenpohjaan kohdistuvien tutkimusten aikana mahdollisesti havaittavista vanhoista hylkylöydöistä.

4.2 Nykytila

4.2.1 Maiseman yleispiirteet

Maisemamaakuntajaossa tuulivoimapuisto sijaitsee ympäristöministeriön maisema-aluetyöryhmän mietinnön mukaisen maisemamaakuntajaon ulkopuolella. Perämeren rannikko kuuluu Pohjanmaan alueeseen lukuun ottamatta aivan pohjoisinta Keminmaan seutua. Hankkeeseen liittyvät merikaapelit sijoittuvat Pohjanmaan maisemamaakunnan jokiseudun ja rannikon alueeseen. Aluerajat kulkevat rannikolla seuraavan kuvan mukaisesti (Kuva 4-1).

Pohjanmaan maisemamaakunta on laaja aluekokonaisuus, jonka luonne vaihettuu eri tekijöiden suhteen sekä etelästä pohjoiseen että rannikolta sisämaahan siirryttäessä. Yhteistä koko alueelle ovat suurehkot joet, selvärajaiset jokilaaksot ja näiden väliset lähes asumattomat selännealueet sekä suhteellisen tasainen maasto, jonka korkeusvaihtelut ovat yleensä vähäiset.

Pohjois-Pohjanmaan jokiseudun ja rannikon maisemaa rytmittävät kohtisuoraan kohti merta laskevat virrat ja jokilaaksoissa sijaitsevat, yleensä kapeat viljellyn maan vyöhykkeet. Maasto on Pohjois-Pohjanmaan laajalla alangolla ehkä tasaisempaa kuin missään muualla maassamme. Limingan kuuluisat niityt ovat syntyneet tälle maamme ehkä laajimmalle yhtenäiselle savikkosilttialueelle, jota ympäröivät niin ikään maamme laajimmat hiekkaiset ja soraiset, Pattijoelta Haukiputaalle ulottuvat rantakerrostuma-alueet. Koska rannat ovat olleet koville tuulille alttiina, on syntynyt laajoja dyynikenttiä. Esimerkiksi Hailuodossa on hienoja dyynikenttiä. Maaston loivan topografian takia maankohoamisen seurauksena paljastuvat rantavyöhykkeet ovat hyvin laajoja. (*Ympäristöministeriö 1992a ja 1992b*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tuulivoimapuistoalue on avomerta suurimman osan vuodesta. Perämeri alkaa jäätymään syksyllä pohjoisosastaan marraskuun aikana ja vastaavasti keväällä, touko-kesäkuun vaihteessa, viimeisetkin jäät sulavat. Merituulivoimapuiston alueesta lähin saari on 23 kilometrin etäisyydellä sijaitseva Hailuoto. Seuraavaksi lähin saari on 40 kilometrin etäisyydellä sijaitseva Ulkokrunni.

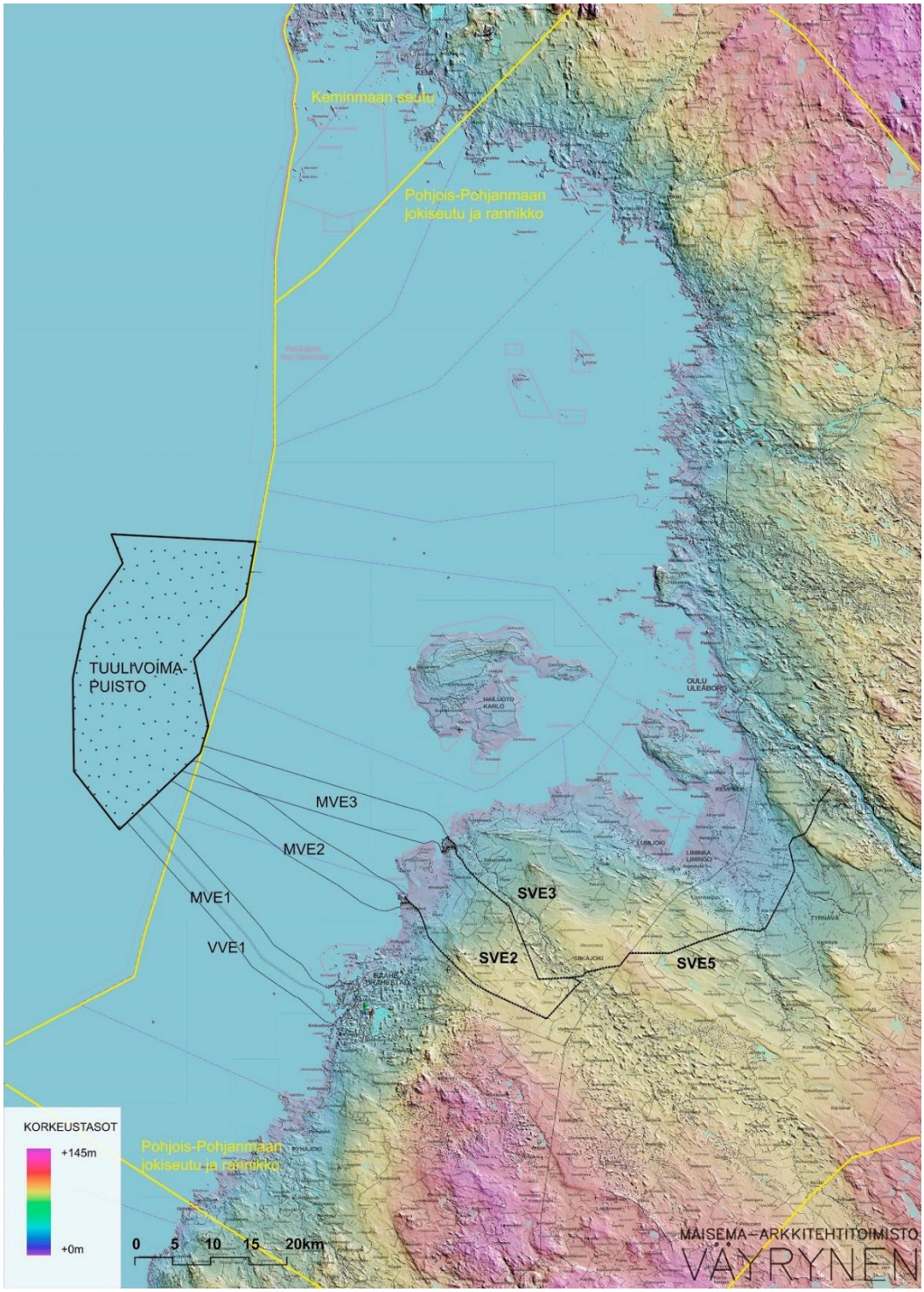
Hailuoto on pinta-alaltaan Suomen kolmanneksi suurin saari. Saaren ensimmäisten osien arvioidaan nousseen merestä noin 1700 vuotta sitten ja nykyisen muotonsa se on saanut useiden eri saarien yhteenliittymänä. Nykyinen Hailuoto on muodostunut useista erillisistä saarista. Maannousun jatkuessa se kasvaa aikanaan kiinni mantereeseen. Länsireunan louhikkoinen Marjaniemen kärki on harjun sydänosan kulumisjäännös. Kivikot osoittavat aaltojen huuhdelleen saaren hiekkarantoja, mutta lohkarevallit osoittavat myös ahtojäiden puskeneen rajusti rantoja vasten. Lentohiekkavallit ja rantavallit ovat Hailuodon pinnanmuotoja luonnehtiva erikoispiirre, varsinkin pohjois- ja länsirannikolla. Hailuodon päämaalaji on hiekka, josta on rakentunut saaren harjumuodostelmat ja hiekkaiset rannat.

Rannikko on lähimmillään 30 kilometrin etäisyydellä Tauvonniemessä Siikajoella. Voimakkaan maankohoamisen ja jokien tuoman lietteen vuoksi Siikajoen rantaviiva muuttuu jatkuvasti. Saaria on vain Siikajoen suun seutuvilla. Ranta-alueilla, varsinkin Tauvonniemen seudulla on kasvittomia dyynialueita. Kauempana rannikolta on mäntymetsää kasvavia kankaita. Siikajokisuun ja Siikajoen varren maisema-alue on luonteeltaan joenvarren viljelymaisemaa perinteisine rakennuksineen, jotka sijoittuvat joen molemmin puolin kulkevan tien varteen ja joen varteen. Joen kuljettaman hiekan ja maannouseman yhteisvaikutuksesta syntyneet särkät ovat muodostaneet vesilinnuston suosiman suistoalueen.

Perämeren rannikko on rantaviivan osalta pienipiirteistä ja paikoin rikkonaista. Raahesta Haukiputaalle sijaitsevalla rantavyöhykkeellä esiintyy runsaasti hiekkaisia maalajeja, joihin on muodostunut rantadyynejä ja erilaisia harjumuodostelmia. Alueella maaston korkeuserot ovat yleensä vähäiset lukuun ottamatta Virpiniemen harjumuodostelman jyrkkää rantaa. Rannat ovat yleensä hiekkarantoja tai laajojen rantaniittyjen peitossa. Raahesta etelään sijaitsevalla rantavyöhykkeellä vuorottelevat moreeni ja hiekkamuodostelmat, jotka aivan Raahen eteläpuolella ovat kumpareisia rantaan asti. Rannat ovat kivikkoisempia ja hiekkarantoja on selvästi vähemmän. Raahen kaltainen kumpareinen muodostelma sijaitsee myös Haukiputaan pohjoispuolella sekä Iin kohdalla, josta alkaa pääosin moreenikumpareista koostuvat rantavyöhykkeet aina Tornioon asti.

Merikaapelit rantautuvat Raahen ja Siikajoen rannoille. MVE1 rantautuu SSAB:n tehdasalueelle, jossa maisemaa hallitsevat tehdasrakennukset ja rannassa sijaitsevat tuulivoimalat. MVE2 rantautuu Välikarin alueelle, jossa on avointa hiekkarantaa. MVE3 rantautumisaluetta luonnehtii ruovikkoinen rantavyöhyke ennen metsänrajaa. Valokuvia ja kuvauksia merikaapelien rantautumisalueilta luvussa 8.2.1, missä on käsitelty rantautumisalueiden kasvillisuutta ja luontotyyppejä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-1. Merituulivoimapuiston, merikaapelien ja voimajohtojen sijainti mantereen maaston korkeustasojen ja maastonmuotojen suhteen.

4.2.2 Maiseman ja kulttuuriympäristön arvotetut alueet

Hankkeen lähialueilla on valtakunnallisesti arvokasta maisema-aluetta ja rakennusperintöä, suojeltua rakennusperintöä, maakunnallisesti arvokkaita maisema-alueita ja muita merkittäviä kulttuurihistoriallisia tai maisemallisesti arvokkaita kohteita (Kuva 4-2, Taulukko 4-1).

Valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet inventoitiin vuosina 2010–2015 (*Ympäristöhallinto 2021*). Inventoinnin tulos otettiin valtioneuvoston päätöksellä 18.11.2021 maankäyttö- ja

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

rakennuslain mukaisten valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden tarkoittamaksi inventoinniksi. Tämä korvaa valtioneuvoston 5.1.1995 periaatepäätöksen mukaisen aiemman inventoinnin. Merituulivoimapuistoa lähimpänä sijaitsee Hailuodon valtakunnallisesti arvokas maisema-alue noin 20 kilometrin etäisyydellä. Hailuodon saariyhdyskunta kalastukseen, laiduntamiseen ja maanviljelyyn liittyvine omaleimaisine kulttuuripiirteineen on erikoislaatuinen Pohjois-Pohjanmaan jokiseutua ja rannikkoa edustava maisema-alue. Seuraavaksi lähimpänä ovat Limingan lakeuden kulttuurimaisema (51 kilometriä) ja Simon rannikon kulttuurimaisemat (60 kilometriä) (*Museovirasto 2024a*).

Valtakunnallisesti arvokasta rakennusperintöä on lähimpänä noin 23 kilometrin päässä tuulivoimapuistosta sijaitsevassa Hailuodossa. Aluerajaus on hivenen eri kuin valtakunnallisesti arvokkaassa maisema-alueessa. Seuraavaksi lähimpänä on Iso-Kraaselin ja Taskun tunnusmajakat Raahen edustalla noin 34 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta.

Lähin rakennusperintörekisteriin merkitty suojeltu kohde on Marjaniemen luotsi- ja majakkayhdyskunta Hailuodon länsirannalla noin 23 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta.

Maakuntakaavoihin merkittyä arvokasta maisemaa tai kulttuuriympäristöä on lähimpänä Hailuoto 20 kilometrin etäisyydellä, Tauvo 28 kilometrin ja Raahen saaristo ja merimaisemat 30 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta (*Museovirasto 2024a*).

Taulukko 4-1. Kulttuuriympäristön arvokohteiden etäisyyksiä merituulivoimapuistosta.

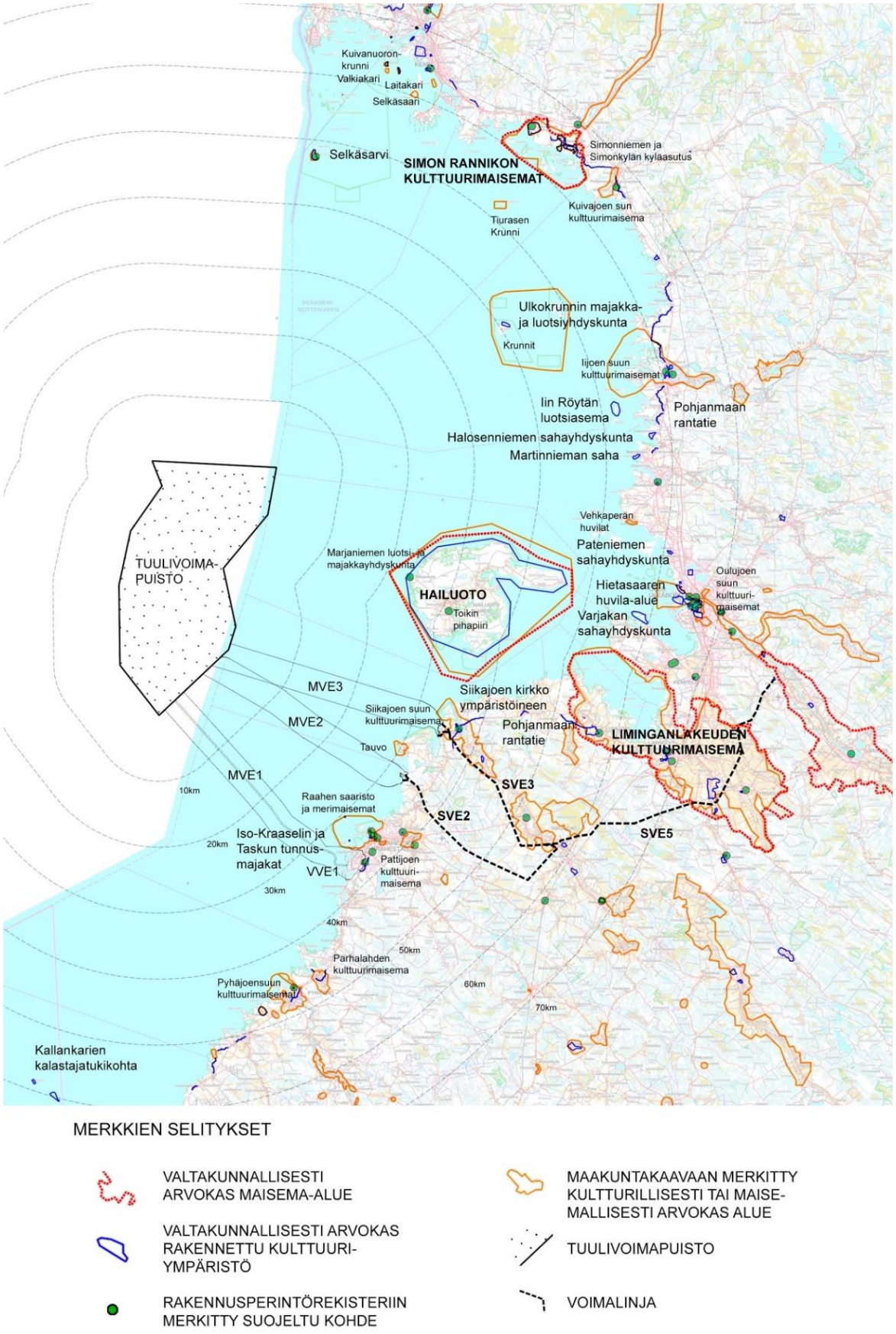
Valtakunnallisesti arvokas maisema-alue:	**Etäisyys merituulivoimapuistosta**
• Hailuoto	20 km
• Limingan lakeuden kulttuurimaisema	51 km
• Simon rannikon kulttuurimaisemat	60 km

Valtakunnallisesti arvokasta rakennusperintöä:	
• Hailuoto	23 km
• Iso-Kraaselin ja Taskun tunnusmajakat	34 km
• Siikajoen kirkko ympäristöineen	36 km
• Pohjanmaan rantatie	37 km
• Ulkokrunnin majakka- ja luotsiyhdyskunta	40 km
• Selkäsarvi	47 km
• Martinniemen saha	54 km
• Halosenniemen sahayhdyskunta	56 km
• Ruukin maatalousoppilaitos	60 km
• Hietasaaren huvila-alue	62 km

Lähimmät rakennusperintörekisteriin merkityt suojelut kohteet:	
• Marjaniemen luotsi- ja majakkayhdyskunta	23 km
• Toikin pihapiiri	31 km

Maakuntakaavoihin merkittyä arvokasta maisemaa tai kulttuuriympäristöä:	
• Hailuoto	20 km
• Tauvo	28 km
• Raahen saaristo ja merimaisemat	30 km
• Siikajoen suun kulttuurimaisema	33 km
• Krunnit	37 km
• Oulujoen kulttuurimaisemat	60 km

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-2. Lähimmät kulttuuriympäristön arvokohteet.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

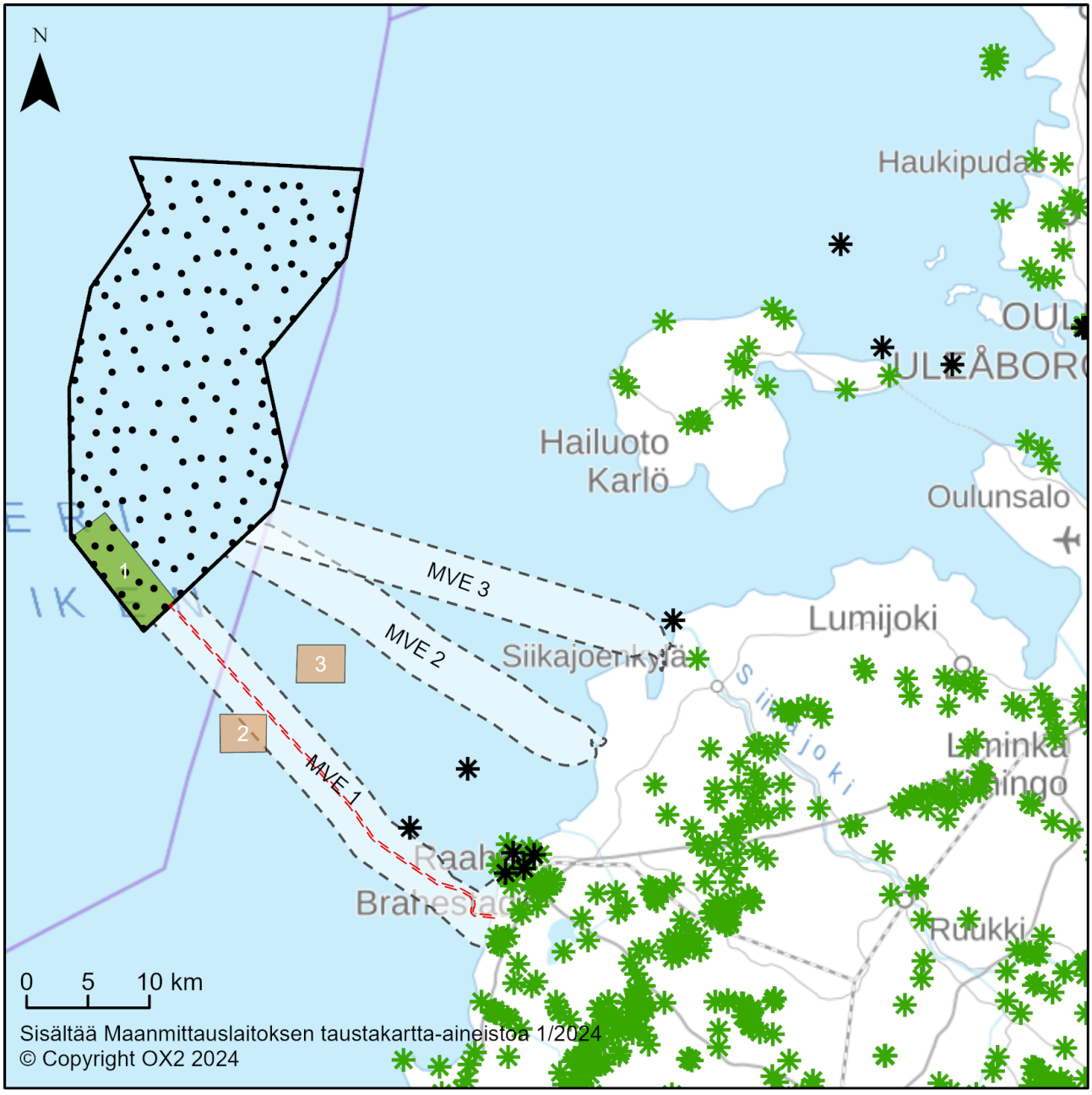
4.2.3 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö

Veden alla olevia ihmisen tekemiä rakennelmia, esimerkiksi väyläesteitä sekä siltojen ja laitureiden jäänteitä, suojellaan muistoina maamme aikaisemmasta asutuksesta ja historiasta. Tällaiset kohteet ovat iästä riippumatta automaattisesti rauhoitettuja, eikä niihin saa puuttua ilman Museoviraston lupaa. Vanhat laivahylyt ovat rauhoitettuja iän perusteella. Sellainen hylky tai hylyn osa, jonka uppoamisesta voidaan olettaa olevan yli sata vuotta, rinnastetaan kiinteään muinaisjäännökseen.

Vedenalaisesta kulttuuriperinnöstä ei ole kattavaa tietoa, ja Museoviraston ylläpitämässä muinaisjäännösrekisterissä on vedenalaisen kulttuuriperinnön osalta paljon puutteita inventointien vähäisyyden takia.

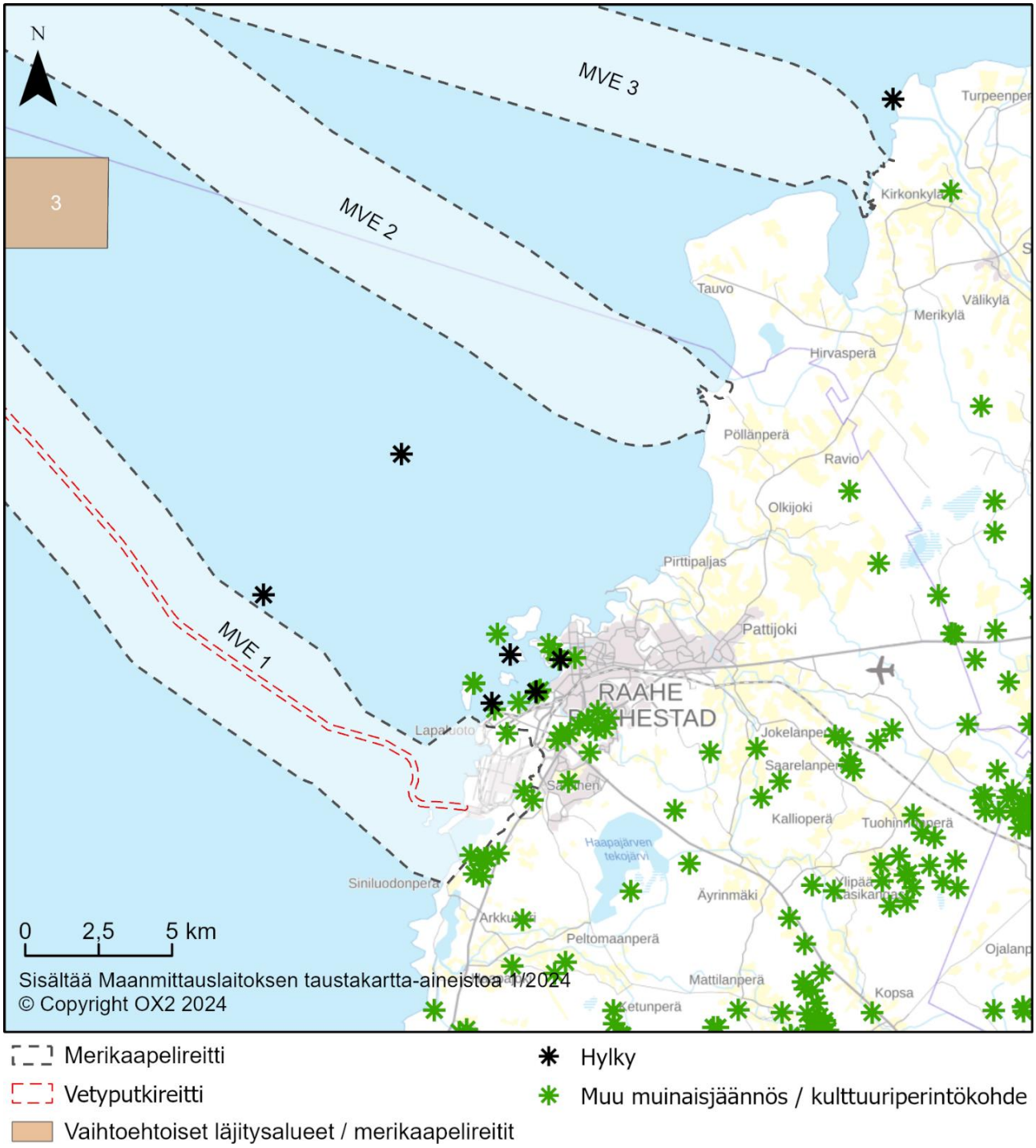
Hallan merituulivoimapuiston alueella tai sen läheisyydessä ei sijaitse tunnettuja muinaisjäännöksiä tai muita kulttuuriperintökohteita (Kuva 4-3). Myöskään merikaapelireittien alueella ei sijaitse tunnettuja muinaisjäännöksiä, mutta niiden läheisyydessä merellä sekä rantautumisalueilla on Muinaisjäännösrekisterin perusteella muutamia kohteita (*Museovirasto 2024b*). Kuusi tunnetusta vedenalaisesta hylystä sijaitsee merikaapelireittien MVE1 ja MVE2 välisellä alueella ja yksi noin kilometrin päässä MVE3:n pohjoispuolella. Hylkyjen sijainti on esitetty seuraavilla kartoilla (Kuva 4-3 ja Kuva 4-4) ja taulukossa (Taulukko 4-2). Lisäksi näillä kartoilla ja taulukossa on esitetty merikaapelireitin MVE1 rantautumisalueella sijaitsevat kolme muinaisjäännöstä tai muuta kulttuuriperintökohdetta, *Ristikari*, *Mutala* ja *Kirkkoluoto*, sekä merikaapelireittien rantautumisalueiden läheisyydessä (etenkin MVE1) sijaitsevat useat kohteet mantereella ja Raahen edustan saaristossa. Mantereen sähkönsiirtoreittien alueilla olevat kohteet on esitetty YVA-asiakirjan B Osassa (Mantereen sähkönsiirto).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-3. Hallan merituulivoimapuiston hankealueen ja merikaapelireittien alueella tai läheisyydessä sijaitsevat muinaisjäännökset ja muut kulttuuriperintökohteet (Museovirasto 2024b).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-4. Hallan merituulivoimapuiston merikaapelireittien läheisyydessä ja merikaapelireittien rantautumisalueilla sijaitsevat muinaisjäännökset ja muut kulttuuriperintökohteet (Museovirasto).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 4-2. Hallan merituulivoimapuiston merikaapelireittien läheisyydessä tai rantautumisalueilla olevat muinaisjäännökset ja muut kulttuuriperintökohteet (Museovirasto 2024b).

Kohde	Tyyppi	Tunnus	Sijainti
Tamara XI 2	alusten hylyt	1000023419	Raahen edustalta noin 9 km ja noin 450 metriä MVE1:stä pohjoiseen
Koninpää	alusten hylyt	2691	Raahen edustalta noin 200 metriä ja noin 800 metriä MVE1:stä koilliseen
Ämmänlahti	alusten hylyt	2689	Raahen edustalta noin 1,5 km ja 2,5 km MVE1:stä koilliseen
Pikkulahti	alusten hylyt	2693	Raahen edustalta noin 200 metriä ja noin 3,5 km MVE1:stä koilliseen
Varvinranta	alusten hylyt	1000025080	Raahen edustalta noin 30 metriä ja noin 2,3 km MVE1:stä koilliseen
Tamara XI 1	alusten hylyt	2664	Raahen edustalta noin 8 km ja noin 4 km MVE2:sta etelään
Ristikari	kirkkorakenteet	1000020962	MVE1 rantautumisalue
Mutala	asuinpaikat	1000031871	MVE1 rantautumisalue
Kirkkoluoto	kivirakenteet	1000029356	MVE1 rantautumisalue
Simppusäikkä	alusten hylyt	1860	Siikajoen suulla, noin 1 km MVE3:sta koilliseen

4.3 Vaikutusten arviointi

4.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

4.3.1.1 Maiseman ja kulttuuriympäristön arvokohteet

Rakentamisen aikaiset maisemalliset vaikutukset laajemmassa maisemassa muodostuvat voimalan osien kuljettamisesta ja tuulivoimalan pystyttämisestä. Maisemalliset vaikutukset ovat ajallisesti lyhyitä, minkä johdosta vaikutukset ovat vähäisiä. Muut lyhytaikaiset rakentamiseen liittyvät toimenpiteet, kuten rakennusosien väliaikaisella varastoinnilla esimerkiksi satama-alueille on väin vähäisiä maisemallisia vaikutuksia.

4.3.1.2 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö

Hallan merituulivoimapuiston ja merikaapeli- ja vetyputkireittien alueilla ei sijaitse tunnettuja vedenalaisia muinaisjäännöksiä. Lähimmät alusten hylyt, *Tamara XI 2* ja *Koninpää*, sijoittuvat noin 450 metrin ja 800 metrin etäisyydelle merikaapelireitistä MVE1 ja vetyputkesta VVE1. Hylkyjen ympärille jää riittävä suojavyöhyke, eikä hankkeen toimintojen rakentamisella arvioida olevan suoria vaikutuksia vedenalaisiin kohteisiin. Välillisiä vaikutuksia voi aiheutua mahdollisten

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ruoppausten aiheuttaman kiintoaineen leviämisen kautta, mutta etäisyyksien vuoksi kiintoaineen määrät ovat vähäisiä.

Merikaapelireitin MVE1 rantautumisalueen pohjois- ja itäreunalle sijoittuu kolme muinaisjäännös- tai muuta kulttuuriperintökohdetta: *Ristikari*, *Mutala* ja *Kirkkoluoto*. Nämä mantereelle sijoittuvat kohteet tulee ottaa huomioon rantautumisalueen tarkemmassa suunnittelussa ja rakentamisessa yhteistyössä museoviranomaisten kanssa siten, että niiden arvot säilyvät. Mikäli kohteet huomioidaan jatkosuunnittelussa ja merkitään maastoon ennen rakentamistoimenpiteitä, vaikutukset muinaisjäännöskohteille jäävät vähäisiksi.

4.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

4.3.2.1 Maiseman ja kulttuuriympäristön arvokohteet

Tuulivoima-alueen maisemavaikutukset muodostuvat voimalan suuresta koosta ja lapojen pyörivästä liikkeestä. Vaikka tuulivoimalan lavoista olisi näkyvillä vain pieni osa, niin sen liike on kuitenkin usein huomiota herättävää. Suuren kokonsa takia tuulivoimalat eivät myöskään rinnastu muuhun rakennettuun ympäristöön, kuten voimajohtoihin tai muihin rakennuksiin ja rakennelmiin. Tässä hankkeessa muiden rakennelmien maisemavaikutukset ovat vähäiset voimaloihin verrattuna.

Merituulivoimapuiston voimakkaimmat maisemalliset vaikutukset kohdistuvat meren avoimelle selänteelle erityisesti tuulivoimapuiston sisälle ja sen lähiympäristöön. Tuulivoimapuisto näkyy myös saaristoon ja mantereen ranta-alueille.

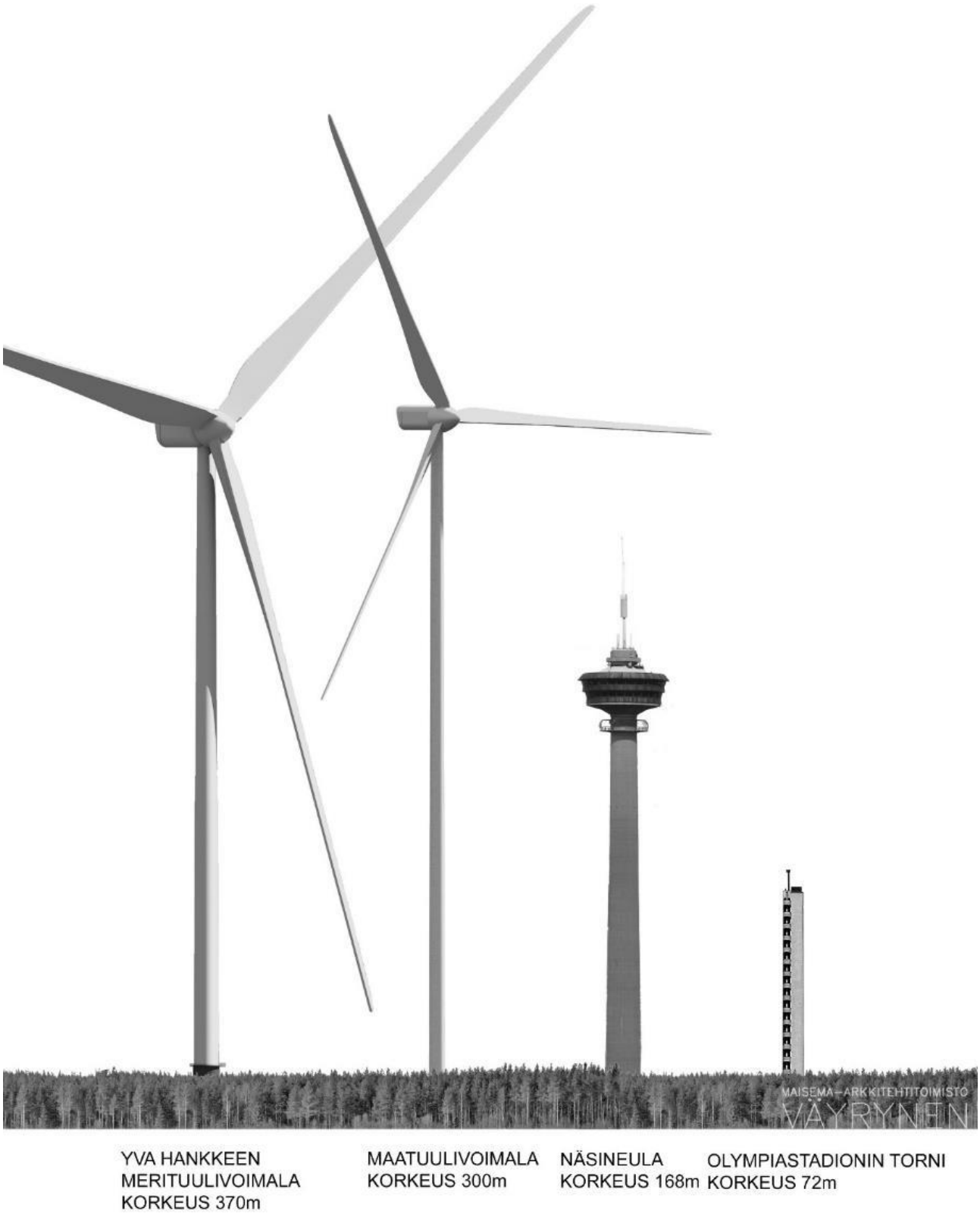
Saaristosta ja mantereelta avautuu näkymiä kohti merituulivoimapuistoa lähinnä niiden ranta-alueilta. Saaristossa tuulivoimalat ovat näkyvissä myös saarten avoimilta niityiltä ja kallioilta. Mantereen puolelta näkymäyhteys rajoittuu pääosin ranta-alueille, koska mantereelta on lähimmillään noin 30 kilometriä merituulivoimapuistoon. Sisämaassa tällä etäisyydellä tarvitaan teoreettisesti avointa tilaa tuulivoimapuiston suuntaan, kuten peltoa tai suota, yli 1,5 kilometriä, jotta tuulivoimalan lapa nousee korkeimmassa kohdassa metsänrajan yläpuolelle. Maapallon kaarevuuden vaikutus 50 kilometrin etäisyydellä on noin 160 metriä, jolloin tuulivoimalan tornia jää vastaava osa horisontin alapuolelle.

Merkittävimmät näkyvyyttä rajoittavat tekijät ovat ilman kosteus, säätila (sateet, sumu jne.), valo, etäisyyden kasvaminen sekä mantereella ja saaristossa metsän peittävä vaikutus. Voimaloita kauempaa katsottaessa tarvitaan tuulivoimaloiden suuntaan avointa tilaa, kuten merenselkää, avointa rantaniittyä, peltoa tai avosuota, jotta voimalat näkyvät välissä olevan metsänreunan yläpuolelle.

Tuulivoimalat erottuvat parhaiten auringon sijoittuessa katsojan taakse ja tuulivoimaloiden heijastaessa valkoisena auringonvaloa tummempaa taivasta vasten. Vastakkaisessa tilanteessa, jolloin tuulivoimalat erottuvat tummina vaaleampaa taivasta vasten näkyvyys on heikompi kauempaa katsottaessa. Tilannetta voi osittain verrata lamppuun, joka näkyy päivällä kauemmaksi valon ollessa päällä kuin sammutettuna.

Suomessa ei sijaitse enimmillään noin 370 metriä korkeaa tuulivoimalaa korkeampia rakennuksia tai rakennelmia (Kuva 4-5). Matalammiksi rakennuksiksi tai rakennelmiksi jäävät Suomessa esimerkiksi Tiirismaan radiomasto 327 metriä, Näsinneula 168 metriä ja Olympiastadionin torni 72 metriä. Maailman korkein rakennus tai rakennelma on Dubaissa sijaitseva 828 metriä korkea pilvenpiirtäjä Burj Khalifa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-5. Tuulivoimaloiden suhde muuhun korkeaan rakentamiseen. Maanpinnalle on havainnollisuuden takia mallinnettu noin 20-metrinen puusto.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Näkymäalueanalyysi

Analyysi on tehty Maanmittauslaitoksen kartta- ja paikkatietoaineiston pohjalta, jota on täydennetty ilmakuvatulkinnalla ja satelliittiaineistolla. Maastosta, voimaloista ja kasvillisuudesta on laadittu kolmiulotteinen malli, jonka pohjalta näkymäaluesektorit on laskettu.

Näkymäalueanalyysin mallinnuksessa ei ole laajan selvitysalueen tai tilanteen väliaikaisuuden takia huomioitu pienipiirteisiä aukkoja kuten tielinjoja, ja pieniä reunapuustoalueita tai yksittäisiä puita. Tiedot hakkuuaukeista saattavat olla muutaman vuoden vanhoja, hakkuuaukean puusto kasvaa suhteellisen nopeasti ihmisen katsomiskorkeuden yläpuolelle ja muutaman metrin korkuinen tiheä taimisto vaikuttaa jo voimakkaasti alueelta tehtävään havainnointiin. Analyysissä ei ole myöskään huomioitu eroa havupuuston ja lehtipuuston kesken. Lehdettömään vuodenaikaan voimalat näkyvät laajemmin kuin lehdelliseen vuodenaikaan. Tällöin näkymäalueet voivat olla laajempia kuin analyysi osoittaa. Taajama-alueilla rakennusten ja puuston luomat katvealueet vaihtelevat voimakkaasti, mutta kokonaisuudessaan se on peitteistä tai puolipeitteistä aluetta, joihin lähinnä vesistöt, pellot, kadut ja aukiot avaavat pitempiä näkymiä ympäristöön.

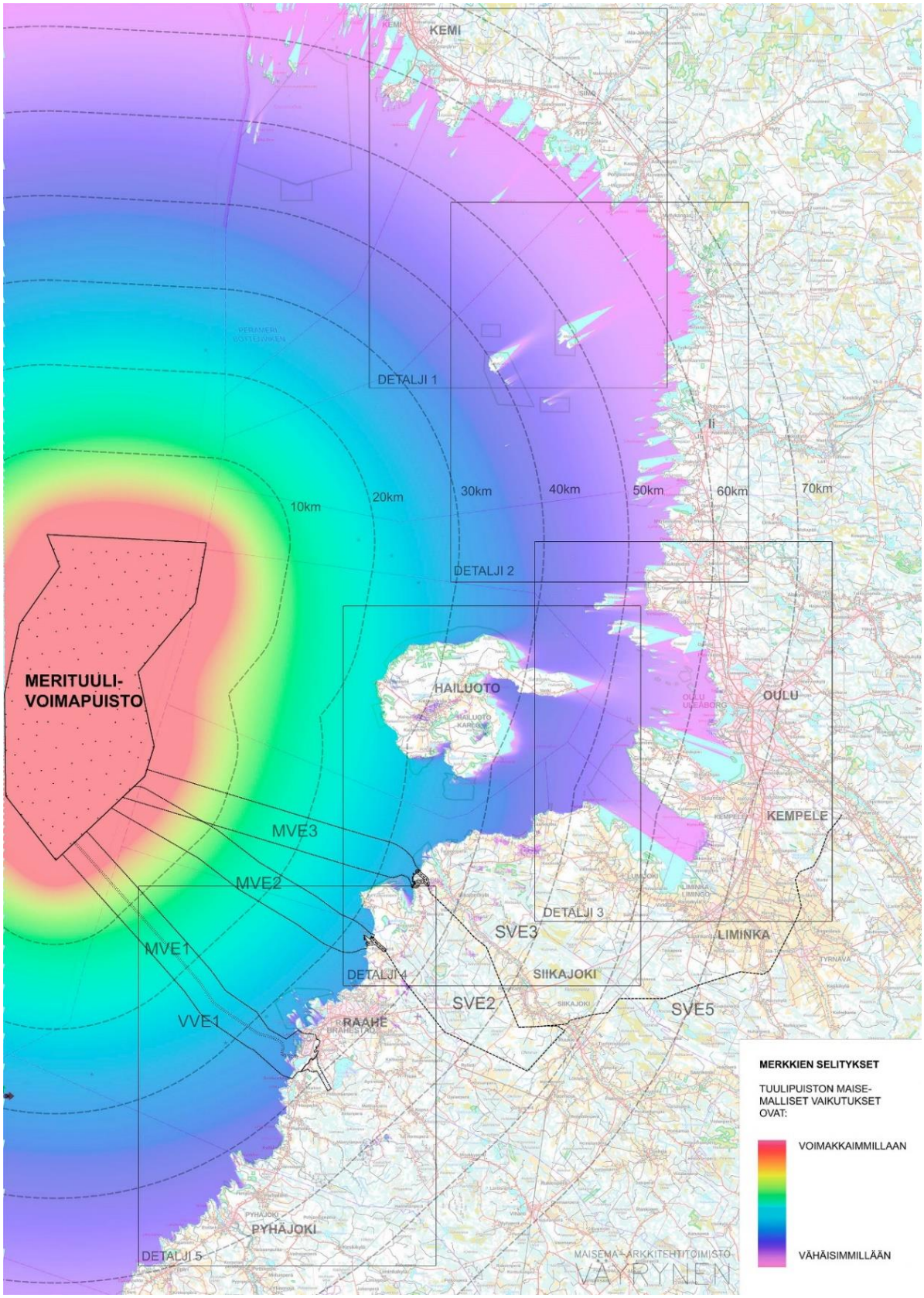
Pelkät näkymäsektorit eivät kerro tuulivoimaloiden maisemallisen vaikutuksen voimakkuutta. Laajoja näkymäsektoreita voi muodostua hyvin kauaksi voimaloista, vaikka voimaloilla olisi vain vähäinen maisemallinen vaikutus kyseisiin alueisiin. Myös lähellä yksikin voimala voi näkyä hyvin voimakkaasti ja vastaavasti kaukana kaikkien tuulivoimapuiston voimaloiden yhteisvaikutukset voivat jäädä vähäisiksi.

Seuraavissa kuvissa (Kuva 4-6–Kuva 4-11) on esitetty näkymäalueanalyysit hankevaihtoehdolle VE1. Vaihtoehdon VE1 näkymäalueanalyysistä on laadittu viisi yksityiskohtaisempaa analyysiä. Analyysistä voi havaita voimaloiden näkyvyyden erityisesti merelle. Kuva 4-6 on näkymisen voimakkuuden eli intensiteetin osoittava kartta, josta yksityiskohtaisemmat detaljit on laadittu. Analyysissä huomioidaan näkyvien voimaloiden lukumäärä sekä etäisyys kuhunkin voimalaan. Näkymäalueanalyysikartat ovat nähtävinä myös liitteessä 1.

Näkymäalueanalyyseistä on havaittavissa tuulivoimapuiston näkyminen käytännössä koko avomeren alueella. Saaret luovat pieniä katvealueita, mutta tuulivoimapuisto alkaa näkymään kauempaa katvealueen takaa katsottaessa saarten kummallakin puolella, ja voimalat nousevat myös näkyviin vähitellen saarten puuston yläpuolelle. Avomerellä keskeinen näkymistä rajaava tekijä on valaistus yhdessä ilmankosteiden kanssa. Hailuodon sisäosien peltoaukeille noin 30 kilometrin etäisyydelle sekä noin 37 kilometrin etäisyydellä sijaitsevalle Härkinnevalle muodostuu joitain näkymisen alueita, joissa tuulivoimaloiden lavat voivat olla havaittavissa niiden korkeimmassa kohdassa.

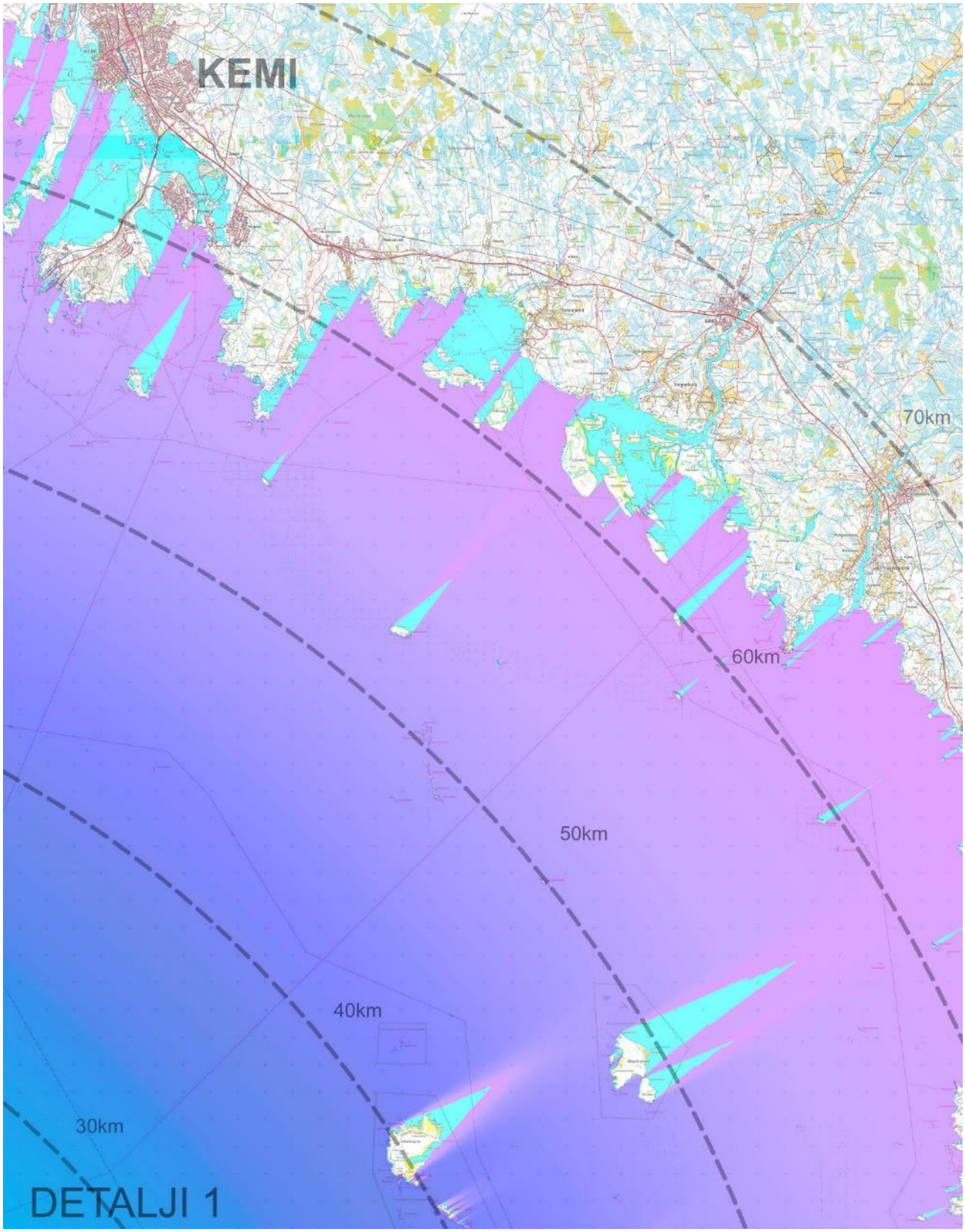
Mantereen puolella merituulivoimapuiston näkyminen rajoittuu pääosin ranta-alueelle. Etäisyyden ollessa yli 40 kilometriä avointa peltoa tai suota tarvitaan lähes 3 kilometriä, jotta tuulivoimaloiden roottorit näkyvät metsänrajan yläpuolella. Tämän johdosta näkymäyhteyksiä muodostuu sisämaan suuntaan pääosin suurimpien merenlahtien ja sisäjärvien yhteyteen, joissa on tarpeeksi pitkä avoin tila tuulivoimapuiston suuntaan. Analyysissä erottuu sisämaalla joitain peltoaukeilla sijaitsevia näkymisen alueita esimerkiksi Siikajoen alueella, joissa tuulivoimaloiden lavat niiden korkeimmassa kohdassa voivat olla havaittavissa yli 40 kilometrin etäisyydellä. Yleisesti näin kaukana oleville kohteille alueille voimalat eivät kuitenkaan todennäköisesti näy, koska analyysin suuren mittakaavan takia siinä ei voida huomioida yksittäisiä puita tai pieniä puuryhmiä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



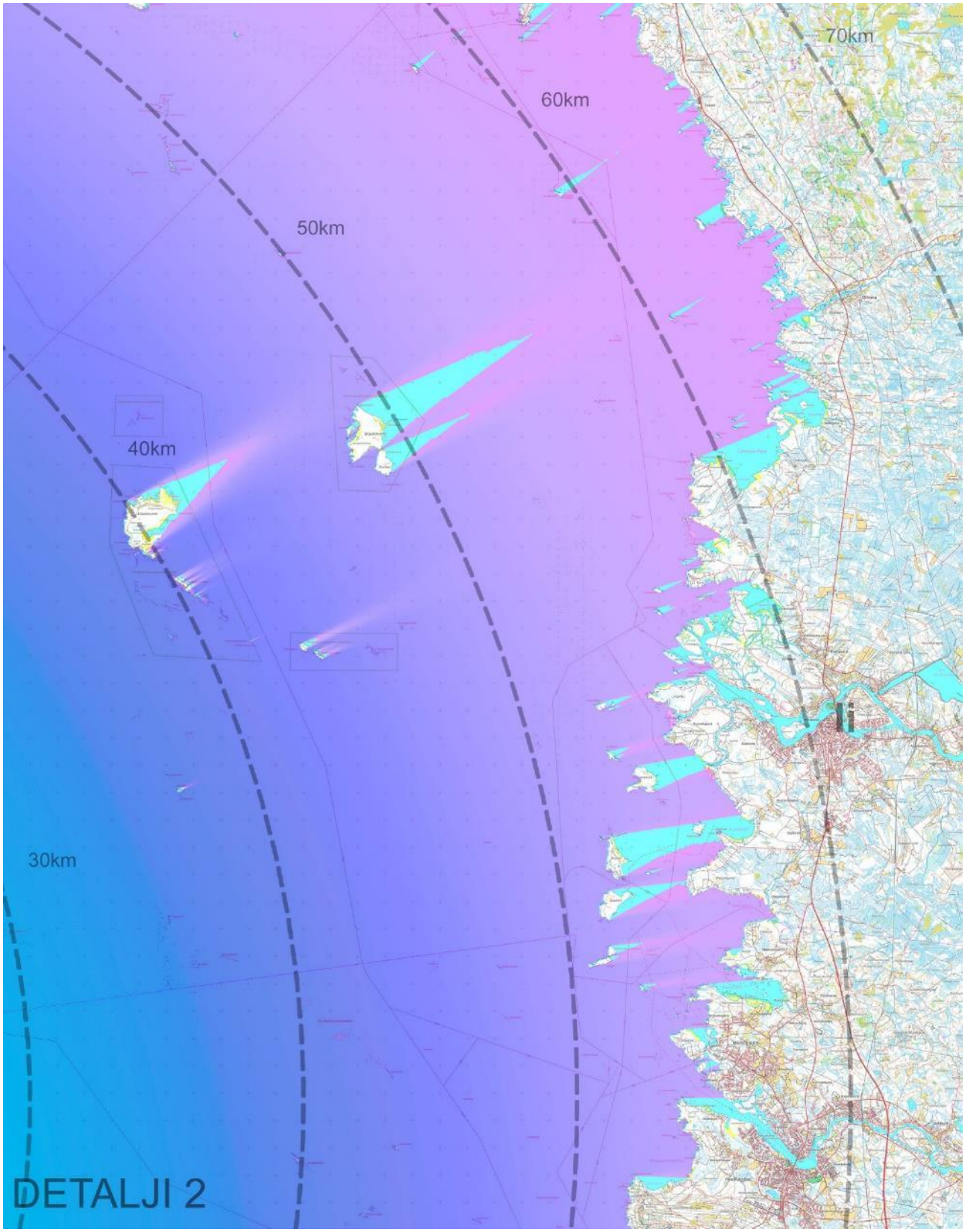
Kuva 4-6. Näkymäalueanalyysi vaihtoehdosta VE1. Voimalat näkyvät väreillä merkityille alueille. Voimaloiden maisemallinen vaikutus on suurin punaisella merkityllä alueilla ja vähenee kohti violettia väriä spektrin värijärjestyksessä. Analyysissä on huomioitu etäisyys tuulivoimaloista ja näkyvien tuulivoimaloiden lukumäärä. Kartta nähtävissä myös liitteessä 1.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



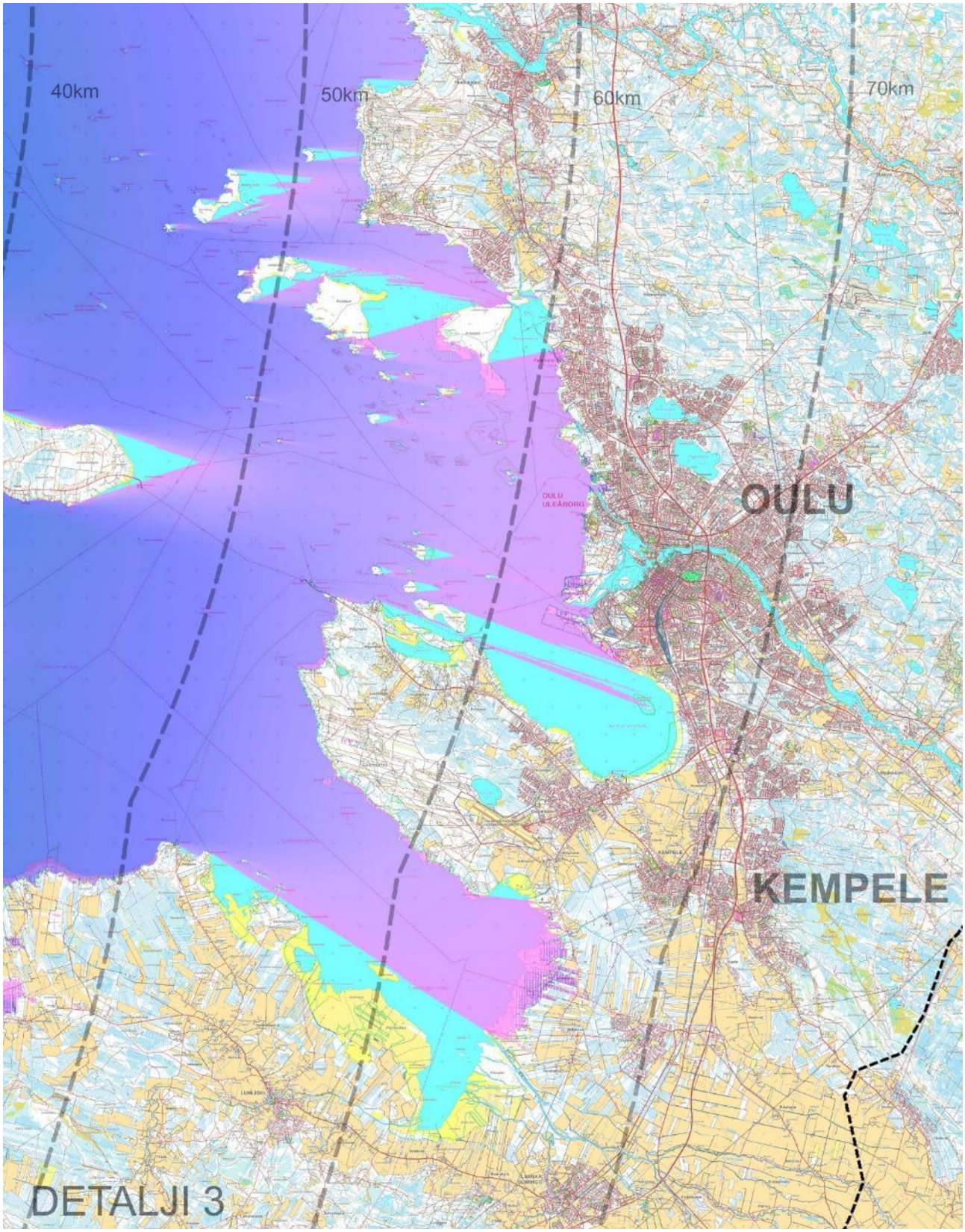
Kuva 4-7. Yksityiskohta Detalji 1 vaihtoehdon VE1 näkymäalueanalyysistä. Kartta nähtävissä myös liitteessä 1.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



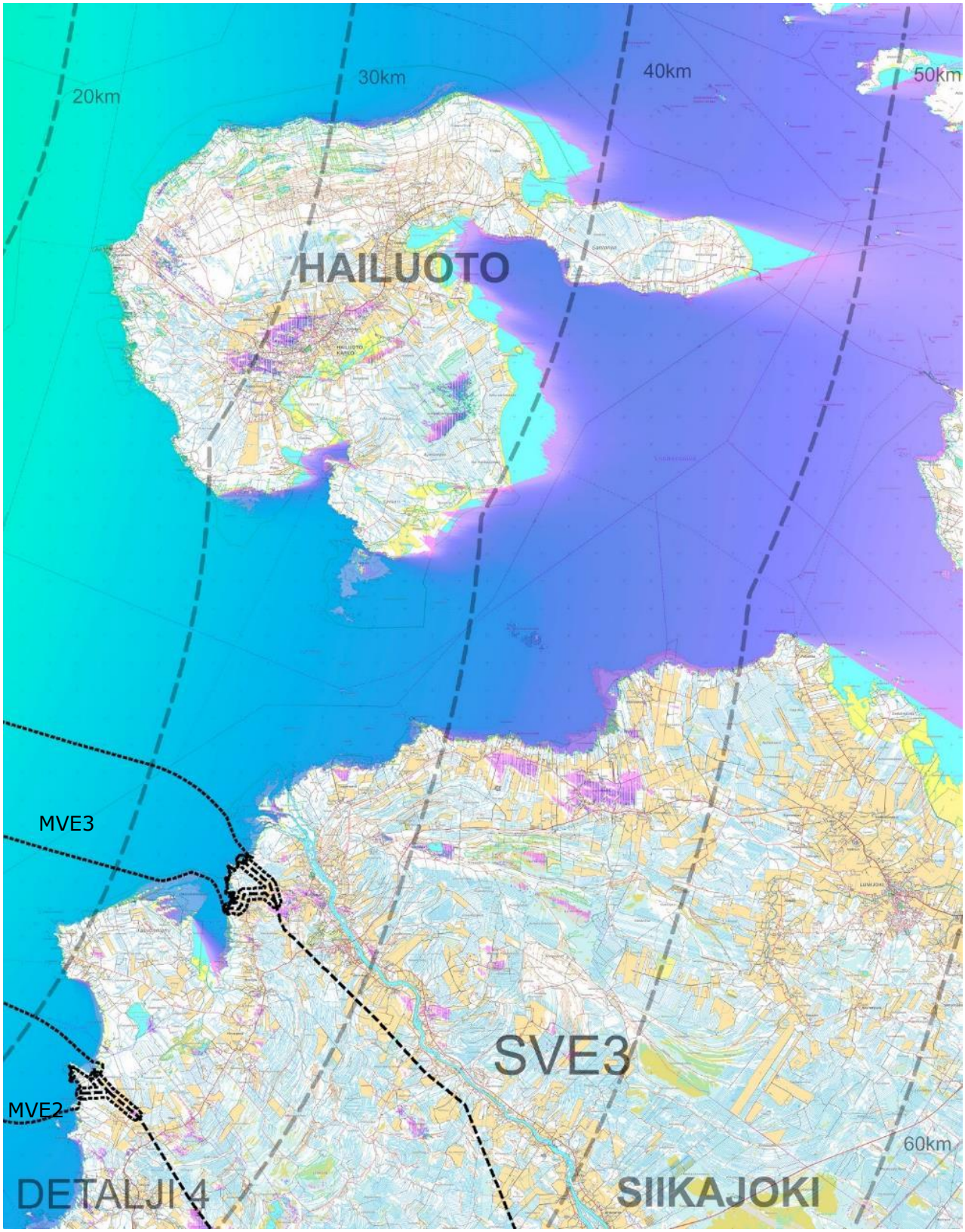
Kuva 4-8. Yksityiskohta Detalji 2 vaihtoehdon VE1 näkymäalueanalyysistä. Kartta nähtävissä myös liitteessä 1.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



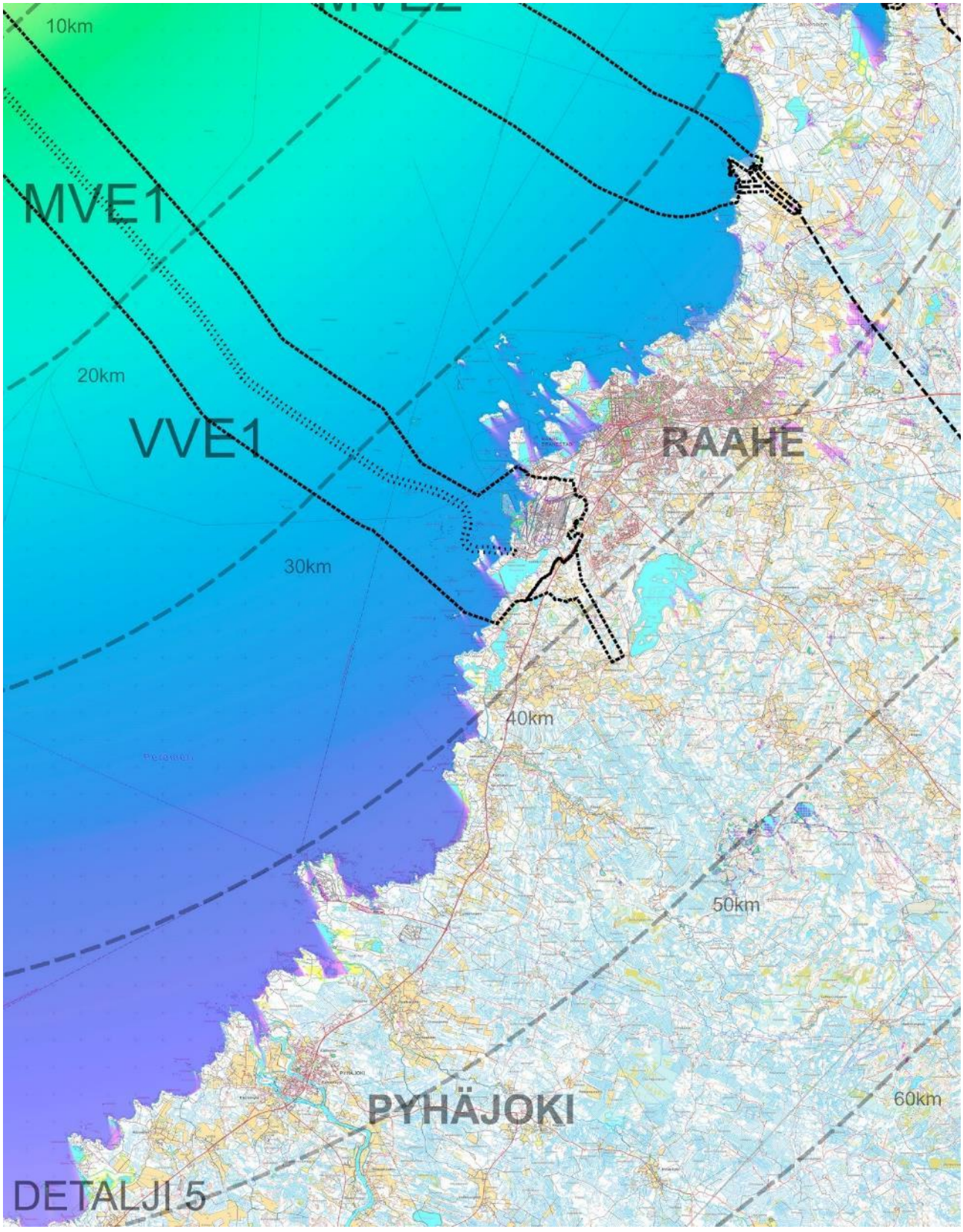
Kuva 4-9.Yksityiskohta Detalji 3 vaihtoehdon VE1 näkymäalueanalyysistä. Kartta nähtävissä myös liitteessä 1.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-10. Yksityiskohta Detalji 4 vaihtoehdon VE1 näkymäalueanalyysistä. Kartta nähtävissä myös liitteessä 1.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-11. Yksityiskohta Detalji 5 vaihtoehdon VE1 näkymäalueanalyysistä. Kartta nähtävissä myös liitteessä 1.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Havainnekuvat

Havainnekuvat on laadittu keskenään samoilla objektiivin polttoväleillä, jotta eri kohteiden maisemalliset erot näkyvät havainnekuvia keskenään vertailemalla. Lisäksi havainnekuvissa on pyritty havainnollisuuteen ja realistisuuteen. Tämä on toteutettu olettamalla, että lähimmät voimalat näkyvät havainnekuvissa selvästi ja etäisyyden myötä kauimmaiset näkyvät heikommin ilmakehän vaikutuksesta. Havainnekuvista erottuu myös maapallon kaarevuuden vaikutukset voimaloiden näkyvyyteen.

Havainnekuvat on tehty paikan päältä otettuihin valokuviin. Ne perustuvat tuulivoimaloiden ja niiden tarkastelualueen 3D-mallinnukseen, joiden pohjalta havainnekuvat on tehty. Havainnekuvien ottopaikat on valittu niiden monipuolisen edustavuuden, kohteen merkityksen ja maisemallisten vaikutusten kohdistumisen mukaisesti. Havainnekuvapaikkojen valinnassa on huomioitu myös YVA-ohjelmasta saatu palaute ja hankkeen seurantaryhmän näkemykset. Selvityksessä käytetty valokuvamateriaali on otettu 15.6.2023, 5.8.2023, 26.11.2023, 17.3.2024 ja 19.3.2024. Kuva 4-12 on merkitty kuvanottopaikat nuolen kärjellä ja kuvanottosuunta nuolen suunnalla.

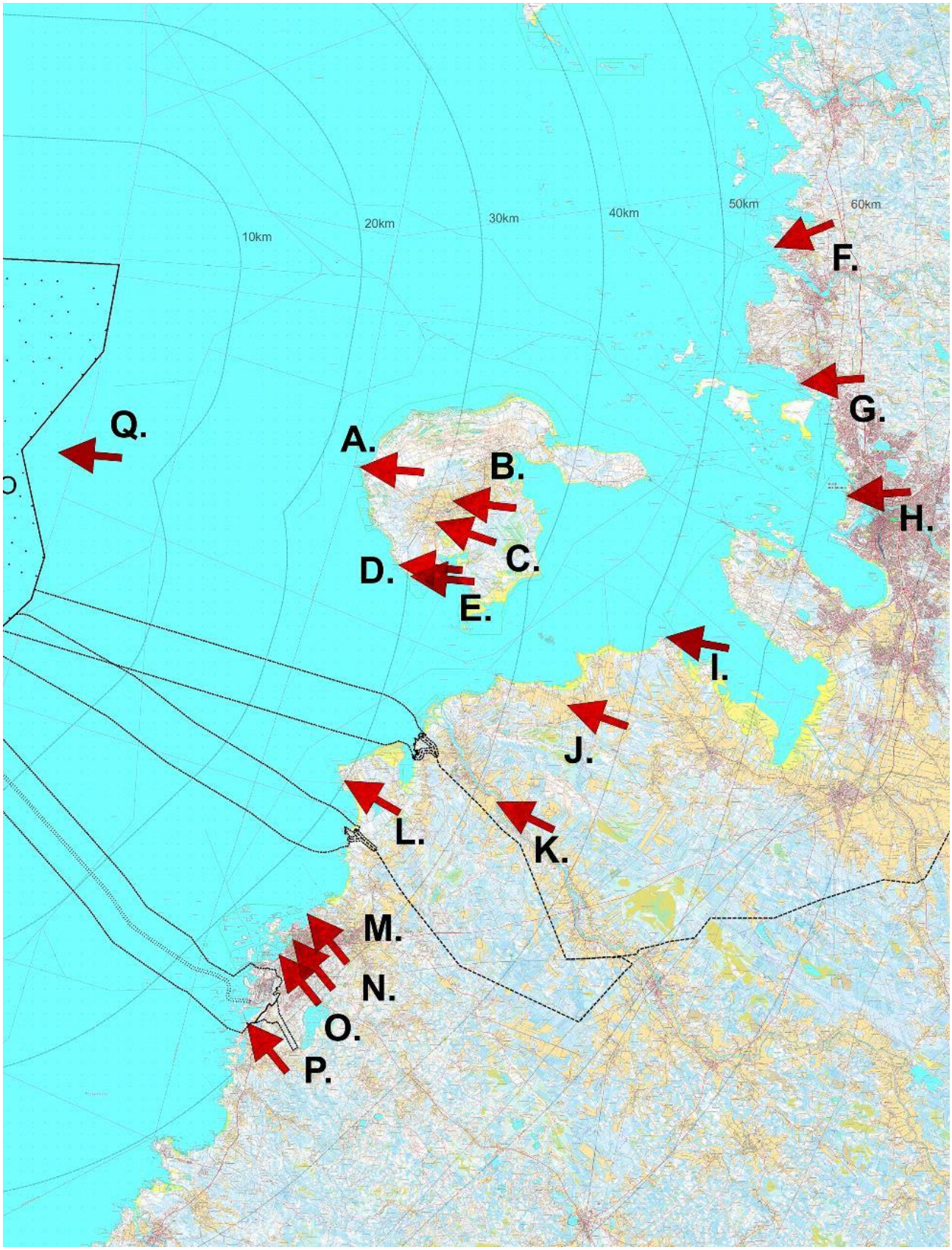
Tuulivoimalan suuren koon ja suurten etäisyyksien takia havainnekuvat on tehty objektiivien eri polttovälillä, jotka on osoitettu 35 mm kinofilmin vastaavuudella. Kuvasovitteissa 16 mm objektiivi vastaa koettua ympäristöä sekä kuinka kohde asettuu maisemaan ja 50 mm objektiivilla otettu kuva vastaa kohdistettua katsetta ja kohteen näkyvyyttä. Polttoväliä 50 mm pidetään normaalina kuvakulmana. Sitä pienemmät polttovälit kuten 16 mm ja 28 mm ovat laajakulmaisia objektiiveja. Vastaavasti isommat polttovälit kuten 100 mm tai 400 mm ovat teleobjektiiveja ja kuvat vastaavat kohteiden katsomista kiikareilla.

Kuvanottopaikat on valittu pääosin tuulivoimapuiston näkyvyyden mukaan. Valinnoissa on myös huomioitu otosten edustavuus, kohteen merkittävyys ja esitetyt toiveet. Voimalat on mallinnettu tietokoneella mittatarkasti valokuvasovitteisiin ja voimalat on usein sijoitettu yleisimmän tuulensuunnan mukaisesti, kohti lounasta. Mikäli kuvakulma on ollut sivusta, on havainnekuviin muutettu voimaloiden suunta tarpeen mukaisesti.

Kuvissa usein taivas näyttäytyy kirkkaana ja on väritykseltään vaalea, mikäli aurinko tai kirkkaat pilvet ovat voimaloiden takana, jolloin voimalat tulevat tummina esille vaaleata taustaa vasten. Kesällä tummansinistä taivasta vasten tuulivoimalat näyttävät usein vastaavasti vaaleilta. Ilmiö näkyy esimerkiksi koivunrungoissa, jotka ovat usein vaaleita tummaa metsää vasten, mutta vaikuttavat tummilta kirkasta taivasta vasten. Voimaloiden ja taustan väliseen kirkkauseroon vaikuttaa myös valon suunta. Voimakas valo tuulivoimalan takaa saa ne näyttämään tummilta ja vastaavasti voimakas valo edestä saa ne näyttämään vaaleammilta. Mallinnuksessa on huomioitu myös valokuvan ottohetkellä ollut valaistus.

Viidenkymmenen kilometrin etäisyydeltä tai kauempaa otettuihin havainnekuviin on laajakulmaisen 16 mm ja normaalin 50 mm lisäksi mallinnettu 100 mm ja 400 mm objektiivien kuviin laaditut havainnekuvat. Näistä 100 mm objektiivi vastaa suurin piirtein silmän erottelutarkkuutta ja 400 mm objektiivi vastaa kahdeksan kertaa suurentavilla kiikareilla katsomista.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-12. Havainnekuvien kuvanottopaikat. Nuolen kärki osoittaa kuvanottopaikan ja nuolen suunta kuvaussuunnan. Kirjain nuolen vieressä viittaa havainnekuvaan.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapeli ja vetyputki

Merikaapeli ja vetyputki sijaitsevat merenpohjassa ja ranta-alueella ne kaivetaan maan sisään. Ranta-alueen hiekkapinta ja ruohokasvillisuus palautuvat rakentamisen jälkeen ennalleen. Tämän takia merikaapelista ja vetyputkesta ei muodostu merkittäviä maisemallisia vaikutuksia.

Maisemalliset vaikutukset alle 20 kilometrin etäisyydelle.

Alle 20 kilometrin etäisyydellä ei sijaitse saaristoa vaan maisemalliset vaikutukset kohdistuvatkin veneilijöihin ja muuhun merenkulkuun. Maisemalliset vaikutukset ovat voimakkaimmillaan tuulivoimapuiston sisällä tai sen välittömässä läheisyydessä, jolloin tuulivoimalat hallitsevan maisemaa. Tuulivoimapuiston sisällä on tuulivoimaloiden lisäksi myös sähkön ja vedyn siirtoon ja varastointiin tarvittavaa infrastruktuuria sekä sedimentin läjitystä.

Havainnekuvassa Q (Kuva 4-13) näkyy alemmassa kuvassa keskellä keltaisena merisähköasema noin 8 kilometrin etäisyydeltä. Havainnekuvassa on näkymä tuulivoimapuistoon sen ulkopuolelta kolmen kilometrin etäisyydeltä lähimmästä voimalasta. Havainnekuvassa näkyy kuinka suuret tuulivoimalat hallitsevat merimaisemaa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-13 (Q.). Havainnekuva mereltä kohti tuulivoimapuistoa. Merisähköasema sijaitsee kuvan keskellä. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 3 kilometriä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tuulivoimapuiston sisällä tuulivoimalat ovat yli kilometrin etäisyydellä toisistaan, joten tuulivoimapuisto ei vaikuta tiheältä. Lähimmät voimalat hallitsevat aina suuren kokonsa johdosta maisemaa tuulivoimapuiston sisällä. Merisähköasema on merkittävästi pienempi rakennus tuulivoimaloihin verrattuna, jolloin niiden maisemallinen vaikutus rajoittuu niiden lähiympäristöön. Tuulivoimapuiston ulkopuolelta katsottuna niiden maisemallinen vaikutus onkin vähäinen. Vedyntuotantoasema on saman tyyppinen rakennelma kuin merisähköasema, jolloin senkin maisemalliset vaikutukset ovat myös saman tyyppiset. Vedyn tuotannolla tuulivoimalan tornin keltaisessa alaosassa on edellä mainittuja vaihtoehtoja vieläkin pienemmät maisemalliset vaikutukset. Mantereen suuntaan merituulivoimapuisto näyttää joka suunnasta suurin piirtein samanlaiselta ja yhtä laajalta.

Maisemalliset vaikutukset alle 30 kilometrin etäisyydelle.

30 kilometrin etäisyydellä sijaitsee Hailuodon saaren länsiosat ja mantereen Siikajoen kuntaan sijoittuva Teuvonniemen kärki. Hankkeen tuulivoimapuiston voimakkaimmat maisemalliset vaikutukset kohdistuvat lähimpänä sijaitsevalle Marjaniemen sataman alueelle (Kuva 4-14). Marjaniemen satamasta on lähimpään hankkeen tuulivoimalaan etäisyyttä 23,5 kilometriä, jonne voimalat näkyvät kuvan A (Kuva 4-15) mukaisesti. Tuulivoimapuistolla on leveyttä Marjaniemen suuntaan noin 40 kilometriä, jonka takia tuulivoimapuisto näkyy laajasti Marjaniemen merimaisemaan yli 60 asteen sektorilla.

Tuulivoimapuisto näkyy Marjaniemen pohjoispuolelle laajasti satama-altaan ja vähäisemmin eteläpuolisen avoimen hiekkarannan yli, koska satama suuntautuu luonaan ja lännen väliselle sektorille. Voimalat näkyvät satama-altaan yli satama-alueelle, kalahalliin, ravintolaan sekä joihinkin loma- ja matkailukäytössä oleviin rakennuksiin, joista avautuu maisema satama-altaan yli länteen. Niemen eteläpuolelle tuulivoimapuisto näkyy lähinnä rannan suuntaisesti sijoittuvalle kuuden rakennuksen ryhmään, ravintolan toiseen kerrokseen sekä majakalle. Kylämaisesti raitin varrelle sijoittuvat rakennukset sen sijaan ovat enemmän katveessa tuulivoimapuiston suuntaan. Kuvassa A (Kuva 4-15) on näkymä meren suunnasta, aallonmurtajan päältä, Marjaniemen rakennuksiin. Kuvan suunta on sama kuin tuulivoimapuiston suunnasta katsottaessa. Kuvassa näkyy kuinka satamasta, ulommaisista rakennuksista, ravintolarakennuksen toisesta kerroksesta ja majakasta avautuu esteetön näkymä tuulivoimapuiston suuntaan.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-14. Kuvassa näkyy Marjaniemen rakennuskantaa meren ja tuulivoimapuiston suunnasta katsottuna. Kuva on otettu sataman aallonmurtajan päältä 100 mm objektiivilla. Satama-allas ja luotsialus näkyvät kuvassa vasemmalla.

Marjaniemen eteläpuolella sijaitsevalta leirintäalueelta ei avaudu suoraa näkymäyhteyttä tuulivoimapuistoon hiekkarannan rantavallien takia. Tuulivoimalat kuitenkin näkyvät rantavallien päälle sekä aivan rantaan. Tuulivoimapuisto näkyy kaikkiin Hailuodon länteen avautuviin avoimiin hiekkarantoihin. Kuva 4-16 (D.) on näkymä noin kahdeksan kilometriä etelämpänä sijaitsevan Sunakarin kalasataman viereiseltä suojelualueen hiekkarannalta kohti tuulivoimapuistoa. Hankkeen tuulivoimalat ovat havaittavissa myös Hailuodon keskellä oleville peltoaukeille alle 30 kilometrin etäisyydelle, mutta parhaiten ne näkyvät vasta yli kolmenkymmenen kilometrin etäisyydelle.

Tauvon niemen hiekkarannoille tuulivoimapuisto näkyy luoteeseen suuntautuvan kuvan L (Kuva 4-17) mukaisesti. Tauvon uimaranta suuntautuu idän ja lounaan väliselle sektorille ja merituulivoimapuisto sijoittuu luoteeseen, eli oikealle puolelle uimarannasta katsoen. Tauvonniemen loma-asutus on etäämpänä rannasta puuston keskellä, joten niillä on heikompi näkymäyhteys hankkeen tuulivoimapuistoon. Tauvon satamasta ei myöskään ole suoraa näkymäyhteyttä tuulivoimapuistoon korkeiden rantavallien takia. Hiekkarantojen yhteydessä usein sijaitsevat korkeat rantavallit peittävätkin tehokkaasti näkymäyhteyttä. Kuva 4-17) näkyy alueen laajoille hiekkarannoille tyypillisiä rantavalleja.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-15 (A.). Havainnekuva Hailuodon Marjaniemen Satamasta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 22 kilometriä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-16 (D.). Havainnekuva Hailuodon Kalasataman uimarannalta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 29 kilometriä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-17 (L.). Havainnekuva Siikajoen Tauvon sataman uimarannalta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 30 kilometriä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkittävimmät maisemalliset vaikutukset alle 30 kilometrin etäisyydelle kohdistuvat Hailuodon länsirannan avoimille ranta-alueille sekä Tauvonniemen ranta-alueille. Hailuodon länsirannan avoimille ranta-alueille hankkeen maisemalliset vaikutukset ovat voimakkaat ja Tauvon hiekkarannalle kohtalaiset.

Maisemalliset vaikutukset alle 40 kilometrin etäisyydelle.

40 kilometrin etäisyydelle sijoittuu suurin osa Hailuotoa, Santosin alue pois lukien, sekä Siikajoen kunnan länsiosat sekä Raahen keskeinen kaupunki- ja taajama-alue.

Hailuodon ranta-alueet ovat yli 30 kilometrin etäisyydellä paremmin tuulivoimapuiston näkymisen katvealueilla suuntautuen enemmän etelään ja itään. Eteläosan Syökarin länsirannoilta avautuu vielä näkymäyhteys hankkeen tuulivoimapuistoon. Hailuodon kirkonkylän pohjoispuoleisilta peltoaukeilta muodostuu myös näkymäyhteys tuulivoimapuiston voimaloihin kuvan B (Kuva 4-18) mukaisesti. Myös kirkonkylän eteläpuolelta Koivukylän suunnasta avautuu näkymäyhteys kuvan C (Kuva 4-19) mukaisesti. Tuulivoimapuisto sijaitsee kuitenkin yli kolmenkymmenen kilometrin etäisyydellä, jolloin välissä oleva puusto rajoittaa tehokkaasti näkymistä. Kuvista voi havaita tuulivoimapuistojen heikon näkyvyyden, koska vain lapojen kärjet voivat olla havaittavissa niiden korkeimmassa kohdassa, kun ne nousevat metsän rajan yläpuolelle.

Siikajoen kunnan alueella tuulivoimapuisto näkyy kaikille länteen suuntautuville avoimille ranta-alueille. Sisämaan peltoaukeilta voi avautua yksittäisiä näkymäyhteyksiä joihinkin tuulivoimaloihin, mutta etäisyyksien ja näkymäyhteyttä rajoittavan puuston takia maisemalliset vaikutukset ovat vähäisemmät kuin ranta-alueille (vrt. Kuva 4-22 (J) ja Kuva K Liite 1).

Raahen pohjoisenpuoleisille ranta-alueille tuulivoimapuistosta on avoin näkymäyhteys Mikonkariin asti kuvan M (Kuva 4-20) mukaisesti. Tuulivoimalat näkyvät hyvällä säällä noin 35 kilometrin etäisyydellä. Sen eteläpuolella rikkonaisemman rannikon saariston ja niemien peittävä vaikutus heikentää näkymäyhteyttä.

Raahen kaupungin alueelle tuulivoimapuisto ei näy lukuun ottamatta metsäisiä pohjoisrantoja Vilpunkankaan ja sairaalan alueilla. Alueen metsäiset pohjoisrannat ovat pääosin loma-asutuskäytössä. Pikkulahden uimaranta on tuulivoimapuiston näkymisen katvealuetta aivan itänurkkausta lukuun ottamatta.

Keskustasta tai Pikkulahden ranta-alueilta ei avaudu näkymäyhteyttä hankkeen tuulivoimapuistoon kuvan N (Kuva 4-21) mukaisesti. Etelämpänä Isolahden ranta-alueille muodostuu pieniä näkymisen sektoreita. Kuvassa O (Liite 1) on näkymä Isolahden Varvinrannan uimarannalta kohti merituulivoimapuistoa. Saarten välistä avautuu havainnekuvassa kapea näkymäsektori hankkeen tuulivoimaloihin.

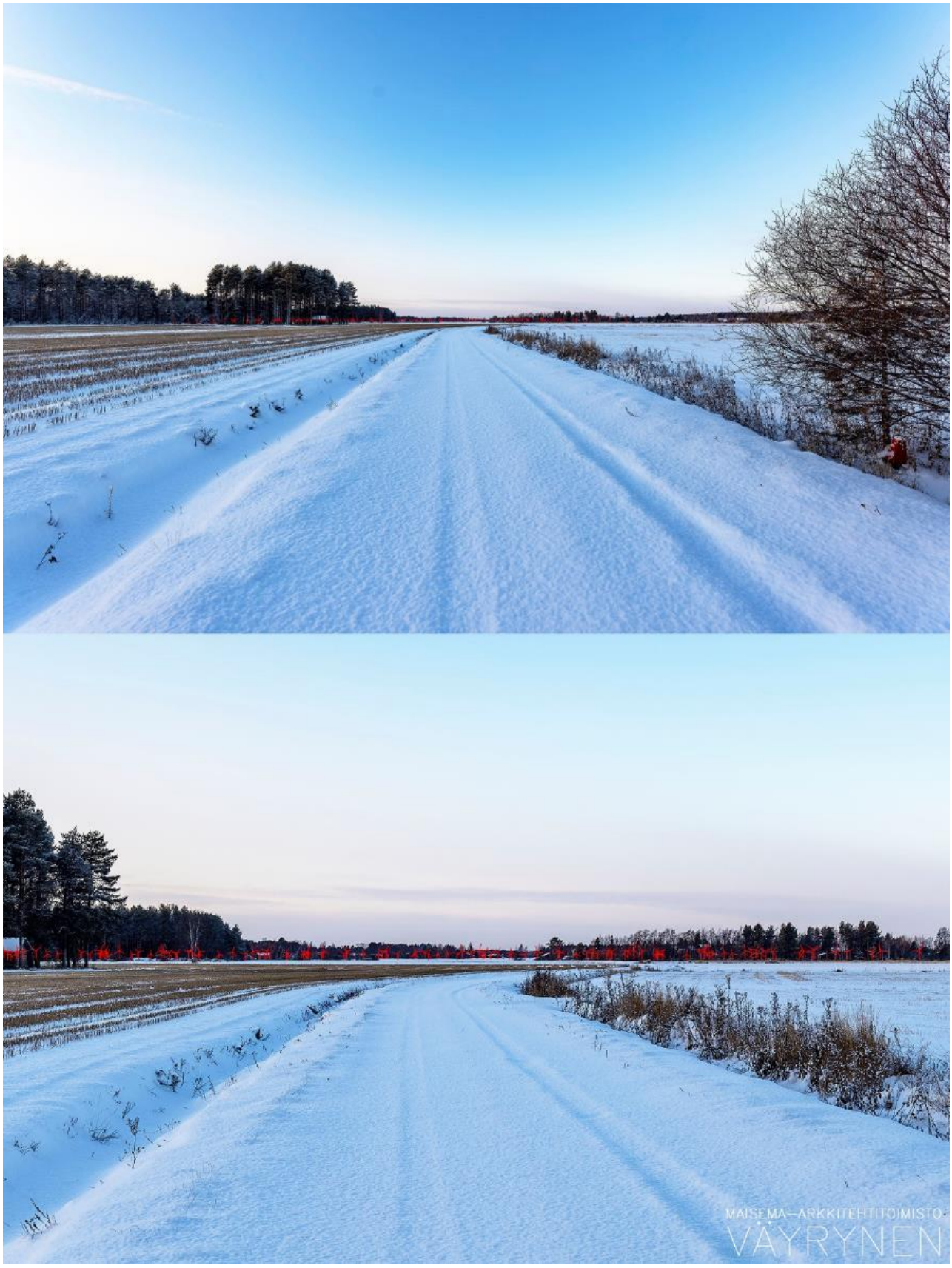
Raahen keskustan eteläpuolelle tuulivoimapuisto näkyy parhaiten luoteeseen suuntautuville ranta-alueille. Ranta-alueet ovat pääosin metsäisiä, jotka ovat loma-asutuskäytössä. Raahen terästehtaan alueella hankkeen tuulivoimapuisto näkyy satama-alueelle. Tehtaanpuoli on läjitysten ja teollisuusrakennusten muodostamalla katvealueella. Havainnekuvassa P (Liite 1) on näkymä Raahen terästehtaan eteläpuoleisen makeanveden padolta kohti merituulivoimapuistoa.

Maisemallisia vaikutuksia alle 40 kilometrin etäisyydelle muodostuu pääosin länteen suuntautuville Siikajoen ja Raahen ranta-alueille. Raahen keskusta-alue on saarten ja niemien muodostamassa katveessa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-18 (B.). Havainnekuva Hailuodon Järventakustasta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 32 kilometriä. Voimaloiden sijainnin hahmottamiseksi voimalat on merkitty punaisella.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-19 (C.). Havainnekuva Hailuodon Piilistä kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on yli 31 kilometriä. Voimaloiden sijainnin hahmottamiseksi voimalat on merkitty punaisella.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-20 (M.). Havainnekuva Raahen Mikonkarin kohdalta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 34 kilometriä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-21 (N.). Havainnekuva Raahen Rantakadulta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 35 kilometriä. Voimaloiden sijainnin hahmottamiseksi voimalat on merkitty punaisella.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Maisemalliset vaikutukset alle 50 kilometrin etäisyydelle.

Alle 50 kilometrin etäisyydellä sijaitsevat Hailuodon Santosin alue, joitain Oulun edustan saaria Hietakariin asti, Siikajoen kunnan pohjoisosien ranta-alueet sekä Siikajoki Revonlahteen asti, Raahe Kopsaan asti, Lumijoen länsireuna sekä Pyhäjoen ranta-alueet.

Maisemalliset vaikutukset kohdistuvat edelleen merenranta-alueille. Hailuodon Santosin ranta-alueille tuulivoimapuisto näkyy Hailuodon puuston yli, jolloin niistä on näkyvissä vain voimaloiden lavat niiden korkeimmassa kohdassa. Santosin ranta-alueet suuntautuvat pohjoiseen ja etelään, jolloin lännessä sijaitseva tuulivoimapuisto näkyy pääosin rannan suuntaisesti.

Siikajoen kunnan pohjoisrannoille vaikutukset ovat samansuuntaiset kuin länsiosalle, mutta suuremman etäisyyden takia vähäisemmät. Siikajoen Karinkannan ja Siikajoen jokilaakson laajoille peltoaukeille muodostuu näkymäyhteys tuulivoimaloihin havainnekuvien J (Kuva 4-22) ja K (Liite 1) mukaisesti. Havainnekuviin on punaisella osoitettu voimaloiden sijainti niiden heikon näkymisen takia. Voimaloista on näkyvissä puiden väleistä vain lapojen kärjet niiden korkeimmassa kohdassa. Vaikka voimalat olisivatkin havainnoitavissa sisämaan laajoista peltoaukeilta niiden heikon näkyvyyden ja pitkien etäisyyksien takia maisemalliset vaikutukset ovat hyvin vähäiset.

Pyhäjoen ranta-alueille hankkeen maisemalliset vaikutukset ovat samanlaiset kuin Raahessa, mutta pitemmän etäisyyden takia vähäisemmät. Hankkeen tuulivoimapuisto näkyy pohjoisen suunnassa kapeampana kuin idästä tuulivoimapuistoon katsottaessa.

Maisemallisia vaikutuksia muodostuu pääosin vain meren ranta-alueille. Pitkien etäisyyksien takia maisemalliset vaikutukset ovat kuitenkin vähäiset.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-22 (J.). Havainnekuva Siikajoen Karinkankaasta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 45 kilometriä. Voimaloiden sijainnin hahmottamiseksi voimalat on merkitty punaisella.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Maisemalliset vaikutukset yli 50 kilometrin etäisyydelle.

Yli 50 kilometrin etäisyydellä sijaitsee Iin, Oulun, Lumijoen ja Kalajoen ranta-alueet. Maisemallisia vaikutuksia voi muodostua näin pitkälle etäisyydelle vain meren ranta-alueille.

Havainnekuvissa F (Liite 1), G (Kuva 4-27 ja Kuva 4-28), H (Kuva 4-25 ja Kuva 4-26) ja I (Kuva 4-23 ja Kuva 4-24) on käytetty tavallisten objektiivien lisäksi 100 mm, joka vastaa karkeasti silmän erottelukykyä ja 400 mm, joka vastaa kiikareilla tehtävää havainnointia (Kuvat Kuva 4-24, Kuva 4-26 ja Kuva 4-28). Näitä objektiiveja on käytetty suurien etäisyyksien havainnollistamiseen. Tuulivoimalat voivatkin olla havaittavissa paljaalla silmällä suurissa etäisyyksissä, jos olosuhteet ovat erittäin hyvät. Niiden maisemalliset vaikutukset jäävät usein kuitenkin vähäisiksi.

Näissä teleobjektiivin kuvaan laadituissa havainnekuvissa näkyy maapallon kaarevuudesta johtuva voimaloiden jääminen osittain tai kokonaan horisontin alapuolelle. Esimerkiksi kuvassa F (Liite 1) lähin voimala on 55 kilometrin etäisyydellä ja kaukaisin noin 84 kilometrin etäisyydellä. Tällöin kaukaisin voimala on jo kokonaan horisontin alapuolella.

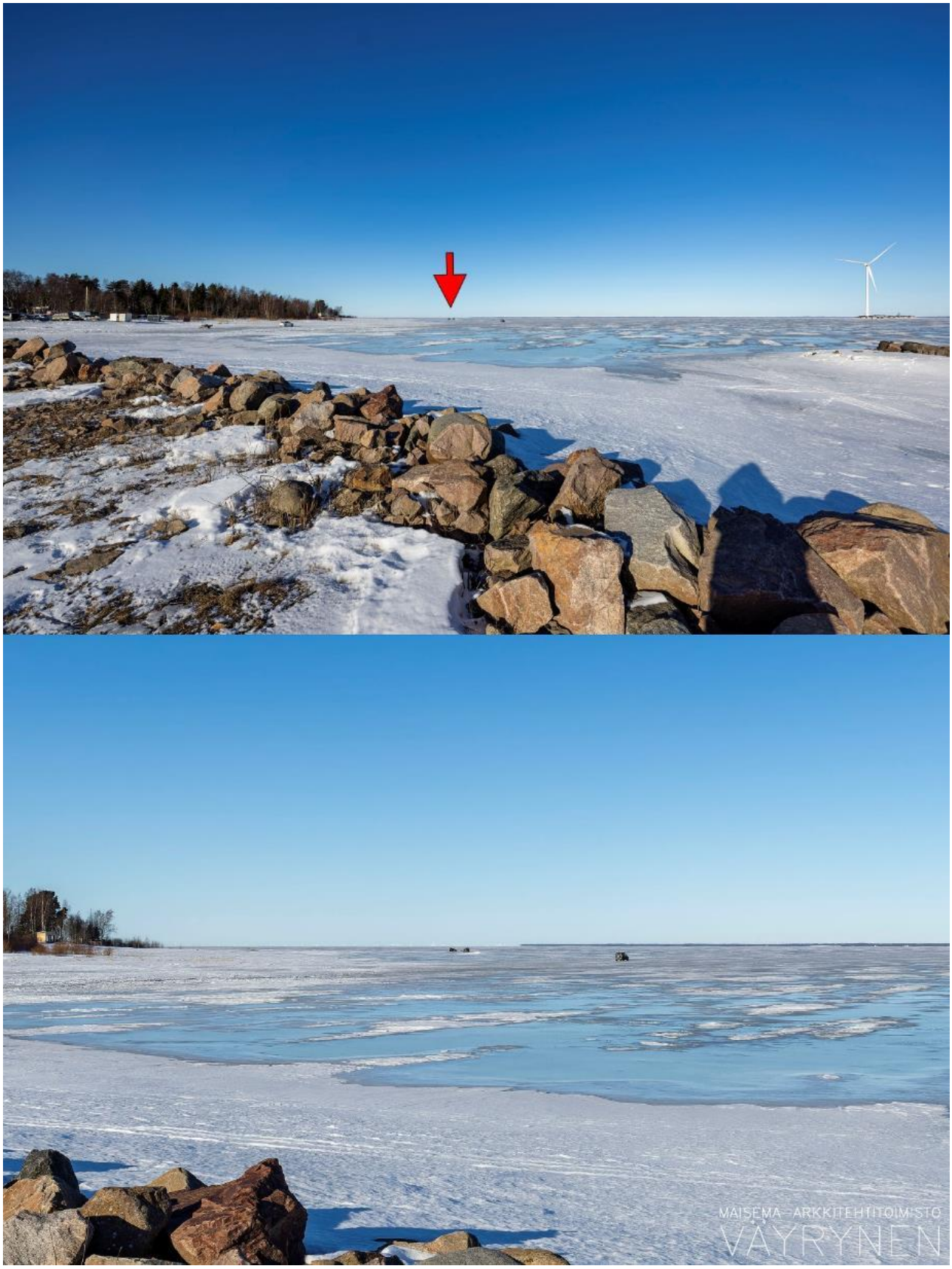
Kuvan F. valaistusolosuhteet eivät ole parhaat mahdolliset voimaloiden näkymisen kannalta, koska aurinko paistaa voimaloiden takaa, jolloin voimalat ovat ympäristöään tummemmat. Kuva 4-24) on päinvastainen tilanne, koska aurinko paistaa katsojan takaa ja valo heijastuu takaisin voimaloista, jolloin ne erottuvat paremmin ympäristöään kirkkaimpina. Idän suunnasta katsottuna voimalat erottuvat parhaiten aamulla ja keskipäivällä, jolloin roottoreiden lavat voivat suunnan mukaan erottua kirkkaina taustaa vasten. Iltapäivällä ja illalla aurinko on enemmän voimaloiden takana, jolloin voimalat erottuvat tummempina taustaa vasten, jolloin niiden näkyvyys on vastaavasti heikompi.

Lumijoen kunnan pohjoisranta on yli viidenkymmenen kilometrin etäisyydellä Vatunginnokkaa lukuun ottamatta katvealueella. Kuva 4-23) on näkymä Vatunginnokasta tuulivoimapuistoa kohti. Havainnekuvista näkyy suuresta etäisyydestä johtuva voimaloiden heikko näkyminen horisontin yläpuolella. Voimalat voi erottaa vain hyvissä sääolosuhteissa.

Yli 60 kilometrin etäisyydelle Limingan kunnan kohdalla Liminganlahden rannikolla on voimalat voivat olla havaittavissa lahden pohjukan pohjois- ja keskiosassa Hailuodon yli. Voimaloista on havaittavissa vain niiden lavat korkeimmassa kohdassaan noin 65 kilometrin etäisyydeltä. Vastaava tilanne on Oulun Nallikarista laaditussa havainnekuvassa H. Pitkän etäisyyden takia maisemalliset vaikutukset ovatkin vähäiset. Oulunsalon niemestä Liminganlahden puolelta avautuu kapea avoin näkymäsektori tuulivoimaloita kohti Hailuodon eteläpuolelta. Tuulivoimapuisto on suurimmalta osin Hailuodon takana, jolloin voimaloista näkyy väin lapojen kärjet niiden ylimmässä kohdassa. Kempeleenlahti on näkymisen katvealueella.

Tuulivoimapuisto näkyy Oulun kaupunkialueelle suiston edessä oleville saarten ranta-alueille Hailuodon yli. Havainnekuvassa H (Kuva 4-25) on näkymä Nallikarin uimarannalta kohti tuulivoimapuistoa. Pitkän etäisyyden takia voimalat erottuvat kunnolla vasta kiikareilla katsottaessa eli 400 mm objektiivin havainnekuvassa (Kuva 4-26). Havainnekuvan olosuhteet ovat hyvät näkymisen kannalta, aamuaurinko havainnoitsijan takana ja matala ilmankosteus. Havainnekuvassa H (Kuva 4-26) näkyy oikealla noin 125 metriä korkea Hailuodon Huikku Tuulivoima Oy:n voimala 16 kilometrin etäisyydellä. Sen takana erottuu yli 63 kilometrin etäisyydellä hankkeen tuulivoimaloiden lapoja Hailuodon puuston yläpuolella. Tuulivoimapuisto voi näkyä erittäin hyvissä olosuhteissa myös keskustan korkeimpiin rakennuksiin, joista avautuu esteetön näkymä Perämerelle. Pitkien etäisyyksien ja heikon näkyvyyden takia maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset Oulun kaupunki- ja taajama-alueelle.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-23 (I.). Havainnekuva Vatungin satamasta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 52 kilometriä. Yläkuvassa oikealla näkyy Lumituuli Oy:n Vatungissa sijaitseva voimala alle kilometrin etäisyydellä. Tuulivoimapuiston sijainti on osoitettu kuvassa nuolella.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-24 (I.). Havainnekuva Vatungin satamasta kohti tuulivoimapuistoa edellisen kuvan kohdalta. Ylä-kuvan objektiivi 100 mm ja alakuvan 400 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 52 kilometriä. Ylempi kuva vastaa karkeasti silmän erottelutarkkuutta ja alempi kuva vastaa kahdeksan kertaa suurentavia kiikareita.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-25 (H.). Havainnekuva Nallikarin uimarannasta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 63 kilometriä. Tuulivoimapuiston sijainti on osoitettu kuvassa nuolella.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-26 (H.). Havainnekuva Nallikarin uimarannasta kohti tuulivoimapuistoa edellisen kuvan kohdalta. Yläkuvan objektiivi 100 mm ja alakuvan 400 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 63 kilometriä. Ylempi kuva vastaa karkeasti silmän erottelutarkkuutta ja alempi kuva vastaa kahdeksan kertaa suurentavia kiikareita. Kuvassa vasemmalla näkyy yksi Hailuodon Huikku Tuulivoima Oy:n voimala noin 16 kilometrin etäisyydellä. Hallan tuulivoimaloiden lapoja näkyy vaaleana horisontissa metsänrajan yllä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-27 (G.). Havainnekuva Kiviniemen satamasta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 58 kilometriä. Tuulivoimapuiston sijainti on osoitettu kuvassa nuolella.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-28 (G.). Havainnekuva Kiviniemen satamasta kohti tuulivoimapuistoa edellisen kuvan kohdalta. Yläkuvan objektiivi 100 mm ja alakuvan 400 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 58 kilometriä. Ylempi kuva vastaa karkeasti silmän erottelutarkkuutta ja alempi kuva vastaa kahdeksan kertaa suurentavia kiikareita.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oulun kaupunkialueella suiston saaret ja pohjoispuolella Kraaselista alkava pieni saariston ketju peittävät tehokkaasti ranta-alueiden näkymäyhteyttä tuulivoimaloihin. Havainnekuvassa G (Kuva 4-28) erottuu 400 mm objektiivilla, eli kiikareilla tarkasteltuna, pieni avoin näkymäsektori Kiviniemen satamasta tuulivoimapuistoon välissä sijaitsevien saarten keskeltä. Tuulivoimaloiden lapojen kärjet erottuvat heikosti myös matalampien saarten yläpuolella. Haukiputaasta pohjoiseen ranta muuttuu rikkonaisemmaksi, mutta saarten osuus vähenee, jolloin tuulivoimapuistoon muodostuu enemmän avoimia näkymisen sektoreita. Havainnekuvassa F (Liite 1) on avoin näkymä Haukiputaan Martinniemeltä hankkeen tuulivoimapuistoon.

Haukiputaan pohjoispuolella metsäiset rannat ovat pääosin loma-asutuskäytössä ja taajamat sekä kirkonkylät sijoittuvat jokien varsille. Tämän johdosta maisemalliset vaikutukset kohdistuvatkin yleensä loma-asuinpaikkojen ranta-alueille. Kuivaniemestä pohjoiseen rikkomaisen rannan eteen asettuu pieni saaristojen ketju, joka peittää näkymäyhteyttä merituulivoimapuistoon. Etäisyys merituulivoimapuistoon on yli 55 kilometriä, minkä johdosta maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.

Kemin Sauvosaaren kaupunginosa sijaitsee aivan meren rannassa ja sieltä avautuu noin 65 kilometrin etäisyydeltä kapea avoin näkymäyhteys tuulivoimapuistoon. Tuulivoimapuisto näkyy kapealta sektorilta Ajoksen saaren länsipuolelta Ajos Wind Oy:n merituulivoimapuiston takana. Kemin ja Tornion uloimmaiset niemet, josta on näkymäyhteys merituulivoimapuiston alueelle, ovat teollisuuskäytössä, minkä takia niiden maiseman muutoksen sietokyky on tavallista suurempi. Pitkän etäisyyden ja heikon näkymäyhteyden takia maisemalliset vaikutukset Kemin ja Tornion alueelle ovat kuitenkin vähäiset.

Voimaloiden maisemalliset vaikutukset yli 50 kilometrin etäisyydelle ovat vähäiset pitkien etäisyyksien takia. Voimalat voivat olla havainnoitavissa meren ranta-alueilta vain erittäin hyvissä olosuhteissa näkyvyyden kannalta.

Vaikutukset asutukselle ja loma-asutukselle

Alueen kaupunkien ja kirkonkylien keskustat ja taajama-alueet ovat pääosin hankkeen tuulivoimapuiston näkymisen katvealueille, jolloin maisemallisia vaikutuksia kohdistuu lähinnä yksittäisille asuinpaikoille laajojen peltoaukeiden yhteydessä tai meren ranta-alueilla.

Hankkeen vaikutusalueella meren ranta-alueilla on runsaasti loma-asuinpaikkoja, joihin kohdistuu maisemallisia vaikutuksia. Voimakkaimmat vaikutukset kohdistuvat Hailuodon länsirannan loma-asutukselle, joka sijaitsevat avoimella ranta-alueella. Kohtalaisia maisemallisia vaikutuksia kohdistuu mantereen puolella Siikajoen ja Raahen pohjoisosien ranta-alueiden loma-asutukselle, joista avautuu esteetön näkymä kohti Hallan tuulivoimapuistoa. Maisemallisia vaikutuksia kohdistuu laajasti myös muihin merenrannan loma-asuinpaikkoihin, mutta pitkien etäisyyksien takia maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.

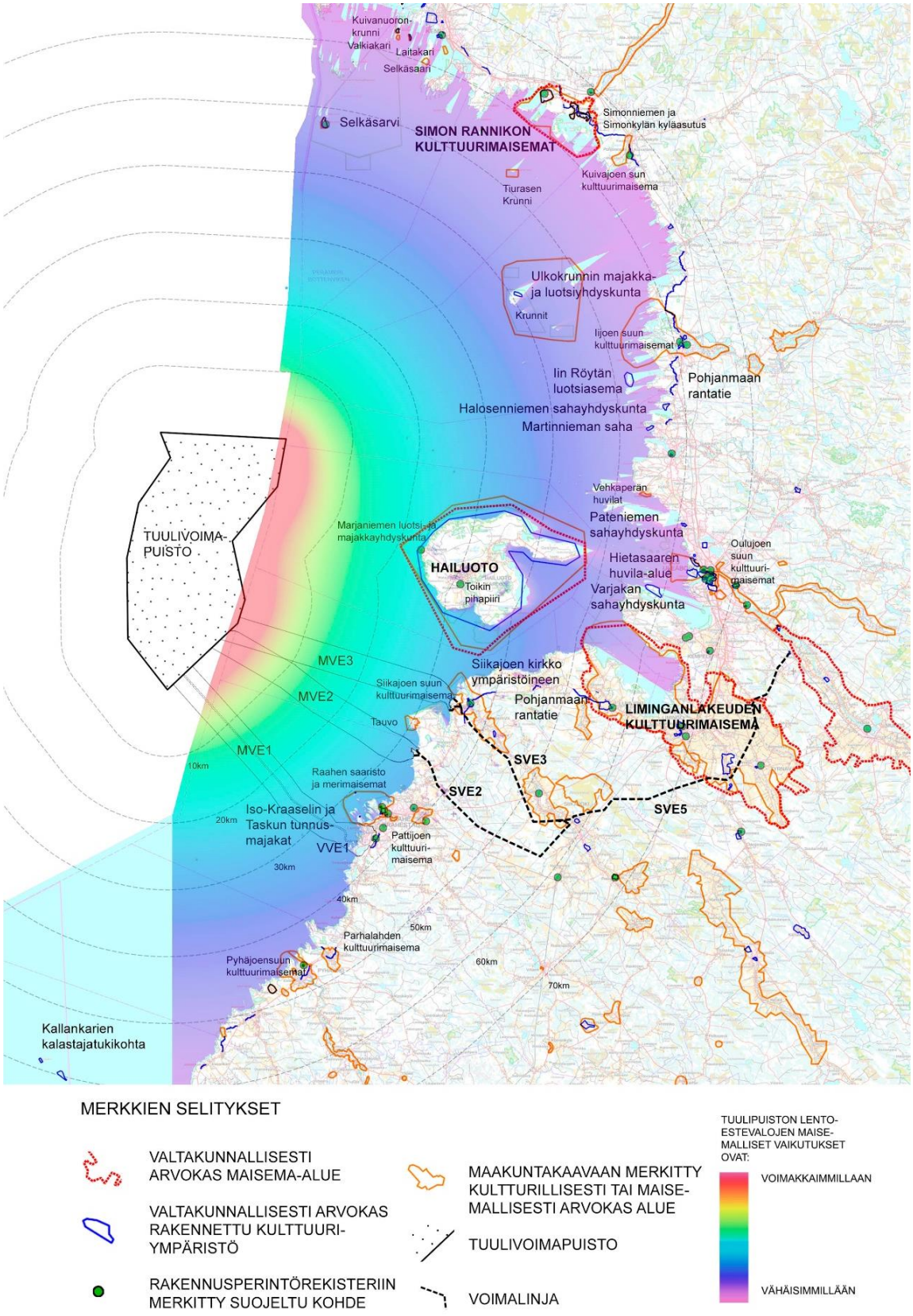
Hankkeen maisemalliset vaikutukset matkailulle

Merkittävimmät maisemalliset vaikutukset kohdistuvat Marjaniemen satamalle ja leirintäalueelle. Vähäisempiä maisemallisia vaikutuksia kohdistuu muulle Hailuodon matkailulle kokonaisuudessaan sekä Siikajoen ja Raahen alueen matkailulle.

Maisemalliset vaikutukset arvokohteisiin

Hankkeen merituulivoimaloilla on maisemallisia vaikutuksia valtakunnallisesti arvokkaalle maisema-aluille ja rakennusperinnölle, suojellulle rakennusperinnölle, maakunnallisesti arvokkaille maisema-alueille ja muille kulttuurihistoriallisia tai maisemallisesti arvokkaille kohteille (Kuva 4-29).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-29. Lähimmät kulttuuriympäristön arvokohteet sekä näkymäalueanalyysi vaihtoehdossa VE1.

Lähin valtakunnallisesti arvokas maisema-alue ja samalla rakennettu kulttuuriympäristö on Hailuoto.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Perämerellä sijaitseva Hailuoto on luonnon- ja kulttuuripiirteiltään ainutlaatuinen saari, jossa yhdistyvät maankohoamisrannikon luontotyypit sekä omaleimainen kalastuksen, karjatalouden ja maanviljelyn leimaama kulttuurihistoria. Hailuodon nauhamainen asutusrakenne on säilynyt perinteisessä muodossaan ja saarella on runsaasti vanhaa talonpoikaista rakennusperintöä pihapiireineen. Alueen maaseutumaisemaan kuuluvat myös lajistollisesti huomattavat laidun- ja niittyalueet. Hailuodon kulttuurimaisemaa täydentävät vanhan kalastajakulttuurin jäljet sekä merenkulun perintö. Hailuoto on yksi Suomen 27 kansallismaisemasta. (Ympäristöhallinto 2021)

Hankkeen merituulivoimaloita lähimpänä sijaitsee avoin Marjaniemen satama-alue, jonne maisemalliset vaikutuksetkin ovat myös vastaavasti myös voimakkaimmat. Tuulivoimapuisto näkyy Marjaniemen kummaltakin puolelta, mutta pääosin satama-altaan yli. Tuulivoimapuiston vaikutus muuttaa alueen rakennettua maisemaa edelleen rakennetummaksi tuoden merelliseen maisemaan uuden elementin. Marjaniemen ajallisesti kerroksellinen teollinen kalastuselinkeinoon ja muuhun merenkulkuun liittyvä toiminta kasvattaa vastaavasti myös sen ympäröivän maiseman muutoksensietokykyä. Tämän johdosta tuulivoimapuiston maisemalliset vaikutukset Marjaniemen inventoiduille maiseman ja rakennetun kulttuuriympäristön arvoille ovat kuitenkin voimakkaat.

Hailuodon länsirannan valtakunnallisesti arvokkaalle maisemalle hankkeen maisemalliset vaikutukset ovat voimakkaat, muuttaen nykyisen luonnonmukaisen merimaiseman rakennetummaksi energiantuotannon maisemaksi. Hailuodon sisäosien avoimille peltoaukeille hankkeen maisemalliset vaikutukset ovat vähäisemmät tuulivoimaloiden heikomman näkyvyyden takia. Tuulivoimaloista on näkyvillä paikoittain peltoaukeilla vain lapojen kärjet niiden korkeimmassa kohdassa. Hailuodon metsäisyys vähentää myös voimakkaasti hankkeen näkyvyyttä. Etäisyys merituulivoimapuistosta Hailuotoon on lähimmillään noin 22 kilometriä Marjaniemeen ja etäisimmillään noin 46 kilometriä Santosen kalasatamaan. Kokonaisuudessaan hankkeen maisemalliset vaikutukset Hailuodon valtakunnallisesti arvokkaalle maisema-alueelle ovat kohtalaiset.

Yli 50 kymmenen kilometrin etäisyydellä sijaitsevalla valtakunnallisesti arvokkaalla Liminganlakeuden kulttuurimaisemalla on näkymäyhteys hankkeen tuulivoimaloihin Vatunginnokassa, Liminganlahden pohjoisosassa ja Oulunsalonniemen etelärannalla sekä Temmesjoen pohjoispuoleisella Limingan ja Kempeleen rannoilla. Etäisyys merituulivoimapuistoon on lähimmillään noin 50 kilometriä Vatunginnokassa ja noin 65 kilometriä Liminganlahden pohjukassa. Kuvassa I (Kuva 4-23) on näkymä Vatunginnokasta kohti tuulivoimapuistoa 52 kilometrin etäisyydeltä. Kuvista (Kuva 4-23 ja Kuva 4-24) voi havaita, että erittäin hyvissä olosuhteissa tuulivoimalat voivat olla havaittavissa. Pitkän etäisyyden takia maisemalliset vaikutukset Vatungissa ovat kuitenkin vähäiset ja kauempana ne vähenevät edelleen etäisyyden kasvaessa. Valtakunnallisesti arvokkaalla Liminganlakeuden kulttuurimaisemalle hankkeen maisemalliset vaikutukset ovat tämän takia vähäiset.

Hailuoto kokonaisuutena on merkittävä kulttuuriympäristö. Saaren maisemissa ilmentyvät ainutlaatuisella tavalla luonnon ja kulttuurin keskinäiset suhteet. Rakennettu ympäristö koostuu Ojakylän ja Kirkonkylän maanviljelyskylistä, kalastukseen liittyvistä Pajuperän, Iso Sunikarin ja Fiskin Sunikarin alueista sekä merenkulkuun liittyneestä Marjaniemen asutuksesta. (Museovirasto 2024a)

Hailuodon valtakunnallisesti arvokkaalle rakennusperintöön kuuluville maanviljelyskylille maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset ja kalastukseen liittyvistä kohteista Marjaniemelle ja Pajuperälle voimakkaat ja muille kohtalaiset. Kokonaisuudessaan maisemalliset vaikutukset valtakunnallisesti arvokkaalle rakennusperinnölle Hailuodolle ovat kohtalaiset.

Iso-Kraaselin ja Taskun tunnusmajakat kuuluvat myös valtakunnallisesti arvokkaaseen rakennusperintöön noin 34 kilometrin etäisyydellä. Taskun majakan kohdalta on avoin puuton näkymä merituulivoimapuistoon, kuten majakan huipultakin. Iso-Kraaselin alue on puustoisempi, mutta majakasta avautuu näkymäyhteys tuulivoimapuiston alueelle. Kohteet ovat luonteeltaan merenkulkuun liittyvää infrastruktuuria. Maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaiset Taskun majakalle ja vähäiset Iso-Kraaselin majakalle. Ulkokrunnin majakka- ja luotsiyhdyskunta sijaitsee noin 40 kilometrin etäisyydellä metsäisessä saaressa ja rakennuksista on heikko näkymäyhteys tuulivoimapuiston suuntaan. Hankkeen maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset. Selkäsarven

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kalastustukikohta Kemin edustalla sijaitsee noin 47 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta. Vaikka rakennuksista avautuu näkymäyhteys tuulivoimapuiston alueelle maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.

Iin Röyttän luotsiyhdyskunnan satamasta on näkymäyhteys merituulivoimapuistoon noin 52 kilometrin etäisyydeltä. Rakennuskanta on pääosin metsän katveessa tuulivoimapuiston suuntaan. Maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset pitkän etäisyyden takia. Martinniemen Sahan länsireunan aivan merenrannasta on avoin näkymäyhteys merituulivoimapuistoon noin 54 kilometrin etäisyydeltä kuvan F (Liite 1) mukaisesti. Muu alue on pääosin katveessa tuulivoimapuiston suhteen. Vähäisen näkyvyyden ja pitkän etäisyyden takia maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.

Valtakunnallisesti arvokkaaseen rakennusperintöön kuuluville Varjakan saarelle tuulivoimapuisto näkyy sen länsireunaan kapealta sektorilta viereisten saarten ja mantereen välistä Hailuodon takana noin 57 kilometrin etäisyydeltä. Pitkän etäisyyden ja vähäisen näkymisen takia maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset. Hietasaaren huvila-alue kuuluu myös valtakunnallisesti arvokkaaseen rakennusperintöön noin 63 kilometrin etäisyydellä kuvan H (Kuva 4-25) ottopaikan eteläpuolella. Pitkän etäisyyden ja vähäisen näkymisen takia maisemalliset vaikutukset ovat samoin vähäiset. Muut valtakunnallisesti arvokkaaseen rakennusperintöön kuuluvat kohteet ovat niin kaukana tai niistä on niin heikko näkymisyhteys, että hankkeen maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.

Hailuodon Marjaniemi ja Tolkin pihapiiri ovat myös rakennusperintörekisteriin merkittyjä suojeltuja kohteita. Marjaniemeä on käsitelty muissa yhteyksissä ja hankkeella ei ole näkymäyhteyttä Tolkin pihapiiriin.

Maakuntakaavoihin merkittyä arvokasta maisemaa tai kulttuuriympäristöä, joita ei ole aikaisemmin käsitelty ovat Tauvo, Raahen saaristo ja Siikajoen suu. Tauvo sijaitsee noin 28 kilometrin etäisyydellä tuulivoimapuistosta ja uimarannalta on avoin näkymäyhteys tuulivoimala-alueelle kuvan L (Kuva 4-17) mukaisesti. Hankkeen maisemalliset vaikutukset Tauvon kulttuurihistoriallisille arvoille ovat vähäiset mutta uimarannalle kohtalaiset. Raahen saariston pohjoisosan hankkeen suuntaan avautuville rannoille, kuten Taskun majakalle, maisemavaikutukset ovat kohtalaiset, muualle vähäiset. Hanke on havaittavissa Siikajoen suun kulttuurimaisemassa vain meren ranta-alueella noin 33 kilometrin etäisyydellä. Vähäisen näkyvyyden ja pitkän etäisyyden takia maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.

Inventoiduille arvokohteille maisemalliset vaikutukset ovat voimakkaimmat Marjaniemen satamalle ja Hailuodon länsirannalle, mutta kokonaisuudessaan kohtalaiset Hailuodon valtakunnallisesti arvokkaalle maisemalle ja rakennetulle kulttuuriympäristölle. Maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaiset myös valtakunnallisesti arvokkaalle rakennetulle kulttuuriympäristölle Taskun tunnusmajakalle. Muille inventoiduille arvokohteille maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.

Lentoestevalot

Pimeällä vuorokauden- ja vuodenajalla maisemalliset vaikutukset muodostuvat tuulivoimaloiden huomiovaloista. Lentoestevalojen lopullisen määrän ja voimakkuuden määrittää Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Todennäköisesti voimalan napakorkeudelle asetetaan yöllä tasaisesti palava, vähemmän häiritsevä punainen valo ja päiväaikaan valkoinen vilkkuva valo, jotka ovat vuonna 2020 voimaantulleen ohjeen mukaisia. Talvella valot näkyvät kauaksi, koska näkyvyyttä rajoittava ilmankosteus on pakkasten aikaan alhainen. Päivänvalossa käytettävät valot erottuvat kauempaa katsottuna heikosti. Ympäröivän valon vähentyessä valot erottuvat yhä selvemmin. Pimeässä voimaloista ei ole havaittavissa muuta kuin valot. Voimaloiden läheisyydessä valojen näkyvyysalue on pääosin samanlainen kuin roottoreilla, mutta alemman korkeuden johdosta näkyvyys kauemmaksi vähenee voimakkaammin saariston ja mantereen puuston peitteisyyden takia. Lentoestevalot voivat myös heijastua lähialueille matalalla olevasta pilviverhosta. Valojen havaittuun vilkkumiseen vaikuttaa myös vähäisessä määrin roottorinlapojen aiheuttama hetkellinen valon himmeneminen tai sammuminen, kun lapa kulkee valon edestä.

Pimeimpään vuoden- ja vuorokaudenaikaan lentoestevalojen havainnointiin vaikuttaa myös lähialueiden valaistus, johon vaikuttavat mm. taajamien, asutuspaikkojen ja teiden valaistus.

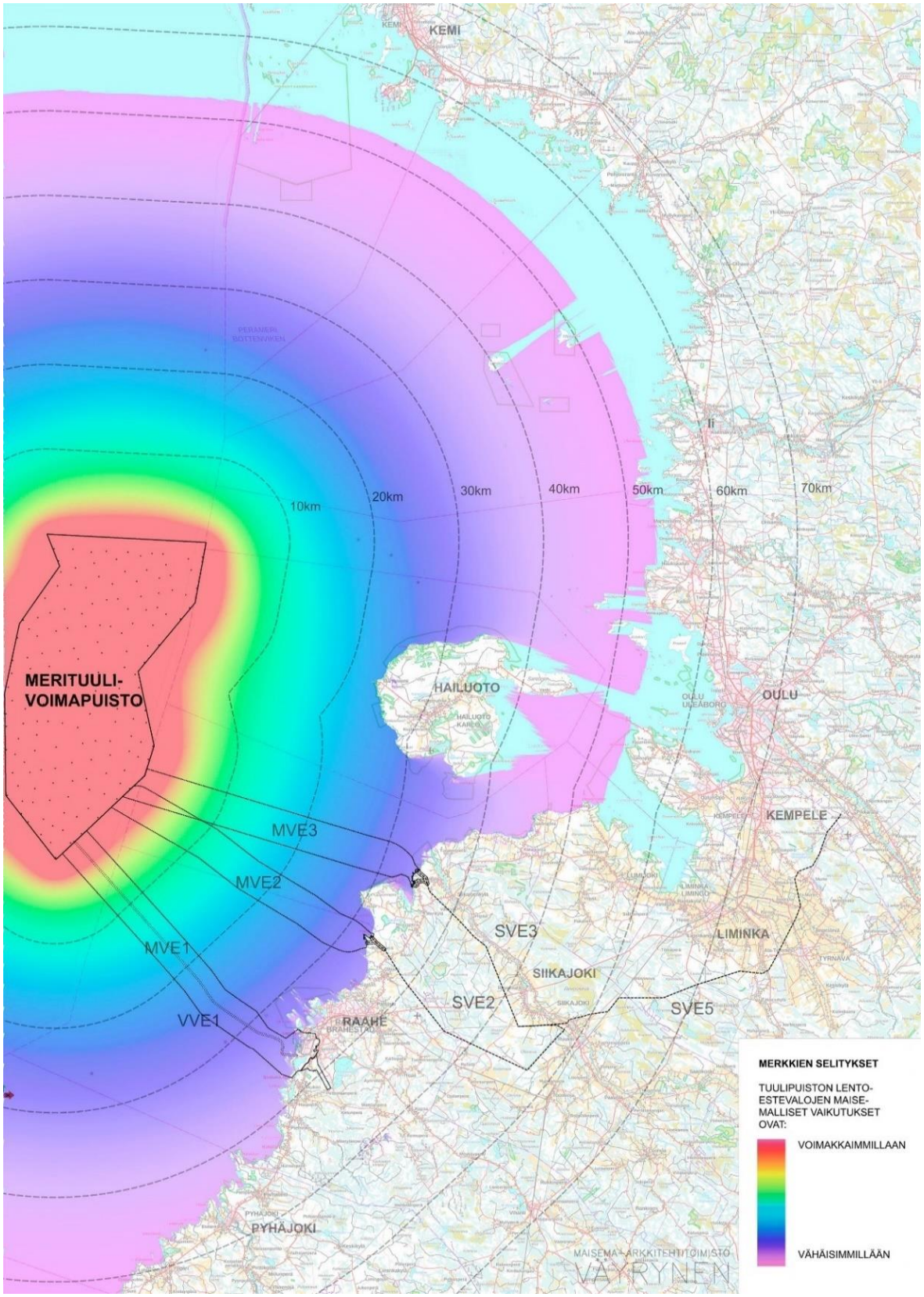
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankkeen tuulivoimapuiston valot näkyvät tuulivoimaloiden tavoin lähialueiden avoimen meren ja merenlahtien yli oheisen kuvan (Kuva 4-30) mukaisesti. Hankkeen lentoestevalojen maisemalliset vaikutukset ovat samansuuntaiset kuin tuulivoimaloilla. Valot näkyvät parhaimmillaan yli 50 kilometrin etäisyydelle merellä maapallon kaarevuuden takia. Tämän takia lentoestevalot voivat teoriassa näkyä Hailuotoon (Kuva 4-31 ja Kuva 4-32) sekä rannikolle Lumijoen Varjakasta Pyhäjoen Yppäriin. Liminganlahdesta pohjoiseen ranta on liian kaukana, jolloin lentoestevalot jäävät horisontin alapuolelle eivätkä voi näkyä missään olosuhteissa.

Yleisesti lentoestevalojen maisemalliset vaikutukset ovat vähäisemmät kuin päivisin erottuva roottorin lapojen pyörivä liike. Hankkeen tuulivoimapuiston maisemalliset vaikutukset ovatkin kohtalaiset Hailuodon länsirannalla ja vähäiset muualla.

Ilmailulaki (864/2014) on tullut 1.1.2025 voimaan myös Suomen talousvyöhykkeellä. Talousvyöhykkeelle sijoittuvien tuulivoimaloiden merkitsemiskäytännöt varmistetaan jatkosuunnittelussa ja luvituksessa yhteistyössä viranomaisen kanssa sekä noudattaen sen hetkistä lainsäädäntöä sekä kansainvälisiä standardeja.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-30. Näkymäalueanalyysi vaihtoehdon VE1 lentoestevaloista. Valot näkyvät väreillä merkityille alueille. Lentoestevalojen maisemallinen vaikutus on suurin punaisella merkityllä alueilla ja vähenee kohti violettia väriä spektrin värijärjestyksessä. Analyysissä on huomioitu etäisyys tuulivoimaloista ja näkyvien lentoestevalojen lukumäärä. Analyysin maisemallisten vaikutusten voimakkuus ei ole verrannollinen tuulivoimapuiston tuulivoimaloiden analyysiin.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-31 (A.). Havainnekuva Hailuodon Marjaniemen Satamasta kohti tuulivoimapuistoa yöllä. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 22 kilometriä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-32 (E.). Havainnekuva Hailuodon eteläkärjen Itänenän rannasta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 30 kilometriä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

4.3.2.2 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö

Tunnetut hylyt sijaitsevat riittävällä etäisyydellä merituulivoimapuistosta ja energiansiirtoreiteistä, ettei niiden alueelle sijoiteta hankkeen toimintoja ja näin ollen hankkeen toimintavaiheella ei arvioitu olevan suoria tai välillisiä vaikutuksia kohteisiin. Merituulivoimala ei aiheuta toimintavaiheessa merenpohjan häiriötä, kuten ei myöskään merikaapeli tai vetyputki. Merikaapelireitin MVE1 rantautumisalueella sijaitsevat muinaisjäännöskohteet huomioidaan huoltotöiden yhteydessä siten, ettei niihin kohdistu vaikutuksia.

4.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ovat samankaltaisia kuin rakentamisen aikana ja luonteeltaan väliaikaisia. Toiminnan loputtua merenpinnan yläpuoliset rakenteet puretaan, jolloin maisemalliset vaikutukset päättyvät. Merenpinnan alle jäävien rakenteiden osalta on mahdollista, ettei niitä kokonaisuudessaan pureta. Tällöin myös vedenalaisen kulttuuriperinnön kohteille aiheutuvat vaikutukset jäisivät pienemmiksi kuin tilanteessa, jossa kaikki vedenalaiset rakenteet täysimääräisesti purettaisiin, mistä aiheutuisi enemmän kiintoaineen leviämistä ympäristöön.

4.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Vaihtoehdossa VE0 merituulivoimapuistoa tai energiansiirtoreittejä ei rakenneta, joten muutosta nykytilaan ei muodostu, eikä sillä näin ollen ole maisemallisia vaikutuksia tai vaikutuksia muinaisjäännöksiin.

4.4 Yhteisvaikutukset

Merkittävimmät yhteisvaikutukset muodostuvat Ruotsin puolella sijaitsevien Polargrund Offshore -merituulivoimapuiston ja Bothnia Offshore Omega merituulivoimapuiston kanssa (katso lisätiedot luku 21.1.3). Polargrund Offshore hanke sijaitsee lähimmillään noin 2,8 kilometrin ja Bothnia Offshore Omega hanke noin 19 kilometrin etäisyydellä Hallasta. Suomen puolella sijaitsee myös suunnittelun alkuvaiheessa olevia merituulivoimahankkeita (kuvattu luvuissa 21.1.1 ja 21.1.2.). Merituulivoimapuistojen yhteisvaikutukset ovat voimakkaimmillaan niiden lähellä olevilla merialueilla ja vähenevät etäisyyden kasvaessa.

Polargrundin merituulivoimapuisto sijaitsee aivan hankkeen luoteispuolella muodostaen käytännössä yhden laajan merituulivoimapuistokokonaisuuden Hallan hankkeen kanssa tietyistä tarkastelukulmista katsottuna. Tuulivoimapuistoilla maisemallisia yhteisvaikutuksia muodostuu lännen ja pohjoisen väliselle sektorille. Voimakkaimmillaan maisemaan kohdistuvat yhteisvaikutukset ovat hankkeiden välisellä merialueella, missä ei ole kiinteitä katselukohteita. Hankkeiden etäisyys on kuitenkin yli 50 kilometriä Suomen mantereelle, minkä takia hankkeiden maisemalliset yhteisvaikutukset Suomen mantereelle ovat vähäiset.

Omegan merituulivoimapuiston kanssa Hallan merituulivoimapuistolla muodostuu maisemallisia yhteisvaikutuksia Suomeen Raahesta etelään Kalajoen suuntaan. Omegan merituulivoimapuisto sijaitsee kuitenkin lähes 70 kilometrin etäisyydellä Suomen rannikosta, minkä takia maisemalliset yhteisvaikutukset jäävät vähäisiksi. Hankkeiden yhteisiä maisemallisia vaikutuksia kohdistuu erityisesti niiden väliselle merialueelle, missä ei ole kiinteitä katselukohteita.

Hailuodon suunnasta katsottuna Ruotsin puolella sijaitsevat hankkeet sijoittuvat Hallan merituulivoimapuiston taakse. Lähempänä sijaitseva Polargrund on yli 50 kilometrin etäisyydellä Hailuodosta, minkä takia Ruotsin puolen hankkeiden yhteisvaikutukset Hailuodolle ovat vähäiset.

Siikajoen Tauvon sataman uimarannan suunnasta laaditussa havainnekuvassa (Kuva 4-34) Hallan tuulivoimalat on merkitty sinisenä ja Polargrundin sekä Omegan tuulivoimalat punaisina niiden heikon näkyvyyden takia. Havainnekuvasta näkyy, kuinka Ruotsin puolella olevat tuulivoimalat jäävät jo suurelta osin maisemassa horisontin taakse verrattuna Hallan voimaloihin, jotka ovat lähes kaksi kertaa lähempänä Tauvoa. Näin ollen Ruotsin puolen hankkeiden voimaloista näkyy Suomen rannikolle lähinnä vain lapojen ylimmät kärjet.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankkeen merituulivoimapuiston yhteisvaikutukset Polargrundin ja Omegan kanssa kohdistuvat voimakkaimmin hankkeiden välisille merialueille. Suomen rannikon tai saariston kannalta yhteisvaikutukset ovat vähäiset.

Suomen puolella sijaitsevat muut merituulivoimahankkeet ovat, Raahen ja Pyhäjoen edustalle sijoittuvaa Maanahkiaisen hanketta lukuun ottamatta, vasta suunnittelun alkuvaiheessa, jolloin hankkeista ei ole tarkempia suunnittelutietoja. Vireillä oleva Maanahkiaisen merituulivoimahanke sijaitsee lähellä rannikkoa, lähimmillään noin 4 kilometrin etäisyydellä mantereesta. Välimatka Maanahkiaisen ja Hallan tuulivoima-alueiden välillä on noin 27 kilometriä. Yhteisvaikutuksia maisemaan voisi muodostua Pyhäjoen rannikolle katsottaessa mantereelta pohjoisen-luoteen suuntaan. Hallan merituulivoimapuisto jää Maanahkiaisen taakse ja Maanahkiaisen tuulivoimalat näkyvät voimakkaimmin ja isompina sijoittuessaan lähemmäksi rannikkoa. Muualta esimerkiksi Raahesta tai Siikajoelta yhteisiä näkymiä Hallan ja Maanahkiaisen kanssa muodostuu pääosin eri näkymäsektoreille sekä näkyvät osittain myös eri ilmansuuntaan avautuville ranta-alueille. Maanahkiainen näkyy Raahesta katsottaessa noin kaksi kertaa lähempänä lounaan suunnassa ja Halla vastaavasti kauempana luoteen suunnassa. Siikajoelta katsottaessa Maahankiainen näkyy noin 30 kilometrin etäisyydellä lounaassa ja Halla näkyy samalla etäisyydellä lännen suunnassa. Koska rannikko suuntautuu myös lounaaseen, lounaassa sijaitseva Maanahkiainen näkyy Hallaa heikommin Siikajoen ranta-alueille. Tämän takia hankkeista ei muodostu merkittäviä yhteisvaikutuksia.

Yhteisvaikutukset muiden Suomen puolella sijaitsevien, suunnittelun alkuvaiheessa olevien hankkeiden kanssa voidaan arvioida tarkemmin vasta, kun hankkeet ovat pidemmällä. YVA-menettelyssä hankkeiden yhteisvaikutusten arvioinnin vastuu on sillä hankkeella, jonka YVA-menettely seuraa jäljessä eli edellä mainittujen Suomen puolen hankkeiden vastuulle jää huomioida Hallan hanke omissa YVA-menettelyissään. Yleisesti voidaan sanoa Hallan merituulivoimapuiston jäävän Pookin, Siikajoki-Hailuoto ja Raahe-Siikajoki hankkeiden tuulivoimapuistojen taakse mantereelta katsottaessa, jolloin nämä merituulivoimapuistot hallitsevat maisemaa enemmän. Ebban kanssa yhteisvaikutuksia muodostuu enemmän Kalajoen ja Pyhäjoen rannikolle, mistä katsoen Hallan merituulivoimapuisto jää enemmän taustalle pohjoiseen ja kyseiset muut hankkeet sijoittuvat lähemmäksi rannikon edustalle.

Ruotsin puoleisten tuulivoimapuistojen maisemalliset yhteisvaikutukset Hallan ja muiden Suomen puolen hankkeiden kanssa ovat voimakkaat merituulivoimapuistojen läheisyydessä sijaitsevilla merialueilla. Suomen rannikolle ja saaristolle ne ovat kokonaisuudessaan vähäiset pitkien etäisyyksien takia. Suomen puolella sijaitsevien, suunnittelun alkuvaiheessa olevien tuulivoimahankkeiden yhteisvaikutukset Hallan kanssa voivat olla mahdollisesti isommat riippuen hankkeiden toteutumisesta. Yleisellä tasolla, riippumatta tarkentuneista suunnittelutiedoista, Hallan merituulivoimapuisto jää muiden Suomen hankkeiden taakse kauemmaksi, jolloin lähempänä rannikkoa sijaitsevilla hankkeilla on todennäköisesti voimakkaammat yhteisvaikutukset keskenään.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-33 (L). Havainnekuva Siikajoen Tauvon sataman uimarannalta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys Hallan tuulivoimapuistosta on noin 30 kilometriä, Polargrundin tuulivoimapuistosta 58 kilometriä ja Omegan tuulivoimapuistosta 66 kilometriä. Heikon näkyvyyden takia Hallan voimaloiden sijainnit on esitetty sinisinä ja Polargrundin ja Omegan voimalat punaisina. Punaisella esitetyt voimalat jäävät suurimmaksi osaksi horisontin taakse eivätkä näy Suomen rannikolle.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

4.5 Rajat ylittävät vaikutukset

Lähimmät saaret Ruotsin puolella ovat Malören ja Sandskär, jotka sijaitsevat noin 40 kilometriä Hallan merituulivoimapuiston pohjoisreunasta pohjoiseen. Sandskärillä sijaitsee myös lähin asutus. Ruotsin rannikolle on matkaa tuulivoimapuiston alueelta lähimmillään noin 65 kilometriä.

Maisemallisten vaikutusten tarkastelualueeksi on määritelty tässä hankkeessa 35 kilometriä merituulivoimapuiston osalta, mitä voidaan pitää teoreettisena maksiminäkyvyysalueena. Vaikka voimalat voivat näkyä tätä kauemmaksi (yksittäinen lavan kärki voi näkyvä jopa noin 70 km etäisyydelle hyvien näkyvyysolosuhteiden vallitessa), eivät visuaaliset vaikutukset ole enää tätä etäämmällä merkittäviä maiseman arvojen tai erilaisten miljöötyyppien luonteen kannalta.

Hallan merituulivoimapuisto näkyy Ruotsin puolelta katsottaessa horisontissa ulkosaariston läheisyydessä. Hallan merituulivoimapuiston aiheuttama muutos Ruotsin puolen maisemassa arvioitiin kuitenkin vähäiseksi johtuen suhteellisen pitkästä etäisyydestä lähimpään saaristoon.

Yhteisvaikutuksia Hallan merituulivoimapuisto voi Ruotsin puolelle aiheuttaa mahdollisesti toteutuvien Polargrundin ja Omegan hankkeiden kanssa. Hallan merituulivoimapuisto sijoittuu Ruotsin rannikolta katsottaessa Polargrundin ja Omegan taakse noin 65 kilometrin etäisyydelle. Polargrundin hankkeen kanssa Halla näyttää osittain muodostavan yhteisen tuulivoimapuistojen kokonaisuuden, mutta Omegan kanssa Halla on selkeästi erillinen merituulivoimapuisto. Ruotsin aluevesille sijoittuvan Bores Kronan hankkeen maisemallisia yhteisvaikutuksia ei ole arvioitu, koska hankkeen voimalasijoittelu ei ole vielä tiedossa.

Halla sijoittuu Polargrundin ja Omegan taakse suurimmassa osassa näkymäsektoreita Ruotsin rannikon suuntaan. Ainoastaan pohjoiseen ja länteen suuntautuvissa kapeissa avoimissa näkymäsektoreissa Hallan merituulivoimapuisto voi vaikuttaa laajentavan merituulivoimapuistojen näkymisaluetta horisontissa. Pitkien etäisyyksien seurauksena näkyvyys on kuitenkin heikkoa ilmankosteuden ja maapallon kaareutumisen takia.

Voimakkaita maisemallisia yhteisvaikutuksia muodostuu lähinnä merituulivoimapuistojen läheisille merialueille sekä erityisesti Polargrundin ja Hallan välillä sijaitsevalle kapealle merialueelle, missä ei ole kiinteitä katselukohteita. Etäisyyden kasvaessa merituulivoimapuistojen maisemalliset yhteisvaikutukset vähänevät avomerellä.

Voimakkaita maisemallisia yhteisvaikutuksia muodostuu merituulivoimapuistojen läheisille merialueille. Pitkien etäisyyksien ja tuulivoimapuistojen keskinäisen sijainnin takia maisemalliset yhteisvaikutukset ovat Ruotsin rannikolle kuitenkin vähäiset.

Ruotsin puolelle kohdistuvia maisemallisia vaikutuksia on arvioitu kattavammin kansainvälistä kuulemista varten tehdyssä liitteessä Y4, missä on esitetty mm. havainnekuvia Ruotsin rannikolta.

4.6 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

4.6.1 Maisema ja kulttuuriympäristöt

Vaihtoehdossa VE0 ei muodostu maisemallisia vaikutuksia tai vaikutuksia muinaismuistoihin.

Hankevaihtoehdoissa tuulivoimaloiden maksimimitat ovat samat, mutta niiden lukumäärä ja sijainti tuulivoimapuiston sisällä poikkeaa toisistaan. Vaihtoehdossa VE1 on 160 tuulivoimalaa ja vaihtoehdossa VE2 120 tuulivoimalaa, jolloin lukumääräinen suhde on neljän suhde kolmeen. Vaihtoehdossa VE2 tuulivoimalat ovat aavistuksen enemmän jonossa eri suuntiin kuin vaihtoehdossa VE1, jolloin ne saattavat asettua vähän enemmän ryhmiin eri suunnista tarkasteltuna.

Näkymäalueanalyysissä pienempi tuulivoimaloiden lukumäärä vaihtoehdossa VE2 (Kuva 4-34) heijastuu jonkin verran tuulivoimapuiston lähiympäristöön vähäisenä laskennallisena intensiteetin vähentymisenä verrattuna vaihtoehtoon VE1 (vrt. Kuva 4-6). Näkymäalueissa on vain vähäisiä eroja lähinnä reunimmaisten tuulivoimaloiden erilaisen sijoittumisen takia. Eroja muodostuu

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

lähinnä näkymisen katvealueiden äärireunoille, joissa vaihtoehtojen välillä on pieniä eroja liittyen pääosin reunimmaisten voimaloiden eri sijainteihin.

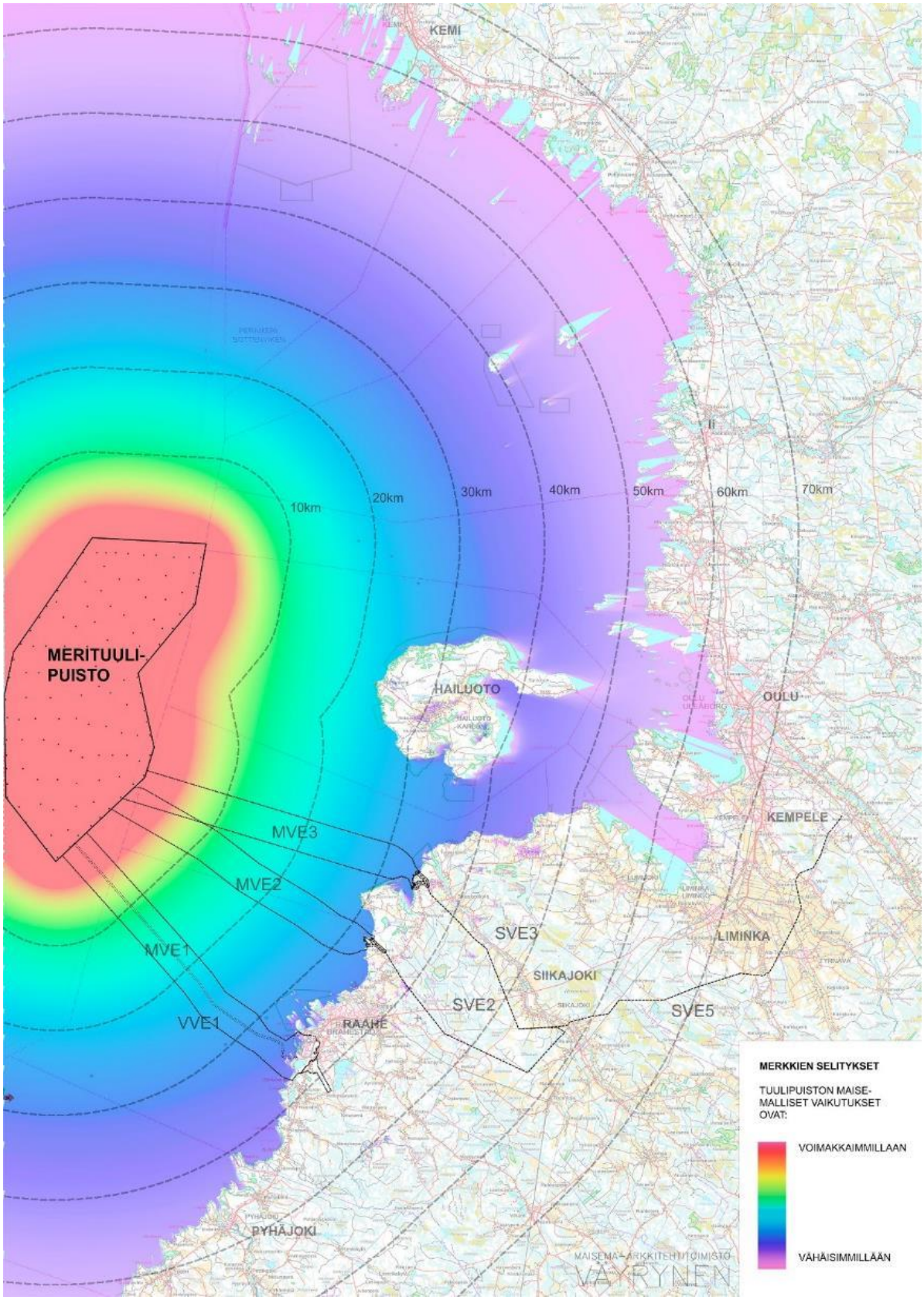
Merituulivoimapuiston alueraja on kummassakin vaihtoehdossa lähes sama, joten vaihtoehdot näyttävät kummatkin samankokoisilta ulkopuolelta katsottaessa. Keskenään havainnekuvia vertailtaessa voi olla heikosti havaittavissa lukumäärällinen ero neljän suhde kolmeen, mutta käytännössä näin pienellä erolla ei ole merkittäviä maisemallisia vaikutuksia.

Vaihtoehdossa VE2 voimalat ovat vähän enemmän jonossa eri suuntiin, mikä voi aiheuttaa voimaloiden selvempää ryhmittymistä katsojan suuntaan. Eri suunnista laadituissa havainnekuvissa Kuva 4-35 (D.) ja Kuva 4-36 (L.) ei kuitenkaan ole havaittavissa selkeitä eroja vaihtoehtojen kesken.

Merituulivoimapuiston vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittäviä eroja. Vaihtoehtojen maisemallisia vaikutuksia vähentävät pitkät etäisyydet Hailuotoon ja rannikkoon sekä arvokohteisiin. Maiseman herkkyys muutokselle voidaan arvioida kohtalaiseksi, merituulivoimapuisto sijaitsee suhteellisen kaukana rannikosta, mutta toisaalta avoimessa maisemassa, jolloin tuulivoimalat näkyvät maisemassa kauas. Suurin maisemallinen muutos on rakentamattoman alueen muuttuminen rakennetuksi alueeksi. Maisemalliset vaikutukset levittäytyvät kuitenkin laajalle alueelle, minkä takia vaikutukset ovat kokonaisuudessaan kohtalaisen negatiivisia.

Merikaapelin vaihtoehdoista tai vetyputkesta ei muodostu maisemallisia vaikutuksia toiminnan aikana, joten maiseman kannalta vaihtoehdoissa ei ole eroja.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-34. Näkymäalueanalyysi vaihtoehdosta VE2. Voimalat näkyvät väreillä merkityille alueille. Voimaloiden maisemallinen vaikutus on suurin punaisella merkityllä alueilla ja vähenee kohti violettia väriä spektrin värijärjestyksessä. Analyysissä on huomioitu etäisyys tuulivoimaloista ja näkyvien tuulivoimaloiden lukumäärä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-35 (D). Havainnekuva Hailuodon Kalasataman uimarannalta kohti tuulivoimapuistoa. Kuvien objektiivi on 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 29 kilometriä. Yläkuvassa on vaihtoehto VE1 ja alakuvassa vaihtoehto VE2.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 4-36 (L). Havainnekuva Siikajoen Tauvon sataman uimarannalta kohti tuulivoimapuistoa. Kuvien objektiivi on 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on noin 30 kilometriä. Yläkuvassa on vaihtoehto VE1 ja alakuvassa vaihtoehto VE2.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 4-3. Maisemaan ja kulttuuriympäristöihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen									
	Kohtalainen				VE1 VE2 MVE1 MVE2 MVE3 VVE1	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Taulukko 4-4. Maisemaan ja kulttuuriympäristöihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa toiminnan aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen									
	Kohtalainen			VE1 VE2		VE0 MVE1 MVE2 MVE3 VVE1				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

4.6.2 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö

Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole eroa, sillä suunnitellun merituulivoimapuiston alueelle ei sijoitu tunnettuja vedenalaisia muinaisjäännöksiä. Myöskään merikaapeli- tai vetyputkireiteille ei sijoitu tunnettuja kohteita. Hankkeen vesilupavaiheessa sen jälkeen, kun tarkat suunnitelmat voimalapaikoista ja merikaapelireiteistä ovat olemassa, tullaan suorittamaan meriarkeologinen inventointi, jolloin tiedot vedenalaisista muinaisjäännöksistä tarkentuvat. Merikaapelireittivaihtoehdon MVE1 rantautumisalueelle mantereelle sijoittuu kolme muinaisjäännöstä, mutta huomioimalla nämä kohteet tarkemmassa jatkosuunnittelussa, arvioitiin kielteisten vaikutusten jäävän vähäiseksi. Myös lähimmät vedenalaiset hylyt sijoittuvat reitin MVE1 varrelle. Hankkeella ei arvioitu olevan suoria vaikutuksia kohteisiin, mutta välillisiä kielteisiä vaikutuksia voi aiheutua mahdollisten ruoppausten aiheuttaman kiintoaineen leviämisen kautta. Kiintoaineen määrä arvioitiin suuruudeltaan kuitenkin vähäiseksi ja vaikutuksen kesto väliaikaiseksi. Kokonaisuudessaan merikaapelireittivaihtoehdon MVE1 vaikutukset arvioitiin vähäisen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kielteisemmiksi verrattuna vaihtoehtoihin MVE2 ja MVE3, joilla ei nähdä olevan merkittävää vaikutusta muinaisjäännöksiin tai muihin kulttuuriperintökohteisiin.

Taulukko 4-5. Muinaismuistoihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen ja toiminnan aikana. Tiedot perustuvat olemassa olevaan tietoon vedenalaisista muinaisjäännöksistä.*

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen									
	Kohtalainen				MVE1*	VE0 VE1 VE2 MVE2 MVE3 VVE1 MVE1				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

4.7 Arvioinnin epävarmuudet

Maisemallisten vaikutusten kannalta maiseman paikallinen peitteisyys havainnoitsijan lähettyvillä on keskeisessä osassa. Epävarmuus maiseman paikallisesta peitteisyydestä liittyy metsätaloudellisiin toimenpiteisiin, puulajeihin ja kasvillisuudessa oleviin pienipiirteisiin näkymäsektoreihin ja niissä tapahtuviin muutoksiin.

Kulttuuriarvojen vaikutustenarviointiin liittyen merituulivoimapuiston alueella tehdystä luotausdatasta on tehty tulkinnat ja pyritty havaitsemaan mahdolliset vedenalaisen kulttuuriperinnön kohteet (ns. anomaliat). Joissakin tapauksissa hylyt voivat kuitenkin olla piilossa sedimenttikerrosten alla, mikä tekee niistä näkymättömiä luotausaineistoa tulkittaessa. Tämä koskee yleensä varsinkin vanhoja hylkyjä. On lisäksi otettava huomioon, että vain noin kolmasosa merituulivoimapuiston alueesta on ollut geofysikaalisen tutkimuksen kohteena tähän mennessä, jonka vuoksi lisää mahdollisia hylkyjä voidaan löytää, kun aluetta luodataan myöhemmissä tutkimusvaiheissa lisää. Jotta havaitaan ajoissa kaikki mahdolliset hylyt, on suositeltavaa tehdä magneettisia luotaustutkimuksia.

4.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Tuulivoimalat ovat kooltaan suuria, minkä johdosta haitallisten maisemallisten vaikutusten vähentämisen keinovalikoima on rajallinen. Istuttamalla suojapuustoa saadaan vähennettyä paikallisesti maisemallisia vaikutuksia muodostamalla näkymisen katvealueita. Lentoestevalot voidaan pitää säännösten sallimassa minimissä ja lupamääräysten salliessa pyrkiä suuntaamaan valot niin, että niiden näkyvyys alaspäin olisi mahdollisimman pieni. Kokonaisvaikutuksiin nämä lieventämistoimet eivät juurikaan vaikuta. Lentoestevalojen lopullisen määrän, toiminnan (jatkuvasti päällä/vilkkuva) ja voimakkuuden määrittää Liikenne- ja viestintävirasto Traficom.

Mikäli hankkeen myöhemmässä vaiheessa toteutettavassa meriarkeologisessa inventoinnissa löydetään lisää huomioon otettavia kohteita, voidaan vaikutuksia niihin ja jo tunnettuihin kohteisiin lieventää huomioimalla kohteet yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa siten, että kohteen ja rakennettavan alueen väliin jää riittävä suojavyöhyke.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5 VESIYMPÄRISTÖ

YHTEENVETO:

- Laaditun vesistömallinnuksen perusteella tuulivoimaloiden perustusten rakentamisesta sekä merikaapeleiden ja/tai vetyputkien asentamisesta aiheutuva kiintoainekuormitus veteen eli samentumisvaikutus jää pääosin tuulivoimapuistoalueen sisälle lukuun ottamatta läjitystä. Läjitys aiheuttaa voimakkaimmat vaikutukset ja samentumaa voi levitä muutamien kilometrien etäisyydelle puistoalueesta, etenkin pohjan läheisessä vesikerroksessa. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittävää eroa rakentamisvaiheen sameusvaikutusten suhteen. Vaikutusalueen laajuuden perusteella vaikutukset vedenlaatuun arvioitiin kohtalaisiksi. Huomattavaa on, että rakennusvaiheen vesistömallinnus on tehty yliarviona siten, että koko tuulivoimapuiston rakentaminen tapahtuu yhtenä avovesikautena.
- Pohjasedimentistä voi rakennusvaiheessa vapautua veteen myös ravinteita, lähinnä fosforia lisäten paikallisesti rehevyyttä. Haitta-aineiden pitoisuudet ovat sedimenttitutkimusten perusteella rakentamisalueilla pääosin pieniä.
- Merikaapelien asentamisesta aiheutuu myös sameusvaikutusta lähialueelle lyhytaikaisesti. Tason 100 mg/l kiintoainepitoisuuden nousua havaitaan mallinnuksen mukaan melko suppealla alueella muutaman sadan metrin säteellä työkohteesta. Vaikutus on voimakkain vaihtoehdossa MVE1, jossa asennetaan enimmillään 10 kaapelia. Asennettaessa vetyputki tai vähemmän kaapeleita kuten muilla reiteillä (5 kaapelia/reitti), jäävät vaikutukset luonnollisesti vähäisemmiksi. Myös työmenetelmä vaikuttaa vaikutusalueeseen, sillä ruoppauksesta ja läjityksestä arvioitiin aiheutuvan laajemmat vaikutukset kuin esimerkiksi vesipainepuhallusmenetelmästä. Vaikutukset arvioitiin kaikkiaan vähäisiksi.
- Tuulivoimaloiden ja kaapelireittien pohjan kaivu- ja läjitystöiden yhteydessä liikkeelle lähteneen sedimentin laskeutuessa takaisin pohjaan uusille alueille aiheutuu sedimentaation lisääntymistä. Mallinnuksen perusteella sedimentaation kasvun arvioitiin olevan enimmillään muutamia senttejä työkohteiden ja erityisesti läjitysalueiden läheisyydessä.
- Toimintavaiheen aikaiset vaikutukset liittyvät sekä tuulivoimalan pohjan muokkausten ja voimalarakenteiden aiheuttamiin muutoksiin virtauksissa, aallonmuodostuksessa ja jääpeitteessä tuulivoimapuistoalueen sisällä. Vedyntuotannosta aiheutuu myös vähäistä paikallista lämpö- ja suolakuormitusta tuulivoimaloiden läheisyyteen tai keskitetyssä vedyntuotannossa elektrolyysereiden läheisyyteen. Tuulivoimaloiden aiheuttamalla pintatuulihäviöllä on laajempia, merituulivoimapuiston ulkopuolelle ulottuvia vaikutuksia merialueen virtauksiin, kerrostumiseen, lämpötilaan ja aineiden kulkeutumiseen. Pääosin Hallan tuulivoimapuiston aiheuttamat hydrodynaamiset muutokset arvioitiin mallinnuksen perusteella lieviksi, joskin kerrostuneisuuden osalta voi olla selkeää paikallista vaikutusta tuulivoimapuiston eteläpuolella. Merikaapeli- ja/tai vetyputkireittien toiminnan aikaiset vaikutukset vedenlaatuun ovat hyvin vähäisiä liittyen lähinnä huolto- ja mahdollisiin korjaustöihin.
- Rakentamisen aikaiset vaikutukset tuulivoimapuiston luontotyyppeihin ja vesieliöihin arvioitiin molemmissa vaihtoehdoissa (VE1 ja VE2) kohtalaisiksi kielteisiksi. Tuulivoimapuiston alue on suuri ja alueella havaittiin uhanalaisia valkokatka-merivalkokatkapohjia. Liikkumiskykyiset pohjaeläimet voivat siirtyä suotuisammille alueille. Vesikasvillisuutta ei esiinny tuulivoimapuiston syvillä vesialueilla eikä kartoituksissa havaittu tuulivoimapuiston kovilla pohjilla kiinnittyneitä pohjaeläimiä. Alueella esiintyvät ympäröivää aluetta korkeammat kohoumat ovat siten riuttoja lähinnä vain niiden geologisilta ominaisuuksiltaan. Merituulivoimapuiston rakentamisella ei arvioida olevan haitallista vaikutusta luontotyypin suotuisaan suojelutasoon. Tuulivoimaloiden rakentamisen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

seurauksena riuttoja voi kuitenkin hävitä, ja tarkentavia kartoituksia olisi hyvä tehdä hankkeen jatkokehityksessä, jotta voidaan paremmin arvioida kuinka riuttaympäristöt olisi syytä ottaa huomioon.

- Rakentamisen aikaiset vaikutukset merikaapeli-/vetyputkireittien luontotyyppeihin ja vesieliöihin ovat keskimäärin kohtalaiset kielteiset riippuen merikaapeli-/vetyputkireitistä. Suurimmat haitalliset vaikutukset olisivat MVE3:n ja vähäisimmät MVE2:n rakentamisella (5 kaapelia/reitti). Merikaapelien/vetyputken asentamisessa suositellaan vesipainepuhalluksen käyttöä, sillä sen vaikutukset ovat ruoppausta ja läjitystä vähäisemmät. Energian muuttaminen tuulivoimapuistossa vedyksi aiheuttaa vähäisemmät vaikutukset vedenalaisiin luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen kuin sähkön kuljettaminen rantaan merikaapeleita pitkin, sillä vetyputki vie kaapeleita vähemmän tilaa pohjasta, jolloin asentamisesta aiheutuva samennus ja sedimentaatio jää vähäisemmäksi.
- Tuulivoimapuiston toiminnan aikana tuulivoimaloiden perustukset sekä mahdolliset kaapelien suojaukset (lohkareet) voivat luoda uusia kasvualustoja kovien pohjien lajeille. Näiden uusien elinympäristöjen täydellinen asuttaminen voi kuitenkin kestää useita vuosia. Virtausten muutokset voivat lisätä sedimentaatiota tuulivoimapuiston alueella, mutta vaikutukset luontotyyppeihin ja pohjaeläimiin arvioitiin vähäisiksi.
- Vedyntuotannosta aiheutuva suola- ja lämpökuormitus on siinä määrin pientä, ettei sillä ole vaikutusta pohjaeläimistöön tai luontotyyppeihin.
- Merikaapelien sähkömagneettisen säteilyn vaikutus pohjaeläimiin arvioitiin korkeintaan vähäiseksi.
- Hankkeen vaikutuksia merinisäkkäisiin (karkottuminen melun vuoksi) muodostuu pääasiassa rakentamisen aikana eikä hankevaihtoehtojen välillä ole merkittävää eroa. Vaikutukset ovat väliaikaisia sekä tilapäisiä ja niitä voidaan lieventää melua lieventävillä toimenpiteillä (kuplaverhot, karkottimien käyttö).
- Toiminnan aikaiset vaikutukset merikaapeli-/vetyputkireiteillä liittyvät pohjien menettämiseen ja sähkömagneettiseen säteilyyn. Kaapelien ja vetyputken asentamisessa on pyrittävä välttämään arvokkaita alueita kuten riuttoja, särkkiä, luonnonsuojelualueita ja uhanalaisten lajien esiintymisalueita.
- Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ovat samanlaisia kuin rakentamisen aikaiset vaikutukset.

5.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

5.1.1 Veden ja sedimentin laatu sekä veden virtaukset ja aallonmuodostus

Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana vedenlaatuun ja sedimenttiin kohdistuvia vaikutuksia aiheutuu voimaloiden perustamisen ja kaapelien asentamisen aikaisista rakentamistöistä, kuten ruoppauksista ja läjityksistä sekä mahdolliseen louhintaan liittyvistä räjähdyksistä.

Merituulivoimapuiston rakentaminen tapahtuu vaiheittain ja rakentamisajaksi arvioidaan kaikkiaan 3 vuotta, josta pohjarakentamisen osuus on kaksi vuotta. Pohjarakentaminen suunnitellaan niin, että yhden avovesikauden aikana rakennetaan yksi alue hankkeesta, jolloin samalle alueelle ei kohdistu rakentamisen aikana vaikutuksia ja muodostu kumulatiivisia vaikutuksia pohjan muokkaamisesta ja näin ollen esimerkiksi sedimenttien leviämisestä. Hankkeen tarkka rakentamisaikataulu varmistuu tarkemmassa suunnittelussa. Merikaapeleiden osalta yksittäinen kaapelilinjakokonaisuus rakennetaan yhden avovesikauden aikana, eli avovesikauden aikana rakennetaan enimmillään kymmenen (MVE1) tai viisi (MVE1, MVE2 ja MVE3) merikaapelia samalle kaapelikäytävälle. Mikäli kymmenen merikaapelia jaetaan kahdelle eri reitille (MVE1, MVE2 tai MVE3), rakennetaan kummallekin viisi merikaapelia kahden eri avovesikauden aikana.

Rakentamistyöt aiheuttavat veden samentumista, kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksien kasvua vedessä sekä pohjasta irronneen aineksen uudelleensedimentoitumista. Sedimenttipartikkeleiden

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kulkeutumissuunta ja vaikutusalueen laajuus riippuu paljolti merialueen virtauksista ja pohjan sedimenttien hienoaineksen määrästä sekä myös työmenetelmistä. Pohjaa tuhoutuu tai siihen kohdistuu häiriintymistä. Sedimenttiin mahdollisesti sitoutuneita haitallisia aineita saattaa myös vapautua veteen rakennustöiden yhteydessä. Myös roskaantumista voi tapahtua, mutta haitat pyritään minimoimaan.

Tuulivoimapuiston rakenteet sekä muut rakentamisen aiheuttamat muutokset veden syvyyssuhteissa ja pohjan topografiassa aiheuttavat muutoksia paikallisiin virtausolosuhteisiin. Tuulivoimaloiden rakenteet myös estävät paikallisesti virtauksia, mikä aiheuttaa lähialueella turbulenssia. Tuulivoimalat myös aiheuttavat pintatuulen häviötä tuulen alapuoliselle alueelle, mikä vähentää vesimassan sekoittumista. Tuulivoimapuiston ympärille muodostuvien pystysuuntaisten virtausten muutoksia kutsutaan ns. kumpuamis-/painumis-dipoliksi (*Floeter ym. 2022*). Muutokset sekoittumisessa vaikuttavat vesimassojen kerrostumiseen ja edelleen mm. ravinteiden kulkeutumiseen vesipatsaassa ja mahdollisesti myös laajempaan ravintoverkkoon. Sähkön muuntamisesta vedyksi aiheutuu paikallista lämpö- ja suolakuormitusta voimaloiden tai keskitettyjen vedyntuotantoasemien läheisyyteen.

Vedenlaatuun, sedimenttiin sekä merialueen hydrodynamiikkaan kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu asiantuntijatyönä perustuen hankkeen suunnittelutietoon, laadittuun vesistömallinnukseen sekä alueelta saatavilla olevaan tarkkailu- ja tutkimustietoon. Hankealueen nykytilatietoa täydennettiin selostusvaiheeseen jatkuvatoimisilla virtaus- ja vedenlaatumittauksilla (*Lindfors ym. 2023*, liite 2). Lisäksi on käytetty muista vastaavista hankkeista saatavilla olevaa tietoa. Hankkeen suunnittelu ja vaikutusarviointi on tehty maksimivaikutusperiaatteella. Rakentamisenaikaiset maksimivaikutukset muodostuvat, kun tuotetaan 100 % sähköä eli asennetaan maksimimäärä sähkönsiirtokaapeleita tuulivoimapuistosta mantereelle. Toiminnanaikaiset maksimivaikutukset aiheutuvat vedyntuotannosta, sen aiheuttaman lämpö- ja suolakuormituksen vuoksi.

Keskeisenä vesistövaikutusten arvioinnissa on laadittu virtaus- ja vedenlaatumallinnus, joka on esitetty kokonaisuudessaan erillisessä liitteessä 3 (*Niras 2023a, päivitetty 2024*). Mallinnus käsitti sekä rakentamisesta aiheutuvan kiintoainekuormituksen ja sen leviämisen ja laskeutumisen että käytön aikaiset hydrodynaamiset muutokset mm. veden lämpötilassa, kerrostumisessa ja virtauksissa. Mallin kalibroinnissa huomioitiin hankealueella tehdyt virtaus- ja vedenlaatumittaukset (*Lindfors ym. 2023,* liite 2). Rakentamisaikaisten vaikutusten mallinnuksessa lähtötietoina hyödynnettiin myös sedimenttitutkimusten tuloksia, sillä erityisesti raekoko vaikuttaa sedimenttipartikkelien laskeutumisnopeuksiin. Mallinnus kuvaa nimenomaan sedimentin hienoaineksen (raekoko <0,25 mm eli hieno hiekka, siltti, savi) leviämistä ja laskeutumista.

Rakentamisaikainen mallinnus on tehty rakentamisaikataulun suhteen maksimivaikutusperiaatteella ja rakennustöiden on oletettu kestävän vain yhden avovesikauden, kun edellä kuvatusti todellisuudessa näin suuren tuulivoimapuiston rakentaminen voi kestää kaikkiaan kolmekin avovesikautta ja pohjan muokkauksiin liittyvät työt todennäköisesti ajoittuvat kahdelle avovesikaudelle. Rakentamisen ajoittuessa useammalle kuin yhdelle vuodelle, jää vuotuinen sedimenttien leviämisestä aiheutuva kuormitus mallinnettua vähäisemmäksi. Kuormituksen kesto eli jakautuminen usealle vuodelle voi olla joiltain osin haitallisempaa kuin jos kaikki työt tehtäisiin samana vuonna, mikä on huomioitu erikseen kaikissa vesieliöstöä koskevissa vaikutusarvioinneissa. Pohjarakentaminen suunnitellaan kuitenkin sekä merituulipuiston että siirtoreittien osalta niin, että samoille alueille kohdistuisi mahdollisimman vähän kumulatiivisia vaikutuksia pohjan muokkaamisesta ja sedimenttien leviämisestä (rakentamisen suunniteltua etenemistä kuvattu tarkemmin luvussa 1.7).

Mallinnus tehtiin molemmille tuulivoimapuistovaihtoehdoille (VE1 ja VE2) ja kaikille kaapelireiteille. Kaapelireittien ruoppausmäärät arvioitiin maksimikaapelimäärän mukaisesti eli reitille MVE1 oletettiin asennettavaksi 10 sähkökaapelia ja reiteille MVE2 ja MVE3 viisi sähkökaapelia. Vetyputkivaihtoehtoa VVE1 ei erikseen mallinnettu, koska sähkökaapelien asentaminen kuvaa reitin MVE1 maksimivaikutusta. Koska työmenetelmät tarkentuvat vielä suunnittelun ja pohjatutkimusten edetessä, mallinnettiin kaapelireitit kahdella eri työmenetelmällä

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vesipainepuhaltamalla sekä niin, että 15 metriä matalammat alueet ruopataan ja massat läjitetään kaapelireittien läheisille läjitysalueille.

Käytönaikaisessa hydrodynaamisessa mallinnuksessa huomioitiin vedyntuotanto, voimalarakenteet sekä tuulivoimapuiston aiheuttaman tuulihäviön vaikutus vesien virtauksiin ja sekoittumiseen. Vetyä tuotettaisiin joko tuulivoimalatornien alaosassa tai keskitetysti sähköasemien yhteyteen tulevilla vedyntuotantoasemilla (enintään 8 kpl). Keskitetyn vedyntuotannon tapauksessa simuloitiin mallinnuksella myös erilaisia kerrostumisolosuhteita (sekoittunut ja kerrostunut tilanne). Mallinnuksessa on huomioitu elektrolyysiin tarvittava vedenotto sekä prosessiveden puhdistuksessa syntyvä selvästi merivettä suolaisempi prosessijätevesi. Yksittäisen voimalan kohdalla veden tarve on noin 18 500 m^3/vuosi (120 voimalaa) ja koko merituulivoimapuiston kohdalla kaikkiaan noin 2 200 000 m^3/vuosi kun tuotetaan pelkästään vetyä. Todellisuudessa veden tarve vaihtelee tuotannon mukaan. Korkeamman suolapitoisuuden omaava prosessijätevesi johdetaan takaisin mereen. (ks. kappale 2.4.3). Jäteveden suolaisuudeksi on arvioitu hajautetun vedyntuotannon tapauksessa 5 PSU ja keskitetyssä vedyntuotannossa 10 PSU, mitä on käytetty myös mallinnuksessa. Elektrolyysissä syntyy myös hukkalämpöä, ja enimmillään jäähdytykseen tarvitaan merivettä 270 000 000 m^3 vuosittain. Jäähdytyksen aikana jäähdytysveden lämpötila nousee arviolta noin 15 °C ottolämpötilaan verrattuna, Vedyntuotannosta syntyväksi vuosittaiseksi suolakuormaksi on arvioitu noin 6 600–11 000 tonnia ja lämpökuormaksi noin 17 000 TJ. Jäähdytyksen määrää pyritään vähentämään teknisillä ratkaisuilla suunnittelun edetessä.

5.1.2 Jääolosuhteet

Tuulivoimalat voivat vaikuttaa alueen jäätymisolosuhteisiin ja esimerkiksi kiintojään muodostumiseen, sillä voimalat sitovat jäämassaa. Toisaalta voimaloiden tärinä rikkoo jäätä voimaloiden ympärillä ja voimalat murtavat liikkuvaa jäätä, jolloin voi muodostua myös jäävalleja. Jäävoimien vaikutusta voimaloihin pyritään vähentämään erityisillä rakenteilla. Vaikutuksia jääolosuhteisiin on arvioitu suunnittelu- ja nykytilatiedon sekä aiheeseen liittyvän kirjallisuuden perusteella. Tutkimusta merituulivoimapuistoalueen kaltaisista olosuhteista ei kuitenkaan juuri ole (*Valtioneuvosto 2024*). Hankealueen jääolosuhteista on tehty erillinen selvitys (vain viranomaiskäyttöön) ja aihetta on käsitelty myöhemmin myös liikenteen yhteydessä (ks. luku 14).

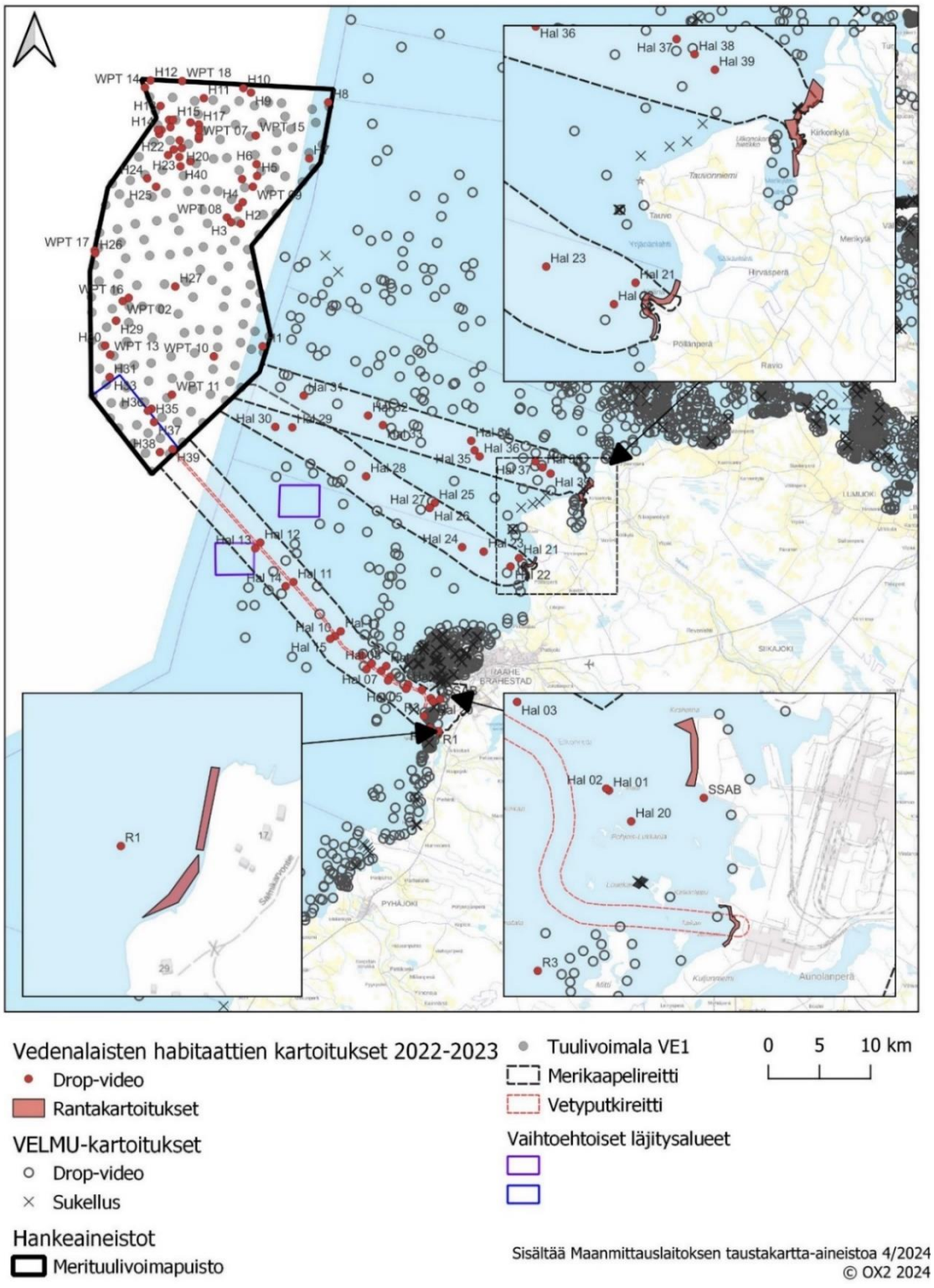
5.1.3 Vedenalaiset luontotyypit, vesikasvillisuus ja pohjaeläimet

Vesikasvillisuuteen, pohjaeläimistöön ja vedenalaisiin luontotyyppeihin kohdistuvia vaikutuksia arvioitiin asiantuntijatyönä vesistövaikutusarvioon perustuen. Merenpohjan kasvi- ja pohjaeläinyhteisöihin kohdistuvia suoria vaikutuksia aiheuttavat mm. pohjan ruoppaus, rakennustyöt sekä ruoppausmassojen läjitys, jotka muuttavat pohjan elinympäristöjä. Lisäksi veden samentuminen ja sedimentaatio voi väliaikaisesti heikentää elinympäristöjen laatua paikallisesti. Voimaloiden perustukset ovat uusia rakenteita, jotka voivat toimia mahdollisesti keinotekoisina riuttoina mahdollistaen kovien pohjien lajiston esiintymisen alueilla, jossa aiemmin on esiintynyt pehmeiden pohjien lajistoa.

Lähtöaineistona vaikutusarvioinnissa käytettiin luvussa 5.2.7 ja taulukossa 5-1 esitettyjä aineistoja merialueen ympäristön ominaisuuksista ja tilasta sekä mallinnusta sameuden, sedimentaation, lämpötilan, suolapitoisuuden ja virtausten muutoksista (*Niras 2023a,* liite 3). Hankealueen vesikasvillisuutta, pohjaeläimiä ja luontotyyppejä selvitettiin koostamalla mm. VELMU-hankkeen rekisteriaineistoja ja analysoimalla niitä. Vuodesta 2004 lähtien toteutetun Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelman eli VELMUn kautta on saatu runsaasti uutta tietoa Itämeren vedenalaisesta lajistosta ja eliöyhteisöistä. VELMU-aineisto koostuu pääosin videoinneista ja sukelluksista koostuvasta pisteaineistosta. VELMU-hankkeessa Perämeren rannikkoalueiden vedenalaista luontoa on kartoitettu kattavasti, joten merikaapeleiden ja vetyputken alueilta on olemassa varsin paljon tietoa alueella esiintyvistä vesikasvi-, levä- ja pohjaeläinlajistosta. Kaapeli-/vetyputkireittien alueella drop-videopisteitä on kuvattu vuodesta 2011 ja pohjia tutkittu sukeltamalla tai kahlaamalla jo vuonna 2006, minkä jälkeen aineistoa on täydennetty vuoteen 2022 saakka. Ympäristövaikutusten arvioinnissa käytetty VELMU-aineisto on pääosin

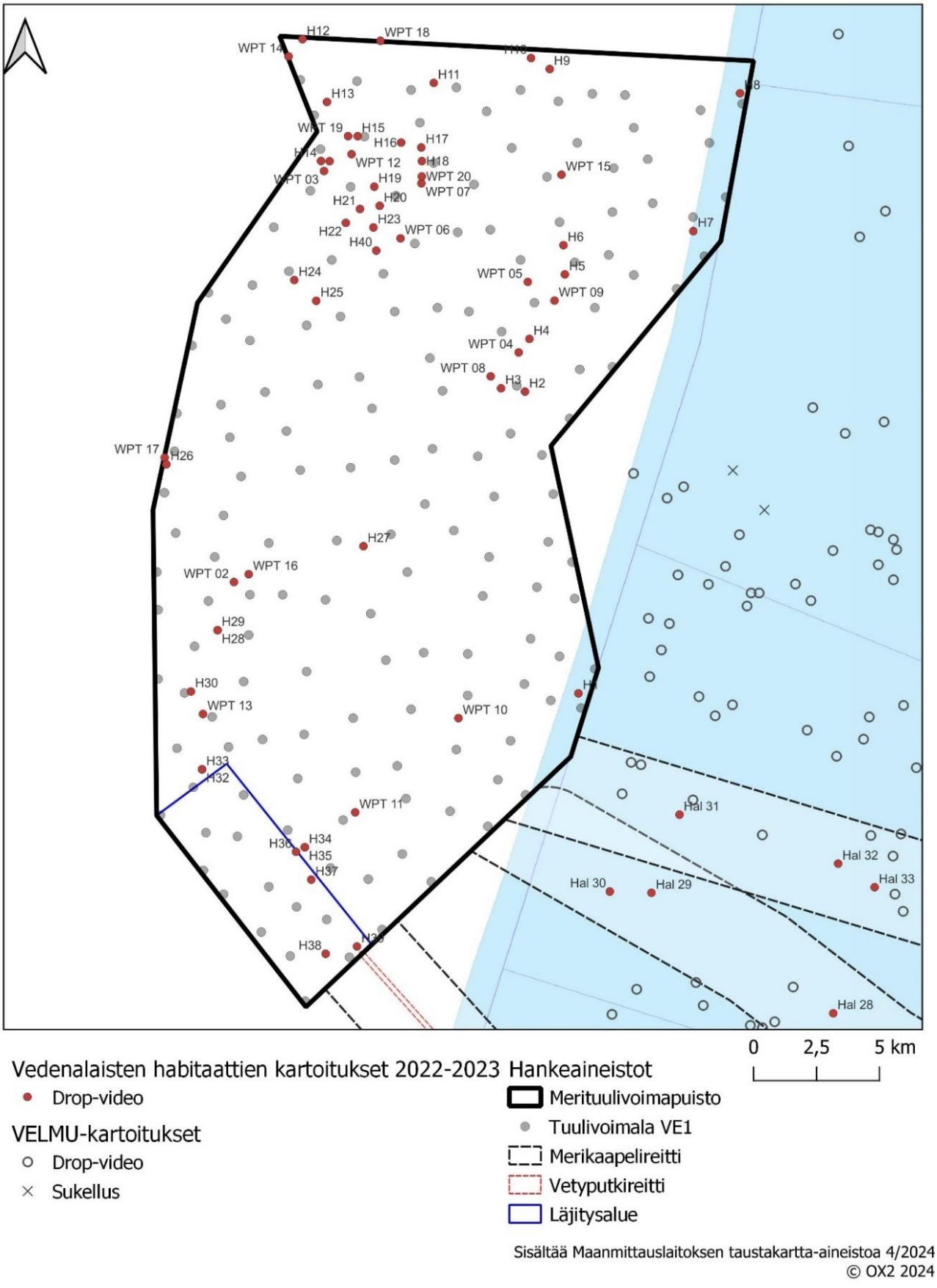
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vuosilta 2014–2020, mutta osa ahdinpalleron havainnoista on vuodelta 2013. Merituulivoimapuiston alueelta aiempaa kartoitustietoa ei juurikaan ole (Kuva 5-1, Kuva 5-2, Kuva 5-3). VELMU-hankkeessa on luotu kartoitusaineistojen avulla malleja lajien ja luontotyyppien esiintymiselle suotuisista ympäristöolosuhteista (*Suomen ympäristökeskus 2022a*).



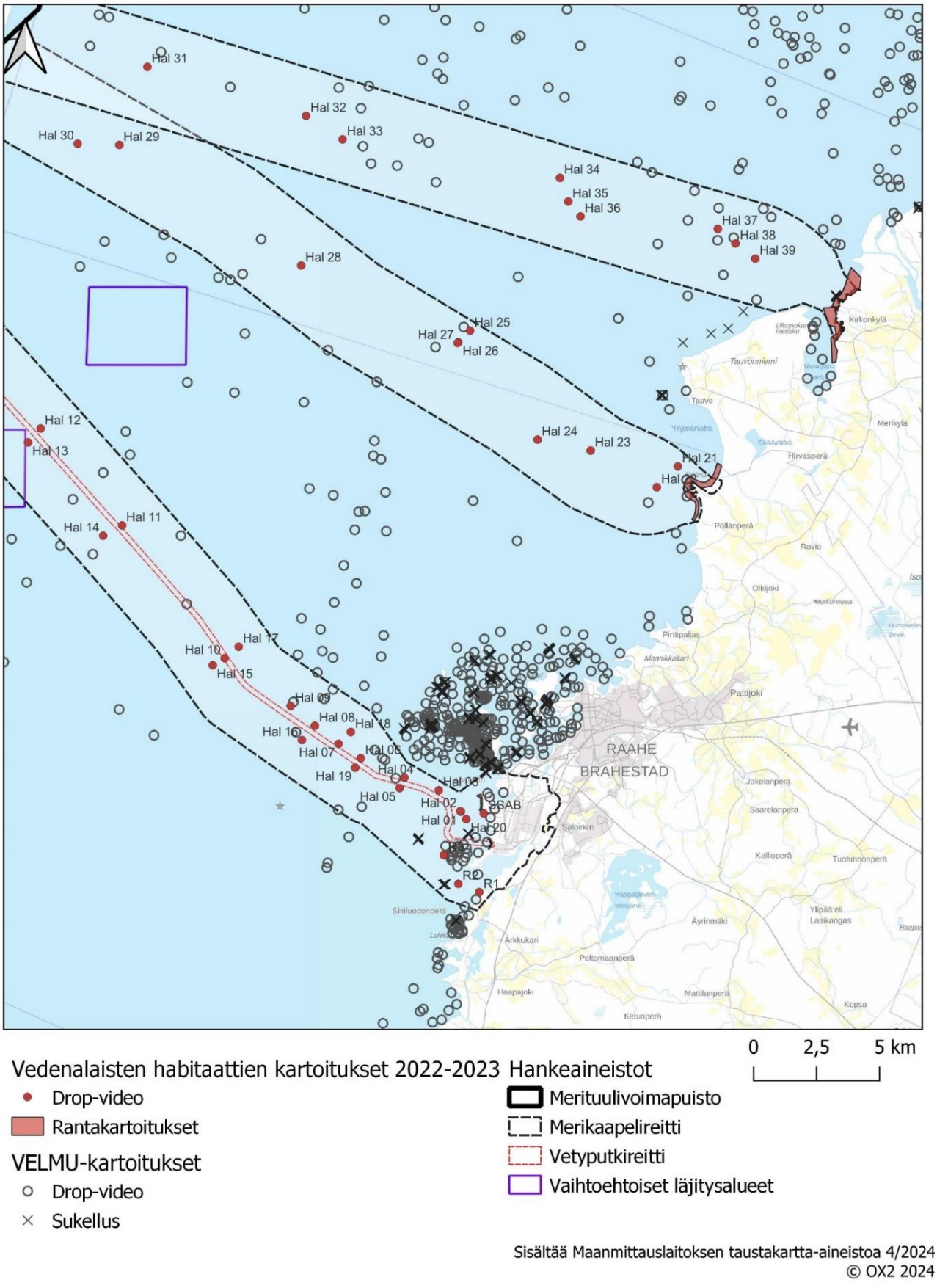
Kuva 5-1. Hankkeen merialueella tehdyt kartoitukset.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-2. Merituulivoimapuiston alueella tehdyt kartoitukset.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-3. Merikaapeli- ja vetyputkireittien varrella tehdyt kartoitukset.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hanketta varten tehdyt tarkemmat vedenalaisen luonnon selvitykset kohdennettiin arvokkaimmille ja monimuotoisimmille alueille (Kuva 5-1,Kuva 5-2, Kuva 5-3 ja liite 4). Selvitykset sisälsivät kaapeli- ja vetyputkireittien vaihtoehtoisilla rantautumispaikoilla kahlaamalla tehtävät uhanalaisten kasvilajien ja luontotyyppien kartoitukset, kaapeli- ja vetyputkireittien vaikutusalueella ympäröivää aluetta matalampien riuttaa ja särkkää muistuttavien kohteiden vedenalaisten luontotyyppien kartoittamisen drop-videomenetelmällä sekä merituulivoimapuiston alueella drop-videomenetelmällä tehtävät kovien pohjien luontotyyppien kartoitukset. Kartoitukset kohdistettiin tuulivoimapuiston alueella Merenpohjan kovat ja pehmeät alueet -mallin mukaisille koville pohjille. Malli perustuu Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) kartoitustietoon, Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja Metsähallituksen maalajihavaintoihin ja Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelman (VELMU) tuottamiin ympäristömuuttuja-aineistoihin, erityisesti syvyys- ja pohjan avoimuus -malleihin. Kaapeli- ja vetyputkireittien riuttamaiset ja särkkämäiset kohteet tunnistettiin Traficomin merikartta-aineiston avulla. Kartoituksissa noudatettiin viimeisintä voimassa olevaa VELMU-menetelmäohjeistusta (*Suomen ympäristökeskus & Metsähallitus 2022*). Luontotyyppiluokittelussa noudatettiin kansainvälistä IUCN Red List of Ecosystems -menetelmää. Selvityksistä vastasi vedenalaisen luonnon kartoitukseen erikoistunut yritys ja selvitysten laatijat esitetään kartoitusraportissa (liite 4).

Kaapelireittien ja vetyputkien vaikutusalueella sijaitsevat riuttamaiset ja särkkämäiset kohteet sekä koviksi pohjiksi luokitellut kohteet tunnistettiin kartta- ja luotausaineiston avulla ja ne kartoitettiin drop-videokameralla. Käytetyt aineistot olivat Traficomin merikartta-aineisto sekä GTK:n, SYKEn ja Metsähallituksen malli merenpohjan kovista ja pehmeistä alueista. Drop-videointipisteitä oli merituulivoimapuiston alueella 60 kappaletta ja kaapelireittien varrella 43 kappaletta (Kuva 5-1, Kuva 5-2 ja Kuva 5-3). Kukin videotallenne sisälsi tiedot noin kahden neliömetrin alueelta. Videoilta analysoitiin pohjan sedimentin määrä, pohjanlaatu, lajisto, kasvillisuuden peittävyysprosentti, eläinten yksilömäärä sekä sessiilien eläinten peittävyysprosentti. (*Vasama & Leinikki 2023,* liite 4)

Kaapelireittien vaihtoehtoisia rantautumisalueita on Hallan hankkeessa kolme, joista yksi on myös vetyputkireitin rantautumisalue (Kuva 5-1). Kunkin rantautumispaikan ympäristöstä kartoitettiin vesikasvillisuus käyttäen kahluumenetelmää (*Suomen ympäristökeskus & Metsähallitus 2022*). Kartoitettavat alueet ulottuivat vähintään 100 metrin päähän rannan suuntaisesti molempiin suuntiin aiotuista rantautumispaikoista. Kartoituksen yhteydessä hieman kauempanakin havaitut herkät luontotyypit otettiin myös mukaan tuloksiin.

Pohjaeläinnäytteitä otettiin kahtena vuonna (2022, 2023) niin merituulivoimapuiston kuin kaapelireittien alueilta. Näytteet pohjaeläinanalyysejä varten otettiin Van Veen -kahmarinäytteenottimella. Näytteitä otettiin yhteensä 42 asemalta vuonna 2022 (*Lindfors ym. 2023,* liite 2) ja 21 asemalta vuonna 2023 (*Lindfors ym. 2024*, liite 5). Näytteenotto, näytteiden käsittely ja määritykset toteutettiin pääosin HELCOM COMBINE -ohjeistuksen mukaisesti. Vuoden 2022 näytteenotossa rinnakkaisia näytteitä otettiin 1/asema, vuonna 2023 3/asema. Vuoden 2022 selvitys oli kartoitustyyppinen, joka jälkeen rinnakkaisten näytemäärää lisättiin seuraavalle näytteenottovuodelle huomioiden viranomaiskommentit.

Seulottujen ja etanoliin säilöttyjen näytteiden laji- ja biomassamäärityksen toteutti alan asiantuntija, jolla on työhön vaadittavat pätevyydet. Pohjaeläimet määritettiin lajilleen ja niiden yksilötiheys sekä biomassa laskettiin.

Pohjaeläintutkimusaineistosta laskettiin molemmille vuosille BBI (Brackish Water Benthic Index) ja BBI-ELS (ekologinen laatusuhde), jotka on kehitetty kuvaamaan Itämeren rannikon pehmeiden pohjien pohjaeläinyhteisöjen ekologista tilaa. Avomeren halokliinin yläpuolisten pohjaeläinyhteisöjen arviointiin on kehitetty BQI-indeksi (Benthic Quality Index) (*Korpinen ym. 2018*), joka laskettiin molemmille vuosille. BQI-indeksit laskettiin myös syvältä otetuista näytteistä, sillä alueella ei CTD-mittausten perusteella havaittu selvää kerrostuneisuutta aiheuttavaa halokliinia. Lisäksi arvioitiin valkokatka-merivalkokatkapohjien (LuTu-luontotyyppi) esiintyvyyttä. Aineiston pohjalta tehtiin johtopäätökset pohjaeläimistön nykytilasta. Arvioinnissa on hyödynnetty myös muita alueelta kertyneitä pohjaeläinseurantojen aineistoja.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutusarvioinnissa on arvioitu, kuinka hanke vaikuttaa kasvi- ja pohjaeläinyhteisöjen ja edelleen luontotyyppien monimuotoisuuteen. Vesistöön kohdistuvien vaikutusten arvioinnin ovat tehneet kokeneet vesistöasiantuntijat- ja biologit.

Taulukko 5-1. Vaikutusarvioinnissa käytetyt aineistot.

Vaikutusarvioinnissa käytetyt aineistot
Ympäristöhallinnon Hertta-tietokanta:
Vedenlaaturekisteri Vesla
Vesienhoito- ja vesimuodostumat
Hydrodynaaminen vesistömalli ja sedimentin leviäminen, Niras Liite 3
Sedimenttitutkimukset hankealueella 2022 ja 2023 (liite 2 ja 5)
Virtaus ja vedenlaatumittaukset hankealueella 2022 (liite 2)
Hankealueen jääselvitys (vain viranomaiskäyttöön, jääoloista tarkemmin ks. luku 14)
VELMU-karttapalvelu:
VELMU-lajihavainnot (2006–2022)
VELMU sukellus- ja drop-videoinventointipisteiden sijainnit
Mallinnetut uhanalaiset LuTu-luontotyypit
Luontodirektiivin luontotyypit
Mereiset suojelualueet (HELCOM MPA, Natura 2000 -alueet, EMMA)
Metsähallituksen biotooppikuviot luontodirektiivin luontotyypeistä
Suomen ympäristökeskuksen aineistot yksityisistä ja valtion luonnonsuojelualueista sekä luonnonsuojeluohjelma-alueista
Merituulivoimapuiston ja kaapeli-/vetyputkireittien pintamaalajit (*COWI 2023, Sanila 2021*)
Drop-video- ja kahluukartoitukset VELMU-menetelmällä hankealueen arvokkaimmille alueille vuosina 2022 ja 2023 (liite 4):
Traficomin merikartta-aineiston avulla merikaapeli- ja vetyputkireittien kartoitusten kohdentaminen riuttamaisille ja särkkämäisille kohteille
Merenpohjan kovat ja pehmeät alueet -mallin (GTK, SYKE, MH, VELMU) avulla tuulivoimapuiston alueen kartoitusten kohdentaminen koville pohjille
Drop video- ja kahluukartoituksissa havaitut vesikasvi-, levä- ja sessiilit pohjaeläinlajit
Drop video- ja kahluukartoituksissa havaitut LuTu-luontotyypit
Pohjaeläinnäytteenotto vuosina 2022 ja 2023
Pohjaeläinrekisteriin tallennetut tiedot alueen pohjaeläinseurannoista sekä Metsähallitukselta saatu aineisto
Tutkimuskirjallisuus vaikutusmekanismeista
Lajitietokeskuksen havainnot uhanalaisista lajeista

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.1.4 Merinisäkkäät

Vaikutusten arvioinnin aikana selvitettiin olemassa olevat tiedot suunnittelualueen ja sen lähiseudun merkityksestä harmaahylkeen ja itämerennorpan esiintymis- sekä lisääntymisalueena (mm. Luonnonvarakeskuksen ”LUKE” hyljelaskennat). Hylkeisiin kiinnitettiin huomiota myös toteutettujen linnustoselvitysten yhteydessä ja kaikki havaitut hylkeet merkittiin paikkatieto-ohjelmaan. Hylkeistä olemassa olevia tietoja on täydennetty lisäksi olemalla yhteydessä LUKEn asiantuntijaan.

Vaikutusarvioinnin tueksi tehtiin vedenalaisen melun leviämisen 3D mallinnus (*Niras 2023b,* liite 6), jonka avulla on arvioitu merituulivoimapuiston rakentamisen aikaisia sekä merituulivoimapuiston rakentamiseen ja toimintaan (huolto) liittyvän laivaliikenteen meluvaikutuksia kaloihin ja merinisäkkäisiin. Melumallinnuksessa ei erikseen käsitelty energiansiirtoreittien rakentamisen meluvaikutuksia ja ne on arvioitu asiantuntija-arviona.

Merinisäkkäisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnista vastasi merinisäkkäisiin ja niiden elinoloihin sekä käyttäytymiseen perehtynyt asiantuntija.

5.2 Nykytila

Merituulivoimapuisto sijaitsee Perämerellä lähimmillään noin 23 kilometriä Hailuodosta länteen. Merituulivoimapuiston alue on laajuudeltaan enimmillään noin 575 km^2 ja sen syvyys vaihtelee enimmäkseen 12–61 metrin välillä (Kuva 1-3). Vesisyvyys on suurin alueen länsiosassa. Hankealueen hydrografiset olot vastaavat yleisiä olosuhteita pohjoisella Perämerellä. Merikaapelireittivaihtoehdot sijoittuvat Siikajoen ja Raahen edustalle.

Perämerelle on tyypillistä vähäsuolainen vesi, mataluus ja pitkä jääpeitteinen kausi. Perämereen kulkeutuu vesiä 260 000 km^2 suuruiselta valuma-alueelta. Valuma-alue kattaa Suomen ja Ruotsin pohjoisimmat osat. Hankealueen edustalle laskevia suurimpia jokia ovat Siikajoki, Oulujoki ja Kiiminkijoki. Perämeren vesimassat vaihtuvat jokivirtaamien vuoksi nopeasti, noin kerran viidessä vuodessa. (*Kronholm ym. 2005*)

5.2.1 Syvyysolosuhteet

Tarkastelussa käytetyt syvyysaineistot on kuvattu selostuksen alussa taulukossa (ks. sivu tekijänoikeudet). Merituulivoimapuiston alueella vesisyvyys vaihtelee enimmäkseen 12–61 metrin välillä (syvimmät kohdat noin 80 metriä). Syvimmät alueet ovat alueen länsi- ja lounaisosalla. Valtaosa (85,8 %) alueesta kuuluu syvyysvyöhykkeisiin 20–50 metriä (Kuva 5-4 ja Taulukko 5-2).

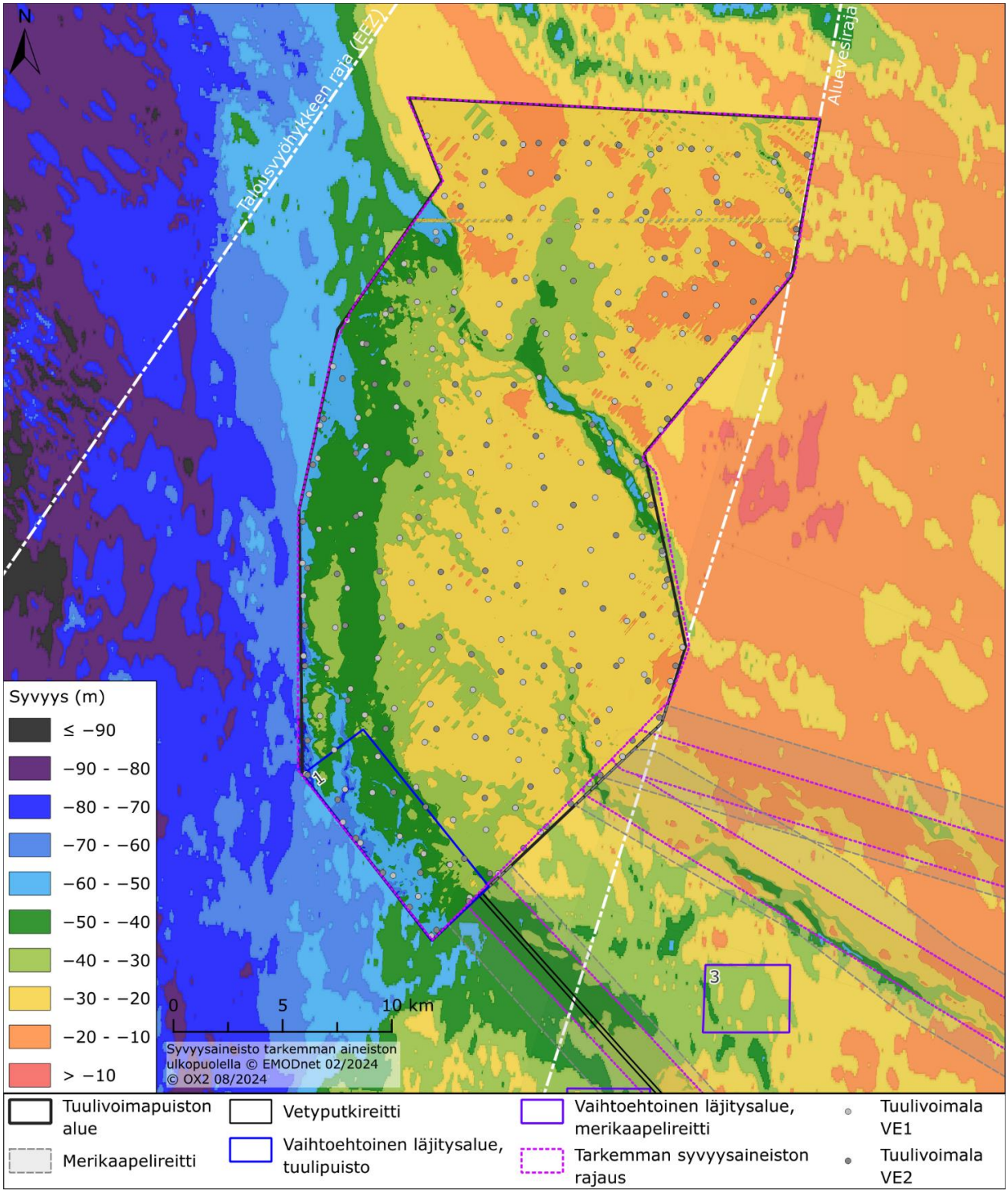
Merikaapelireittien kattamasta pinta-alasta valtaosa on syvyydeltään 10–30 metriä. Reitti MVE1 on syvin ja alueesta noin 59 % on yli 20 metrin syvyistä (Kuva 5-5 ja Taulukko 5-2). Reitti MVE3 on kokonaisuutena matalin, siitä noin 81 % on syvyydeltään 20 metriä tai alle. Alle 10 metrin syvyistä vesialuetta on myös reitillä MVE3 eniten (28,5 %).

Taulukko 5-2. Eri syvyysvyöhykkeiden pinta-alat ja %-osuudet tuulivoimapuiston sekä kaapeli/vetyputkireittien alueilla.

Syvyys	Tuulivoimapuisto (VE2)	MVE1 VVE1	MVE2	MVE3	Tuulivoimapuisto (VE2)	MVE1 VVE1	MVE2	MVE3
[m]	Pinta-ala [km2]				Osuus [%]			
<10		24,4	18,0	38,5		16,8	13,6	28,5
10–20	49,8	35,1	41,4	70,8	8,7	24,2	31,3	52,3
20–30	295,4	33,6	56,5	24,7	51,7	23,2	42,7	18,3
30–40	111,2	23,9	12,2	1,17	19,5	16,4	9,2	0,87
40–50	83,6	27,2	4,0		14,6	18,8	3,03	

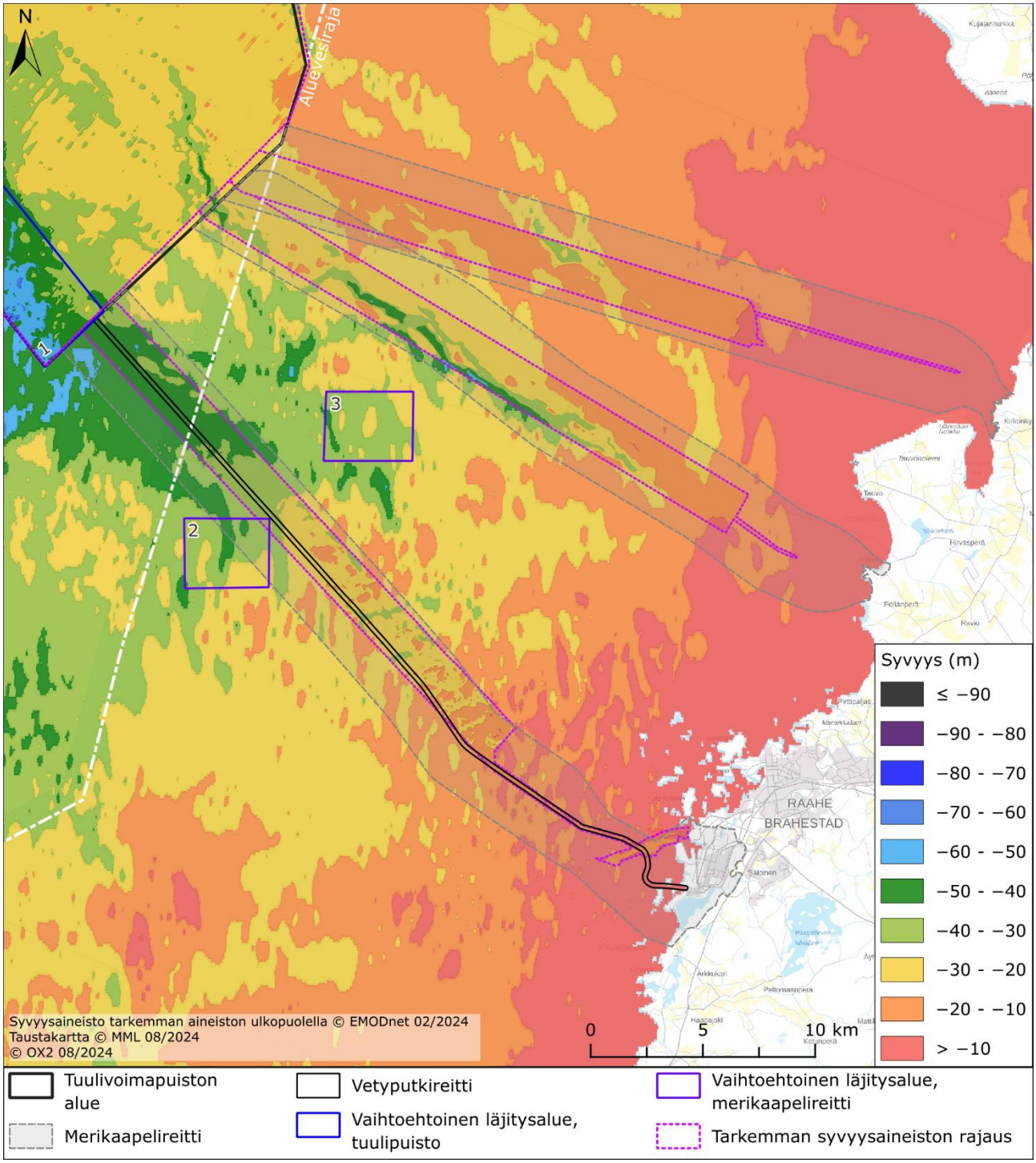
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Syvyys	Tuulivoi-mapuisto (VE2)	MVE1 VVE1	MVE2	MVE3	Tuulivoi-mapuisto (VE2)	MVE1 VVE1	MVE2	MVE3
50–60	26,1	0,85	0,29		4,6	0,59	0,22	
60–70	3,8				0,67			
70–80	0,91				0,16			



Kuva 5-4. Syvyysolosuhteet tuulivoimapuistoalueella avomerellä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-5. Syvyysolosuhteet kaapelireittien alueella tuulivoimapuistosta rannikolle.

5.2.2 Vesien- ja merenhoito

Hankealue kuuluu vesienhoidon suunnittelussa Oulujoen—Iijoen vesienhoitoalueeseen ja merenhoidossa Perämeren merialueeseen. Merituulivoimapuiston alue sijoittuu vesienhoidon suunnittelualueen ulkopuolelle. Vesienhoito käsittää rannikkovesimuodostumat, jotka ulottuvat sisäisten aluevesien ulkorajasta yhden meripeninkulman matkan merelle päin. Suomen merenhoitoalue ulottuu rantaviivasta talousvyöhykkeen ulkorajalle kattaen näin sekä rannikkovedet että avomerialueen. Merenhoitosuunnitelmassa Perämerta käsitellään yhtenä merialueena.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oulujoen-Iijoen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 (*Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2021*) sekä merenhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 (*Ympäristöministeriö 2021a*) on hyväksytty 16.12.2021. Suunnitelman päivitys kaudelle 2028–2033 on parhaillaan käynnissä.

Merikaapelireittivaihtoehdot sijoittuvat Perämeren ulompien rannikkovesien (Pu) vesimuodostumaan Raahe-Hailuoto ja Perämeren sisemmissä rannikkovesissä (Ps) eteläisin reitti MVE1 sijoittuu Raahen edustan, ja pohjoisemmat reitit MVE2 ja MVE3 Olkijoki-Siikajoki-Säärenperä vesimuodostumaan. Raahen edustalla lisäksi merestä padotut ja voimakkaasti muutetut Siniluodonlahti ja Kuljunlahti on erotettu omiksi vesimuodostumikseen. Vesimuodostumat on esitetty kartalla kuvassa Kuva 5-6 ja rannikkomuodostumien luokittelutiedot taulukossa 5-3. Olkijoki-Siikajoki-Säärenperä-vesimuodostumasta ei ole voimassa olevassa luokituksessa biologista tai vedenlaatuaineistoa ja se on luokiteltu asiantuntija-arviona.

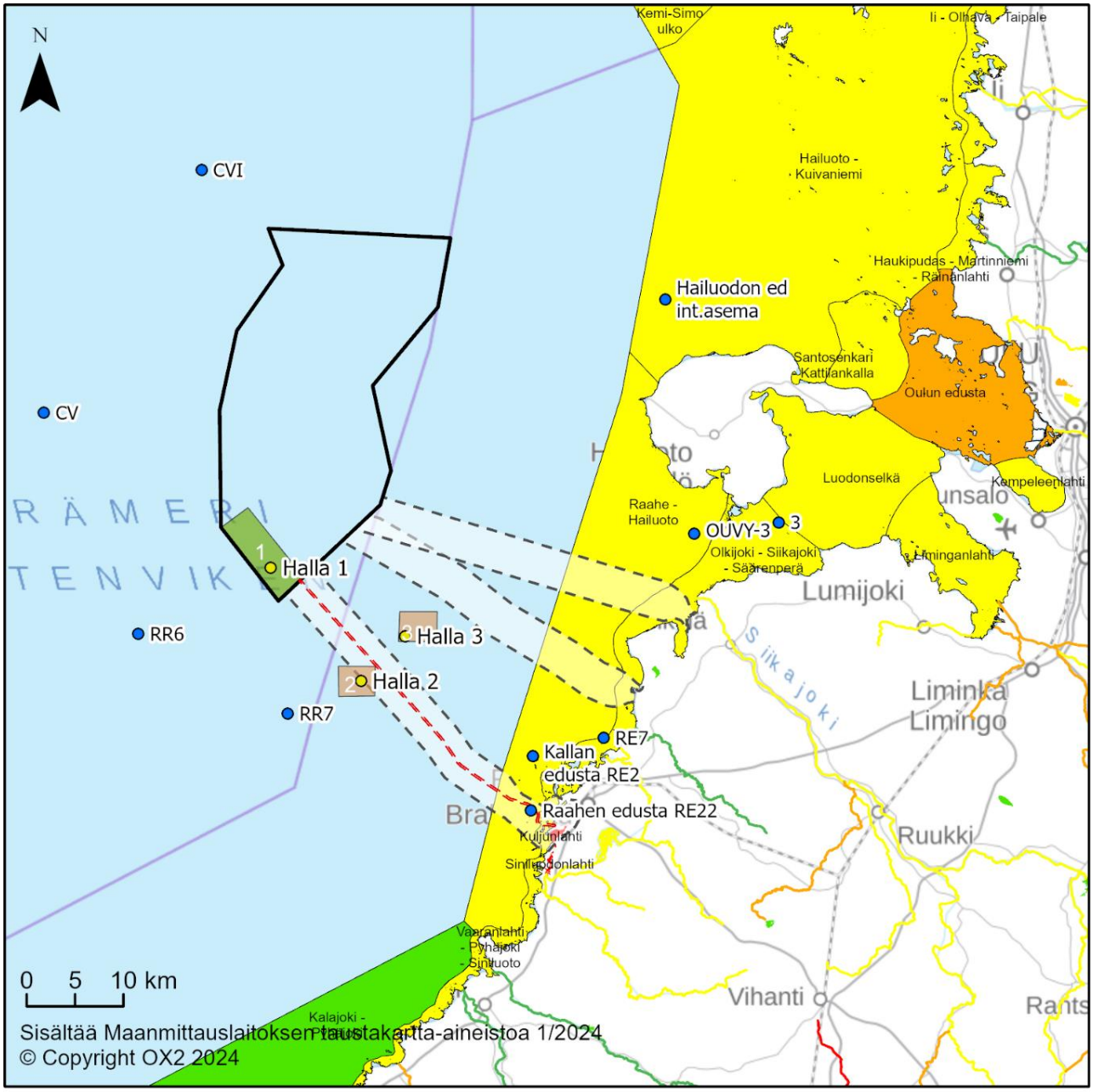
Taulukko 5-3. Hankealueen rannikkovesimuodostumien (Raahe-Hailuoto, Raahen edusta ja Olkijoki-Siikajoki-Säärenperä) ekologinen tila ja luokittelun eri tekijät vesienhoidon 3. luokittelukierroksella (2012–2017) (Suomen ympäristökeskus 2024: Vesienhoidon 3. suunnittelukauden tietojärjestelmä).

	Lukuarvo	Laskennallinen	Arvio tilasta
Raahen edusta 4_Ps_005 Rannikko			
Biologinen			**Tyydyttävä**
Kasviplankton	0,54	Tyydyttävä	
a-klorofylli (µg/l)	4,33	Tyydyttävä	
Pohjaeläimet	0,59	Tyydyttävä	
BBI-indeksi (ELS)	0,56	Tyydyttävä	
Fysikaalis-kemialliset olosuhteet			**Hyvä**
Kokonaisfosfori (µg/l)	11,54	Hyvä	
Kokonaistyppi (µg/l)	322,37 µg/l	Hyvä	
Näkösyvyys (m)	2,47	Hyvä	
Fys.-kem. lisämuuttujat (ei luokkarajoja)			
Hapen kyllästysaste (%)	86,75		
Happi, liukoinen (mg/l)	8,84		
HyMo-muuttuja (vaikutuspisteet)	5		**Tyydyttävä**
Muutetun/rakennetun rantaviivan osuus rantaviivan kokonaispituudesta	2 (14 %)		
Muutetun alueen pinta-ala	3 (2,7 %)		
Kokonaistilaluokitus:	**Tyydyttävä**		
Raahe-Hailuoto 4_Pu_020 Rannikko			
Biologinen			**Tyydyttävä**
Kasviplankton	0,55	Tyydyttävä	
a-klorofylli (µg/l)	3,31	Tyydyttävä	
kokonaisbiomassa (mg/l**)**	0,32	Hyvä	
Pohjaeläimet	0,59	Tyydyttävä	
BBI-indeksi (ELS)	0,54	Tyydyttävä	
Fysikaalis-kemialliset olosuhteet			**Tyydyttävä**
Kokonaisfosfori (µg/l)	10,59	Hyvä	
Kokonaistyppi (µg/l)	310,19 µg/l	Hyvä	
Näkösyvyys (m)	3,05	Tyydyttävä	
Fys.-kem. lisämuuttujat (ei luokkarajoja)			
Hapen kyllästysaste (%)	86		
Happi, liukoinen (mg/l)	8,71		

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

	Lukuarvo	Laskennallinen	Arvio tilasta
HyMo-muuttuja (vaikutuspisteet)	0		**Erinomainen**
Muutetun/rakennetun rantaviivan osuus rantaviivan kokonaispituudesta Muutetun alueen pinta-ala	0 (3,6 %) 0 (0,15 %)		
Kokonaistilaluokitus:	**Tyydyttävä**		
Olkijoki - Siikajoki - Säärenperä 4_Ps_007 Rannikko			
Biologinen			
Ei aineistoa			
Fysikaalis-kemialliset olosuhteet			**Tyydyttävä**
Kokonaisfosfori (µg/l)			Välttävä
Kokonaistyppi (µg/l)			Hyvä
HyMo-muuttuja (vaikutuspisteet)	0		**Erinomainen**
Muutetun/rakennetun rantaviivan osuus rantaviivan kokonaispituudesta Muutetun alueen pinta-ala	0 (2 %) 0 (0,02 %)		
Kokonaistilaluokitus:	**Tyydyttävä**		

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-6. Vesimuodostumat, ekologinen tila (Vesienhoidon 3. kauden luokittelu, 2012–2017) ja tarkasteluun valitut vedenlaadun havaintopaikat (Suomen ympäristökeskus 2024: Vesienhoidon 3. suunnittelukauden tietojärjestelmä).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Alueen vesimuodostumien ekologinen tila on määritelty nykyistä vesienhoitokautta 2022–2027 varten tehdyssä luokittelussa tyydyttäväksi. Edellisellä luokittelukierroksella ulompien rannikkovesien tila luokiteltiin hyväksi, mutta luokitus laski luokittelussa laajoilla alueilla tyydyttäväksi, vaikka suuria muutoksia merialueiden tilassa ei ole tapahtunut. Jo edellisessä luokittelussa biologiset laatutekijät osoittivat hyvää huonompaa tilaa, mutta tilaluokittelussa painotettiin tuolloin fysikaalis-kemiallisia laatutekijöitä. Perämerellä rannikkovesien luokitteluun liittyy menetelmästä johtuvia epävarmuuksia kuten jokivesistöihin nähden hyvin tiukat luokkarajat klorofyllipitoisuudelle sekä rannikon pehmeiden pohjien pohjaeläimistön tilaa kuvaavan BBI-indeksin soveltumattomuus Perämeren luontaisesti vähälajiseen pohjaeläinyhteisöön. (*Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2021*)

Veden haitta-ainepitoisuuksien perusteella määritettävä kemiallinen tila on huono kaikissa hankealueen ja koko Suomen vesimuodostumissa, sillä bromattujen difenyylieetterien (PBDE) ympäristölaatunormin arvioidaan ylittyvän. PBDE määritellään ns. ubikvitaarisiksi eli UBI-aineeksi, jotka ovat kaikkialla esiintyviä, laajalle alkuperäisistä päästölähteistään levinneitä, pysyviä, kertyviä ja myrkyllisiä aineita. Näiden aineiden pitoisuuksiin ei voida vaikuttaa kansallisin toimenpitein ja siksi niiden osalta voidaan poiketa vesien hyvän tilan vaatimuksesta.

Perämereen kohdistuva ihmisperäinen kuormitus on pääosin peräisin jokivesistöistä. Oulujoen–Iijoen vesienhoitoalueella joet tuovat mereen 730 tonnia fosforia ja 15 000 tonnia typpeä vuodessa, mistä ihmisen toiminnoista aiheutuvaa kuormitusta on 466 tonnia fosforia ja vajaa 7 000 tonnia typpeä. Rannikon toiminnoista lähinnä yhdyskuntien jätevedenpuhdistus ja teollisuus aiheuttavat ravinnekuormitusta suoraan mereen. Kuormituksen määrä on vähäinen verrattuna jokien tuomaan kuormitukseen. Ravinteiden kuormitusta tulee vähäisessä määrin myös rannikon maa-alueilta. Perämereen laskevien jokien orgaanisen hiilen (TOC) ainevirtaama on ollut lievässä kasvussa, mikä näkyy vesien aiempaa tummempana värinä. Typpi- ja humuspitoisuudet ovat kasvaneet erityisesti turvemaavaltaisilla alueilla, minkä arvellaan johtuvan turpeen hajoamisen kiihtymisestä ilmastomuutoksen seurauksena. (*Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2021*)

Vesienhoitosuunnitelman toimenpiteillä pyritään vaikuttamaan ennen kaikkea hajakuormituksen aiheuttamaan rehevöitymiseen vähentämällä ravinteiden, orgaanisten aineiden ja kiintoaineiden pitoisuuksia. Lisäksi toimenpiteillä vähennetään vesistöjen happamoitumisriskiä sekä parannetaan pintavesien hydrologista ja morfologista tilaa. Rannikkovesiin valuma-alueelta ja jokien mukana tulevan kuormituksen väheneminen vaikuttaa viiveellä. Oulujoen eteläpuolella maatalous on merkittävin ravinnekuormituksen aiheuttaja ja vesienhoidon kannalta kuormituksen vähentämistarve on suurin, pohjoista kohti metsätalouden osuus kuormittajana kasvaa.

Vesienhoitosuunnitelman toimenpiteet on jaoteltu sektoreittain. Tuulivoimalle ei ole esitetty varsinaisia sektorikohtaisia toimenpiteitä, mutta siihen suoraan liittyviä toimenpiteitä ovat vesistöjen kunnostuksen, säännöstelyn ja rakentamisen täydentävät toimenpiteet ja erityisesti vesirakentamisen haittojen vähentäminen. Hallan merituulivoimahanketta ei ole erikseen mainittu voimassa olevissa vesien- tai merenhoitosuunnitelmissa, vaikka toimialan kasvu on huomioitu. Suunnitelmien päivitys on parhaillaan käynnissä.

Vesien- ja merenhoidon suunnitelmien lähtökohdat ja tavoitteet ovat varsin yhteneväisiä. Molemmat tähtäävät meriympäristön hyvän tilan saavuttamiseen. Koska suurin osa kuormituksesta on peräisin maalta, parantavat vesienhoidon toimenpiteet myös meren tilaa. Yhtymäkohtia on erityisesti rehevöitymisen ja haitallisten aineiden vähentämisessä. Kaikki valuma-alueita koskevat toimenpiteet esitetään vesienhoitosuunnitelmissa, mutta merenhoidon tavoitteet on otettu huomioon toimenpiteiden kohdentamisessa ja mitoituksessa. Merenhoitosuunnitelmaan sisältyy useita teemoja, joita ei käsitellä vesienhoitosuunnitelmissa (Taulukko 5-12). Näistä esimerkkejä ovat vedenalaisen melun vähentäminen ja luonnon monimuotoisuuden parantaminen. Päivitetty arvio meren tilasta on parhaillaan kuultavana. Vesienhoitosuunnitelman toteuttaminen edistää merenhoidon tavoitteiden saavuttamista Perämerellä yhdessä ympäröivien vesienhoitoalueiden suunnitelmien kanssa.

Merenhoidon toimenpideohjelmassa tuulivoimarakentamista koskevia toimenpiteitä esitetään liittyen vedenalaisen melun vähentämiseen ja rajoittamiseen, merenpohjan fyysisten vahinkojen ja menettämisen vähentämiseen, merenpohjan biologisen monimuotoisuuden ylläpitämiseen,

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

hydrografisten muutosten aiheuttamien häiriöiden estämiseen ja luontotyyppien ja elinympäristöjen suojeluun.

5.2.3 Veden laatu

Perämeren suolapitoisuus on enimmilläänkin vain noin 4 ‰, mikä johtuu maa-alueilta valuvan makean veden runsaasta määrästä. Jokisuilla suolapitoisuus voi olla hyvin alhainen.

Perämeressä kerrostuneisuus suolapitoisuuden mukaan on heikkoa ja epäselvää eteläisempään Itämereen verrattuna, eikä juuri estä pystysuunnassa tapahtuvaa veden sekoittumista. Säännöllinen jäätyminen ja runsaat jokivedet saavat kuitenkin aikaan talvisin toisenlaisen kerrostumisilmiön, missä merivettä kevyemmät jokivedet kasautuvat jokisuistoihin ja kerrostuvat laajalle alueelle meriveden päälle noin 1–5 metriä paksuna kerroksena jään alla. Pinta- ja alusveden suolapitoisuuden ero saattaa tällöin olla suuri, ja jokivesien mukanaan tuomat ainekset voivat kulkeutua kauas merelle. Avoveden aikana tuulet, meriveden korkeuden vaihtelut ja virtaukset sekoittavat vesimassat, eikä suolakerrostuneisuutta pääse syntymään yhtä voimakkaana kuin talvella. Matalilla alueilla vedet sekoittuvat pohjaan asti, mikä aiheuttaa ajoittain jonkin verran samennusta.

Perämeren happitilanne pysyy yleensä hyvänä johtuen heikosta kerrostuneisuudesta sekä Selkämereltä virtaavasta vedestä. Merenkurkun kynnyksen vuoksi Selkämereltä pääsee ainoastaan hapekasta päällysvettä Perämereen. (*Kronholm ym. 2005*)

Perämeri on varsin niukkaravinteinen merialue. Rehevöitymisongelmia ilmenee lähinnä rannikon läheisyydessä. Ulapalla ja usein myös rannikkovyöhykkeellä fosfori on kasviplanktontuotantoa rajoittava ravinne. Tilanne on päinvastainen kuin useimmilla muilla merialueilla, missä rajoittava ravinne on yleensä typpi. Veden suuret rauta- ja humuspitoisuudet aiheuttavat osaltaan pieniä fosfaattipitoisuuksia, sillä fosfori sitoutuu niihin ja sedimentoituu pohjaan. Runsashappinen alusvesi edistää fosforin sitoutumista pohjasedimenttiin. Typpeä on Perämeressä tyypillisesti enemmän kuin Itämeren eteläisemmissä altaissa, koska fosforirajoitteisuuden seurauksena kasviplankton ei kykene hyödyntämään koko typpivarastoa. Jokien vaikutusalueilla voi Perämerellä kuitenkin esiintyä ajoittain myös typpirajoitteisuutta.

Joet tuovat Perämereen suuria määriä humusta. Humuksen sisältämä energia muodostaa tärkeän lisän koko Perämeren ravintoverkkoon. Ravintoverkon energiasta noin 40 % on arvioitu olevan peräisin orgaanisista aineista, pääasiassa jokien kuljettamasta humuksesta. (*Kronholm ym. 2005*)

Merituulivoimapuiston alueelta ei ole säännöllistä vedenlaadun seurantaa, mutta läheiseltä ulkomerialueelta löytyy mm. Arandan vedenlaadun mittauksia ja tuulivoimapuistoalueen vedenlaadun voidaan arvioida vastaavan hyvin yleisiä olosuhteita pohjoisella Perämerellä. Merituulivoimapuisto alueella ja merikaapelireittien läheisyydessä tehtiin lisäksi jatkuvatoimisia virtauksien, lämpötilan, suolaisuuden ja happipitoisuuden mittauksia liittyen myös läjityksen suunnitteluun (ks. Kuva 5-6, virtaus- ja vedenlaadunmittaus, pisteet 1–3).

Tuulivoimapuiston läheisen avomerialueen vedenlaatu on tarkasteltu havaintopaikoilla CV, CVI, RR6 ja RR7 (Kuva 5-6, Taulukko 5-4). Lisäksi on hyödynnetty Hailuodon luoteispuolella sijaitsevan intensiiviaseman (Hailuodon ed int. asema) kattavia tuloksia. Kaapelireittien alueelta läheltä rannikkoa vedenlaatutietoja on eniten Raahen edustalta. Tähän tarkasteluun valittiin pisteet Raahen edusta RE7, Raahen edusta 22, Kallan edusta RE2, Pattijoen edusta RE7. Siikajoen ed 3 ja Siikajoen ed OUVY-3) (Kuva 5-6, Taulukko 5-4). Siikajoen edustalla vedenlaadun seuranta ei ole ollut säännöllistä ja tuloksia on vähemmän. Avomerialueen havaintopaikoilla (Taulukko 5-4) veden syvyys vaihteli noin 40–86 metrin välillä. Veden suolaisuus eli saliniteetti vaihteli avomerituloksissa välillä 2,2–3,7 PSU. Happitilanne oli yleisesti hyvä ja syvimmillä havaintopaikoillakin pohjan läheinen vesi pysyi hapellisena ympäri vuoden. Merivedelle tyypillisesti pH arvot olivat selvästi emäksisiä. Ravinnepitoisuudet olivat keskimäärin melko alhaisia, kokonaisfosfori pinnassa 7–8 µg/l ja typpipitoisuus 240–250 µg/l (Taulukko 5-4). Ravinteita oli yleensä hieman enemmän pohjan lähellä kuin pinnassa, jossa planktonlevät sitovat niitä tehokkaasti etenkin

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kesällä. Levätuotannon määrää epäsuorasti kuvaavat a-klorofyllipitoisuudet olivat avomerellä tasolla, 2,2–2,4 µg/l.

Raahen edustan merialue sijoittuu Pyhäjoen ja Siikajoen väliin ja siellä jokivesien vaikutus on melko vähäinen. Monin paikoin Perämeren rannikolla jokivesien vaikutus näkyy etenkin talvisin pintakerroksessa vähäsuolaisemman jokiveden levitessä jään alla ja Hailuodossa asti on ajoittain havaittavissa Oulujoen vaikutus. Jokivedet nostavat ravinteiden, orgaanisen aineksen ja raudan pitoisuuksia pintakerroksessa. Happitilanne on ollut rannikkovesissä myös yleisesti hyvä. Raahen edustalla alin mitattu hapen kyllästystaso on ollut lähes 70 % (Taulukko 5-5). Hailuodon lähellä pohjan lähellä on mitattu alimmillaan loppukesällä tasoa 40–60 % olevia hapenkyllästysarvoja. Raahen edustalla ravinnepitoisuudet olivat tarkastelluilla havaintopaikoilla melko pieniä, kokonaisfosforia oli pinnassa keskimäärin noin 7–8 µg/l a typpeä 290–310 µg/l. Ekologisen tilaluokituksen raja-arvojen (Aroviita ym. 2019) mukaan em. pitoisuudet ovat Perämeren ulommille rannikkovesille erinomaista/hyvää tasoa. Lähempänä rannikkoa kuormituksen ja jokivesien vaikutusalueilla ravinteita on vedessä luonnollisesti hieman enemmän. Sisemmissä rannikkovesimuodostumissa ravinnepitoisuudet luokittuvat Raahen edustalla hyviksi ja Olkijoki-Siikajoki-Säärenperällä ravinnetaso on arvioitu kokonaisuutena tyydyttäväksi (Taulukko 5-3). Levien määrää epäsuorasti kuvaavat a-klorofyllipitoisuudet olivat Raahen ja Hailuodon edustan havaintopaikoilla keskimäärin 3,4–4,4 µg/l (Taulukko 5-5) ilmentäen lievää rehevyyttä. Ekologisessa luokituksessa keskimääräiset a-klorofyllipitoisuudet luokittuvat Raahen edustalla tyydyttäväksi sekä ulompana että sisempänä (Taulukko 5-3). Kasviplanktonnäytteissä biomassaltaan tärkeimmät leväryhmät ovat Raahen edustalla olleet piilevät, kultalevät, nielulevät sekä *Mesodinium rubrum* -ripsieläin (*Eurofins Ahma Oy 2021*). Sinileviä on esiintynyt pääasiassa vähän. Kasviplanktonin kokonaisbiomassatulokset ilmentävät Raahen-Hailuodon ulommissa rannikkovesissä erinomaista tilaa (Taulukko 5-3).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 5-4. Avomerialueen vedenlaadun keski- ja ääriarvoja (2014–2023) (Suomen ympäristökeskus 2024: Vedenlaaturekisteri Vesla). n = näytemäärä

		Syvyys	Happi, kyll.	Happi, liuk.	pH	Kok.P	PO_4-P	Kok.N	NH4-N	NO_{2+3}-N	Klorofylli-a	Saliniteetti
		m	%	mg/l		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	%
CV	**ka**	**1–10**	**100**	**12,1**	**7,8**	**8**	**2**	**239**	**3**	**53**	**2,9**	**100**
	min		93	9,2	7,7	4	1	175	1	6	2,4	93
	max		111	13,9	8,1	15	6	276	9	89	3,1	111
	n		28	32	28	32	32	30	31	32	32	28
CV	**ka**	**83–86**	**87**	**11,9**	**7,7**	**9**	**4**	**269**	**1**	**99**	**3,3**	**87**
	min		81	11,0	7,5	4	2	166	1	79	3,1	81
	max		93	13,6	7,8	16	9	324	2	114	3,5	93
	n		14	16	14	16	16	15	16	16	16	14
CVI	**ka**	1–10	100	12,2	7,8	8	2	246	3	59	2,8	100
	min		91	9,2	7,7	4	1	166	1	10	2,2	91
	max		110	13,9	7,9	15	6	275	9	90	3,1	110
	n		32	34	28	36	36	34	36	36	35	32
CVI	**ka**	**66–71**	**90**	**12,4**	**7,7**	**9**	**3**	**265**	**2**	**94**	**3,2**	**90**
	min		82	11,2	7,6	4	1	176	1	64	3,0	82
	max		101	14,0	7,9	15	7	303	6	114	3,4	101
	n		15	17	13	17	17	16	17	17	17	15
RR6	**ka**	**1–10**	**101**	**12,1**	**7,9**	**8**	**2**	**237**	**2**	**50**	**3,0**	**101**
	min		93	9,3	7,7	4	1	167	1	2	2,6	93
	max		115	13,8	8,1	19	7	284	7	86	3,1	115
	n		30	30	30	30	30	28	32	30	32	30
RR6	**ka**	**82–86**	**88**	**12,1**	**7,7**	**9**	**5**	**270**	**1**	**96**	**3,3**	**88**
	min		84	11,5	7,6	4	2	171	1	81	3,1	84
	max		94	13,3	7,9	15	11	293	2	106	3,5	94
	n		15	16	15	15	15	14	16	15	16	15
RR7	**ka**	**1–10 m**	**100**	**12,3**	**7,9**	**8**	**3**	**247**	**2**	**57**	**3,0**	**100**
	min		90	9,2	7,6	4	1	172	1	2	2,6	90
	max		122	13,9	8,3	17	7	287	7	108	3,1	122
	n		34	36	34	36	36	34	36	36	36	34
RR7	**ka**	**37–40**	**94**	**12,6**	**7,8**	**8**	**3**	**262**	**5**	**81**	**3,1**	**94**
	min		83	9,9	7,61	3,6	0,8	180	1	57	2,9	83
	max		103	14	7,9	14,8	6,6	304	22	109	3,2	103
	n		16	16	15	16	16	15	16	16	16	16

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 5-5. Hailuodon (ed. int.) Kallan RE2, Raahen (RE22), Pattijoen (RE7) ja Siikajoen edustan (3, OUVY-3) vedenlaadun keski- ja ääriarvoja 2014–2023 (Suomen ympäristökeskus 2024: Vedenlaaturekisteri Vesla). n = näytemäärä. Pintakerroksen tulokset 0–5 metristä, mutta mukana myös kokoomanäytteet 0–9 metristä.

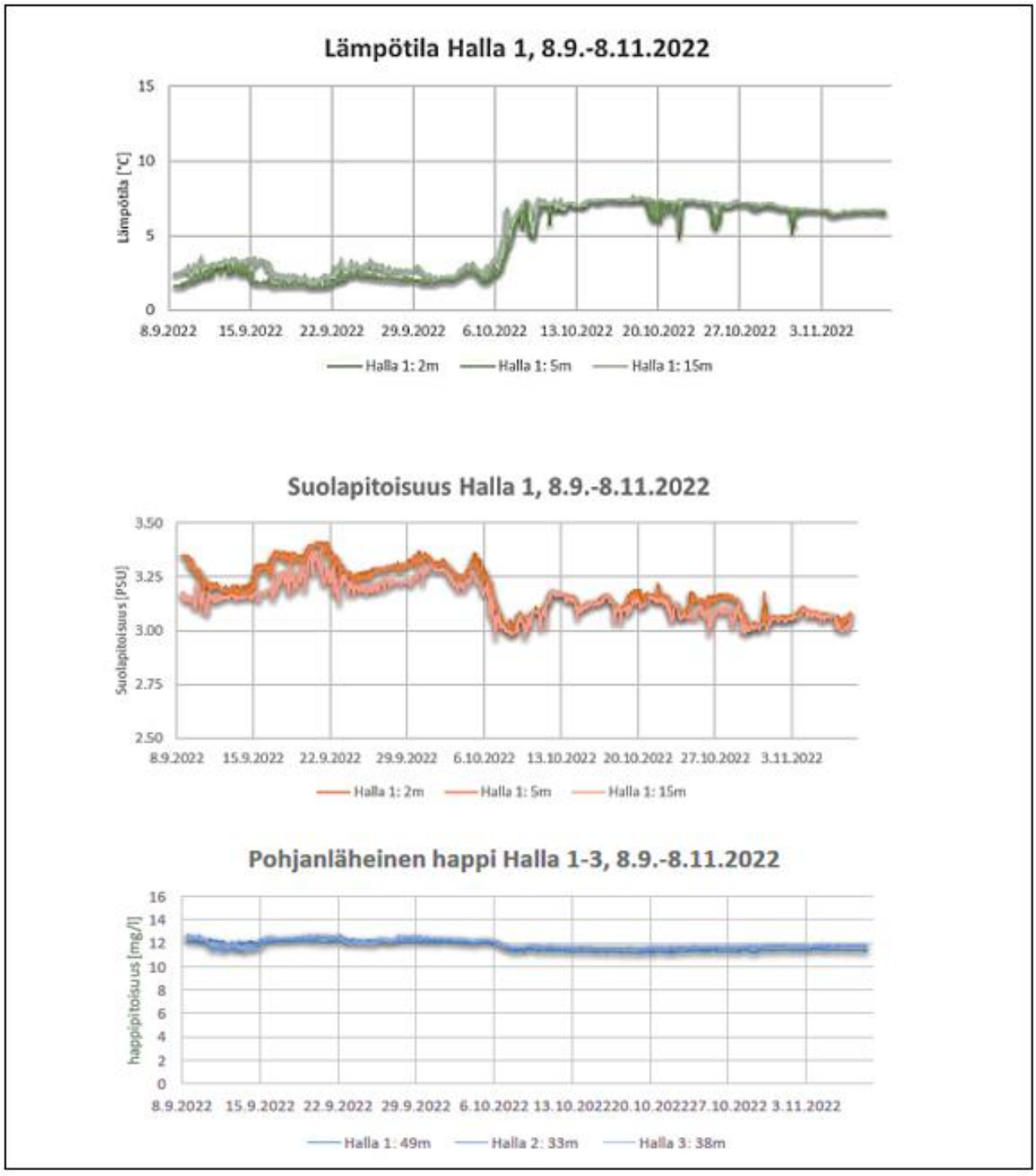
		Syvyys	Happi kyll.	Happi, liuk.	pH	Sähkön-joht.	Väri	Sameus	Kok.P	PO_4-P	Kok.N	NH_4-N	NO_{2+3}-N	Rauta	Klo-rofylli-a	Kiinto-aine	Salini-teetti
		m	%	mg/l		mS/m	mg Pt/l	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l	%
Hailuodon ed int.	**ka**	**0-5,0**	98	10,3	7,7	470	23	1,0	7	1	278	6	29	98	4,3	2,0	2,4
2014–2023	min		73	8,1	7,3	270	9	0,3	4	1	170	1	2	18	0,3	0,5	1,0
	max		120	14,0	8,1	570	55	2,8	19	6	690	35	120	480	13	14	3,1
	n		210	212	212	80	170	188	189	182	189	188	184	119	121	57	212
Hailuodon ed int.	**ka**	**21-24**	88	10,3	7,5	511	19	1,6	10	2	327	31	60	147			2,7
	min		41	4,5	7,0	440	10	0,4	3	1	160	1	2	21			1,0
	max		104	14,0	7,9	570	35	11,0	32	15	630	220	130	1100			3,1
	n		100	101	101	36	71	90	90	87	90	91	88	102			102
Kallan edusta RE2	**ka**	**0–5,5**	**96**	**10,9**	**7,7**	**521**	**20**	**1,0**	**8**	**2**	**310**	**12**	**48**	**79**	**4,1**		**2,9**
2014–2023	min		84	8,2	7,4	430	7	0,3	2	1	180	2	2	9	0,5		2,5
	max		120	14,0	8,0	580	43	3,2	18	24	1200	94	150	240	11,0		3,2
	n		54	54	54	54	54	54	51	54	54	54	50	26	22		13
Kallan edusta RE2	**ka**	**14–16**	**91**	**10,9**	**7,7**	**541**	**16**	**1,0**	**8**	**1**	**291**	**13**	**57**	**70**			**3,0**
	min		81	8,4	7,4	460	6	0,3	1	1	190	2	2	39			2,6
	max		100	14,0	7,8	580	36	4,0	14	5	390	80	140	210			3,2
	n		38	38	38	38	38	38	36	38	38	38	36	15			12
Raahen edusta RE22	**ka**	**0–5,0**	**94**	**10,5**	**7,7**	**530**	**19**	**1,0**	**8**	**1**	**282**	**8**	**41**	**114**	**3,4**		**2,8**
2019–2023	min		88	8,0	7,5	440	11	0,4	5	1	200	2	2	31	0,5		2,4
	max		100	13,0	7,9	590	58	3,1	17	4	370	19	140	350	8,9		3,2
	n		22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	18	9		13
Raahen edusta RE22	**ka**	**10–12**	**92**	**10,6**	**7,7**	**549**	**15**	**1,1**	**9**	**2**	**278**	**11**	**49**	**93**			**3,0**
	min		78	8,1	7,5	510	11	0,3	6	1	190	2	2	35			2,8
	max		97	14,0	7,9	590	22	5,0	23	5	410	33	160	230			3,2
	n		18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	14			10
Pattijoen edusta RE7	**ka**	**0–4,2**	**94**	**10,7**	**7,7**	**509**	**23**	**1,4**	**10**	**2**	**316**	**15**	**52**	**188**	**4,9**		**2,7**
2014–2023	min		80	8,1	7,1	240	2	0,4	2	1	160	2	2	24	1,1		1,3
	max		120	14,0	8,1	570	150	4,3	35	23	700	120	230	2800	11,0		3,1
	n		79	80	80	80	80	80	74	80	80	80	76	39	23		22
Siikajoen ed 3	**ka**	**0–2,0**	**91**	**9,8**	**7,6**	**409**	**27**	**1,8**	**11**	**3**	**305**	**9**	**43**		**4,7**		**2,2**
2022–2023	min		77	8,2	7,2	290	18	0,5	9	1	230	2	2		3,3		1,6
	max		100	14,0	7,9	510	45	9,7	14	5	420	27	120		6,8		2,8
	n		12	12	12	12	12	12	10	8	12	12	10		4,0		12,0

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

		Syvyys	Happi kyll.	Happi, liuk.	pH	Sähkön-joht.	Väri	Sameus	Kok.P	PO_4-P	Kok.N	NH_4-N	NO_{2+3}-N	Rauta	Klo-rofylli-a	Kiinto-aine	Salini-teetti
		m	%	mg/l		mS/m	mg Pt/l	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l	%
Siikajoen ed OUVY-	**ka**	**0–5**	**94**	**9,2**	**7,7**		**24**	**1,7**	**8**	**2**	**290**	**10**	**11**		**4,6**	**2,4**	**2,1**
2017–2018	min		87	8,2	7,6		15	0,7	3	1	220	2	2		0,5	0,5	1,0
	max		99	10,2	7,8		35	4,6	12	3	390	20	27		12,0	5,3	2,5
	n		7	7	7		7	7	7	7	7	7	7		11	7	7
Siikajoen ed OUVY-	**ka**	**10,0**	**85**	**9,0**	**7,6**			**2,8**	**11**	**2**	**363**	**28**	**29**				**2,2**
	min		73	7,6	7,3			0,9	5	1	220	2	2				1,0
	max		99	10,3	7,8			4,9	21	3	480	66	74				2,5
	n		7	7	7			7	7	7	7	7	7				7

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankealueella virtausten ja vedenlaadun nykytilaa arvioitiin asentamalla kolme jatkuvatoimista mittauslaitteistoa, jotka tallensivat kolmelta syvyydeltä veden happipitoisuus-, sameus-, suolapitoisuus- ja lämpötilatietoja 8.9.-8.11.2022 välisellä ajanjaksolla. Happipitoisuusmittauksia tehtiin vain pohjanläheisessä vesikerroksessa. Automaattimittauspaikoilla pohjanläheiset happipitoisuudet pysyivät hyvällä tasolla. Sameusarvot olivat kokonaisuutena alhaisia, mutta niissä erottui lokakuussa sameuden kasvua johtuen ilmeisesti virtausten vesimassaan sekoittamasta pohjamateriaalista. Kuvassa Kuva 5-7 on esitetty automaattimittaustuloksia paikalta Halla 1, joka sijaitsee tuulivoimapuistoalueen lounaisosassa suunnitelulla läjitysalueella (Liite 2).



Kuva 5-7. Veden lämpötila, suolaisuus ja happipitoisuus tuulivoimapuiston lounaisosan läjitysalueella (Halla 1) (Lindfors ym. 2023, liite 2).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.2.4 Meriveden korkeus, virtaukset ja aaltojen korkeus

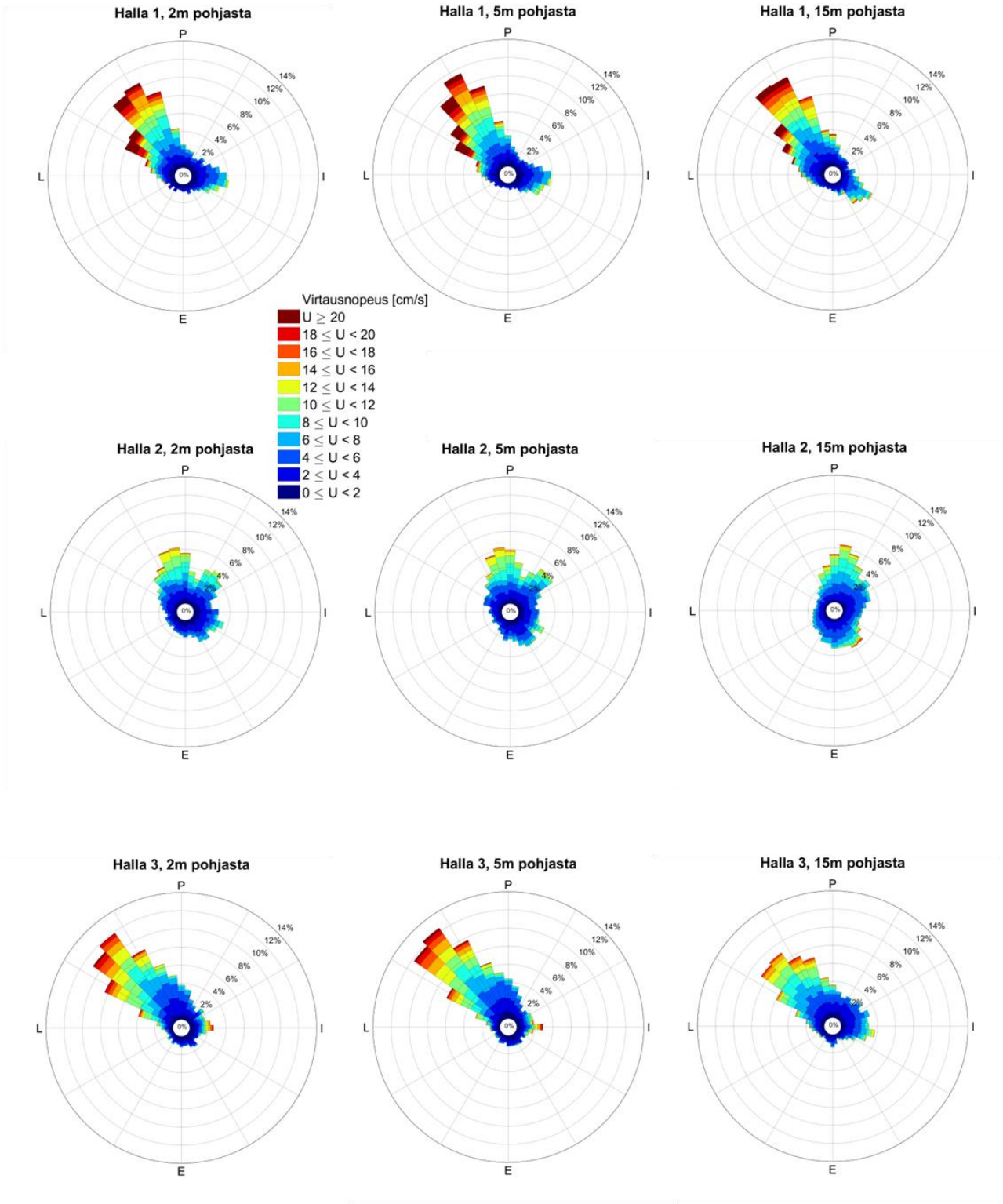
Veden pääkiertoliike Perämeren pohjukassa on Suomen rannikkoa pohjoiseen ja Ruotsin rannikkoa etelään. Paikallisesti virtaukset määräytyvät pohjan ja rantavyöhykkeen morfometrian, jokivirtaamien, tuuliolosuhteiden sekä meriveden pinnankorkeusvaihteluiden mukaan.

Perämeressä tuuli on merkittävin virtauksia aiheuttava tekijä avovesiaikana ja virtausten suunta ja voimakkuus vaihtelee suuresti. Yleensä virtaus on matalilla alueilla tuulen suuntaista, kun taas vesialueen syvemmissä osissa virtaus on vastakkaissuuntainen. Talvella virtauksia aiheuttavat lähinnä jokivirtaamat sekä ilmanpainevaihtelusta ja Perämeren vesimassan ominaisheilahtelusta johtuvat vedenkorkeuden muutokset. Itämerellä pintakerroksen hetkelliset virtausnopeudet ovat tyypillisesti 5–10 senttimetriä sekunnissa, mutta kovilla myrskyillä virtaukset voivat olla 50 senttimetriä sekunnissa. Syvemmällä virtaukset ovat yleensä hitaampia kuin pintakerroksessa, tyypillisesti muutamia senttimetrejä sekunnissa.

Vedenkorkeuden vaihtelut Perämerellä aiheutuvat pääasiassa tuulista, ilmanpaineesta ja jokien tuomasta vesimäärästä. Yleensä veden pinta on Perämerellä korkealla myöhäissyksyllä ja laskee kevättalvea kohti. Sen jälkeen pinta alkaa nousta, kunnes saavuttaa syksyisen tasonsa. Pohjoistuulilla vesi on alhaalla ja etelätuulilla korkealla. Etelä- ja lounaistuulilla merivesi kerääntyy Perämeren pohjukkaan. Lyhytaikaiset vaihtelut ovat kuitenkin suuria ja esimerkiksi kovat tuulet saattavat nostaa veden pintaa nopeasti.

Hankealueella tehtiin 2022 virtausmittauksia erityisesti sopivien läjitysalueiden löytämiseksi. Mittauksia tehtiin kaikkiaan kolmella paikalla samalla ajanjaksolla 8.9.–8.11.2022 kuin muitakin automaattimittauksia (Liite 2, *Lindfors ym. 2023*). Mittausten perusteella keskimääräiset pohjan virtausnopeudet olivat 5–7 cm/s ja maksimit 19–29 cm/s. Ajallisesti virtausnopeudet kasvoivat selvästi lokakuussa syyskierron jälkeen. Virtausruusujen perusteella on havaittavissa, että virtaussuunnat olivat hyvin samanlaisia eri syvyyksillä (2, 5 ja 15 metriä, Kuva 5-8).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

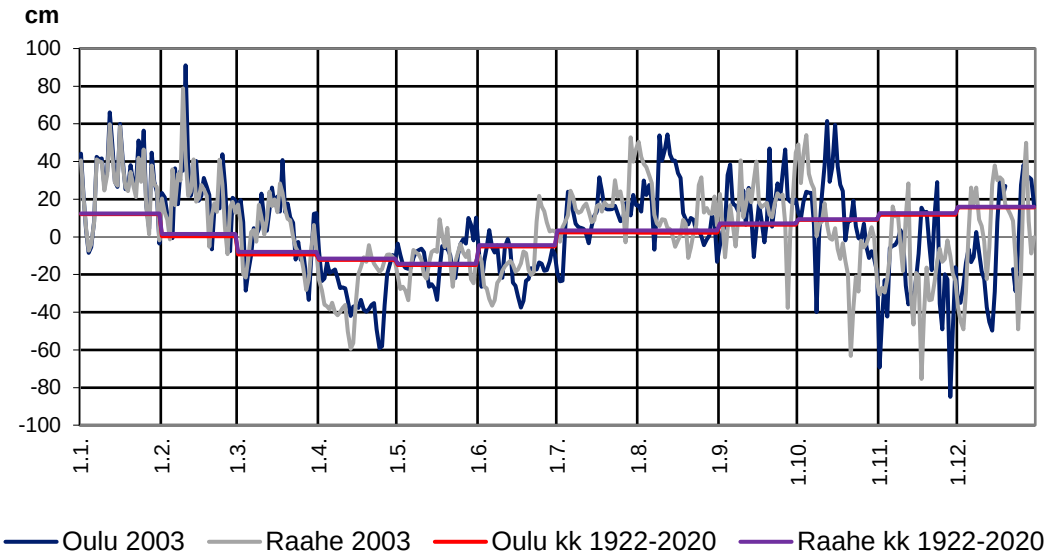


Kuva 5-8. Virtausruusut pohja-, keski- ja pintakerroksessa 8.9.-8.11.2022 jatkuvatoimisilla mittauspaikoilla (Lindfors ym. 2023, liite 2).

Lähimmät vedenkorkeuden tarkastelupaikat sijaitsevat Oulussa ja Raahessa. Molemmilta asemilta on Merentutkimuslaitoksen havaintoja vuodesta 1922 lähtien. Mittausten perusteella vedenkorkeus on ollut korkeimmillaan Oulussa 1,83 metriä ja Raahessa 1,62 metriä teoreettisen keskiveden suhteen (*Ilmatieteenlaitos 2024*). Alimmillaan merenpinta on ollut noin tasolla -1,3 metriä molemmilla asemilla. Kuvassa 5-9 on esitetty vedenkorkeuden vuorokautinen vaihtelu

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vuonna 2003 sekä keskimääräinen kuukausitason 1922–2020 vaihtelu, joka on huomattavasti pienempää.



Kuva 5-9. Meriveden korkeuden vaihtelu Oulussa ja Raahessa 2023 sekä pitkän ajan (1922–2020) kuukausikeskiarvot. Merivedenkorkeusarvot on esitetty teoreettisen keskiveden suhteen.

Ilmatieteen laitos mittaa aallonkorkeuksia poijuilla avovesikautena, mutta Perämeren osalta mittausaineistossa on katkoja. Havaintojen mukaan Perämerellä korkein, vuonna 2018 mitattu merkitsevä aallonkorkeus oli 4,6 metriä (*Ilmatieteenlaitos 2024*). Korkein yksittäinen aalto oli tällöin arvion mukaan noin 8 metriä.

5.2.5 Jääolot

Pohjoisesta sijainnista ja pienestä suolapitoisuudesta johtuen Perämeri jäätyy yleensä talvisin ja jäätalvea kestää keskimäärin noin kuusi kuukautta (*Ilmatieteen laitos 2022a*). Yleensä jään muodostuminen alkaa Perämeren sisälahdissa marraskuun puolivälissä ja keskiosissa tammikuussa. Tyypillisesti jään vahvuus on pohjoisessa rannikoiden tuntumassa 70 cm ja meren keskiosissa 30–50 cm. Hankealueen jääolosuhteista on tehty erillinen selvitys (vain viranomaiskäyttöön, jääoloista tarkemmin ks. luku 14). Siinä maksimijäänpaksuudeksi tuulivoimapuiston alueella arvioitiin mittaustulosten perusteella 77–83 cm:n ja 80 cm on suositeltu suunnittelun pohjaksi. Ilmastonmuutoksen myötä myös jäänpaksuuden arvioidaan pienentyvän alueella. Tähän mennessä lämpimimpänä talvina 2020 Perämerikään ei ole jäätynyt kokonaan. Hallan tuulivoimapuiston alueella on kuitenkin ollut jäätä joka talvi.

Jäiden lähtö alkaa pohjoisella Perämerellä toukokuun lopussa. Jäätymisen ajankohta vaihtelee noin kuukauden keskiarvon molemmin puolin, kun taas jäänlähdön ajankohta vaihtelee hieman vähemmän. Suurin osa Perämerta on jään peitossa vähintään 120 päivää vuodessa. Jääselvityksen perusteella Hallan tuulivoimapuiston alueella jääkauden pituudeksi arvioidaan 120 päivää.

Merellinen jääpeite on rannikolla ja saaristossa kiintojäätä ja muualla ajojäätä. Kiintojää on ehyttä ja tasaista, ja se pysyy vakaana alku- ja lopputalvea lukuun ottamatta. Kiintojää kasvaa alapinnastaan meriveteen teräsjääksi ja yläpinnastaan lumisohjoon kohvajääksi.

Tuulivoimapuistoalue sijaitsee ajojäävyöhykkeellä, mistä aiheutuva kuormitus on huomioitu tuulivoimaloiden suunnittelussa. Jään nopeudeksi on Ruotsissa Norströmsgrundin majakassa mitattu jopa 60 cm/s ja keskimäärin 11 cm/s ja tämän arvioidaan olevan realistinen myös Suomen puolella. Tuulet ja merivirtaukset muokkaavat jäätä erityisesti ulkosaaristossa ja ulkomerellä. Erityisesti lounaasta puhaltava kova tuuli voi rikkoa jäätä ja kasata sitä Suomen puolelle.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Jäävallit muodostuvat erikokoisista jäälautoista. Vallit voivat olla hyvinkin korkeita, jolloin ne ulottuvat myös vedenpinnan alle. Yleensä jäävallit ovat Perämerellä luokkaa 5–15 metriä, mutta paksuus voi olla jopa 28 metriä. Ahtojääkasoja muodostuu erityisesti karikoiden päälle. Toisinaan tuulet ajavat kiintojään rannalle korkeiksi valleiksi. Myös leveän rakenteen edustalle voi syntyä jääkasaumia. Ahtojääkasaumat muokkaavat voimakkaasti saarten rantoja ja matalia pohjia. Yleensä vaikutus kuitenkin ulottuu vain muutaman metrin syvyyteen. Muita jäämuodostumia ovat nk. lautasjää, joka muodostuu lumesta ja jääsohjosta aaltojen vaikutuksesta, sekä tumma ja hohkainen hauras jää. (*Kronholm ym. 2005*) Tuulivoimapuiston alueella esiintyy säännöllisesti myös ahtojäitä, mikä huomioidaan myös teknisessä suunnittelussa.

5.2.6 Sedimentin laatu

Tuulivoimapuiston alueella merenpohja koostuu pääosin hiekasta ja hienojakoisinta ainesta on lähinnä alueen länsi- ja lounais/eteläosassa. Geologian tutkimuskeskus suoritti hankkeeseen liittyen 2021 luotauksia kaapelireittien alueilla (*Sanila 2021*) ja näiden tulosten mukaan merikaapelireiteillä MVE1 ja MVE2 pohja oli pääosin kovaa moreenia, jota peittää ohuet savi- ja hiekkakerrokset. Reitin MVE3 alue on enemmän pehmeän maalajin (savi) aluetta.

Hankealueella tehtiin sedimenttitutkimuksia 2022 ja tuulivoimapuiston alueelta otettiin näytteitä kaikkiaan 12 paikalta (*Lindfors ym. 2023*, liite 2). Sedimenttitutkimuksen pintanäytteiden raekokoanalyysin perusteella hienojakoista saviainesta oli erityisesti reitin MVE1 tuulivoimapuiston puoleisella osuudella. Sedimenttinäytteistä tehtyjen haitta-ainetutkimuksen perusteella tuulivoimapuiston alueella esiintyi yleisesti lievästi kohonneita, tason 1 B, ylittäviä dioksiini ja furaanipitoisuuksia sekä joitain yksittäisiä tason 1A ylittäviä organotina- ja PAH-yhdisteitä. Alueen massat on arvioitu kuitenkin kaikilta osin meriläjityskelpoisiksi (*Lindfors ym. 2023*, liite 2).

Kaikilta kaapelireiteiltä sekä myös niiden läheisiltä suunnitelluilta läjitysalueilta on otettu hankkeen yhteydessä runsaasti sedimenttinäytteitä 2022 ja 2023 (*Lindfors ym. 2023 ja 2024,* liite 2 ja 5). Niistä tehdyissä haitta-ainetutkimuksissa todettiin jonkin verran lievästi kohonneita PAH-yhdisteiden sekä dioksiinin ja furaanin pitoisuuksia, mutta massat on arvioitu meriläjityskelpoisiksi. Poikkeuksena kaapelireitillä MVE1 väylän läheisyydessä yhdessä pisteellä todettiin vuonna 2022 tason 2 ylittävä normalisoitu nikkelipitoisuus sekä myös tason 1 C ylittävä kuparipitoisuus. Vuoden 2023 uusintanäytteissä vastaavia kohonneita tasoja ei havaittu. Kontaminaatio voidaan siten arvioida hyvin paikalliseksi eikä arvioida olevan vaikutuksia reitin massojen meriläjityskelpoisuuteen.

Hankealueen pohjaolosuhteita ja sedimenttiä on käsitelty yksityiskohtaisemmin kappaleessa 0.

5.2.7 Vedenalaiset luontotyypit, vesikasvillisuus ja pohjaeläimet

Perämeri on nuori ja matala meri, jota luonnehtii jatkuva maankohoaminen ja siten muuttuva rantavyöhyke matalilla alueilla. Perämeren lajisto on niukkaa ja sekoitus makeanveden, meriveden sekä murtoveden lajeja (*Kronholm ym. 2005*). Paikallisesti lajien esiintymiseen vaikuttavat monet eri ympäristötekijät, kuten pohjan laatu, veden laatu, rannan avoimuus ja valon määrä. Merenpohjan elinympäristöjä luokitellaankin usein näiden tekijöiden perusteella erilaisiin putkilokasvien ja/tai levien ja pohjaeläinten muodostamiin yhteisöihin sekä luontotyyppeihin (*Korpinen ym., 2018*). Perämerellä hiekkapohjat ovat vallitseva pohjatyyppi, mikä määrittää myös eliöyhteisöjen koostumusta. Saarten rannat ovat usein kivikkoa (*Leinikki ym. 2004*).

Suomen merenhoitosuunnitelman uusimmassa tila-arviossa (*Korpinen ym. 2018*) merenpohjan pohjaeläinyhteisöjen, vesikasvien sekä pohjanläheisen happitilanteen tilaa on arvioitu erilaisten indikaattorien avulla. Merenpohjan pohjaeläinyhteisöjen, vesikasvien sekä pohjanläheisen happitilanteen perusteella arvioituna Perämeren avomerialueiden pohjan tila on hyvä, mutta rannikkovesialueilla keskimääräinen tilanne on heikko (*Korpinen ym. 2018*).

Perämeren matalikoilla pohjan kasvistossa ja eläimistössä voi olla suuria alueellisia eroja. Pohjamateriaalin laatu on ratkaiseva eliöyhteisöjen jakautumisessa, ja kovilla ja pehmeillä pohjilla

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

on omat kasvi- ja eläinyhdyskuntansa. Monilla alueilla on sekaisin pehmeitä ja kovia pohjia, jolloin kasvi- ja eläinlajisto on sekoitus näiden pohjatyyppien yhteisöistä.

5.2.7.1 Mereiset suojelualueet ja muut arvokkaat alueet

Natura 2000 -alueet

Merituulivoimapuiston alueen itäpuolella noin yhden kilometrin päässä sekä VE1- että VE2-vaihtoehdoista sijaitsee Merikallan Natura 2000 -alue. MVE3 rajautuu Siikajoen lintuvedet ja suot -Natura 2000 -alueeseen ja MVE1 Raahen saariston Natura 2000 -alueeseen Natura 2000 –alueiden kuvaukset ja vaikutusarvioinnit on esitetty luvussa 11 ja niille on lisäksi tehty erillinen Natura-arvionti tai Natura-tarvearviointi. Niiden sijainti on esitetty kuvassa 5-10.

HELCOM MPA

Itämerta ympäröivät valtiot ovat sopineet Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskevan yleissopimuksen, Helsingin sopimuksen (2/2000, finlex.fi), joka velvoittaa suojelemaan meriluontoa, säilyttämään lajien monimuotoisuutta ja vähentämään kuormitusta kaikista päästölähteistä. Samalla on perustettu Itämerikomission alaisia mertensuojelualueita (HELCOM Marine Protected Areas, MPA) suojelemaan arvokkaita mereisiä ja rannikolla esiintyviä elinympäristöjä. Mertensuojelualueiden tavoitteena on tarjota erityistä suojaa lajeille ja luontotyypeille ja siten säilyttää biologista ja geneettistä monimuotoisuutta Itämerellä. Niiden tarkoitus on myös turvata ekologiset prosessit ja toiminnot sekä luontotyyppien ja lajien elinympäristöjen säilyminen ja ennallistaminen suotuisan suojelun tasolla. Tarkoitus on myös suojella alueita, joilla esiintyy uhanalaisia tai väheneviä lajeja, jotka ovat merkittäviä lajien levähdys- ja ruokailupaikkoja, ekosysteemin kannalta tärkeitä elinympäristöjä tai lajeja (ns. avainlajeja), monimuotoisia alueita tai herkkiä alueita, harvinaisia tai erikoislaatuisia geomorfologisia rakenteita tai prosesseja sekä ekologisesti merkittäviä alueita. Suomessa Helcomin mereiset suojelualueet ovat yhtä aluetta lukuun ottamatta päällekkäisiä Natura 2000 -alueiden kanssa ja Helcomin suosituksen (*HELCOM 2014*) mukaan mereisillä suojelualueilla tulisi olla yksilöity hoito- ja käyttösuunnitelma tai hoitotoimenpiteitä, jotka laaditaan suojaamaan alueita ihmispaineilta, estämään eturistiriitoja ja varmistamaan, että suojelutavoitteet toteutuvat. Säädeltyjä toimintoja voivat olla mm. rakennustyöt, ruoppaus, ja tuulivoimapuistot. Suomessa ei kuitenkaan ole erillisiä hoito- ja käyttösuunnitelmia, vaan ne ovat yhteneviä Natura 2000 -alueiden ja kansallispuistojen kanssa. Voimassa olevat hoito- ja käyttösuunnitelmat ovat kuitenkin puutteelliset mereisten luontoarvojen suojelun osalta (*Arnkil ym. 2019*).

Merituulivoimapuiston alue sijaitsee lähimmillään noin 1 kilometrin etäisyydellä Merikallan Helcomin mereisestä suojelualueesta, jonka syvyys vaihtelee 7–26 metrin välillä (Kuva 5-10). Noin 55 % alueesta koostuu hiekkakohoumista, joiden on arvioitu edustavan vedenalaisia hiekkasärkkiä. Merenpohjan lajisto on vähäinen ja koostuu Pohjanlahdelle tyypillisistä hiekkapohjien lajistosta kuten kilkistä (*Saduria entomon*), sukkulamadoista (*Nematoda* sp.) ja värysmadoista (*Turbellaria* sp.). Virtaukset liikuttavat hiekkaa helposti, joten makrofyyttistä kasvillisuutta alueella ei esiinny. (*Helcom 2019*)

Alue on valittu suojeltavaksi seuraavien kriteerien vuoksi (*Helcom 2019*):

- Lajien tai elinympäristöjen harvinaisuus
- Hyvä edustavuus
- Merellisiä arvoja
- Habitaattidirektiivin liitteen I habitaattityyppien suojelu
- Habitaattidirektiivin liitteen II lajien elinympäristöjen suojelu

EMMA-alueet

Suomen ekologisesti merkittävistä vedenalaisista meriluontoalueista (EMMA-alueet) Kalajoen-Pyhäjoen laaja EMMA-alue (EMMA_POP_121) sijoittuu merikaapelivaihtoehdon MVE1 alueelle. Noin viisi prosenttia EMMA-alueesta sijaitsee reitin MVE1 alueella. Kalajoen-Pyhäjoen EMMA-

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

alueen luontoarvoina ovat erityisesti kalakannat sekä monipuolinen vesikasvillisuus (*Lappalainen ym. 2020*). Alue on kokonaisuudessaan merkittävää kutualuetta muikulle sekä merikutuiselle siialle. Alueen vesikasvillisuutta luonnehtivat näkinpartaisniityt sekä pehmeiden pohjien putkilokasvi-näkinpartaisniityt. Raahen saariston edustalla on syväsatama ja raskasta teollisuutta ja suuri osa alueen rannoista on ihmistoiminnan muuttamia. Luonnontilaisia alueita Raahen sataman edustalla esiintyy lähinnä suojelualueilla. Rauhoitettua upossarpiota (VU) (*Alisma wahlenbergii*) löytyy laajoilta alueilta EMMA-alueelta, mutta saatavilla olevien tietojen perusteella sitä ei esiinny merikaapelivaihtoehdon MVE1 alueella (*VELMU-hanke 2023*). Upossarpio on myös EU:n luontodirektiivin liitteen II laji. Vaarantunutta paunikkoa (*Crassula aquatica*) esiintyy MVE1 alueella (*Lajitietokeskus 2023*). Nelilehtivesikuusta (*Hippuris tetraphylla*), joka on myös EU:n luontodirektiivin laji, ei saatavilla olevien tietojen mukaan esiinny Kalajoen-Pyhäjoen EMMA-alueella (*VELMU-hanke 2023*) (Kuva 5-10).

EMMA-alueita esiintyy myös merikaapelivaihtoehdon MVE3 läheisyydessä noin 270 metrin päässä energiansiirtoreitistä (Siikajoki, EMMA_POP_127). Siikajokisuisto on matalaa rannikon jokisuistoaluetta. Alueella on merkitystä kaupallisten kalakantojen (mm. siika) elinvoimaisuudelle (*Lappalainen ym. 2020*). Aluetta luonnehtivat monipuoliset putkilokasvilajit, mm. upossarpio. Upossarpion kartoitushavaintoja on olemassa merikaapelivaihtoehdon MVE3 alueelta (Kuva 5-15).

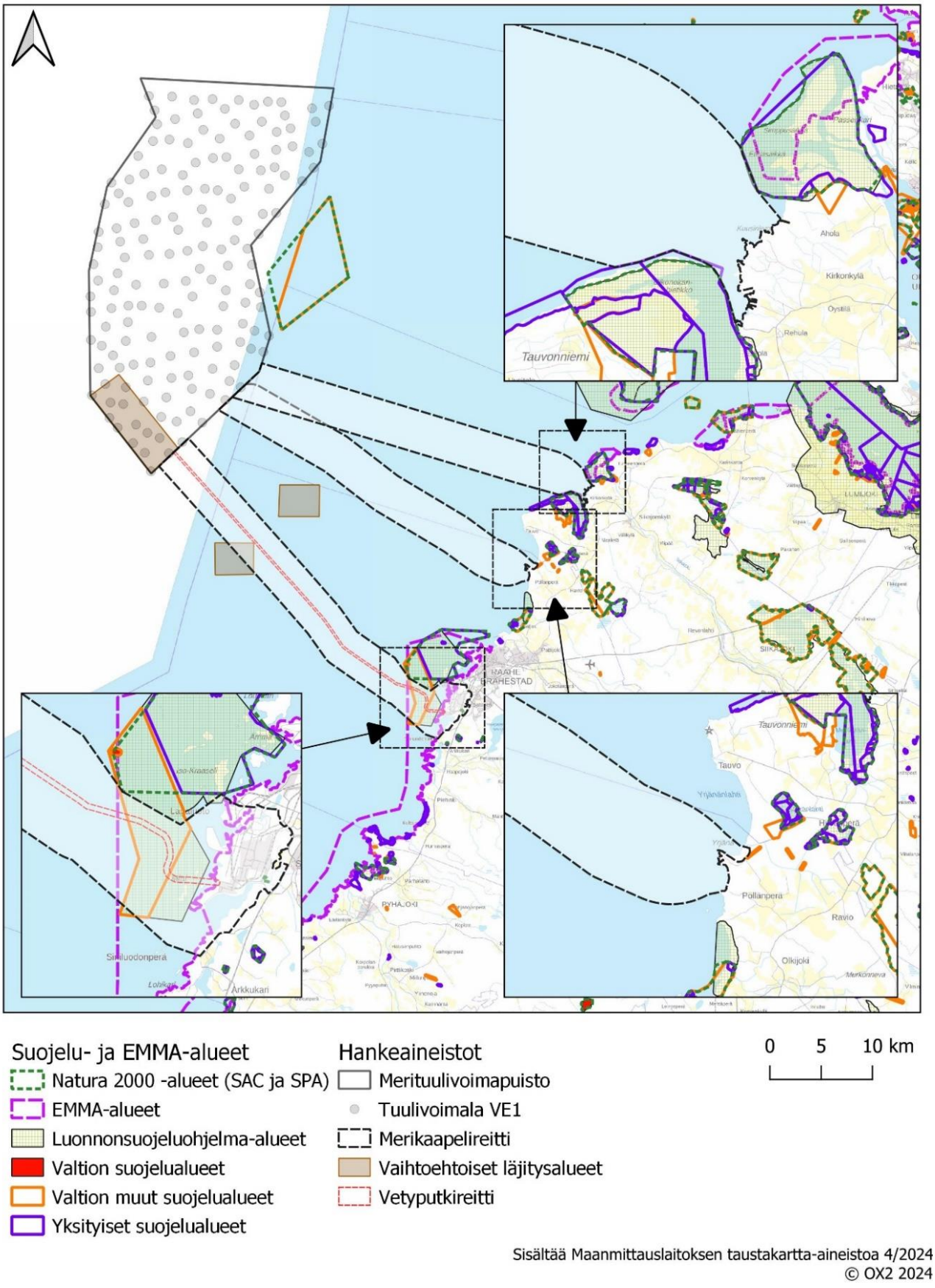
ESPA-alueet

Säätelypalveluiden ESPA-alueita, eli ekosysteemipalveluiden kannalta arvokkaimpia alueita Suomen merialueilla, sijaitsee Siikajoen Merikylänlahdella. ESPA-alueiden tarkoituksena on tunnistaa alueita, jonne merituulivoimaa voidaan sijoittaa vaarantamatta ekosysteemipalveluiden kannalta merkittäviä alueita. Siikajoella ja sen jokisuiston monimuotoisella kasvillisuudella on merkitystä kaupallisten kalakantojen elinvoimaisuudelle. Kohde on esimerkiksi vaellussiian tärkeä lisääntymisalue. Arvokkaiksi säätelypalvelualueiksi tunnistettiin alueita, joilla esiintyy kasvillisuuden tarjoamia palveluja kytkeytyen tulvansuojeluun, eroosion ehkäisyyn, haitallisten aineiden sidontaan ja pilkkomiseen, hapen tuotantoon, ravinteiden ja hiilen sitomiseen sekä kaloille tärkeisiin elinympäristöihin. Säätelypalveluja ja niiden potentiaalia ilmenee eniten merenlahdissa, jokisuistoissa ja saarten ympärillä. MVE3 rantautuu Siikajoen eteläpuolelle ja Merikylänlahdelle. (*Paulus ym. 2024*)

Mereiset luonnonsuojelualueet

MVE1:n energiansiirtoreitti kulkee noin 400 metrin etäisyydellä Jyryn saaren valtion luonnonsuojelualueesta. Etäisyys VVE1:stä on noin kaksi kilometriä. MVE1 kulkee Raahen saariston yksityisen luonnonsuojelualueen vierestä sekä sijaitsee osittain päällekkäin Raahen saariston rantojensuojeluohjelma-alueen (RSO110099) kanssa. Myös VVE1 kulkee Raahen saariston rantojensuojeluohjelma-alueen läpi. Kohteiden luontotyypeistä ja lajistosta ei ole käytettävissä kattavia selvityksiä ja kohdekuvauksessa esiteltiin vain maalla esiintyviä lajeja ja luontotyyppejä (*Kallio 2017*). Merikylänlahti ja Siikajoen suisto MVE3 rantautumisalueen lähellä on yksityisiä luonnonsuojelualueita sekä luonnonsuojeluohjelma-alueita. Suojelualueista on tarkemmin kerrottu luvussa 11 ja ne on esitetty kuvassa (Kuva 5-10).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-10. Suojelualueet ja EMMA-alueet.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.2.7.2 Uhanalaiset ja suojellut luontotyypit

Luontodirektiivin luontotyypit

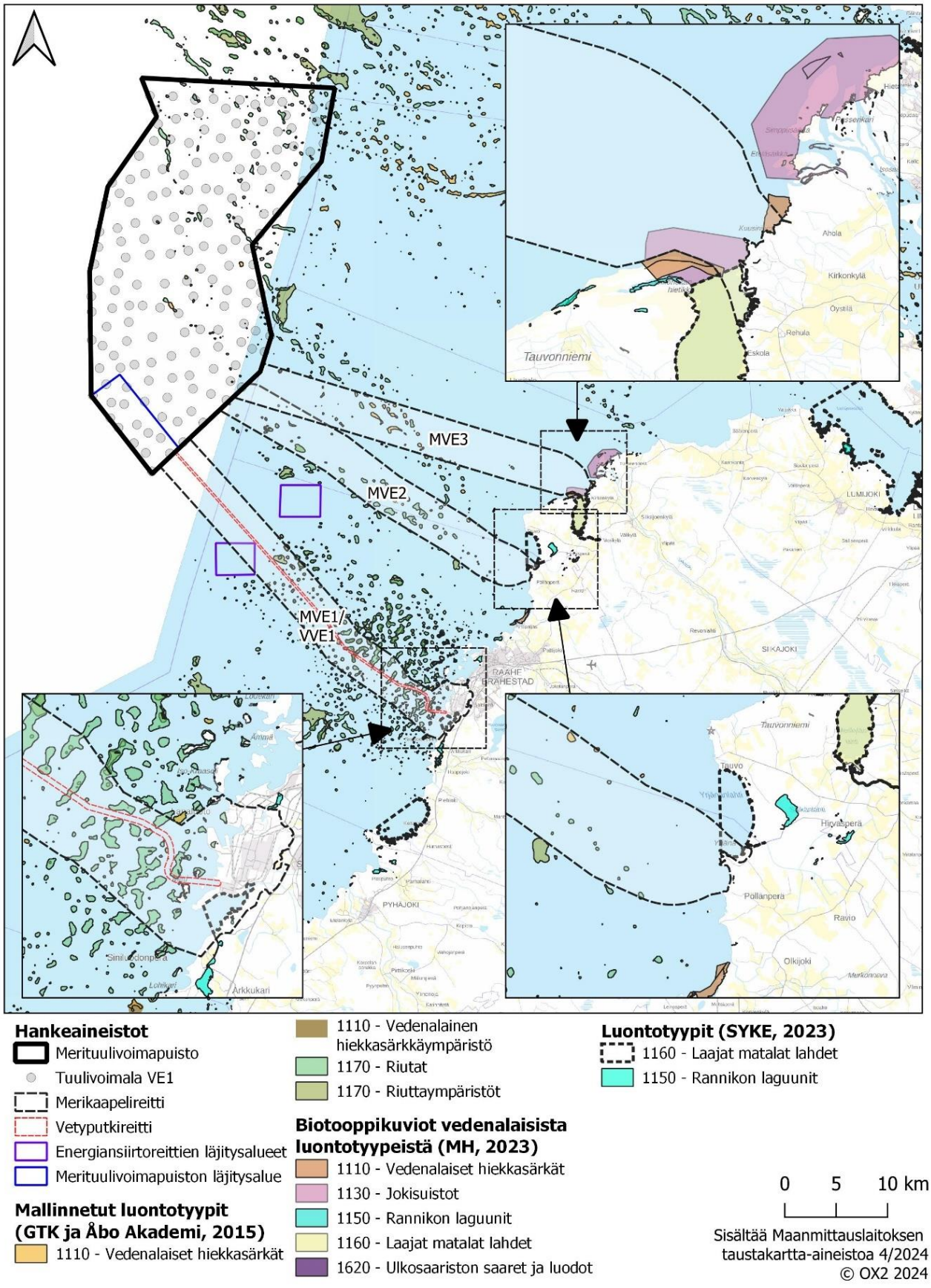
Luontotyyppejä suojellaan lainsäädännöllä sekä erilaisten kansainvälisten sopimusten kautta. Luontodirektiivin liitteen I mukaisista suojeltavista Natura-luontotyypeistä kuusi on vedenalaisia meriluontotyyppejä: rannikon laguunit (1150), laajat matalat lahdet (1160), kapeat murtovesilahdet (1650), riutat (1170), vedenalaiset hiekkasärkät (1110) ja jokisuistot (1130). Myös harjusaarilla (1610) sekä ulkosaariston luodoilla ja saarilla (1620) on vedenalaisia osia. Luontodirektiivin suojeltavista Natura-luontotyypeistä rannikon laguunit on ensisijaisesti suojeltava luontotyyppi. Ne ovat monimuotoisia elinympäristöjä ja tärkeitä muun muassa uhanalaisille, suojaisten pohjien näkinpartaisesiintymille ja kevätkutuisille kaloille. Luontodirektiivin luontotyypit ovat luontotyyppejä, joiden luontainen esiintymisalue on hyvin pieni tai jotka ovat vaarassa hävitä unionin alueelta. Natura-alueiden ulkopuolisilla luontotyyppitiedoilla voidaan kuvata alueen vedenalaisen luonnon tilaa, lisäksi verkoston ulkopuolisten alueiden avulla voidaan esimerkiksi parantaa merkittävästi verkoston ekologista yhtenäisyyttä ja Natura 2000 -alueiden välisiä toiminnallisia yhteyksiä.

Hankealueella on jonkin verran moreenipeitteisiä pohjia, mutta ei juuri lainkaan vedenalaisia kalliopaljastumia. Suurin osa riuttamaisista kohoumista ovat moreenia (*Kaskela & Rinne 2018*). Natura 2000 -luontotyyppioppaassa ei ole kuvattu Perämeren riuttoja, jotka poikkeavat oppaassa kuvatuista muiden Suomen merialueiden riutoista (Airaksinen & Karttunen 2001). Perämerellä riutat ovat monimuotoisimmillaan 2–5 metrin syvyydellä, etenkin jokisuistojen läheisyydessä ja silloin kun niillä esiintyy erilaisia vesisammallajeja (Keskinen 2024). Rakkohaurua, jota käytetään luontotyyppioppaassa riutan edustavuuden määrityksessä, ei Perämerellä esiinny, vaan kasvillisuuden muodostaa vesisammalet, putkilokasvit, näkinpartaiset, rihmalevät ja palleroahdinparta sekä kiinnittyvistä eläimistä kaspianpolyypit ja murtovesisieni. Sinisimpukkaa ei myöskään Perämerellä esiinny. Perämeren riutoilla ei esiinny selvää vyöhykkeisyyttä vaan edellä kuvatut vesikasvit ja levät kasvavat osittain rinnakkain. Yli seitsemän metrin syvyydellä riutat ovat hyvin karuja ja vähälajisia, ja ovat riuttoja ainoastaan geologisilta piirteiltään (Keskinen 2024). Potentiaalisia riuttaympäristöjä esiintyy erityisesti hiekka-alueiden ulkopuolella kovilla pohjilla, mutta myös hiekka-alueiden sisällä (*Kaskela & Rinne 2018*).

Perämereltä on yleisesti ottaen saatavilla hyvin vähän tarkkaa merigeologista peruskartoitusaineistoa, mutta Perämeren riuttojen ja hiekkasärkkien esiintymistä on mallinnettu vuonna 2015 perustuen mm. SYKEn laatimaan merialueiden syvyysmalliin sekä GTK:n pohjanlaatuaineistoon (*Kaskela & Rinne 2018*). Mallin mukaisia riuttoja on eniten MVE1:n alueella ja vähiten MVE3:n alueella (Kuva 5-11).

Hankealueelle kohdistetuissa kartoituksissa selvitettiin ympäröivästä merenpohjasta kohoavien riuttamaisten kivikoiden ja lohkareikkojen lajistoa (*Vasama & Leinikki 2023*). Rannikon läheisyydessä palleroahdinparta (*Aegagropila linnaei*) muodosti 2–5 metrin syvyydessä vyöhykkeen, jonka alapuolella esiintyi paikoin melko heikko murtovesisienen (*Ephydatia fluviatilis*) tai polyyppien (*Hydrozoa*) muodostama vyöhyke. Vesikasveja tai vesisammalia ei merituulivoimapuistoon tai merikaapeli-/vetyputkireiteille kohdistetuissa kartoituksissa havaittu. Merituulivoimapuiston alueen kivipinnoilla ei havaittu lainkaan kiinnittyneitä leviä tai pohjaeläimiä, jotka voisivat muodostaa vyöhykkeitä. Yleisesti sekä merikaapelien ja vetyputkien reiteillä että merituulivoimapuiston alueella havaittiin niukasti lajeja.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-11. Luontodirektiivin luontotyypit.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hiekka- ja sorapohjat ovat yleisempiä Perämerellä kuin muilla Suomen merialueilla. Alueella on niin laajoja hiekkakenttiä kuin harjumuodostumiakin ja täten potentiaalisiksi hiekkasärkiksi arvioituja muodostumia. Mallinnusten perusteella merituulivoimapuiston sekä merikaapelien alueella sijaitsee vedenalaisia hiekkasärkkiä. Eniten niitä sijaitsee mallin mukaan MVE3:n alueella. Vedenalaiset hiekkasärkät esiintyvät pääasiassa alle 20 metrin syvyydessä, ja ne voivat koostua hiekan lisäksi osittain sitä karkeammasta tai hienommasta aineksesta (*SYKE & MH 2020*).

Metsähallituksen Luontopalvelujen biotooppikuviot sisältävät valtion suojelualueilla ja suojelutarkoituksiin varatuilla alueilla sijaitsevat luontodirektiivin luontotyypit, mutta se ei sisällä merialueiden tietoja (*Metsähallitus 2020*). Aineisto perustuu Metsähallituksen maastoinventointeihin. Niiden perusteella MVE3:n alueella sijaitsee vedenalaisia hiekkasärkkiä. Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien kartoituksissa Natura 2000 -luontotyyppioppaan mukaisia vedenalaisia hiekkasärkkiä (1110) ei havaittu (Kuva 5-11) (*Airaksinen & Karttunen 2001*). Merituulivoimapuiston kartoitukset kohdistettiin alueen koville pohjille. Merituulivoimapuiston koilliskulmassa sijaitsevalla kartoituspisteellä (H7) syvyys oli 12 metriä ja pohjanlaatu 100 % hiekkaa, joten kohde saattaa olla potentiaalinen vedenalainen hiekkasärkkä. Merikaapeli- ja vetyputkireittien kartoitukset kohdistettiin kaikuluotaimen avulla ympäristöään korkeammille alueille. Kartoitetuista alueista alle 20 metrin syvyydellä sijaitsevista kohteista seuraavien pohja oli 100 % hiekkaa ja voivat olla potentiaalisia vedenalaisia hiekkasärkkiä: Hal 01, Hal 20, Hal 22, Hal 23, Hal 24, Hal 35, Hal 36, Hal 37, Hal 38 ja Hal 39. Kartoituksissa näitä ei kuitenkaan luokiteltu Natura 2000 -luontotyyppimääritelmän mukaisiksi vedenalaisiksi hiekkasärkiksi. Huomioitava on, että riutat ja vedenalaiset hiekkasärkät voivat esiintyä samassa muodostumassa ja niiden rajaaminen voi yleisesti ottaen olla haastavaa.

Muista edellä mainituista luontodirektiivin luontotyypeistä merikaapelireiteillä esiintyy laajoja matalia lahtia (MVE1, MVE2, MVE3), jokisuistoja (MVE3) ja rannikon laguuneja (MVE1) (Kuva 5-11).

Suomen luontotyyppien punaisen kirjan uhanalaiset luontotyypit ja luonnonsuojelulain mukaiset luontotyypit

Vuonna 2018 julkaistussa Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa erilaiset vedenalaiset elinympäristöt on luokiteltu ns. LuTu-luontotyyppeihin ja eriasteisiin uhanalaisuusluokkiin (*Kontula & Raunio 2018*). Alueen tulee täyttää tietyt kriteerit, jotta se voidaan luokitella LuTu-luontotyypiksi, joten kaikki alueet eivät kuulu näihin. Esimerkiksi punaleväpohjilla (EN) tulee kasvillisuuden peittää vähintään 10 % pohjasta ja punalevien osuus kasvillisuudesta olla vähintään 50 % (*Kontula & Raunio 2018*). Alueet, jossa levien peittävyys on 100 % ja punalevien osuus tästä 40 %, ei siten lasketa punaleväpohjiksi, vaikka punaleviä kasvaakin runsaasti. Kaikki alueet, joissa kasvaa runsaasti punaleviä, eivät siis täytä uhanalaisluokittelun luontotyypin määritelmää, mutta voivat silti olla esimerkiksi punalevälajistoltaan arvokkaita.

Erittäin uhanalaisiksi luontotyypeiksi (EN) arvioitiin haurupohjat, punaleväpohjat, suursimpukkapohjat, valkokatka-merivalkokatkapohjat ja jokisuistot, vaarantuneiksi luontotyypeiksi (VU) arvioitiin suojaisat näkinpartaispohjat, meriajokaspohjat, fladat ja kluuvit ja silmällä pidettäviksi luontotyypeiksi (NT) avoimet näkinpartaispohjat, sätkinpohjat, haura- ja hapsikkapohjat sekä merinäkinruohopohjat. Muut luontotyypit ovat joko elinvoimaisia (LC) tai puutteellisesti tunnettuja (DD). Lisäksi uuden luonnonsuojelulain (9/2023) mukaisesti suojaisat näkinpartaispohjat sekä meriajokaspohjat on määritetty suojelluiksi luontotyypeiksi.

Erittäin uhanalaisista luontotyypeistä VELMU-hankkeen lajien esiintymistodennäköisyysmallien perusteella valkokatka-merivalkokatkapohjia esiintyy koko Perämerellä, joten todennäköisesti niitä esiintyy myös merituulivoimapuiston sekä merikaapelien ja vetyputken alueilla. Valkokatkaa on myös havaittu MVE1 ja VVE1 alueella rannan läheisyydessä (*VELMU-hanke 2023*). Valkokatka-merivalkokatkapohjia havaittiin kartoituksissa merituulivoimapuiston ja MVE1/VVE1 alueella (liite 2 ja liite 5). Hankealueen pohjoisesta sijainnista ja alhaisesta suolapitoisuudesta johtuen hauru- ja punaleväpohjia ei alueella esiinny, vaikka yksittäisiä punaleviä lajistossa

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

esiintyykin. MVE3 rantautumisalueella esiintyy luontodirektiivin luontotyyppiä jokisuistot (1130), joihin voi sisältyä LuTu-luontotyypin mukaisia erittäin uhanalaisia rannikon jokisuistoja (*Kontula & Raunio 2018*). Luontodirektiivin mukaisia jokisuistoja ovat Merikylänlahti ja Siikajoen suu. Siikajoen suu kuuluu myös LuTu-luontotyyppiluokituksen mukaisiin erittäin uhanalaisiin rannikon jokisuistoihin (*SYKE 2022c*). Suursimpukkapohjien luontotyyppiä esiintyy laikuittaisesti koko rannikon vähäsuolaisissa jokisuistoissa ja sisälahdissa ja Perämerellä erityisesti avoimemmilta saaristoalueilta. Luontotyypin esiintymistä ei ole kuitenkaan tarkempia julkisesti saatavilla olevia tietoja. Ranta- ja drop video-kartoituksissa kyseistä luontotyyppiä ei havaittu.

Vaarantuneista luontotyypeistä VELMU-hankkeen luontotyyppien esiintymistodennäköisyysmallien perusteella kaikkien energiansiirtoreittien alueella voisi esiintyä suojaisia näkinpartaispohjia kaikkien reittivaihtoehtojen alueella, erityisesti rannikon lähellä ja matalikoilla (Kuva 5-12). Alhaisimmat todennäköisyydet luontotyypin esiintymiselle on MVE3 alueella. Luontotyyppi sijoittuu tyypillisesti hyvin suojaisille paikoille. Luontotyyppi esiintyy usein osana fladoja ja voi esiintyä esimerkiksi ruovikoiden aukkopaikoissa. Suojaisat näkinpartaispohjat vaihettuvat useimmiten putkilokasvien vallitsemiksi pohjiksi (*Kontula & Raunio 2018*). Energiansiirtoreittien alueelle tehdyissä kartoituksissa suojaisia näkinpartaispohjia ei kuitenkaan havaittu. Meriajokkaan levinneisyys Pohjanlahdella rajoittuu pohjoiselle Selkämerelle. Luontodirektiivin luontotyyppiin rannikon laguunit (1150) luetaan fladat, kluuvifladat ja kluuvit, joten rannikon laguunien (1150) sijoittuminen antaa osviittaa vaarantuneiden fladojen ja kluuvien sijainnista (*Suomen ympäristökeskus 2023a*). Rannikon laguuneja sijaitsee MVE1 alueella. (Kuva 5-11).

Silmällä pidettävistä luontotyypeistä VELMU-hankkeen luontotyyppien esiintymistodennäköisyysmallien perusteella hankealueella voisi esiintyä avoimia näkinpartaispohjia (kaikkien reittivaihtoehtojen alueella) sekä haura- ja hapsikkapohjia (kaikilla paitsi MVE3:n alueella). Avoimia näkinpartaispohjia havaittiin kartoituksissa kaikkien merikaapelireittien vaihtoehtojen ja vetyputkireitin alueella (Kuva 5-13).

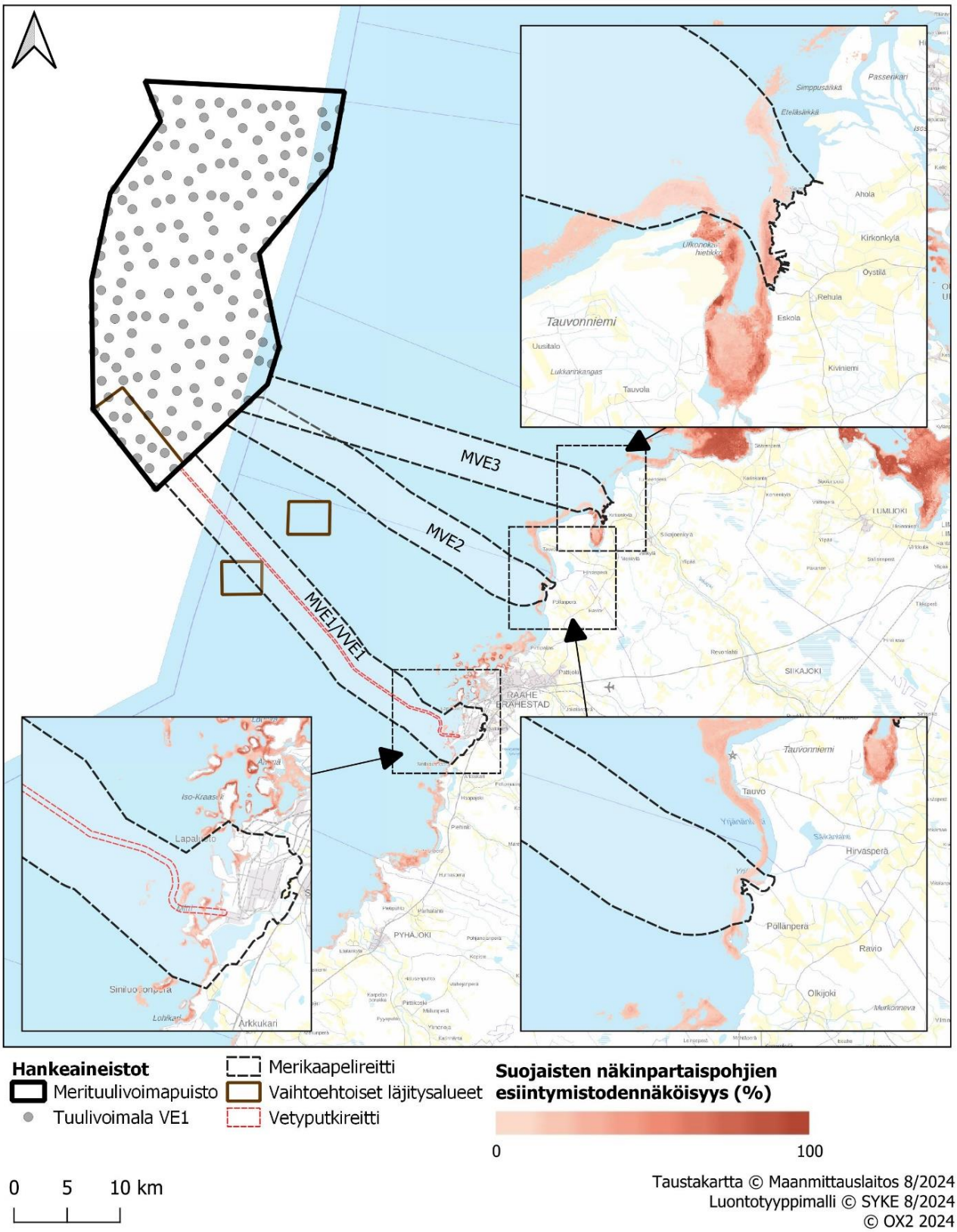
Puutteellisesti tunnettuja (DD) polyyppipohjia havaittiin drop video -kartoituksissa MVE1 ja VVE1 alueella (liite 4).

Rantautumisalueilla esiintyviä elinvoimaisia (LC) luontotyyppejä olivat vitapohjat (MVE2 ja MVE3), luikkapohjat (MVE3), kaapeli- ja vetyputkireiteillä monivuotisten rihmalevien luonnehtimat pohjat (MVE1 ja VVE1, MVE2) ja selkärangattomien luonnehtimat pohjat (MVE1 ja VVE1, MVE2) (liite 4).

Drop-videokartoitusten perusteella merituulivoimapuiston alueella ei esiintynyt mitään LuTu-luontotyyppiluokituksen mukaista luontotyyppiä (*Vasama & Leinikki 2023*). Pohja muodostui pääasiassa hiekasta, sorasta ja kivikosta, eikä kivillä näkynyt kiinnittynyttä kasvillisuuta tai eläimiä. Pohjan päällä oli paikoin melko runsaasti massiaisia ja kilkkejä.

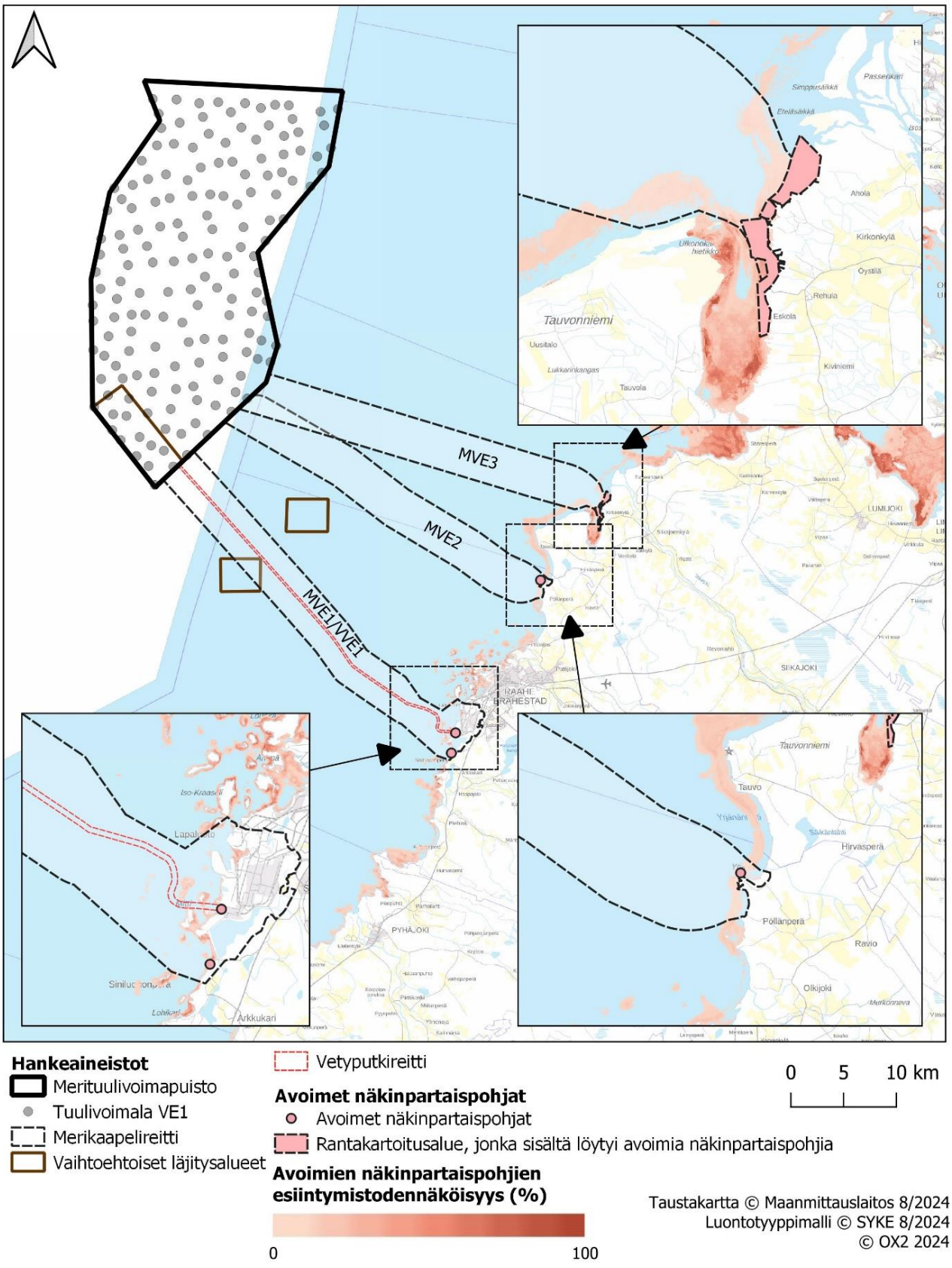
Merituulivoimapuiston sisällä sijaitsevalla läjitysalueella havaittiin vain liikkuvia eläimiä (kilkkiä ja massiaisia). Kaapeli-/vetyputkireittien läjitysalueilla ei tehty drop video -kartoituksia eikä sieltä ole VELMU-aineistoa. Alueet ovat syvällä (20–50 metriä), joten siellä ei vesikasveja esiinny, mutta alueiden mahdollisilla kovilla pohjilla voi esiintyä kiinnittyneitä eläimiä. Kaapeli-/vetyputkireittien läjitysalueiden lähimmillä kartoituspisteillä ei kiinnittyneitä eläimiä havaittu.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-12. Suojaisten näkinpartaispohjien esiintymistodennäköisyys.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

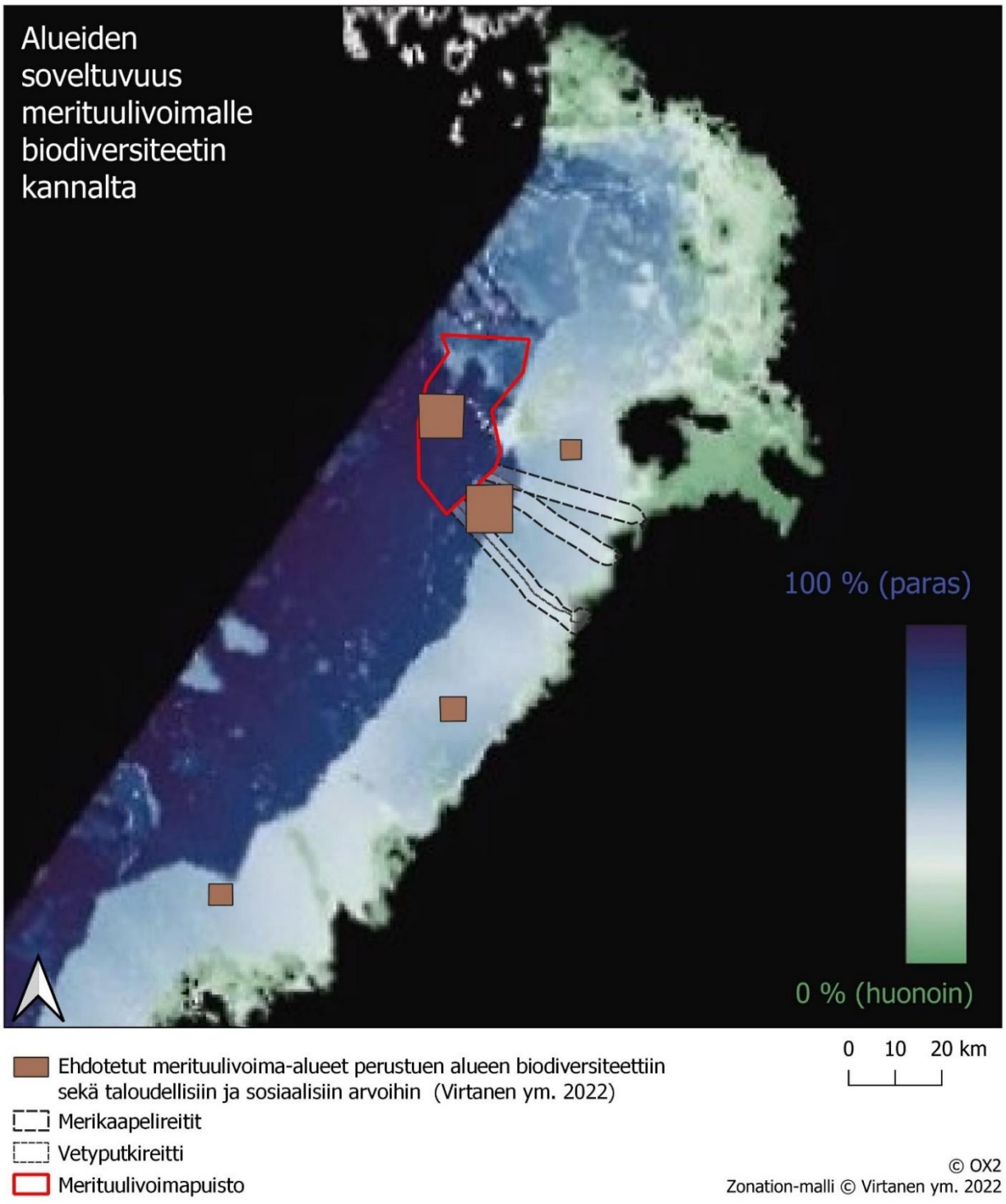


Kuva 5-13. Avoimien näkinpartaispohjien esiintymistodennäköisyys ja kartoituksissa havaitut avoimet näkinpartaispohjat.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Korkean biodiversiteetin alueet

Vuonna 2022 tehtiin zonation-mallinnus, jossa selvitettiin merituulivoimalle soveltuvimpia alueita (*Virtanen ym. 2022*). Hallan merituulivoimapuisto sijaitsee erittäin suotuisalla alueella biodiversiteettiarvojen kannalta (Kuva 5-14). Kaapelireitit kulkevat vähemmän suotuisten alueiden läpi. Suurimmat biodiversiteettiarvot ovat rannikon tuntumassa. Biodiversiteettiarvojen lisäksi taloudellisia ja sosiaalisia muuttujia huomioitaessa Hallan hanke sijoittuu suotuisalle alueelle.



Kuva 5-14. Hallan hankkeen sijainti suhteessa zonation-mallinnukseen merialueiden biodiversiteettiarvoista sekä ehdotettuihin merituulivoima-alueisiin, joiden sijainnissa on huomioitu biodiversiteetin lisäksi taloudellisia ja sosiaalisia arvoja (Virtanen ym. 2022).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.2.7.3 Makrofyytit ja uhanalaiset lajit

Perämerelle tyypillisiä levälajeja ovat kivillä vesirajan tuntumassa kasvava ahdinparta (*Cladophora glomerata*) ja hiukan syvemmällä kivipintoja peittävä ahdinpallero (*Aegagrophila linnaei).* Mereistä punahelmilevää (*Ceramium tenuicorne*) esiintyy Perämeren pohjoisosassa. Perämeren eteläosissa kasvaa myös haarukkalevää (*Furcellaria lumbricalis*). Omaleimaisimpia Perämeren kasvillisuudessa ovat suurikokoiset näkinsammalet (*Fontinalis* sp.), jotka tuovat vaihtelua Perämeren muuten yksitoikkoisille kivikkopohjille. Suojaisemmissa poukamissa kasvillisuus on jonkin verran monimuotoisempaa. Hiekkapohjilla kasvavat näkinpartaiset: sykeröparta (*Tolypella nidifica*), mukulanäkinparta (*Chara aspera*), hapranäkinparta (*Chara globularis*) ja hauensiloparta *(Nitella opaca).* Näkinpartaisten rinnalla hiekkapohjilla kasvaa putkilokasveja, esimerkiksi erilaisia vitoja, luikkia, hauroja ja vesitähtiä (*Leinikki ym. 2004*). Perämerellä ei esiinny Itämeren avainlajia rakkohaurua (*Korpinen ym. 2018*). Myöskään merialueiden tilaluokittelun indikaattorina käytettyä punaleväyhteisöjä ei voida käyttää Perämerellä, koska lajisto on erilaista kuin muilla Suomen merialueilla. Huomionarvoisia vesikasveja Perämeren alueella ovat myös direktiivilajit upossarpio ja nelilehtivesikuusi (katso kohta luontotyypit). Näkinpartaispohjien esiintymistä kuvataan edeltävässä kappaleessa.

Matalien pohjien leimaa antava piirre on pohjaan kiinnittyneiden levien ja putkilokasvien esiintyminen. Syviltä pohjilta nämä kasvit puuttuvat. Kasvien esiintymisen suurin syvyys vaihtelee alueellisten olojen mukaan. Ulkosaaristossa vesi on kirkasta ja pohjakasvillisuutta voi esiintyä 8–14 metrin syvyydessä, vaikkakin suurimmissa syvyyksissä vain harvakseltaan. Sisäsaaristossa pohjakasvien esiintymisen suurin syvyys on huomattavasti pienempi, koska vesi ei ole yhtä kirkasta (*Kronholm ym. 2005*).

Merituulivoimapuiston alue on syvää merialuetta, jossa ei kasva putkilokasveja ja myös levien esiintyminen on todennäköisesti hyvin niukkaa. Rannikkoalueilla merikaapelireittien alueella esiintyy mm. erilaisia yksivuotisia rihmaleviä, viherleviä, näkinpartaisia ja vesisammalia.

Suojaisilla rannikkoalueilla Perämerellä esiintyy myös meriuposkuoriaista (*Macroplea pubipennis*), joka on EU:n luontodirektiivin liitteen II laji ja niin sanottu vastuulaji Suomelle. Viimeisimmän uhanalaisarvioinnin perusteella laji on luokiteltu silmälläpidettäväksi (*Hyvärinen ym. 2019*). Laji suosii Perämerellä puhtaita hiekkapohjia ja esiintyy 30–120 cm syvyisissä rantavesissä järviruoko- ja kaislavyöhykkeen ulkopuolella, pääasiassa hapsividalla. Merikaapelien rantautumispaikkojen matalimmat osat voivat olla lajille potentiaalisia elinympäristöjä. Rantakartoituksissa ei kuitenkaan havaittu meriuposkuoriaisia (*Vasama ja Leinikki 2023*).

Merituulivoimapuiston alueelta ei ole olemassa aiempaa tietoa lajistosta tai luontotyypeistä. Tuulivoimapuiston kovien pohjien alueille kohdennetuissa drop-videokartoituksissa havaittiin, että kartoituspisteillä esiintyi niukasti lajeja ja vain liikkuvaa eläimistöä, jotka kuvataan luvussa 5.2.7.4. Pohja muodostui pääasiassa hiekasta, sorasta ja kivikosta eikä kivillä näkynyt kiinnittynyttä kasvillisuutta tai eläimiä. Drop video -kartoituksissa havaittuja kasvilajeja on esitelty taulukossa 5-6.

Merikaapelien ja vetyputken reiteiltä on jonkin verran olemassa olevaa tietoa alueella esiintyvistä lajeista. Reiteille kohdistetuissa kartoituksissa havaittiin niukasti lajeja. Loivarinteisillä etenkin rannikon läheisyydessä sijaitsevilla riutoilla palleroahdinparta muodosti 2–5 metrin syvyydessä vyöhykkeen, jonka alapuolella esiintyi paikoin melko heikko murtovesisienen tai polyyppien muodostama vyöhyke. Kovilla pinnoilla esiintyi paikoin runsaasti murtovesisientä. Rannikon läheisillä kivikkopohjilla esiintyi monivuotista palleroahdinpartaa ja kaapelireittien varrella pehmeillä pohjilla mahdollisia liejusimpukoiden kuoria. Rannikon lähettyvillä esiintyi ajelehtivaa rihmalevää ja kiviin kiinnittyneinä kaspianpolyyppeja ja murtovesisientä. Noin 8 kilometrin etäisyydellä rannasta syvyyden salliessa kivillä esiintyi alueelle ominaista palleroahdinpartaa. Drop video-kartoituksissa havaittuja lajeja on esitelty taulukossa 5-6.

VVE1 alueella esiintyviä VELMU-kartoituksissa havaittuja makrofyyttitaksoneita ovat letkulevät (*Vaucheria* sp.) ja ahvenvita (*Potamogeton perfoliatus*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

MVE1:n alueella esiintyviä VELMU-kartoituksissa havaittuja makrofyyttitaksoneita ovat näkinparrat ja siloparrat (*Chara* spp. tai *Nitella* spp.), ahvenvita, mukulanäkinparta (*Chara aspera*), hapsivita (*Stuckenia pectinata*), letkulevät, merisykeröparta (*Tolypella nidifica*) pikkuvita (*Potamogeton berchtoldii*), merivita (*Stuckenia filiformis*), luikat (*Eleocharis* spp.), haurat (*Zannichellia* spp.), viherahdinparta (*Cladophora glomerata*) ahdinpallero, ärviät (*Myriophyllum* spp.), vesitähdet (*Callitriche* spp.), näkinsammalet (*Fontinalis* spp.), hapranäkinparta (*Chara globularis*), punahelmilevä tai tummapihtilevä (*Ceramium* spp.), meripunakalvo (*Hildenbrandia rubra*), merisätkin (*Ranunculus baudotii*), kiiluvita (*Potamogeto*n x *nitens*), pilviruskolevä ja lettiruskolevä (*Pylaiella littoralis* ja *Ectocarpus siliculosus*) ja tuppivita (*Stuckenia vaginata*).

MVE2 alueella esiintyviä VELMU-kartoituksissa havaittuja makrofyyttitaksoneita ovat näkinparrat ja siloparrat, mukulanäkinparta, merivita ja ahvenvita.

MVE3 alueella esiintyviä VELMU-kartoituksissa havaittuja makrofyyttitaksoneita ovat ahdinpallero, näkinsammalet, mukulanäkinparta, merivita, hapsivita, näkinparrat ja siloparrat, luikat, vesitähdet, vesirikot (*Elatine* spp.), ristilimaska (*Lemna trisulca*), ahvenvita, äimäruoho (*Subularia aquatica*), hentosätkin (*Ranunculus confervoides*), merisykeröparta, ärviät, haurat, hentovita ja viherahdinparta.

Merikaapelien ja vetyputken rantautumisalueiden lajisto oli selvästi monimuotoisempaa kuin merituulivoimapuiston ja kaapeli- ja vetyputkireittien lajisto. Merikaapelien ja vetyputkien rantautumisalueet MVE1 ja VVE1 sijaitsevat Raahen terästehtaan edustalla. Vaikka VVE1 rantautumiskohdan ranta oli tehdasalueen kainalossa, tuntui se olevan hyvinkin luonnontilainen. Alueella kasvoi kaisloja (*Schoenoplectus*), järviruokoa (*Phragmites australis*) sekä merirannikkia (*Lysimachia maritima*). Rannan edustalla pohja oli enimmäkseen hiekkaa. Siellä täällä oli satunnaista kivikkoa, jonka takana aaltojen vaikutukselta suojassa kasvoi vitoja, yleisimpinä hapsivita (*Stuckenia pectinata*) ja ahvenvita (*Potamogeton perfoliatus*). Mukulanäkinparta (*Chara aspera*) muodostaa paikoitellen mattoa pohjalle 50–80 % peittävyyksillä. Ranta oli avoin tuulille, jolloin aallot ja jää muokkaavat pohjaa, minkä takia suuria alueita oli ilman kasvillisuutta. Uhanalaisista lajeista ei tehty yhtään havaintoa. Hiekkapohjan vuoksi paikka ei myöskään ole meriuposkuoriaiselle soveltuvaa elinympäristöä. Tehdasalueen pohjoisempaa osaa sataman aallonmurtajan länsisivulla ei rantakartoitettu eikä sinne perustettu satunnaispistettä sen rakennetun luonteen ja suuren syvyyden takia. Samanlaisia olosuhteita edustavalla, läheisellä videopisteellä ei ollut lajihavaintoja ollenkaan noin 6 metrin syvyisellä hiekkapohjalla. Kuljunlahden suun eteläranta oli avoin ja kivikkoinen ja aaltojen kuluttama kasviton vyöhyke oli leveä. Kartoittajat löysivät vedenalaista kasvillisuutta vasta lähes metrin syvyisestä vedestä lukuun ottamatta harvoja vitatupsuja siellä, missä kivikko suojasi tarpeeksi juurien kiinnittyä. Pohja oli hiekkaa ja kivikkoa ja valtalajeina olivat mukulanäkinparta, joka muodosti mattoa hiekkapohjalle. Seassa kasvoi merivitaa (*Stuckenia filiformis*), hentovitaa (*Potamogeton pusillus*) ja heinävitaa sekä tähkäärviää (*Myriophyllum spicatum*). Kivillä ei kasvanut levää kiinnittyneenä. MVE1 ja VVE1 reittien lähistöllä, niiden pohjoispuolella, on uhanalaisten paunikon (*Crassula aquatica*) ja upossarpion esiintymisaluetta (*VELMU-karttapalvelu 2023*). Paunikkoa on myös havaittu MVE1-alueella (tuorein havainto 2008) (*Lajitietokeskus 2023*).

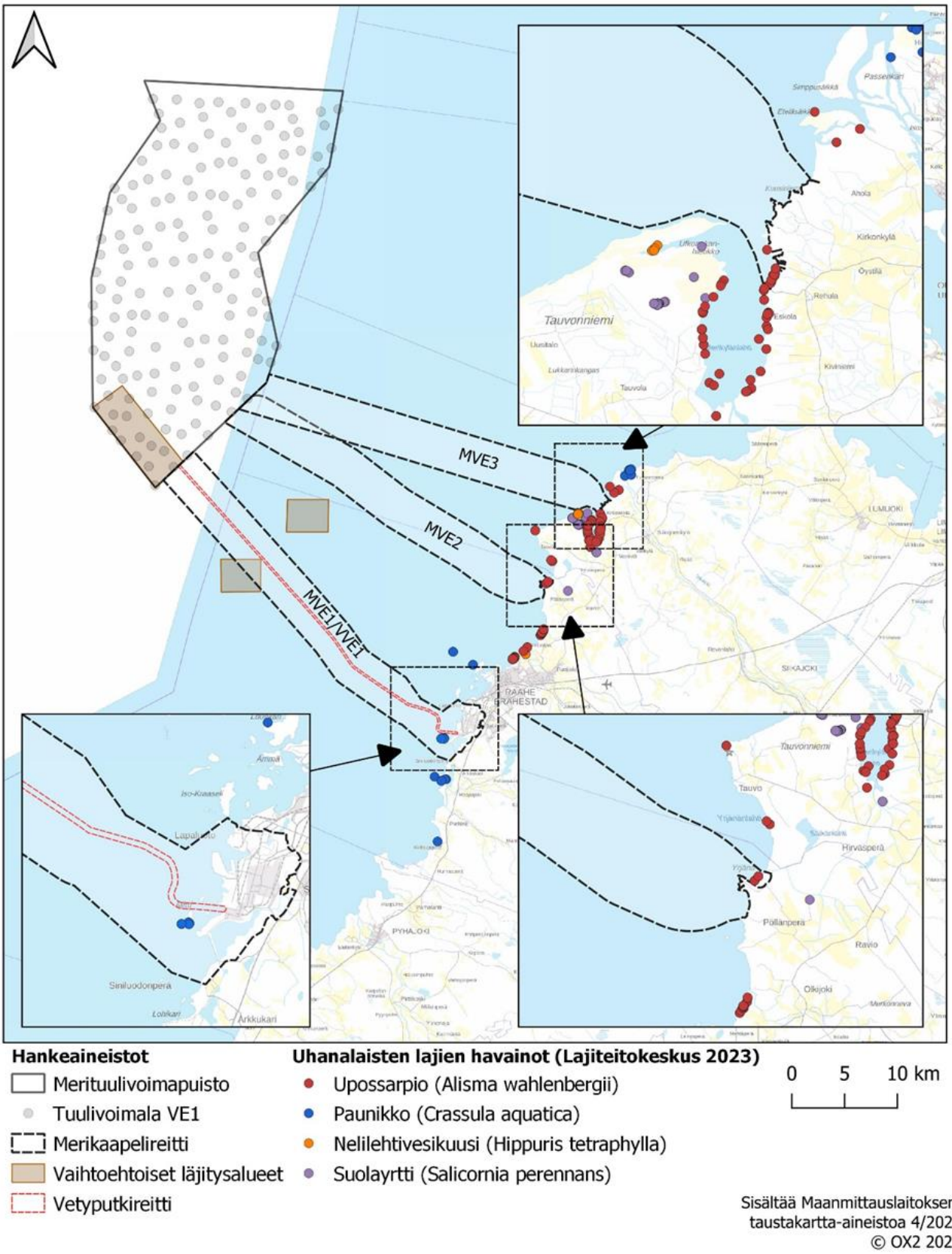
MVE2 rantakartoitusalue koostuu kahdesta matalasta hiekkalahdesta, joiden keskellä on kivisempi niemi. Pitkillä hiekkarannoilla oli muutamia mökkejä kaukana vesirajasta. Hiekkaranta oli rannan mataluuden takia pitkälle kasviton, mutta rantakasvillisuus muodosti tuuheita rannan suuntaisia, vallimaisia kasvustoja. Rannasta katsottuna ensimmäisessä vallissa kasvoi luikkia (*Eleocharis*), saroja (*Carex*), vihvilää (*Juncus*), kaisloja sekä järviruokoa. Toisessa vallissa kasvoi heiniä sekä muun muassa rantavehnää (*Leymus arenarius*) ja kurjenjalkaa (*Comarum palustre*). Kartoitusalueen pohjoispäässä oli lehmihaka, jonka takia todennäköisesti Kurkunoja tuo rantaan hyvin ravinnepitoista vettä. Kurkunsuun ympäristössä oli valtavasti rihmalevää kasvillisuuden päällä, mikä on selvä merkki rehevöitymisestä. Ranta on avoin aallokon vaikutukselle. Sen ulkopuolella pohjan hiekka on alituisessa liikkeessä aaltojen sekä jään takia ja oli suurimmalta osin kasvitonta. Hiekan liike estää muodostumasta suojaisia taskuja, jotka ovat monesti otollisia uhanalaisille lajeille. Alueelta ei havaittu uhanalaisia lajeja. Kasvillisuus muodostui

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

hiekkapohjalle tyypillisestä lajistosta: valtalajina mukulanäkinparta, hieman suojaisemmissa kohdissa ahvenvita, hapsivita, pikkuvita (Potamogeton berchtoldii), haura (*Zannichellia*) sekä vesitähdet (*Callitriche*). Hiekkapohjan vuoksi paikka ei myöskään ole meriuposkuoriaiselle soveltuvaa elinympäristöä. MVE2 alueella on kolme uhanalaisen upossarpion havaintoa, joista tuorein on vuodelta 2005. Rantautumispaikkojen lajisto on esitelty taulukossa 5-6.

MVE3 rantautumisalue sijaitsee Merikylänlahden suulla. Rannoilla oli jonkin verran mökkejä, joiden edustoilla oli syvennetty väyliä ja kaivettu kiviä pois tieltä. Alueen pohjoisosassa oli lehmiä rantahaassa. Pohja on lähes yksinomaan hiekkaa. Lahden sisään ja etelämmäs mennessä pohja muuttuu hiekan ja mudan sekoitukseksi. Rannalla kasvoi kaisloja sekä ruovikkoa, joka varsinkin tuntui valtaavan alaa ja mahdollisesti heikentää uhanalaisten lajien esiintymismahdollisuuksia. Ranta jatkuu kauas ulospäin matalana, mikä huolimatta avoimuudesta vähentää aallokon vaikutusta. Merenpuoleisella rannalla olikin monipuolinen lajisto, lähes kaikki alueella kasvavat vesikasviryhmät olivat edustettuna. Vesirajassa kasvoi paljon heinävitaa (*Potamogeton gramineus*) ja vitoja yleisestikin, vesirikkoa (*Elatine*), mukulanäkinpartaa, vaalealahnanruohoa (*Isoëtes echinospora*), kaksi lajia vesitähtiä, hauraa, järviruokoa ja kaislaa sekä vähän lamparevesikuusta (*Hippuris vulgaris*). Alueella ei havaittu uhanalaisia lajeja. MVE3 rantautumisalueella on havaittu vuosina 2018 ja 2020 uhanalaista (VU) upossarpiota (*Alisma wahlenbergii*) (Kuva 5-15). Noin 3 kilometrin etäisyydellä MVE3 rantautumisalueesta on uhanalaisen paunikon (*Crassula aquatica*) (VU) havaintoja vuodelta 2020, joissa havaittiin satojen yksilöiden esiintymiä (*Lajitietokeskus 2023*). Vuonna 2021 noin kahden kilometrin etäisyydellä MVE3:sta on havaittu nelilehtivesikuusta (*Lajitietokeskus 2024*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-15. Uhanalaisten kasvilajien havainnot (Lähde: Lajitietokeskus, 2023).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 5-6. Drop video- ja kahluukartoituksissa havaitut kasvi- ja levälajit (Vasama & Leinikki 2023).

Laji	Merituulivoimapuisto (n=60)	Kaapeli- ja vetyputkireitit (n=43)	Rantautumisalueet	Yhteensä
Ajelehtiva rihmalevä	11	10	1	22
Kiinnittynyt tunnistamaton rihmalevä < 5 cm	0	7	0	7
Mukulanäkinparta (Chara aspera)	0	2	8	10
Makrofyytti	0	1	0	1
Hapsiluikka (Eleocharis acicularis)	0	0	1	1
Määrittämätön uposkasvi (Stuckenia pectinata / S. filiformis / Ruppia sp./ Zannichellia sp.)	0	0	1	1
Hapsivita (Stuckenia pectinata)	0	1	2	3
Pikkuvita (Potamogeton berchtoldii)	0	0	1	1
Ahvenvita (Potamogeton perfoliatus)	0	1	3	4
Hentovita (Potamogeton pusillus)	0	0	2	2
Heinävita (Potamogeton gramineus)	0	0	1	1
Merivita (Stuckenia filiformis)	0	0	2	2
Sinikaisla (Schoenoplectus tabernaemontani)	0	0	1	1
Tähkä-ärviä (Myriophyllum spicatum)	0	0	2	2

5.2.7.4 Pohjaeläimet

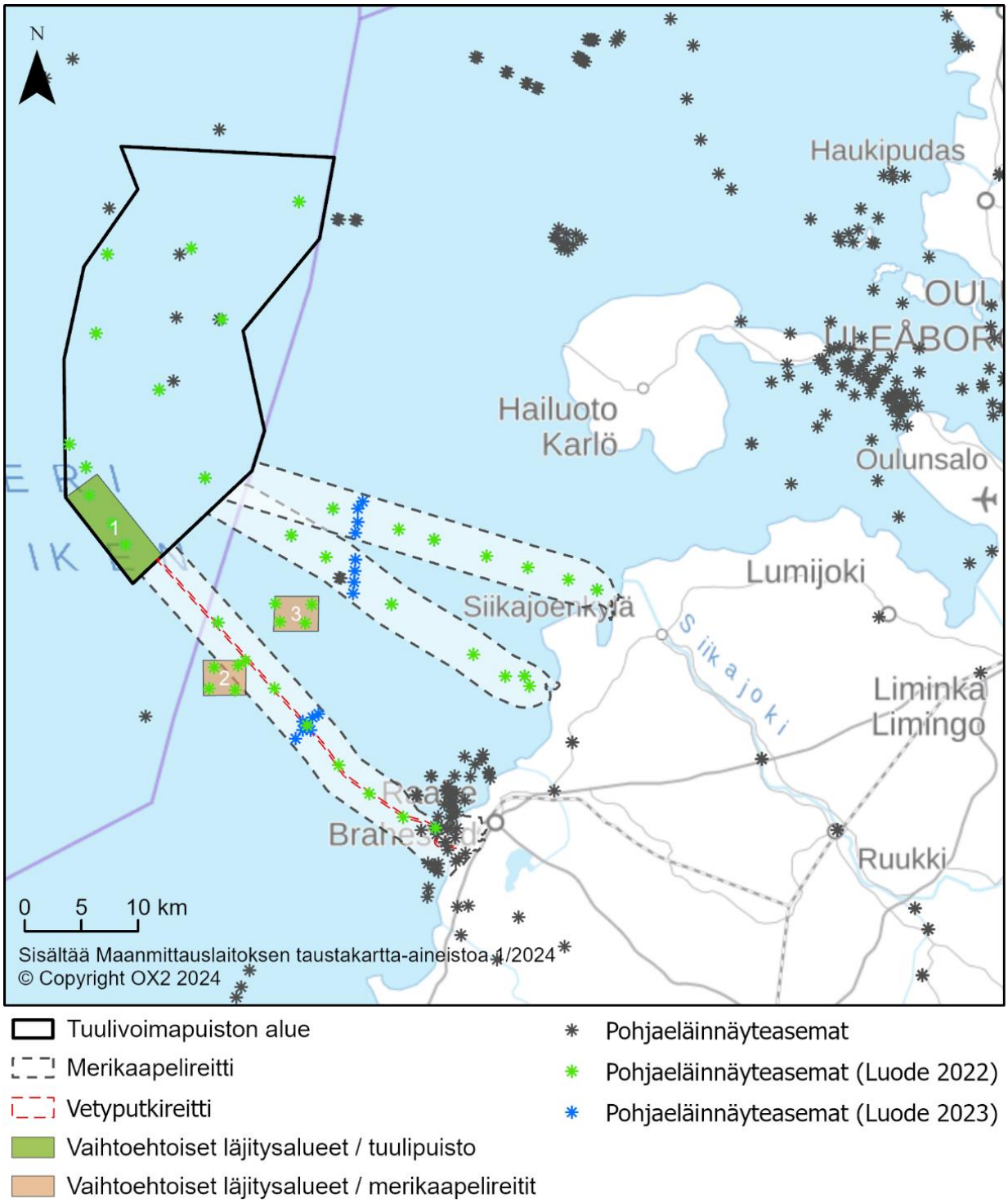
Perämeren pohjaeläimistö on vähälajista ja koostuu miltei yksinomaan makean veden eläimistä. Harvoista mereistä alkuperää olevista lajeista liejusimpukkaa tavataan kuitenkin vielä Perämeren eteläosissa. Pohjaeläimistö koostuu pääasiassa surviaissääsken toukista, harvasukamadoista, kotiloista ja äyriäisistä. Murtovesien lajeja valkokatkoja ja kilkkejä voi olla varsinkin syvemmällä paljon. Murtovesisieni kasvaa kivillä suurina yhdyskuntina (*Leinikki ym. 2004*). Perämeren syvien pohjien makrofauna on erittäin vähälajinen. Tähän ovat syinä pääasiassa pieni suolapitoisuus sekä koko Itämeren historian ajan vallinnut epävakaus (*Kronholm ym. 2005*). Pohjamateriaali on useimmiten pehmeää sedimenttiä, jonka sisään kaivautuneina pohjaeläimet elävät.

Merialueiden tila-arvioinnissa (*Korpinen ym. 2018*) Perämeren avomerialueiden sekä rannikkoalueiden pohjaeläinyhteisöjen tila käytössä olleiden mittareiden (ns. HELCOM-mittari sekä BQI) mukaan ylitti tavoitetason (hyvän ja tyydyttävän raja vesienhoidon luokkarajoja soveltaen). Perämerellä alueellinen lajirunsaus ei ole muuttunut merkittävästi viimeisen 50 vuoden aikana, mutta lajistossa on tapahtunut merkittävä muutos, kun Marenzelleria-suvun liejuputkimadot ovat levittäytyneet alueelle. Syvien pohjien laajojen elinympäristöjen tila on arvioitu hyväksi Perämerellä. (*Korpinen ym. 2018*)

Pohjaeläinten nykytilatieto perustuu hankealueella vuosina 2022 sekä 2023 tehtyihin erillisselvityksiin (*Lindfors ym. 2023, Lindfors ym. 2024,* liite 2 ja liite 5) sekä muihin seurantoihin

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

(*Suomen ympäristökeskus 2024, POHJE-rekisteri*) (Kuva 5-16). Lisäksi on hyödynnetty VELMU-hankkeen aineistoja sekä alueella tehtyjä vedenalaisen luonnon kartoituksia (drop-videoinnit) (*Vasama& Leinikki 2023,* liite 4*),* ja sukelluksia *(Metsähallitus 2008).* Nämä aineistot yhdessä muodostavat kattavan kuvan hankealueen pehmeiden sekä myös kovien pohjien pohjaeläimistöstä. Näytteenottoasemia on vuosina 2022 sekä 2023 tehdyissä selvityksissä sijoitettu laajasti niin merituulivoimapuiston, kuin läjitysalueiden sekä vaihtoehtoisten merikaapelireittien/vetyputkireittien alueille. Seuraavissa kappaleissa esitetään kooste tehdyistä tutkimuksista. Tarkemmat tiedot löytyvät liitteistä 2 ja 5.



Kuva 5-16. Pohjaeläinnäyteasemat hankealueella (Suomen ympäristökeskus 2024: Pohje-rekisteri, Lindfors ym. 2023 ja 2024, liite 2 ja 5).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimapuiston ja siellä sijaitsevan **läjitysalueen** näyteasemille lasketut BBI-indeksin arvot olivat luokassa erinomainen koko tuulivoimapuistoalueella lukuun ottamatta asemia HSED-10 ja HSED-12, joiden BBI-luokka oli hyvä vuonna 2023. Vuonna 2022 tila vaihteli vastaavasti erinomaisen ja hyvän välillä. Näyteasemien syvyys vaihteli 43 ja 61 metrin välillä. Taksoniluku oli 9 vuonna 2023 ja 7 vuonna 2022: runsaslukuisimpana esiintyivät liejuputkimato (Marenzelleria sp.) sekä valkokatka (*Monoporeia affinis*). Lisäksi näytteissä havaittiin mm. kilkkiä (*Saduria entomon*), erilaisia harvasukasmatoja sekä jäännemassiaista (*Mysis relicta*). Osa pohjista oli määriteltävissä valkokatkapohjien luontotyypiksi (Kuva 5-20). Avomeren pohjaeläinyhteisöjen BQI-indeksi ylitti kaikilla asemilla yli 1,5 numeerisen raja-arvon eli näyteasemien pohjaeläinyhteisöjen tila oli hyvä molempina tutkimusvuosina (2022 ja 2023).

Kaapelireittien näytteenottoasemilla pohjaeläinten lajimäärä hieman lisääntyi rannikolle päin mentäessä, ja myös lajikoostumus muuttui. Matalimmilla asemilla esiintyi tyypillisesti enemmän esimerkiksi erilaisia surviaissääskiä, mutta esimerkiksi valkokatkojen yksilömäärät olivat pienempiä. Näyteasemien syvyydet vaihtelivat 5–35 metrin välillä kaikki reitit huomioiden. Vuonna 2022 kaapelireiteille sijoitettiin enemmän näyteasemia kuin vuonna 2023, mutta rinnakkaisia näytteitä oli vuonna 2022 vain yksi, minkä vuoksi näyteasemien vuosien väliseen vertailuun on suhtauduttava varauksella. Näin on tilanne myös merituulivoimapuiston näytteiden osalta (Kuva 5-17, Kuva 5-18, Kuva 5-19 ja Kuva 5-20).

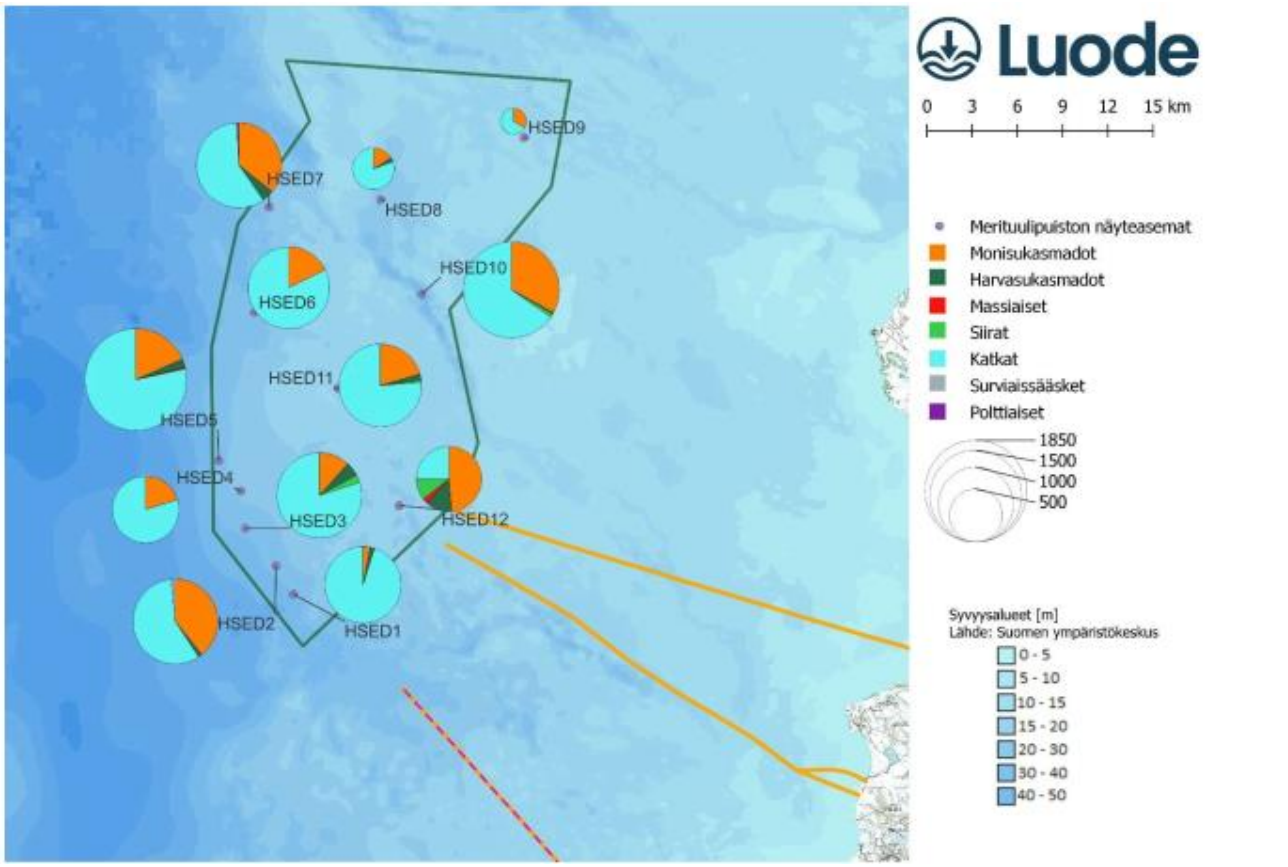
Merikaapeli/vetyputkireitillä MVE1/VVE1 näyteasemien pohjan laatu oli pääosin hiekkaa. Yksilötiheydet ja biomassat vaihtelivat verrattain paljon eri syvyysvyöhykkeiden mukaan, ja vuonna 2022 myös BBI-indeksin ilmentämässä tuloksessa oli paljon vaihtelua (välttävä-tyydyttävä-hyvä-erinomainen). Vuonna 2023 BBI-indeksi luokitti näyteasemat hyvään ja erinomaiseen tilaan, mutta asemia oli vähemmän. (*Lindfors ym. 2023, Lindfors ym. 2024,* liite 2 ja liite 5)

Merikaapelireitillä MVE2 näyteasemien pohjan laatu oli matalimmilla asemilla hiekan ja siltin seosta, syvemmillä alueilla materiaali muuttui hienojakoisemmaksi. Myös tällä reitillä pohjaeläimistön koostumuksessa oli paljon vaihtelua, BBI-indeksin vaihdellessa välttävästä tyydyttävään-hyvään. Erinomaisessa tilassa olevia näyteasemia ei havaittu myöskään vuonna 2023, vaan tuolloin kaikki asemat (3 kpl) olivat luokassa hyvä. Reitin kaikkien asemien pohjaeläinbiomassaa dominoi liejuputkimato, jonka biomassa oli myös kasvanut vuodesta 2022 vuoteen 2023 (*Lindfors ym. 2023, Lindfors ym. 2024*, liite 2 ja liite 5).

Merikaapelireitillä MVE3 näyteasemat olivat pohjamateriaaliltaan hiekkaa, silttiä tai hiekkaa/silttiä. Syvimmällä (31 metriä) asemalla pohjamateriaalin musta väri viittasi mahdolliseen happivajeeseen. Kuten muillakin kaapelireiteillä, myös MVE3 asemien pohjaeläimistössä esiintyi paljon vaihtelua ja BBI-indeksi ilmensi välttävästä tilasta erinomaisessa tilassa olevia pohjia vuonna 2022. Vuonna 2023 kolme asemaa olivat hyvässä ja erinomaisessa tilassa. Tämän reitin asemat HSED-28 sekä HSED-29 olivat ainoat, jossa havaittiin liejukatkaa (*Corophium volutator*). (*Lindfors ym. 2023, Lindfors ym. 2024*, liite 2 ja liite 5)

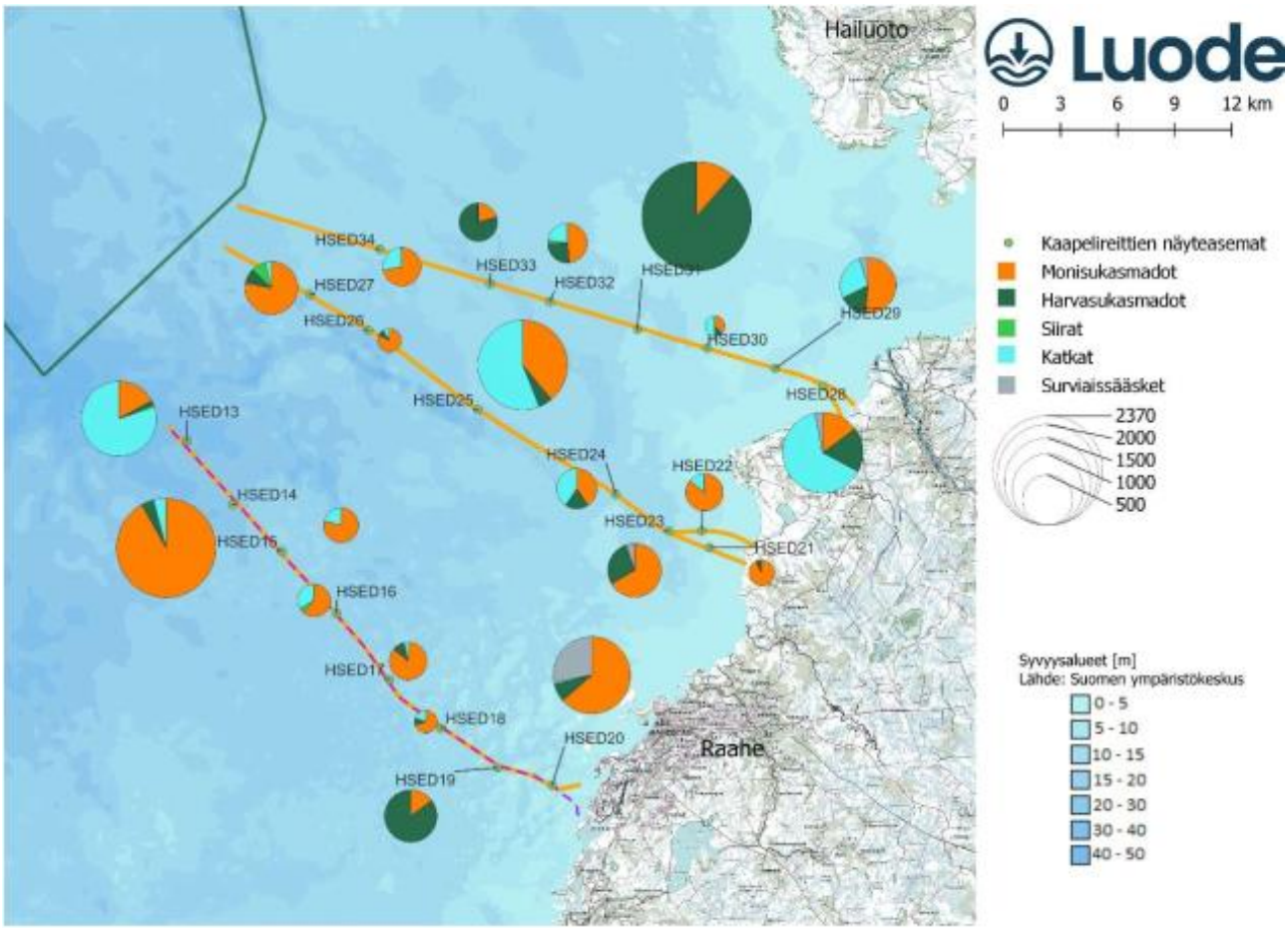
Kaapelireittien vaihtoehtoisten läjitysalueiden lajisto oli vastaavanlaista kuin kaapelireiteillä. Liejuputkimadot ja valkokatkat olivat yleisiä ja niitä esiintyi kaikissa näytteissä. BBI-indeksin arvot olivat asemalla HSED-35 luokassa välttävä ja loput luokassa hyvä tai erinomainen. Vuonna 2023 läjitysalueiden pohjaeläimistöä ei tutkittu. (*Lindfors ym. 2023, Lindfors ym. 2024*, liite 2 ja liite 5)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



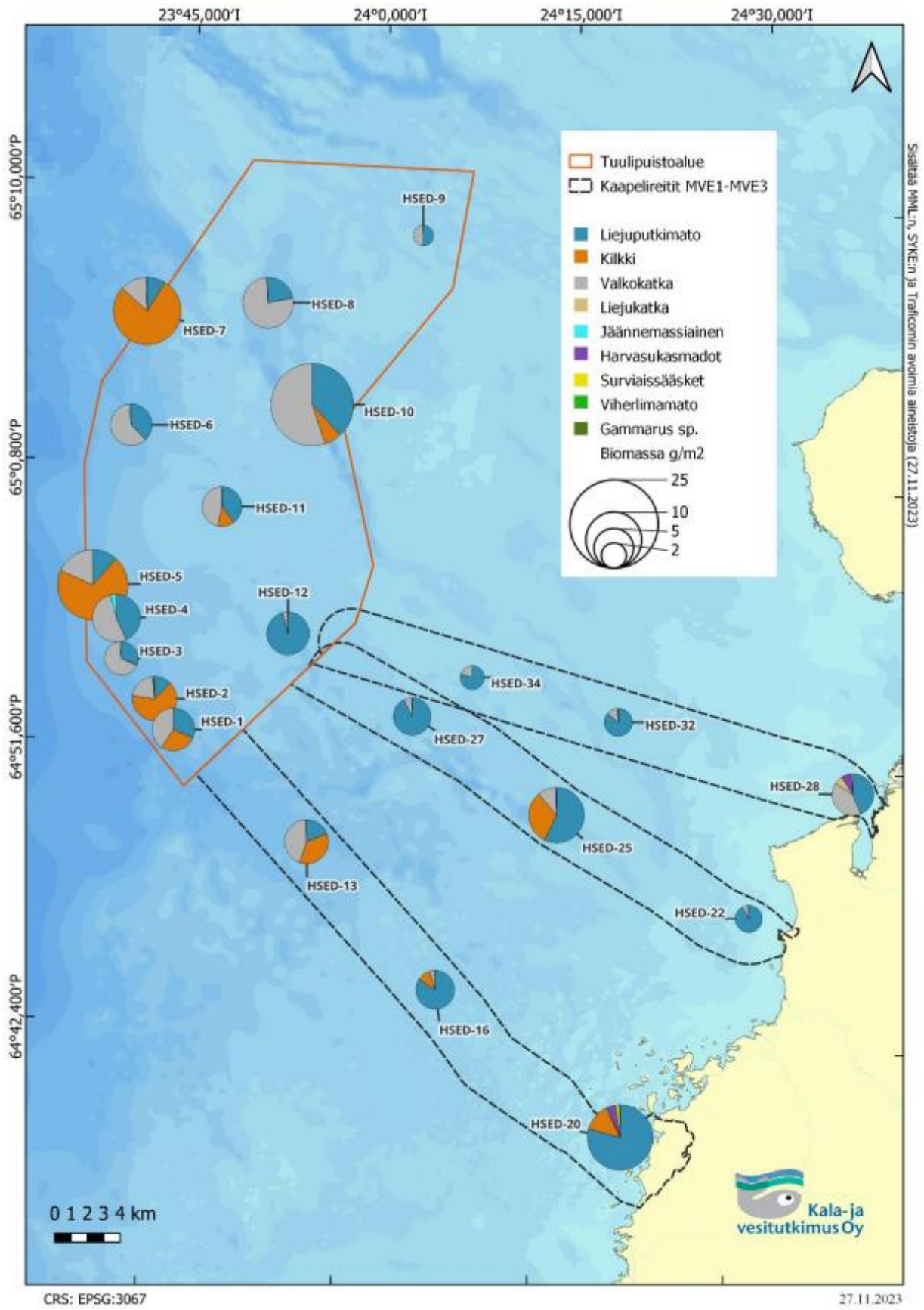
Kuva 5-17. Merituulivoimapuiston sekä merituulivoimapuiston alueen eteläreunaan sijoittuvan läjitysalueen näyteasemien pohjaeläimistö vuonna 2022 (yksilöä/m²). Yksilötiheys perustuu vain yhteen näytteeseen, rinnakkaisnäytteitä ei ole otettu. (Kuva lähteestä Lindfors ym. 2023, liite 2).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-18. Kaapelireittien MVE1–MVE3 pohjaeläintulokset (yksilöä/m²) vuonna 2022. Yksilötiheys perustuu vain yhteen näytteeseen, rinnakkaisnäytteitä ei ole otettu. (Kuva lähteestä Lindfors ym. 2023, liite 2).

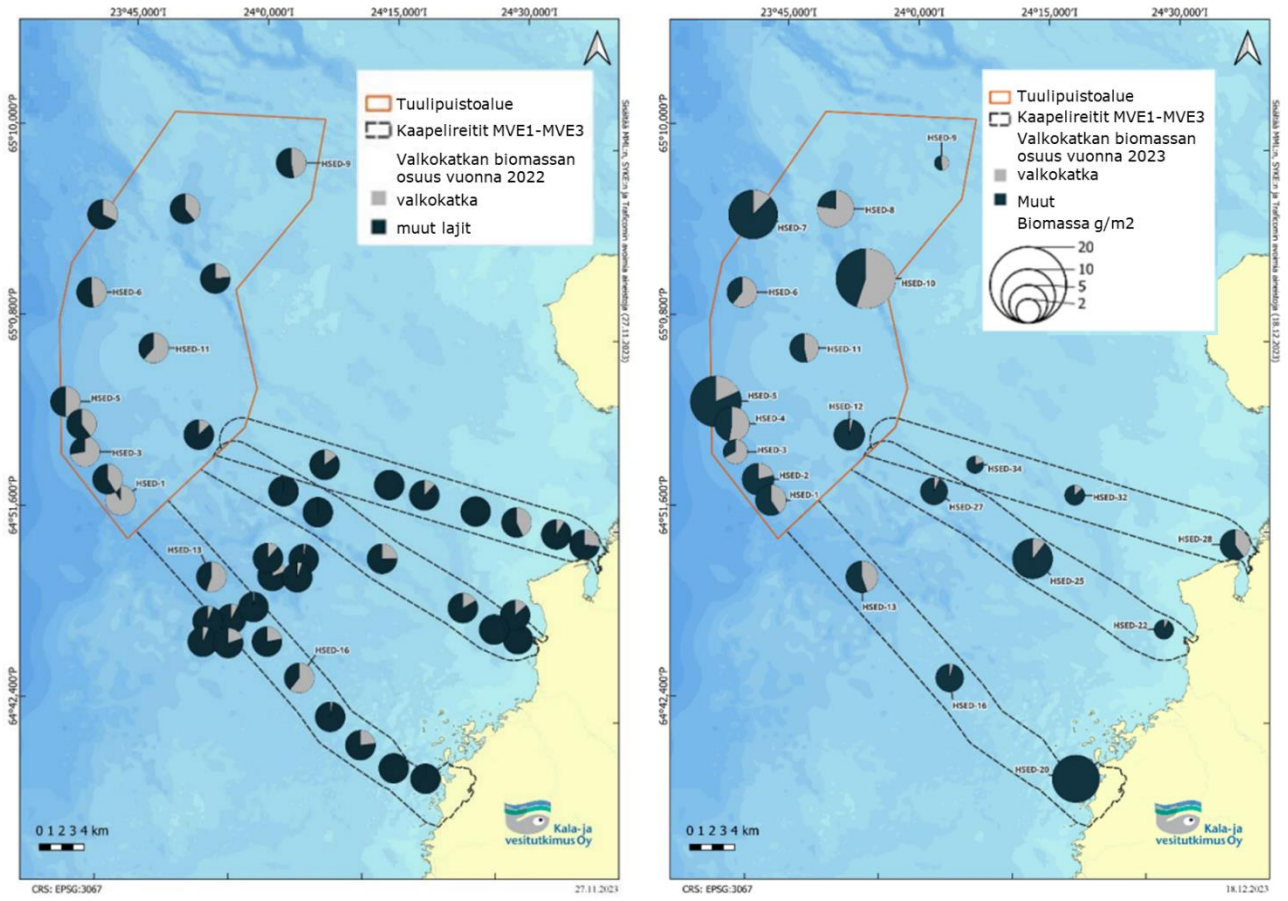
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-19. Pohjaeläinten biomassa merituulivoimapuiston sekä kaapeli/vetyputkireittien alueella vuonna 2023. (Kuva lähteestä Lindfors ym. 2024, liite 5).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkittävänä erona vuosien 2022 ja 2023 näytteenottojen välillä on valkokatkan yksilömäärien sekä biomassan huomattavat muutokset merituulivoimapuiston alueella. Valkokatka oli runsastunut lähes koko tuulivoimapuiston alueella vuoteen 2023, ja runsastuminen oli osalla asemista erittäin voimakasta. Huomioitava on, että epävarmuutta tuloksissa aiheuttaa erot rinnakkaisten näytteiden määrissä. Biomassaltaan valkokatkavaltaiset asemat vaihtelivat vuosien välillä. Kolmella asemalla havaittiin valkokatkavaltaista pohjaa kumpanakin vuotena, kolmella havaittiin ainoastaan vuonna 2022 ja kolmella asemalla vain vuoden 2023 selvityksessä (*Lindfors ym. 2022, Lindfors ym. 2024*). Huolimatta eroista yksilömäärissä, lajisto oli kuitenkin kokonaisuudessaan samankaltaista molempina vuosina koostuen pääasiassa liejuputkimadoista (Marenzelleria sp.), valkokatkoista sekä kilkistä tuulivoimapuiston alueella. Merikaapelireittien/vetyputkireitin näyteasemilla lajisto oli hieman monimuotoisempaa, koostuen edellä mainittujen lajien lisäksi mm. erilaisista surviaissääskistä, kilkistä ja harvasukasmadoista. Marenzelleria-liejuputkimatoa, valkokatkaa sekä erilaisia harvasukasmatoja tavattiin lähes jokaisella selvityksen asemalla (Kuva 5-17, Kuva 5-18, Kuva 5-19, Kuva 5-20).



Kuva 5-20. Valkokatkan osuus biomassasta merituulivoimapuiston sekä kaapelireittien alueella vuonna 2022 ja 2023 tehdyissä näytteenotoissa. Kilkin biomassa on jätetty huomioimatta yhdestä rinnakkaisnäytteestä johtuvan satunnaisuuden vuoksi. (Kuva lähteestä Lindfors ym. 2024, liite 5).

Lukuisten muuttujien vuoksi pohjaeläimistön lajisto sekä lajiston väliset runsaussuhteet saattavat vaihdella samassakin paikassa voimakkaasti vuosien välillä. Näin ollen myös asemille lasketuissa ekologisen tilan indekseissä esiintyy vaihtelua vuosien 2022 sekä 2023 välillä. Pohjaeläinasemien pohjanlaadulla on ylipäätään yleensä suuri merkitys lajiston koostumuksessa. Avoimien alueiden karkeilla pohjilla esiintyy myös virtauksia, jotka puhdistavat pohjaa ja tuovat sinne happea. Vastaavasti suojaisten ja/tai syvien alueiden pehmeillä pohjilla virtauksia on vähemmän ja alueilla voi ilmetä ajoittain myös happivajausta. Alueen lajiston muutoksien sekä normaalin vaihtelun seuraamiseen vaadittaisiin lukuisia näytteenottoja pitkällä aikavälillä, mutta

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kattavan näytepisteverkon vuoksi tulokset antavat melko luotettavan kuvan alueen pohjaeläinlajistosta ja sen tilasta. Hankealueen läheisiltä merialueilta on olemassa avomeren pohjaeläinyhteisöjen vuosittaisia seurantatuloksia mm. asemilta CV, CVI sekä RR6, joiden käytettävissä tiedot ulottuvat 1960-luvulta vuoteen 2023. Asemien syvyydet vaihtelevat 68–87 metrin välillä. Asemien lajisto on vastaavaa kuin merituulivoimapuiston syvimmillä alueilla, koostuen lähinnä valkokatkasta, Marenzelleria-liejuputkimadosta sekä kilkistä. Marenzelleriaa on alkanut esiintymään pääasiassa vasta 2020-luvun puolella. Merituulivoimapuiston sisältä on myös muutamia yksittäisiä näytteitä (mm. HIEKKA1-HIEKKA3) syvyyksiltä 21–29 metriä. Hiekkapohjaisten näytteiden lajisto on koostunut valkokatkasta, kilkistä sekä Marenzelleriasta (*Suomen ympäristökeskus, Pohje-rekisteri 2024*)

Hankealueen rannikon vesimuodostumien pohjaeläimistön ekologinen tila vaihtelee kolmannella vesienhoitokaudella välttävästä tyydyttävään. Kaikkien alueiden pohjaeläimistön ekologista tilaa ei ole arvioitu (katso luku 5.2.2).

Alueella esiintyvistä kovien pohjien lajeista on vähemmän tietoa, erityisesti syvemmiltä alueilta. Merituulivoimapuiston alueelta ei ole olemassa esimerkiksi VELMU-hankkeessa kerättyjä kovien pohjien pohjaeläintietoja, joten hankkeessa tehdyt drop-videokuvaukset ovat ensimmäiset laatuaan. Tuulivoimapuiston alueella kovan pohjan määräksi on arvioitu 126 km^2, mikä on noin 20 % puiston alustavasta kokonaispinta-alasta. Drop-videoinneissa tehtyjä pohjaeläinhavaintoja oli varsin niukasti. Pohjaan kiinnittyneitä lajeja ei havaittu, mutta liikkuvista lajeista havaittiin mm. kilkkiä ja jäännemassiaista. Videotutkimuksen perusteella tuulivoimapuiston pohja on erittäin karua ja vähälajista. Kaapelireittien alueella havaittiin mm. murtovesisientä sekä polyyppia (*Vasama & Leinikki 2023*, liite 4). Merituulivoimapuiston ulkopuolisilta alueilta Merikallan matalikoilta (8–19 metriä) on lisäksi olemassa sukelluksin tehtyjä pohjaeläinkartoituksia vuosilta 2006–2008. Pohjan laatu oli pääasiassa hiekkaa ja pohjaeliöstö hyvin vähälajinen: havaittuja lajeja olivat murtovesisieni sekä runkopolyyppi. (*Metsähallitus 2008*)

5.2.8 Merinisäkkäät

Merituulivoimapuistossa ja merikaapelireiteillä tavataan nykytiedon valossa Itämeren yleisintä hyljelajia harmaahyljettä, eli hallia (*Halichoerus grypus*), sekä myös itämerennorppaa (*Pusa hispida botnica*). Satunnaisesti voidaan tavata harvinaisempia merinisäkkäitä, kuten pyöriäisiä. Itämerellä elää myös kirjohylje (*Phoca vitulina*), joka ei kuitenkaan elä Suomen alueella (*MML 2007*).

Harmaahylje, eli halli on Itämeren suurikokoisin hylje (noin 150–300 kg). Harmaahylje esiintyy koko Itämeren alueella. Lisääntymiselle tärkeimmät alueet ovat Itämeren pääaltaan pohjoisosa, sekä Pohjanlahti. Seurattava karvanvaihto aikainen esiintyminen painottuu Itämeren pääaltaan ympärille, Suomen lounaissaaristoon, Keski-Ruotsin (Tukholman) saaristoon ja Länsi-Viron alueelle. Hallikannan painopiste on laajentunut kohti etelää. (*ymparisto.fi 2018b.*)

Vuonna 2021 hallilaskennoissa koko Itämerellä havaittiin noin 40 000–42 000 yksilöä, joista Suomen merialueilla havaittiin noin 18 000 yksilöä. Vuonna 2022 lentolaskennoissa Itämerellä laskettiin hieman alle 37 000 harmaahyljettä, joista Suomen merialueilla hieman yli 17 000 hyljettä (*Itämeri.fi 2021, Luonnonvarakeskus 2022*). Vuoden 2023 laskennoissa Itämerellä havaittiin miltei 46 000 harmaahyljettä, joista Suomen alueella reilut 18 000 (*Luonnonvarakeskus 2023a*). Itämeren hallikanta on kasvanut keskimäärin hieman alle viisi prosenttia vuodessa 2000-luvun alkupuolelta lähtien. Vuonna 2022 laskentamäärät olivat noin 5 000 yksilöä pienemmät, joista Suomen puolella yksilöitä laskettiin noin 1 000 yksilöä vähemmän (*Luonnonvarakeskus 2022*), vuoden 2023 laskentatulos oli jälleen linjassa edellisten vuosien kanssa, kannan ollessa reilut 9 000 yksilöä suurempi kuin vuonna 2022 (*Luonnonvarakeskus 2023a*).

Hankealueella toteutettujen linnustoselvitysten yhteydessä ei havaittu / määritetty harmaahylkeitä. Samaan aikaan etelämpänä Perämerellä toteutetuissa Laineen merituulipuiston linnustoselvityksissä harmaahylkeitä havaittiin alkukeväästä meren ollessa jäässä. Alueella todettiin myös useita kuutteja, eli harmaahylkeet käyttivät Laineen hankealueen jääkenttää poikimisalueenaan. Hallan alueella ei vastaavaan aikaan käyty, vaan maastokäynnit ajoittuivat myöhempään ajankohtaan, kun poikiminen oli jo ohi. Myös Laineen alueelta harmaahylkeet hävisivät

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

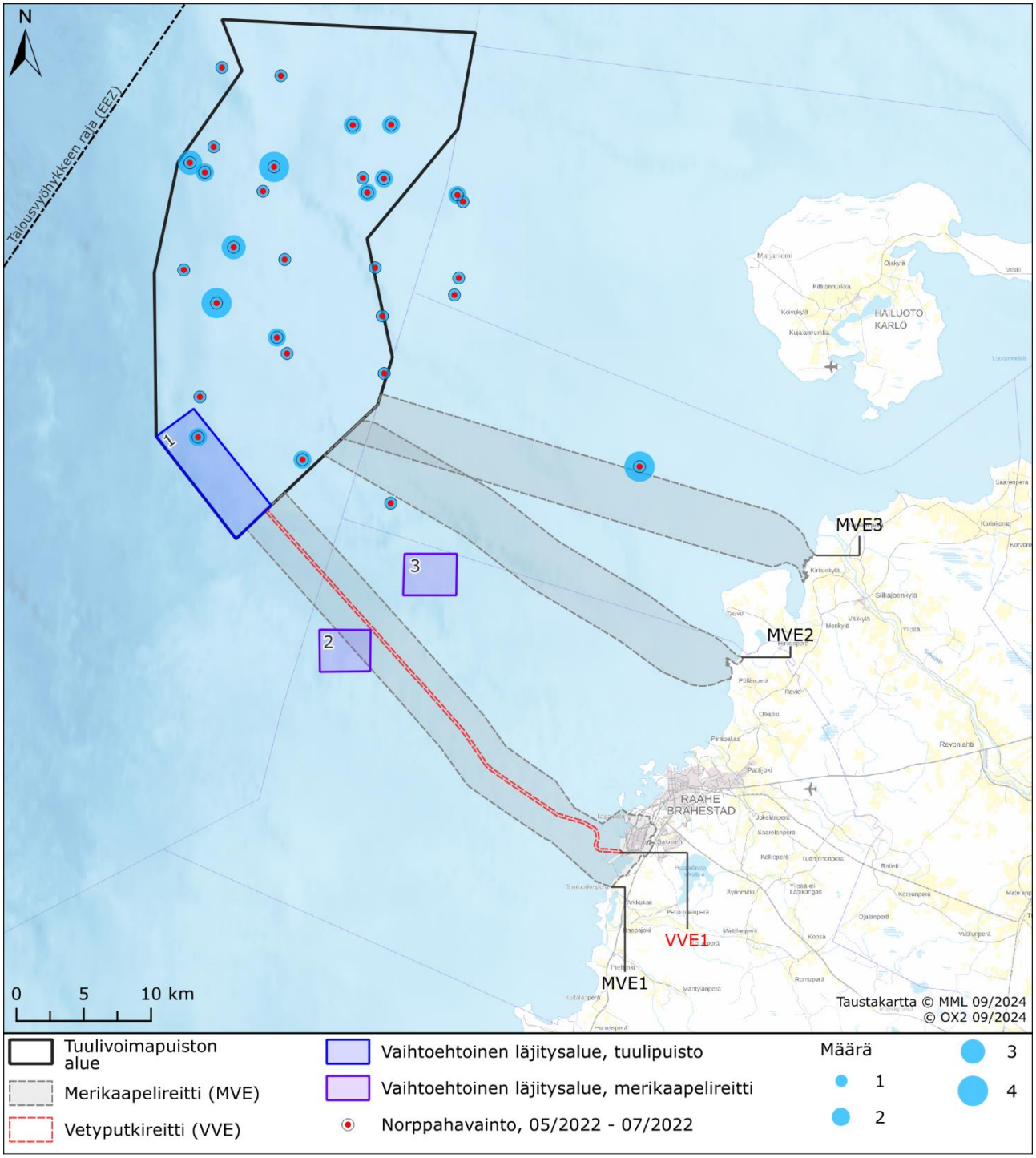
poikimisen jälkeen, vaikka meri oli vielä ainakin osittain jäässä. Tämän jälkeen avovesikaudella Laineen alueella havaittiin / määritettiin vain yksi harmaahylje.

Itämerennorppa on hallia huomattavasti pienikokoisempi (noin 50–120 kg) hyljelaji. Laskentatulokset itämerennorpan kannan koosta ovat vaihdelleet vuosina 2013–2021 voimakkaasti johtuen ainakin osin laskenta-ajankohdan (huhtikuu) laskentaolosuhteista ja jäätilanteesta. Keväällä 2021 Perämereltä laskettiin 11 500 norppaa ja keväällä 2020 noin 14 600 yksilöä (*Luonnonvarakeskus 2021).* Vuoden 2022 norppien lukumäärän arvio oli 10 500 norppaa ja syksyllä 2023 julkaistussa, kevään 2023 arviossa norppia laskettiin Perämerellä 14 100 yksilöä otannan perusteella. Muutokset norppien lukumääristä eivät kuitenkaan kerro norppakannan äkillisistä muutoksista, vaan vaihtelusta laskentaolosuhteissa, jonka vuosien välinen vaihtelu on vaikuttanut kanta-arvioihin. Perämerellä osakannan on arvioitu aikeisemmin kasvaneen keksimäärin hieman yli 5 % vuodessa, mikä on lähellä elinvoimaisen kannan minimikokoa. Kasvunopeus on alle lajin luontaisen rajoittamattoman kasvun nopeutta (*ymparisto.fi 2018a*). Muutokset ja vaihtelevuus laskentaolosuhteissa on kuitenkin vaikuttanut kannan kasvun arviointiin. Poikkeavia tuloksia ei voida käyttää kasvutrendin arvioinnissa aiempien tulosten jatkona, joskin laskennan jatkuessa on mahdollista arvioida kannan kehityksen suuntaa (*Luonnonvarakeskus 2023a*).

Itämerennorpan populaatio on vahvasti keskittynyt Perämerelle (80 % populaatiosta) ja muilla alueilla on vain pienempiä osakantoja. Arviolta Saaristomerellä sekä Suomenlahdella on joitain satoja yksilöitä ja Riianlahdella noin tuhannesta kahteentuhanteen yksilöä (*Halkka 2020*). Länsi-Viron, itäisen Suomenlahden ja Suomen lounaissaariston alueilla norppien laskenta, johtuen huonosta jäätilanteesta, on haastavaa. Norppakannan levinneisyys ei ole muuttunut (*Ymparisto.fi 2018b*).

Itämerennorppia havaittiin Hallan alueella toteutetuissa linnustoselvityksissä. Norpista tehtiin havaintoja läpi avovesikauden. Kaikkiaan selvityksissä havaittiin 52 määritettyä norppaa. Lisäksi havaittiin muutama määrittämätön hylje. Havainnot jakaantuivat sekä ajallisesti että alueellisesti varsin tasaisesti koko hankealueelle, eikä mainittavia keskittymiä todettu (Kuva 5-21).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-21. Linnustoselvitysten (seurantapäivien määrä 35) yhteydessä tehdyt norppahavainnot toukoheinäkuussa 2022.

Kolmas merinisäkäslaji, joka esiintyy Suomen rannikolla, on pyöriäinen (*Phocoena phocoena)*. Pyöriäinen on maailmanlaajuisesti elinvoimainen (LC, *least concern*), mutta Itämeren altaan populaatio on luokiteltu äärimmäisen uhanalaiseksi ja se on luontodirektiivin liitteessä IV (a) mainittu, tiukkaa suojelua vaativa laji. Pyöriäisen esiintyminen hankealueella, joka sijaitsee pohjoisella Perämerellä, on kuitenkin hyvin epätodennäköistä. Tästä syystä lajiin kohdistuvia vaikutuksia ei ole tämän selvityksen yhteydessä arvioitu.

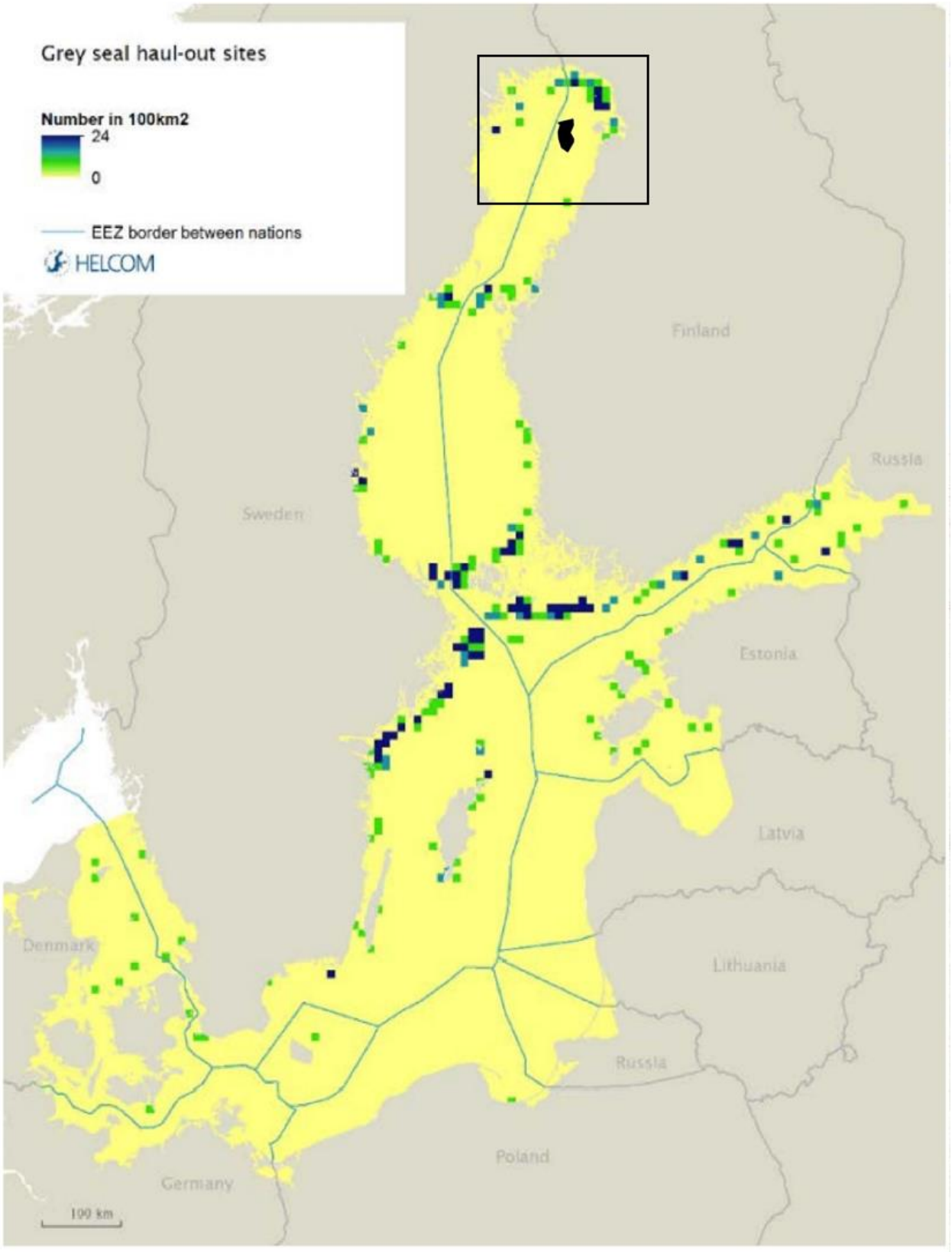
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.2.8.1 Elintavat ja lisääntyminen

Harmaahylje ei tee pesää, vaan poikii tyypillisesti paljaalle jäälle. Poikiminen tapahtuu yleensä ahtautuneen jään ja avoveden välillä olevalle jäälauttojen vyöhykkeelle (*Helle & Stenman 1990*). Harmaahylje on sopeutunut myös lisääntymään maalla ja irtojäällä, joten laji ei ole riippuvainen jäästä (*Halkka 2020*). Laji on varsin paikkauskollinen, sen karvanvaihto- ja lepoalueille. Lajille on kuitenkin tyypillistä laaja alueiden välinen liikkuvuus vuodenaikaisvaelluksilla, joita se tekee poikimisalueilta kesäaikaisille ravinnonhakualueille, tyypillisesti Perämeren ja Ahvenanmeren välillä. (*MML 2007.*)

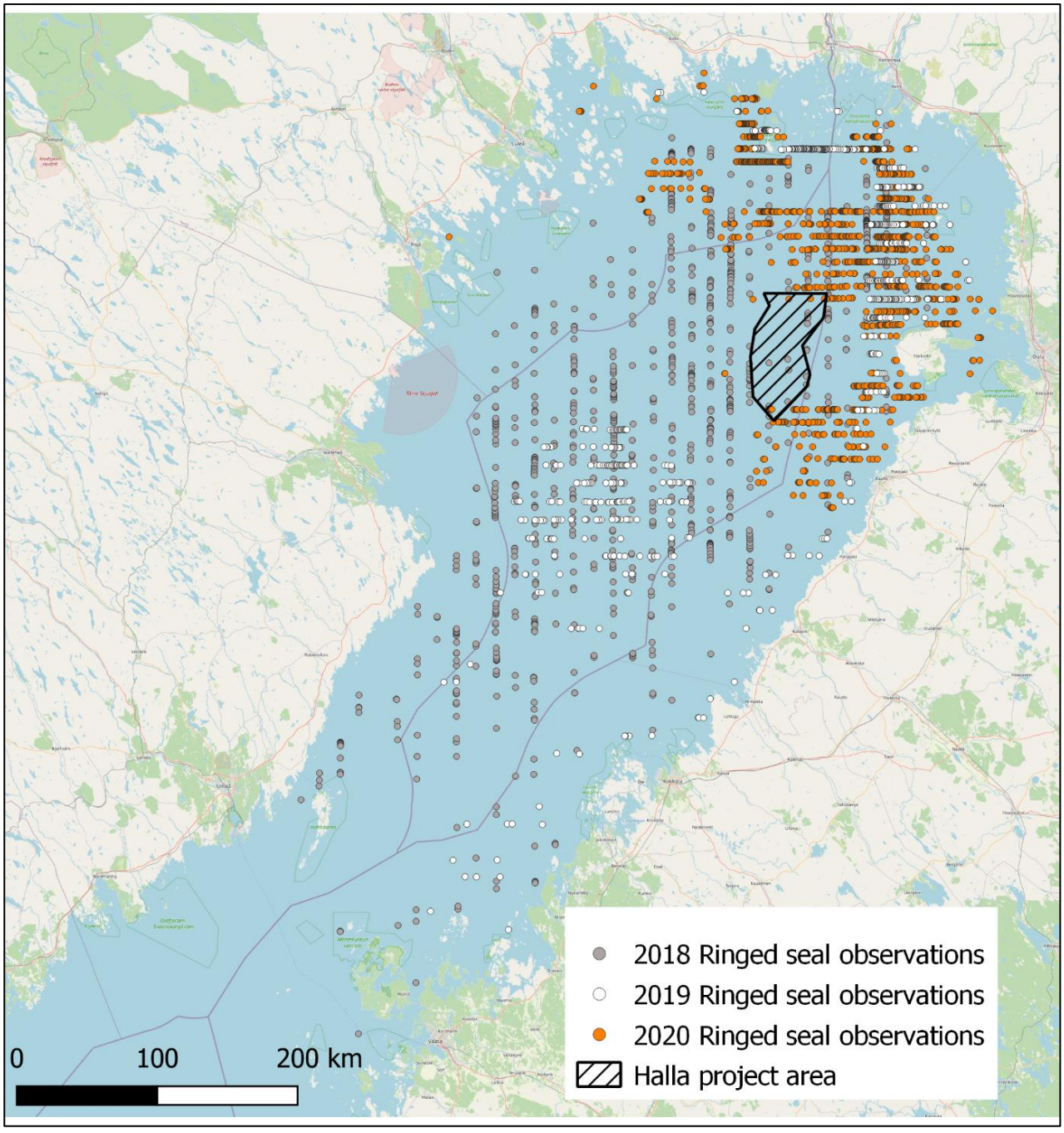
Itämeren norppa on jäästä ja lumesta riippuvainen arktinen laji. Erityisesti poikimis- ja imetysaikaan norppa on riippuvainen jääpeitteestä, jolla poikiminen ja imetys (6–9 viikkoa) tapahtuu. Norppa käyttää jäätä myös lepäämiseen, karvanvaihtoon ja lisääntymiseen (*Halkka 2020*). Itämeren norppa se ole sopeutunut lisääntymään maalla, tai luodoilla, kuten harmaahylje. Norppa voi asuttaa myös kiintojäisiä merialueita, jolloin se hyödyntää hengitysaukkoja (*MML 2007*). Itämerennorpat ovat paikkauskollisia (*Härkönen ym. 2000*). Harmaahylkeeseen verrattuna norppa on arempi laji, joka hakeutuu rauhallisille merialueille (*MM. 2007*). Itämerellä norpalla on neljä lisääntymisaluetta paikoilla, joilla jääpeite kestää pisimpään; Perämeri, Saaristomeri, Suomenlahti ja Riianlahti (*Halkka 2020*). Riianlahtea eteläisimmillä alueilla lajia tavataan vain harvoin. Pitkiä vuodenaikaisvaelluksia aikuisilla juuri tavata. Nuoret yksilöt voivat vaeltaa laajemmalla alueella, vaellukset tunnetaan kuitenkin huonosti. (*MML 2007.*) Oheisissa kuvissa (Kuva 5-22 ja Kuva 5-23) on esitetty harmaahylkeen kantatiheys, sekä tunnetut hyljeluodot (*Luonnonvaratieto, LUKE 2023*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-22. Harmaahylkeiden karvanlähtöaikaan käyttämät luodot tai maallenousupaikat Itämerellä ja Kattegatissa. Lisäksi kuvassa esitetty Hallan merituulivoimapuiston alue (nelikulmion sisään rajattu mustareunainen monikulmio). Karttaselitteen värit kuvaavat lajin yksilötiheyttä per 100 km^2. Kartta sisältää kaikki tällä hetkellä tunnetut maallenousupaikat. (Kartta: Niras 2023a, kartta tehty mukaillen aineistoista LUKE 2023, HELCOM 2018a)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-23. Itämeren osapopulaatioon kuuluvien norppien lukumäärä vuosina 2018, 2019 ja 2020. Ilmakartoitukset tehtiin kaikkina vuosina huhtikuussa. Lisäksi kuvassa on esitetty Hallan merituulivoimapuiston alue (mustareunainen monikulmio). Karttaselitteen värit kuvaavat lajin havaintoja eri vuosina. (Kartta: Niras 2023a, kartta tehty mukaillen aineistoista Havs- och vattenmyndigheten, SMHI, LUKE 2023).

5.2.8.2 Suojelu

Hylkeiden ja niiden elinalueiden suojelemiseksi valtion omistamille maille on vuonna 2001 perustettu hylkeiden suojelualueita (yhteensä 188 km², eli noin 0,37 % Suomen merialueiden kokonaispinta-alasta), erityisesti harmaahylkeitä varten (Kuva 5-24). Osa alueista tukee myös Itämeren norpan suojelua. Alueita hallinnoi Metsähallitus. Hankealuetta lähin hylkeiden suojelualue on Möylyn hylkeidensuojelualue Kemin edustalla, joka sijaitsee noin 40 kilometriä pohjoiseen merituulivoimapuistosta (*metsä.fi 2023*). Lähin hyljeluoto sijaitsee yli 30 kilometrin

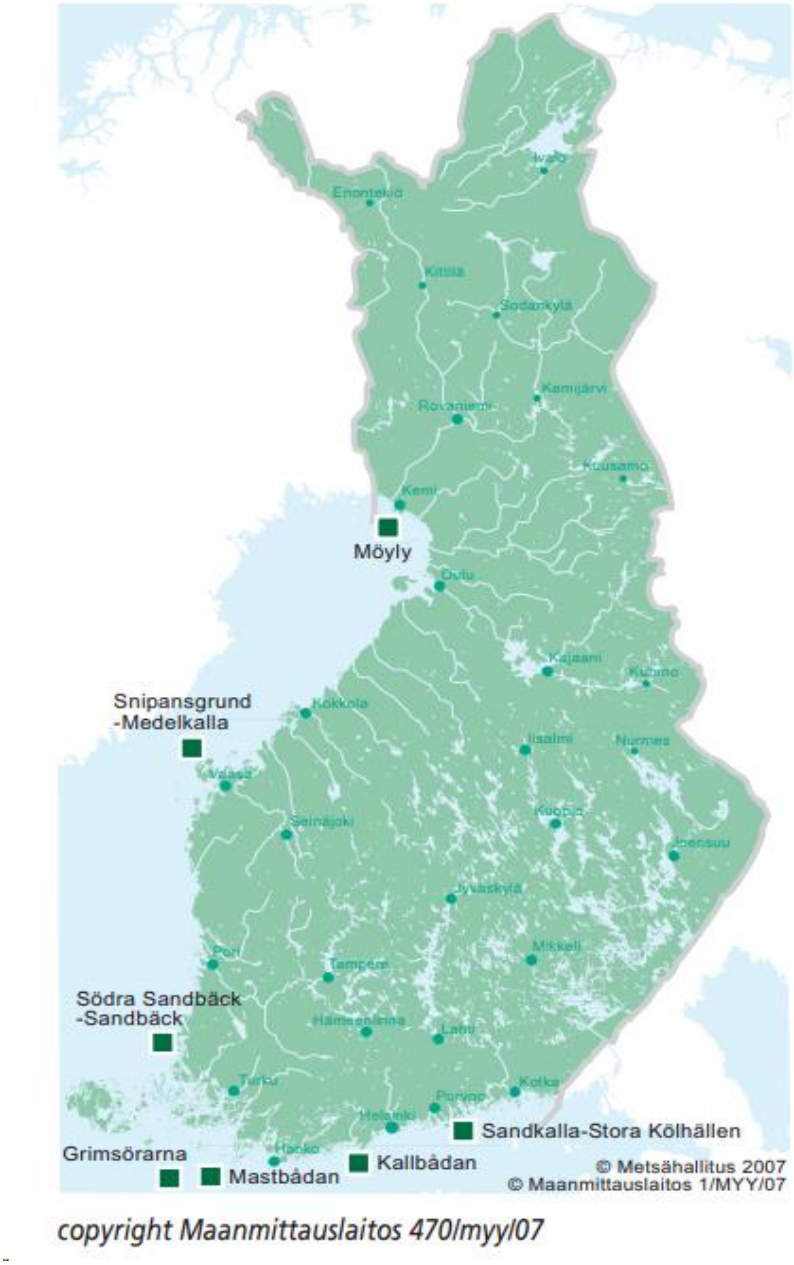
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

etäisyydellä merituulivoimapuistosta ja vajaan 10 kilometrin etäisyydellä merikaapelireitistä MVE3, Hailuodosta etelään. (*Luonnonvaratieto, LUKE 2023.*)

Halli on suojeltu EU:n habitaattidirektiivin liitteessä II ja V ja Bernin sopimuksen liitteessä III sekä lisätty biodiversiteetin kuvaajaksi meristrategiadirektiiviin (*European Commission, 2008/56/EY),* jonka tavoitteena on merten hyvä tila. Laji on lisäksi suojeltu muuttavien luonnonvaraisten eläinten suojelua koskevalla yleissopimuksella (*Bonnin sopimus 1979*). HELCOM listaa Halli elinvoimaiseksi (LC, least concern) (*HELCOM 2023a*).

Itämerennorppa puolestaan on EU:n Luontodirektiivin mukaan suojeltu laji ja listattu liitteessä V. HELCOM on luokitellut Itämeren norpan vaarantuneeksi (VU, vulnerable) (*HELCOM 2023b*).

Molemmat lajit, sekä halli, että Itämeren norppa ovat riistalajeja. Lajeja voidaan metsästää alue- ja lajikohtaisina metsästysaikoina, sekä Suomen riistakeskuksen myöntämällä Metsästyslain 41 §:ssä tarkoitetulla poikkeusluvalla (*Metsästyslaki 28.3.1993/615*).



Kuva 5-24. Hylkeiden suojelualueet (Hyljekannan hoitosuunnitelma 2007).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.2.9 Yhteenveto hankealueen vedenlaadusta ja vedenalaisesta luonnosta

Perämeren alueella vesi on vähäsuolaista, tuulivoimapuistoalueella avomerellä saliniteetti on noin 2–4 PSU, lähellä rannikkoa alhaisempikin johtuen jokivesien vaikutuksesta. Suolakerrostuneisuus on yleensä heikkoa eikä juurikaan estä vesien sekoittumista, mikä vaikuttaa osaltaan myös Perämeren yleisesti hyvää happitilanteeseen. Rannikolla makeaa jokivettä leviää talvisin monin paikoin jokisuistojen ohuena kerroksena jään alla laajalle alueella. Ravinnetaso on etenkin ulommilla alueilla matala, mutta rannikon lähellä paikoin lievästi rehevä. Kasviplankton määrää epäsuorasti kuvaavat a-klorofyllipitoisuudet laskevat alueen vesimuodostumien ekologista tilaluokitusta tyydyttävälle tasolle sekä ulommissa että sisemmissä rannikkovesissä.

Hankealueella selvitettiin syksyllä 2022 automaattimittauksin tarkemmin virtauksia, veden lämpötilaa, suolaisuutta, sameutta ja pohjan läheistä happitilannetta. Alueella esiintyy melko kovia virtauksia, enimmillään 17–29 cm/s ja mittaustulosten perusteella valittiin suotuisimmat läjitysalueet.

Tuulivoimapuiston alueella merenpohja koostuu pääosin silttisestä hiekasta ja sekasedimentistä, pintakerroksena on pääosin pehmeitä hienojakoisia maalajeja. Haitta-ainepitoisuudet olivat tehtyjen sedimenttitutkimusten perusteella pieniä ja kaikki massat arvioitiin meriläjityskelpoisiksi.

Tuulivoimapuisto sijaitsee ajojääalueella ja jäiden vaikutus huomioidaan voimalarakenteiden suunnittelussa. Lähempänä rannikkoa kaapelireiteillä on kiintojään aluetta, jossa Perämerellä on tyypillistä ahtojäävallien muodostuminen. Ahtojäät aiheuttavat alueella rantojen ja merenpohjan eroosiota.

Merituulivoimapuiston sekä kaapeli- ja vetyputkireittien levä-, kasvi- ja kiinnittynyt pohjaeläinlajisto on vähälajinen. Suurin monimuotoisuus on kaapeli- ja vetyputkireittien rantautumisalueilla. Uhanalaisten kasvilajien havaintoja on tehty jokaisella merikaapelireitillä (Kuva 5-15), ja ne tulee huomioida tarkemmassa suunnittelussa.

Suojelualueita sijaitsee erityisesti MVE1/VVE1:n alueella sekä MVE3:n lähellä. MVE2 alueella ei sijaitse luonnonsuojelualueita.

Hankealueella sijaitsee riuttoja, jotka ovat loivarinteisiä eikä niillä ole muiden merialueiden riutoille tyypillistä lajiston vyöhykkeisyyttä. Hiekkasärkkiä ei kartoituksissa havaittu, mutta niitä on mallinnettu hankealueelle ja sen lähistölle. MVE3:n rantautumisalueella on havaittu vedenalaisia hiekkasärkkiä. Muita hankealueella tai sen lähistöllä esiintyviä vedenalaisia luontodirektiivin luontotyyppejä ovat laajat matalat lahdet (MVE1/VVE1, MVE2 ja MVE3), rannikon laguunit (MVE1) ja jokisuistot (MVE3).

Uhanalaisista luontotyypeistä hankealueelle kohdistetuissa kartoituksissa havaittiin avoimia näkinpartaispohjia (NT), mutta suojeltuja suojaisia näkinpartaispohjia (VU) ei havaittu. VELMU:ssa tehtyjen mallien mukaan kaikkien kaapeli-/vetyputkireittivaihtoehtojen alueella on niille soveltuvia alueita.

Merituulivoimapuiston vaikutusalueen vedenalaisen luonnon ja luontotyyppien herkkyys on **kohtalainen**, MVE2:n **vähäinen** ja MVE1/VVE1:n sekä MVE3:n **suuri**.

Merituulivoimapuiston ja sen läjitysalueiden pohjaeläinyhteisö on Perämerelle tyypillisesti karu ja vähälajinen niin pehmeiden kuin kovien pohjien osalta. Valkokatkapohjien erittäin uhanalaista luontotyyppiä esiintyy sekä merituulivoimapuistossa, että merikaapeli/vetyputkireitillä MVE1/VVE1. Yleisimpiä lajeja valkokatkan lisäksi on vieraslaji liejuputkimato (Marenzelleria sp.), joka on levinnyt alueelle viime vuosikymmeninä. Liejuputkimato dominoi erityisesti reitin MVE2 näyteasemia ja reitti poikkesi muista sikäli, ettei yksikään näyteasema luokittunut erinomaiseen ekologiseen tilaan. Kokonaisuudessaan kaapelireittien näyteasemille lasketut ekologisen tilan indeksien arvot vaihtelivat verrattain paljon (välttävästä erinomaiseen) johtuen myös syvyyden ja pohjanlaadun vaihtelusta. Merituulivoimapuiston alueella pohjaeläimistö ilmensi tasaisemmin hyvää ja erinomaista ekologista tilaa.

Pohjaeläimistön herkkyys arvioitiin keskimäärin **kohtalaiseksi** koko hankealueella. Havaituilla valkokatkapohjilla herkkyys on **suuri,** mutta arvioon pohjien määrästä liittyy epävarmuuksia

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

(edellä esitetty arviot eri muuttujien nykytilan herkkyydestä, johon seuraavan luvun vaikutusarviointi perustuu).

Taulukko 5-7. Vedenalaiset luontoarvot eri hankevaihtoehtojen alueella.

Suojelualueet ja muut arvokkaat alueet				
VE1	**VE2**	**MVE1/VVE1**	**MVE2**	**MVE3**
Merikallan Natura 2000 -alue (FI1100207) (1 km)	Merikallan Natura 2000 -alue (FI1100207) (1 km)	Raahen saariston Natura 2000 -alue (FI1104600) Kalajoki-Pyhäjoki EMMA-alue (POP 121) Raahen saariston rantojensuojelualue (RSO110099) Raahen saariston rantojensuojeluohjelma-alue (RSO110099) Raahen saariston yksityinen luonnonsuojelualue (YSA118317)		Siikajoki EMMA-alue (EMMA POP 127) (230 m) Lintuvesiensuojeluohjelma-alue (LVO110257) Siikajokisuun yksityinen luonnonsuojelualue (YSA200209) Pirilänrannan luonnonsuojelualue (YSA203208) (500 m) Merikylänlahden luonnonsuojelualue (YSA200207) Tauvon jakokunnan luonnonsuojelualue (YSA203258) Merikylänlahdenrannan luonnonsuojelualue (YSA201756) (140 m) Ulkonokanhietikon luonnonsuojelualue (YSA112218) (600 m) Tauvon Munahiedanrannan hiekkaranta ja dyynialue, (Luontotyypin suojelualue, LTA201776) (700 m) Siikajoen lintuvedet ja suot Natura 2000 -alue (FI1105202)
Uhanalaiset, suojellut ja luontodirektiivin luontotyypit				
VE1	**VE2**	**MVE1/VVE1**	**MVE2**	**MVE3**
Riutat (1170)	Riutat (1170)	Riutat (1170)	Riutat (1170)	Riutat (1170) Vedenalaiset hiekkasärkät (1110)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vedenalaiset hiekkasärkät (malli) (1110) Valkokatka-merivalkokatkapohjat (EN)	Vedenalaiset hiekkasärkät (malli) (1110) Valkokatka-merivalkokatkapohjat (EN)	Vedenalaiset hiekkasärkät (malli) (1110) Rannikon laguunit (1150) Valkokatka-merivalkokatkapohjat (EN) Avoimet näkinpartaispohjat (NT) Suojaisat näkinpartaispohjat (malli) (VU) Haura- ja hapsikkapohjat (malli) (NT)	Vedenalaiset hiekkasärkät (malli) (1110) Laajat matalat lahdet Avoimet näkinpartaispohjat (NT) Suojaisat näkinpartaispohjat (malli) (VU) Haura- ja hapsikkapohjat (malli) (NT)	Avoimet näkinpartaispohjat (NT) Suojaisat näkinpartaispohjat (malli) (VU) Rannikon jokisuistot (EN) Laajat matalat lahdet (1160) Rannikon laguunit (1150) (400 m) Jokisuistot (1130)
Uhanalaiset lajit				
VE1	**VE2**	**MVE1/VVE1**	**MVE2**	**MVE3**
		Paunikko (tuorein havainto 2008)	Upossarpio (tuorein havainto 2005)	Upossarpio (tuorein havainto 2020) Paunikko (tuorein havainto 2020) (2,5 km) Nelilehtivesikuusi (tuorein havainto 2021) (etäisyys linnuntietä 400 m ja vesistöä pitkin 2 km)

Merinisäkkäistä hankealueella (merituulivoimapuistossa ja merikaapelireiteillä) tavataan nykytiedon valossa Itämeren yleisintä hyljelajia harmaahyljettä, eli hallia (*Halichoerus grypus*), sekä myös Itämerennorppaa (*Pusa hispida botnica*). Satunnaisesti voidaan tavata harvinaisempia merinisäkkäitä, kuten pyöriäisiä (*MML 2007*).

Lähin harmaahylkeiden maallenousualue on vähintään 20 kilometrin päässä merituulivoimapuiston alueelta, eikä aluetta pidetä kyseiselle lajille kuten ei myöskään norpalle erityisen tärkeänä ravinnonhankinta-alueena. Hankealueella voi esiintyä lisääntyviä norppia ja halleja, mutta niitä on siellä vain keväällä maalis-huhtikuussa, jos jääpeite on riittävä.

5.3 Vaikutusten arviointi

5.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

5.3.1.1 Merituulivoimapuisto

Vaikutukset vedenlaatuun

Tuulivoimaloiden perustusten sekä sähköasemien, muuntajien ja sähkönsiirtokaapeleiden ja/tai vetyputken asentaminen vaatii pohjan muokkausta ja läjityksiä, joista aiheutuu sedimentin sekoittumista veteen, mikä näkyy samennuksena. Perustusten rakentaminen voi vaatia myös pienimuotoista louhintaa, jonka vaatimat räjäytykset aiheuttavat paikallista samentumista ja hyvin

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vähäistä räjähdysaineista peräisin olevaa typpikuormitusta vesistöön. Mahdollisen louhinnan vaikutukset ruoppaukseen ja läjitykseen verrattuna ovat kuitenkin hyvin vähäisiä.

Ruoppauksen ja läjityksen aiheuttamia, mallinnuksen tuloksissa esitettyjä samentumia tarkasteltiin laskentajakson kiintoaineen pitoisuusnousun kestona, mutta pitoisuusnousu ei ole välttämättä yhtäjaksoista. Taso 10 mg/l on alueen normaalia taustavaihtelua korkeampaa ja kuvaa silminnähtävää samentumaa. Taso 100 mg/l kuvaa huomattavaa samennusta.

Tuulivoimaloiden perustamisesta aiheutuvat samentumavaikutukset ovat suurimmat painovoimaperustusten tapauksessa pohjan muokkauksen takia. Vesistömallinnuksessa on maksimivaikutusperiaatteen mukaisesti käytetty tätä perustustyyppiä. Muiden perustustyyppien (paalu, ristikko- tai hybridiperustus) vaikutukset arvioitiin vähäisemmiksi. Tuulivoimapuiston alueella kaivettavat ja tasoitettavat massamäärät ja siten myös veteen vapautuva kuormitus on samaa suuruusluokkaa molemmissa vaihtoehdoissa VE1 ja VE2. Vaikka vaihtoehdossa VE2 voimalamäärä on pienempi, ovat voimalat suurempia ja siten myös niiden perustamisala. Yhdyskaapeleiden ja sähköasemien asentamisen yhteydessä tehtävät pohjan muokkaukset ovat volyymiltään vähäisempiä. Kokonaisuudessaan tuulivoimapuistoalueen rakennustöiden on arvioitu mallinnuksessa kestävän vain yhden avovesikauden, mikä on todennäköisimmin yliarvio.

Mallinnuksen mukaan pohjan kaivun ja läjitysten yhteydessä vapautunut sedimentti pysyy pääosin tuulivoimapuiston sisällä, mutta kiintoainetta kulkeutuu molemmissa vaihtoehdoissa etenkin läjitysalueelta myös tuulivoimapuistoalueen ulkopuolelle, muutaman kilometrin päähän.

Yli 10 mg/l ja 100 mg/l nousun alueet ja kestot on esitetty pinnan ja pohjan läheisissä vesikerroksissa kuvissa 5-25 (VE1) ja Kuva 5-26 (VE2). Lisää kuvia löytyy malliraportista (Liite 3). Vesimassassa saavutetaan päivän kestävä kiintoaineen pitoisuusnousu 100 mg/l vain tuulivoimapuiston alueella läjitysalueen kohdalla. Kaikkiaan lyhytaikaisempana (6 h) 100 mg/l pitoisuusnousua esiintyy vesipatsaassa noin 10–50 km^2 alalla ja pohjanläheisyydessä selvästi laajemmin, noin 120–130 km^2 alalla (Taulukko 5-8). Pitoisuusvaikutus ≥10 mg/l on yleisempää ja jakautuu huomattavasti laajemmalle alueelle ylittäen myös tuulivoimapuiston rajat. Läjitysalueella veden kiintoainepitoisuus nousee tasolle 10 mg/l tai yli, seitsemän päivän ajan. Eniten samentumaa leviääkin tuulivoimapuistoalueen kaakkoisosassa lähellä läjitysaluetta, pohjan tuntumassa. Kaikkiaan lyhytaikaisena 10 mg/l pitoisuusnousua esiintyy pinnassa noin 300 km^2 ja pohjan lähellä noin 600 km^2 alueella (Taulukko 5-8). Jos rakentaminen ajoittuu useammalle kuin yhdelle vuodelle, vuotuinen kiintoaine- ja sedimenttikuorma jäävät mallinnettua vähäisemmiksi. Vaikka työt kestäisivät yhteensä useamman vuoden ei pohjanmuokkaukseen liittyvää rakentamista yksittäisellä kohteella tapahdu useampana kuin yhtenä vuonna eikä siten merkittävää usealle vuodelle ajoittuvaa kumulatiivista vaikutusta aiheutuisi.

Tuulivoimapuiston alueella sedimentin pintakerros on pääosin pehmeitä hienojakoisia maalajeja ja pohjanmuokkauksen sekä läjityksen yhteydessä sedimenttiin sitoutuneita aineita voi lähteä liikkeelle. Ravinnepitoisuudet voivat nousta vedessä töiden aikana, kiintoaineeseen on yleensä sitoutunut etenkin fosforia. Ravinteista kuitenkin vain pienen osan arvioitiin olevan suoraan perustuottajille käyttökelpoisessa muodossa ja samentuma myös vähentää valon määrää vedessä, joten ruoppausten rehevöittävät vaikutukset jäävät yleisesti vähäisiksi. Sedimenttiin sitoutuneita mahdollisia haitta-aineita voi myös vapautua veteen, mutta tehtyjen sedimenttitutkimusten perusteella haitta-ainepitoisuudet olivat tuulivoimalan alueella pääosin pieniä. Joitain lievästi kohonneita organotina-, dioksiini ja furaani- sekä ja PAH-yhdisteitä todettiin, mutta alueen massat arvioitiin kaikilta osin meriläjityskelpoisiksi (*Lindfors ym. 2023 ja 2024,* liite 2 ja liite 5).

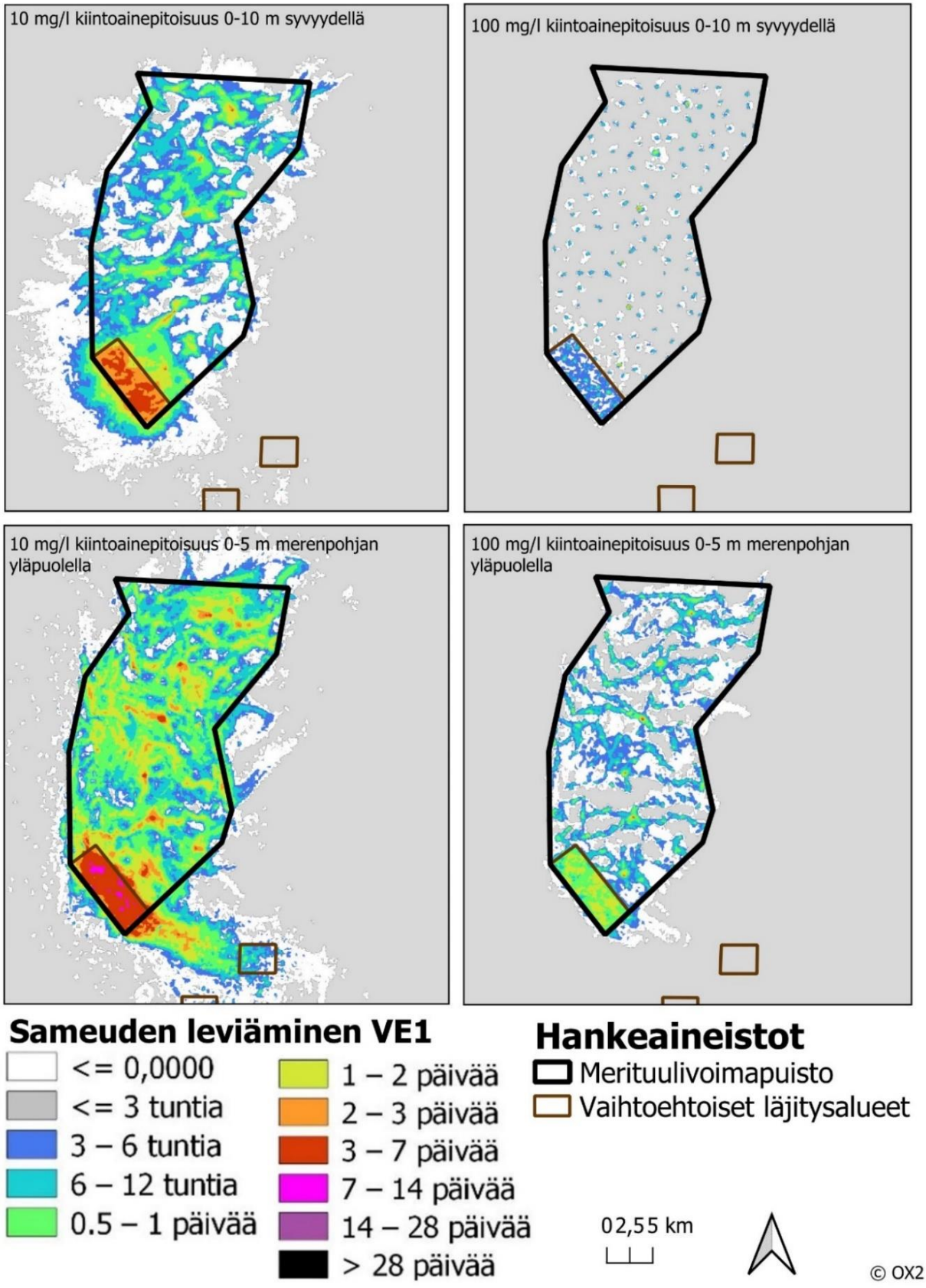
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 5-8. Samentuman voimakkuus (10/100 mg/l), kesto (6h/2d) ja laajuus (km^2) (Niras 2023a).

	VE1				**VE2**			
	10 mg/l		**100 mg/l**		**10 mg/l**		**100 mg/l**	
kesto	6 h	2 d	6 h	2 d	6 h	2 d	6 h	2d
0–10 m	323	34	16	0,2	319	36	17	0,2
10–20 m	280	15	10	0,1	263	0,7	11	0,1
20–30 m	420	10	46	0,3	384	9,5	38	0,2
30–40 m	246	32	32	-	235	38	32	0,1
pohja + 5 m	620	63	132	0,4	568	67	117	0,5

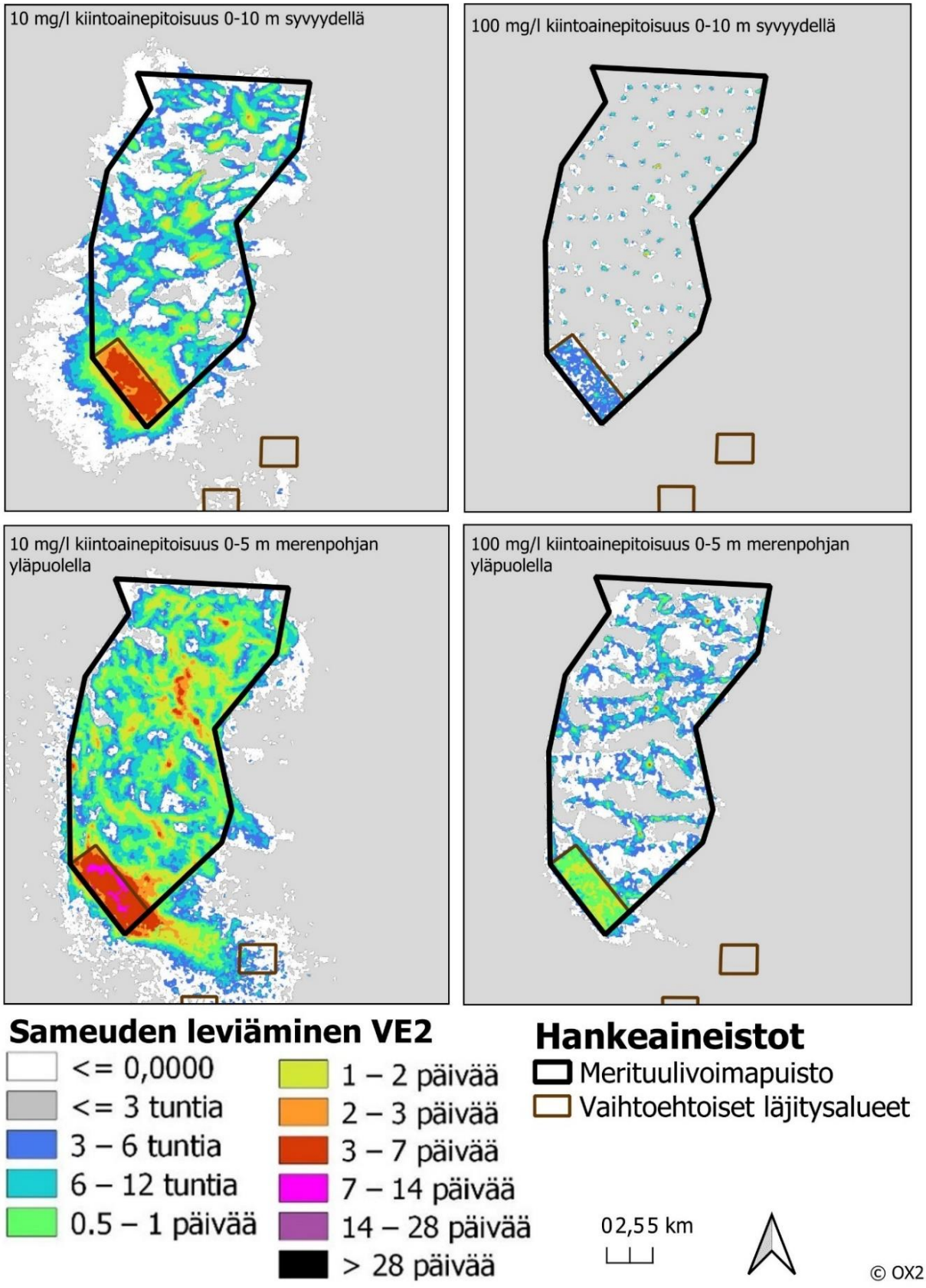
Vaihtoehdossa VE1 samentumavaikutukset ja alueet ovat hieman suurempia kuin vaihtoehdossa VE2. Merkittävää eroa vaihtoehtojen välillä rakentamisvaiheessa ei kuitenkaan ole.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-25. VE1: Sedimenttipitoisuuden ≥10 mg/l (vasemmalla) ja ≥100 mg/l (oikealla) kesto vesipatsaan ylimmässä 10 metrissä (yläkuva) ja alimmassa 5 metrissä (alakuva) (Niras 2023a). Huom. kuva esittää vaikutusten maksimilaajuutta, jos kaikki rakennustyöt tehtäisiin yhdellä avovesikaudella.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-26. VE2: Sedimenttipitoisuuden ≥10 mg/l (vasemmalla) ja ≥100 mg/l (oikealla) kesto vesipatsaan ylimmässä 10 metrissä (yläkuva) ja alimmassa 5 metrissä (alakuva) (Niras 2023a). Huom. kuva esittää vaikutusten maksimilaajuutta, jos kaikki rakennustyöt tehtäisiin yhdellä avovesikaudella.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

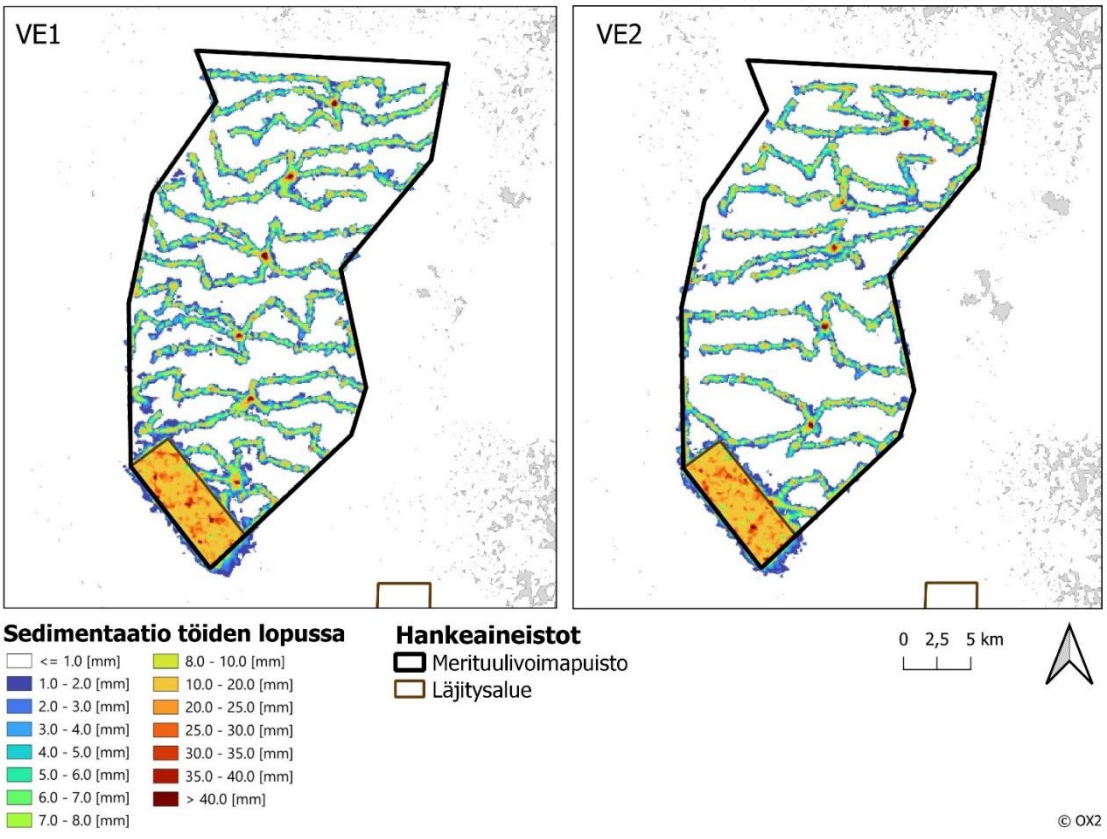
Sedimentaation lisääntyminen

Ruoppausten ja läjityksen yhteydessä veteen sekoittuneet sedimenttipartikkelit laskeutuvat takaisin pohjaan. Mitä hienojakoisempaa pohja-aines on ja mitä kovemmat virtaukset, sitä kauemmas sedimentti kulkeutuu ja laskeutuu.

Vesistömallinnuksen mukaan tuulivoimalan kaivu- ja läjitystöistä liikkeelle lähtenyttä sedimenttiä kerrostuu yli 1 mm paksuudelle yhdyskaapelien ja sähköasemien läheisyydessä sekä läjitysalueella ja sen lähiympäristössä. Kaikkiaan yli 1 mm sedimentaatiota ulottuu mallinnuksen mukaan noin 200 km^2 alueelle. Tuulivoimapuiston sisällä sähköasemien ympärille muodostuu sedimentaatiota noin 4 cm ja yhdyskaapeleiden varrelle noin 1 cm (Kuva 5-27). Suurinta sedimentaatio on läjitysalueella ja sen lähiympäristössä, jonne ruoppausmassat sijoitetaan. Tälle alueelle muodostuu uudelleen sedimentoitumisesta laskennallisesti, vähintään noin senttimetrin paksuinen kerros ja monin paikoin, yhteensä noin 0,5 km^2 alalla, sedimenttikerroksen paksuus on noin 2,5–5,0 cm. Enimmillään läjitysalueelle sekä sähköasemien läheisyyteen, 0,01 km^2 alalle, muodostuisi 10 cm sedimenttikerros.

EMODnet Geology -projektissa (EMODnet 2024) on julkaistu tietoa sedimentaationopeuksista Euroopan merialueilla. Perämeren osalta tiedot perustuvat pääosin GTK:n vuoden 2021 aineistoihin perustuen mm. ihmisperäisten radionuklidien (137Cs) kerrostumishistoriaan. Hankealueella ja sen läheisyydessä sedimentaatio vaihtelee ulkomerellä välillä 0,1–0,8 senttimetriä/vuosi. Myös Mattilan ym. (2006) mukaan sedimentin kertyminen on Perämerellä 3,5 mm/a (0,35 cm). Syvemmillä akkumulaatiopohjilla sedimentaatio on suurinta. Siten suppealla alueella, jossa rakennusvaiheen aikainen sedimentaatio ylittää mallinnuksen mukaan 10–80 mm, vastaisi se karkeasti vuosittaisen sedimentaatiomäärän kymmenkertaistumista rakennustöiden vuoksi, vaikka rakennusaika yksittäisillä kohteilla on huomattavasti lyhyempi.

Samentuman tavoin sedimentaatiovaikutus on hieman pienempi vaihtoehdossa VE2, mutta vaihtoehtojen välillä ei ole merkittävää eroa. Esimerkiksi 1 cm sedimentaatioalueen osalta ero vaihtoehtojen välillä on vain 0,1 ha.



Kuva 5-27. Sedimentaatio (mm) tuulivoimapuiston alueella (vasemmalla VE1 ja oikealla VE2).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutukset vedenalaiseen luontoon ja eliöstöön

Merituulivoimapuistoa rakennettaessa merenpohjaa menetetään, joten pohjaeliöstö häviää tuulivoimaloiden perustusten alueelta sekä pohjilta, joihin sijoitetaan tai kaivetaan merikaapeleita tai perustetaan läjitysalueita. Merenpohjaa menetetään voimaloiden perustusten alta noin 0,25 km^2 alalta, lisäksi aiheutetaan häiriötä tai muutetaan pohjaa kaapelien osalta enimmillään noin 1 km^2 ja läjitysalueen osalta 3 km^2. Merituulivoimapuiston alueella perustusten, sähköasemien ja merikaapeleiden vaatima pohjanmuokkaus kohdistuu arviolta enintään 0,8 %:iin koko alueen alasta. Huolimatta suurista pinta-aloista, pohjaeläimistöön kohdistuva vaikutus arvioitiin vähäiseksi, vaikka alueella esiintyy myös erittäin uhanalaista valkokatka-merivalkokatkapohjien luontotyyppiä. Liikkumiskykyiset lajit voivat hakeutua suotuisemmille alueille. Merenpohjien menetystä käsitellään myös luvussa 5.3.2.

Perustamistöistä voi aiheutua haittaa pohjalla eläville vesiselkärangattomille sekä vesikasvillisuudelle kiintoaineen lisääntyessä vesipatsaassa sekä lisääntyneen sedimentaation kautta. Ruoppausten sekä yhdyskaapelien asentamisen vaikutus ei ole kuitenkaan pysyvää eliöstön kannalta, vaan luonteeltaan tilapäistä. Läjitysalueilta pohjaeläimistö pääosin tuhoutuu tai siirtyy muualle, mutta voi palautua alueelle toiminnan päättyessä ja tilanteen tasaantuessa. Merituulivoimapuiston alue on pääasiassa niin syvää, ettei siellä viihdy vesikasvit tai makrolevät eikä alueelle tehdyissä kartoituksissakaan havaittu vesikasvillisuutta.

Tuulivoimalayksiköiden ja kaapeleiden varaamaa pohjan alaa lukuun ottamatta pohjaeläinten palautuminen rakentamisen aikaisista häiriöistä on melko nopeaa. Pohjaeläimistön toipumisen ennalleen esimerkiksi ruoppausten jälkeen on havaittu kestävän yleensä 1–3 vuotta (*Vehanen ym. 2010*), joskin syvempien ja vakaiden pohjien toipuminen voi olla hitaampaa kuin matalammilla, dynaamisilla alueilla. Vaikka pohjaeläimistö palaa takaisin alueelle, saattaa lajien välisissä runsaussuhteissa tapahtua muutoksia varsinkin, jos pohjan laatu alueella muuttuu esimerkiksi voimalayksiköiden ympäriltä. Eniten lisääntyneestä sedimentaatiosta kärsivät suodattamalla ravintonsa hankkivat paikallaan pysyttelevät eläimet, kuten esimerkiksi simpukat, joita ei kuitenkaan hankealueella esiinny. Hankealueella hyvin yleisen lajin liejuputkimadon ei arvioida kärsivän lisääntyneestä sedimentaatiosta, vaan enemminkin hyötyvän herkempien lajien kustannuksella, mutta tällä ei arvioida olevan merkittävää vaikutusta hankealueen vähälajiseen ja harvaan pohjaeläinyhteisöön. Samentumasta ja lisääntyneestä sedimentaatiosta pohjaeläimistölle aiheutuva haitta arvioitiin kuitenkin kokonaisuudessaan vähäiseksi, hankevaihtoehdoilla ei ole merkittäviä eroja.

Merituulivoimapuiston hankealueelle kohdistetuissa drop video -kartoituksissa havaittiin, että kivipinnoilla ei kasvanut lainkaan kiinnittyneitä leviä tai pohjaeläimiä. Merituulivoimapuistossa ei arvioida esiintyvän monimuotoisia riutta-alueita alueen syvyyden vuoksi (koko alue yli 10 metriä syvää), sillä Perämerellä riutat ovat monimuotoisimpia 2–5 metrin syvyydessä. Merituulivoimapuiston ympäröivää merenpohjaa korkeammat kivi- ja lohkarekohoumat ovat siis riuttoja lähinnä niiden geologisilta ominaisuuksiltaan, eivätkä ole luontoarvoiltaan kovin merkittäviä verrattuna matalien alueiden riuttoihin. Tuulivoimaloiden rakentamisen seurauksena riuttoja voi hävitä, joten tarkentavia kartoituksia olisi hyvä tehdä hankkeen jatkokehityksessä, jotta voidaan paremmin arvioida kuinka riuttaympäristöt olisi syytä ottaa huomioon.

Sedimentaatio ei ulotu Merikallan Natura 2000 -alueelle. Rakentamisen aiheuttama samentuma voi levitä merituulivoimapuistosta hyvin rajatulle alueelle Merikallan Natura 2000 -alueelle VE1:ssä. Kiintoainepitoisuus on tällöin 10 mg/l suuruista 0–5 metriä merenpohjan yläpuolella sekä 10–20 metrin syvyydellä kestäen maksimissaan kuusi tuntia. VE2:ssa samentuma kestää Natura 2000 -alueella alle kolme tuntia sijoittuen hyvin rajatulle alueelle. Jos rakentaminen ajoittuu useammalle kuin yhdelle vuodelle, vuotuinen kiintoaine- ja sedimenttikuorma jäävät tätä vähäisemmiksi. Vaikka työt kestäisivät yhteensä useamman vuoden ei pohjanmuokkaukseen liittyvää rakentamista yksittäisellä kohteella tapahdu useampana kuin yhtenä vuonna. Kiintoainekuorman jakautumisella usealle vuodelle voi olla haitallisempi vaikutus alueella mahdollisesti kuteville kaloille kuin kuormituksen ajoittumisella yhdelle vuodelle. Näin ei kuitenkaan arvioida tapahtuvan. Kalastoa on käsitelty tarkemmin luvussa 6. Sedimentaation ja samentuman vaikutukset Merikallan Natura 2000 -alueelle arvioitiin kokonaisuudessaan vähäisiksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutukset merinisäkkäisiin

Merituulivoimapuistojen vaikutuksista merinisäkkäisiin on tehty tutkimuksia eteläisellä Itämerellä ja havaittu niiden sopeutuvan tulivoimaloiden rakenteisiin, mutta toisaalta häiriintyvän rakennustöistä ja lisääntyneestä ihmistoiminnasta (*Dietz ym. 2000, 2003; Tougaard ym. 2004*). Tuulivoimaloiden vaikutuksista norppaan ei ole tutkimustuloksia (*Vehanen ym. 2010*). Melun arvellaan olevan merkittävin häiriö merinisäkkäille, jotka käyttävät kuuloa ja ääniä monipuolisesti saalistamiseen, suunnistamiseen ja kommunikointiin (*Madsen ym. 2006; Nehls ym. 2007; Richardson ym. 1995*). Haittavaikutukset voivat olla äänilähteen houkuttava tai karkottava vaikutus, äänien sekoittuminen, merinisäkkäiden omien äänien peittyminen tai pysyvät kuulovauriot (*Vehanen ym. 2010*). Kriittisimmiksi nähdään vaikutukset, jotka kohdistuvat merinisäkkäiden elinkierron kannalta tärkeisiin alueisiin (levähdys- pesintä- ja ruokailupaikat) tai ajanjaksoihin (kuten lisääntyminen ja pesintä) (*Vehanen ym. 2010).*

Pääasialliset vaikutukset merinisäkkäisiin muodostuvat rakentamisen aikana. Rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat väliaikaisia ja tilapäisiä kestäen rakennusvaiheen ajan. Rakentamisen aikaisella melulla (kuten paalutus) on suurempi vaikutus merinisäkkäisiin kuin toiminnan aikaisella melulla (*Madsen ym. 2006; Tsouvalas 2020; Mooney ym. 2020; Han ja Choi 2022*). Kuulovaurioita saattaa tulla, jos melutaso ylittää 180 dB (re 1 µPa) ja 140 dB (re 1 µPa) ylittävä melu koetaan häiritsevänä (*Nehls ym. 2007).* Erilaisilla teknisillä ratkaisuilla voidaan kuitenkin vaikuttaa melutasoon ja näin vähentää merinisäkkäille koituvia haittoja (*Nehls ym. 2007*). Haittojen lieventämistä on käsitelty merinisäkkäiden osalta myöhemmin tässä luvussa ja mahdollisia yhteisvaikutuksia muiden lähellä olevien hankkeiden kanssa niin ikään myöhemmin tässä luvussa.

Vedenalaisen melun vaikutuksia merinisäkkäisiin on tarkasteltu erillisessä liitteessä 6 (*Niras 2023b*) sekä luvussa 15 ja tässä on esitetty tiivis kuvaus tuloksista.

Mallinnustulokset osoittavat, että jos hylkeet ovat alle 100 metrin ja 275 metrin etäisyydellä paalutuspaikasta, kun paalutus suoritetaan tuplakuplaverhoa vastaavalla melunvaimennusjärjestelmällä ja pehmeällä käynnistys- ja voimistusvaiheella, ne voivat altistua näillä etäisyyksillä pysyvälle kuulovauriolle ja tilapäiselle kuulovauriolle (Taulukko 15-10, liite 6. Hyvin lyhyiden vaikutusetäisyyksien vuoksi kuulovaurion riski hylkeille on lähes olematon, sillä on hyvin epätodennäköistä, että merinisäkkäät olisivat alueella rakentamistoimien aikana hyvin lähellä työkohdetta.

Varotoimenpiteenä on oletettu, että hylkeet reagoivat paalutuksesta aiheutuvaan vedenalaiseen meluun samalla etäisyydellä kuin pyöriäiset (19,1 kilometriä tämänhetkisessä mallinnuksessa). Hankealueella voi esiintyä sekä norppia että harmaahylkeitä. Lähin harmaahylkeiden maallenousualue on kuitenkin vähintään 20 kilometrin päässä tuulivoimapuistosta eikä aluetta pidetä kummallekaan lajille erityisen tärkeänä ravinnonhankinta-alueena. Hankealueella voi esiintyä lisääntyviä norppia ja halleja, mutta niitä on siellä vain keväällä maalis-huhtikuussa, jos jääpeite on riittävä. Perustusten asentamisen ei odoteta olevan mahdollista ajanjaksoina, jolloin hankealueelle on muodostunut merijäätä ja siten myöskään häiriötä norpille ei aiheudu. Mikäli rakentamistoimet kuitenkin ajoittuvat hylkeiden poikimisaikaan, arvioidaan rakentamistoimilla olevan hylkeisiin kohdistuvaa häiriövaikutusta. Rakentamistoimia ei tapahdu samaan aikaan kaikkialla merituulivoimapuiston alueella, vaan aluetta tullaan todennäköisesti rakentamaan usean vuoden ajan keskittyen tietyn alueen rakentamiseen kerralla. Näin ollen laajalla merialueella jää hylkeille alueita, jossa poikiminen voi tapahtua häiriöttä, mutta toisaalta vaikutuksen ajallinen kesto pitenee useammalle vuodelle. Häiriövaikutus arvioidaan pieneksi kielteiseksi.

Vedenalaisen melun aiheuttamat käyttäytymisreaktiot voivat vaihdella aktiivisuustason pienistä muutoksista pakoreaktioihin, joissa yksilöt välttävät aluetta kokonaan. Hylkeiden herkkyys käyttäytymisvaikutuksille arvioitiin kohtalaiseksi, koska on odotettavissa, että hylkeet välttelevät vaikutusaluetta jossain määrin. Perustusten paalutuksen teoreettinen kesto on noin 5,5 kuukautta (tehokasta työtä) olettaen, että päivässä asennetaan yhden perustukset ilman taukoja ja paalutusta tehdään 6 tuntia päivässä. Kuten mainittua, perustusten kokonaisasennusaika on kuitenkin yli 5 kuukautta. Väliaikaisen elinympäristön menetyksen kestoa ja käyttäytymisen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

välttämisreaktioiden pysyvyyttä pidetään kuitenkin molempien lajien tapauksessa lyhytaikaisena, koska hylkeet voivat palata alueelle perustusten asennuksen jälkeen.

Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin vähäiseksi negatiiviseksi, koska kyseessä on pieni osuus hylkeiden koko elinalueesta ja vaikutus siihen on tilapäinen, eli vaikka vaikutusmatkat ovat suhteellisen pitkiä (19,1 kilometriä), käyttäytymisen välttämisvasteiden esiintymisen todennäköisyys on pieni. Kaiken kaikkiaan Hallan merituulivoimapuiston hankealueella paaluajon aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan vähäistä hylkeille, eikä se vaikuta hyljekantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä.

Merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyy tuulivoimaloiden perustusten rakentamisen lisäksi mm. sisäisen kaapeloinnin/vetyputkiston sekä merisähköasemien rakentamista ja siten todennäköisesti myös merenpohjan louhintoja, joista aiheutuu vedenalaista melua. Vedenalaisen louhinnan melu on lyhytkestoista ja impulssimaista, mutta kuitenkin usein erittäin voimakasta ja laajakaistaista. Ruoppauksen ja vesipainepuhalluksen, joita tarvitaan merikaapeleiden/vetyputkiston asentamisessa, melutasot ovat arviolta selkeästi alhaisemmat kuin louhinnan.

Vedenalainen louhinta ja räjäytykset voivat aiheuttaa pyöriäisille ja hylkeille haitallisia äänenpainetasoja. Muissa hankkeissa tehtyjen vedenalaisten mallinnusten sekä väyläviranomaiselle tehdyn selvityksen perusteella tilapäisen kuulonaleneman altistusetäisyys voi mallinnuksen mukaan olla vedenalaisessa louhinnassa pyöriäisellä ja hylkeellä noin 1,5 kilometriä ja pysyvän kuulonaleneman altistusetäisyys noin 0,5 kilometriä (*Meriläinen & Lindfors 2018*).

Melun etenemiseen vaikuttaa alueen vesisyvyys, veden suolapitoisuus ja lämpötila sekä näistä aiheutuva kerrostuneisuus. Lisäksi äänen taajuus sekä merenpohjan ja merenpinnan olosuhteet vaikuttavat äänen heijastumiseen ja absorboitumiseen. Melun haitallisuuteen vaikuttavat melun voimakkuuden lisäksi altistusaika, äänienergian jakautuminen eri taajuuksille, melun laatu sekä lajin yksilöllinen herkkyys melulle.

Pakenemisreaktion maksimietäisyydet vedenalaisessa räjäytyksessä voivat olla sekä pyöriäisellä että hylkeillä jopa noin 14 kilometriä. Keskimääräiset räjäytysmenetelmällä tehtävän louhinnan altistusetäisyydet ovat edellä mainittua pienempiä (*Meriläinen & Lindfors 2018*).

Kaiken kaikkiaan haitat merinisäkkäille rakentamisen aikana arvioitiin melko pieniksi, koska hankealueella on jo nykyisellään häiriötä ja vedenalaista melua aiheuttavaa toimintaa (esimerkiksi laivaliikennettä), eikä merinisäkkäitä todennäköisesti esiinny alueella kovin runsaasti.

Mikäli merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyisi vedenalaisia räjäytyksiä, tulee niiden osalta tehdä tarkempi suunnittelu ja tarvittaessa mallinnus vesilupavaiheessa. Jatkosuunnittelussa tulee varmistaa soveltuvilla karkottimilla merinisäkkäiden siirtyminen riittävän etäälle työkohteesta. Myös kovinta melua aiheuttavien työvaiheiden yhteydessä tulisi käyttää soveltuvia äänen vaimentamisen menetelmiä kuten kuplaverhoja, joilla voidaan tehokkaasti vaimentaa vedenalaisen melun leviämistä ja näin saada vaikutuksia vähäisemmiksi. Rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat luonteeltaan väliaikaisia ja tilapäisiä, joskin ne tulevat arvion mukaan kestämään useamman avovesikauden.

Rakentamiseen liittyvällä laivamelulla on todennäköisesti vaikutusta hylkeisiin ja niiden käyttäytymiseen. Se voi esimerkiksi aiheuttaa muutoksia niiden ravinnonhankintamallissa alusten läheisyydessä (*Richardson ym. 1995, Wisniewska ym. 2016*). Hylkeiden herkkyys laivamelulle arvioitiin kuitenkin pieneksi, koska vaikutus käyttäytymiseen on rajallinen ja hyvin lyhytkestoinen. Merituulivoimapuiston aluetta ei ole arvioitu tärkeäksi ravinnonhankinta-alueeksi norpille tai harmaahylkeille, ja välttämisreaktiota odotetaan vain alusten välittömässä läheisyydessä. Laivamelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin siksi pieneksi negatiiviseksi. Vaikutuksen tarkastelussa on huomioitava myös, että hankealue rajoittuu Pohjanlahden päälaivaliikenneväyliin ja on päällekkäinen niiden kanssa. Rakentamiseen ja toiminnan ajan kunnossapitoon liittyvän laivaliikenteen lisävaikutus jää näin ollen vaatimattomaksi. Kaiken kaikkiaan laivoista aiheutuvan vedenalaisen melun seuraukset hylkeille Hallan merituulivoimapuiston hankealueella arvioitiin vähäisiksi, eikä melu vaikuta kantoihin lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. (*Niras 2023a*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimapuiston läjitysalueiden valinta ja vaikutukset

Läjityspaikat pyritään valitsemaan siten, että ne täyttävät vähintään tyydyttävän läjityspaikan kriteerit, jotka on julkaistu Ympäristöhallinnon Ruoppaus- ja läjitysohjeessa (*Ympäristöministeriö 2015*). Tällöin läjityspaikkojen virtausnopeudet ovat pohjan läheisyydessä tyypillisesti alhaisia (keskimääräisesti 15 cm/s ylittyy vain harvakseltaan). Tyydyttävällä läjityspaikalla kulkeutumisriski eli jo laskeutuneen sedimentaation lähteminen uudelleen liikkeelle (resuspensoituminen) on kohtuullinen. Hyvällä läjityspaikalla kulkeutumisriski on alhainen. Hallan hankealueen meriläjityspaikkoja on arvioitu kulkeutumisriskin osalta taulukon 5-9 mukaisesti. Tuulivoimapuiston alueella olevan läjitysalueen 1 osalta suunnitellaan tehtävän lisämittauksia, jotta suurelta läjitysalueelta voitaisiin löytää sopivat osa-alueet, jotka täyttäisivät vähintään tyydyttävän läjitysalueen kriteerit. Tuulivoimaloiden rakentamisen aikana ruopattavien sedimenttien läjitys on mahdollista suunnitella niin, että yhden avovesikauden aikana läjitetään sedimentit yhdelle läjitysalueen osalle, kuten pohjoiselle osalle, ja toisella avovesikaudella puolestaan toiselle, kuten eteläiselle osalle ja minimoida näin läjityksen kumulatiiviset vaikutukset. Merikaapelien asentamisen aikana mahdollisesti ruopattavat sedimentit läjitetään lähtökohtaisesti eri läjitysalueille (alueet 2 ja 3) kuin voimaloiden asentamisesta syntyvät sedimentit.

Taulukko 5-9. Hallan hankkeen läjitysalueiden sedimentin laatu ja soveltuvuus läjitykseen (Ympäristöministeriö 2015) (tarkemmin ks. luku 7 sekä liitteet 2 ja 5) (läjitysalueen 1 osalta suunnitellaan tehtävän lisämittauksia, jotta suurelta läjitysalueelta voitaisiin löytää sopivat osa-alueet, jotka täyttäisivät vähintään tyydyttävän läjitysalueen kriteerit).

Läjitys-alue	Täyttää läjityspaikan kriteerit	Pohjan laatu sedimenttinäytteiden mukaan
2	hyvä	kova pohja, pohjanäytteiden LSED-39, 40, 41 ja 42 mukaan ja on savea tai hiekkaa ja savea.
3	tyydyttävä	kova pohja, pohjanäytteiden LSED-35, 36, 37 ja 38 mukaan ja on savea tai hiekkaa ja savea.

Rakentamiseen liittyvän lisääntyneen proomuliikenteen vaikutukset merituulivoimapuiston alueella

Alusten potkurivirrat voivat aiheuttaa jatkuvaa samentumista (*Koponen & Virtanen 1995, VTT 1996, Oulasvirta & Leinikki 2003*) ja pohjan eroosiota (*Rytkönen ym. 2000*) vilkkaasti liikennöidyillä väylillä sekä satamien lähellä. Koska merituulivoimapuiston alue on syvää merialuetta, ei rakentamisen aikaisella lisääntyvällä alusliikenteellä arvioida olevan havaittavissa olevia vaikutuksia esimerkiksi alueen merenpohjiin, merinisäkkäisiin tai muuhun meriympäristöön.

Mahdollinen radioaktiivinen kontaminaatio sedimenteissä

Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevat radioaktiiviset aineet levisivät Itämeren alueelle epätasaisesti. Onnettomuudessa ilmaan vapautuneet radioaktiiviset aineet kulkeutuivat ilmavirtausten mukana ja suurin osa niistä huuhtoutui alas sateen mukana. Sateiden määrä ja voimakkuus vaihtelivat eri puolilla, joten maan ja meren pinnalle tulleiden radioaktiivisten aineiden määrä vaihteli tuntuvasti. Tšernobylin onnettomuudesta on ehtinyt kulua jo kohta 40 vuotta. Ympäristön kannalta merkittävimmänkin radionuklidin Cs-137:n aktiivisuus on ehtinyt jo kertaalleen puoliintua (Cs-137:n puoliintumisaika on 30 vuotta). Säteilyturvakeskuksen arvion mukaan sedimenteistä ei voi irrota niin paljoa radioaktiivisia aineita, että niillä olisi terveydellisiä vaikutuksia ihmisille tai eliöstölle. (*Säteilyturvakeskus 2024*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.3.1.2 Merikaapeli-/Vetyputkireitit

Vaikutukset vedenlaatuun

Merikaapeli- ja vetyputkireittien osalta on mallinnettu kaksi mahdollista asennusmenetelmää. Toisessa tapauksessa kaivu on oletettu tehtävän koko matkalla vesipainepuhalluksena, jossa kaikkien 100 % sedimentin hienoaineksesta vapautuu veteen. Toisessa alle 15 metrin syvyiset osuudet ruopataan ja massat läjitetään reittien MVE2 ja MVE3 läheisille läjitysalueille.

Mallinnuksen mukaan kaapeli/vetyputkireiteillä esiintyy rakentamisvaiheessa yli 100 mg/l pitoisuusnousua enintään noin 500 metrin etäisyydellä ja enintään 12 tunnin ajan molemmissa simuloiduissa asennusmenetelmissä. Maksimipitoisuus työkohteilla on noin 1 000 mg/l kun taas ruoppaus- ja läjityskohteilla se voi nousta yli 1 000 mg/l. Kiintoainepitoisuuden nousua yli 10 mg/l esiintyy vesipainepuhallusmenetelmällä enintään yhtenä päivänä pinnassa sekä pohjan läheisessä kerroksessa (Kuva 5-28 ja Kuva 5-29). Ruoppaus ja läjitys aiheuttaa mallinnuksen mukaan yli 10 mg/l pitoisuusnousuja enintään seitsemän päivänä sekä pinta- että pohjakerroksessa. Samentuma näkyy voimakkaampana erityisesti rannan läheisillä matalammilla osuuksilla, joilla kuormitus jakautuu syvyyssuunnassa pienempään vesimäärään.

Mallinnuksen perusteella vesipainepuhalluksella on asentamisvaiheessa vähäisemmät vaikutukset kuin ruoppauksella, johtuen erityisesti läjityksen vaikutuksista, mutta myös vaikutus rannan läheisillä matalammilla alueilla jää vähäisemmäksi. Ruoppauksen ja läjityksen yhteydessä yli 10 mg/l pitoisuuksia esiintyy etenkin pohjakerroksessa (Kuva 5-29).

Reittivaihtoehdossa MVE1 lähellä tuulivoimapuistoa hienojakoisen sedimentin määrä on suurempi kuin muilla kaapelireiteillä, mikä aiheuttaa suurempaa samentumisvaikutusta. Myös mallinnettu kuormitus on reitillä MVE1 suurempi johtuen asennettavaksi simuloidun maksimimäärän kaapeleita (10) kun muiden reittien kaapelimäärä on vähäisempi (5). Reittivaihtoehtojen MVE2 ja MVE3 ja meriläjitysalueiden välillä ei ole samentumavaikutusten osalta merkittävää eroa.

Kaapelireitin MVE1 käytävään sijoittuu myös suunniteltu vetyputkireitti VVE1. Vetyputkesta asentamisesta aiheutuu vähemmän vaikutuksia kuin maksimikaapelimäärällä. Myös mikäli reitin MVE1 kaapelimäärä on pienempi kuin mallinnettu 10, jää kuormitus ja samentumavaikutukset mallinnettua vähäisemmiksi.

Merikaapelien tai vetyputken rakentaminen voi vaatia myös pienimuotoista louhintaa, jonka vaatimat räjäytykset aiheuttavat paikallista samentumista ja hyvin vähäistä räjähdysaineista peräisin olevaa typpikuormitusta vesistöön. Mahdollisen louhinnan vaikutukset ruoppaukseen ja läjitykseen verrattuna ovat kuitenkin hyvin vähäisiä.

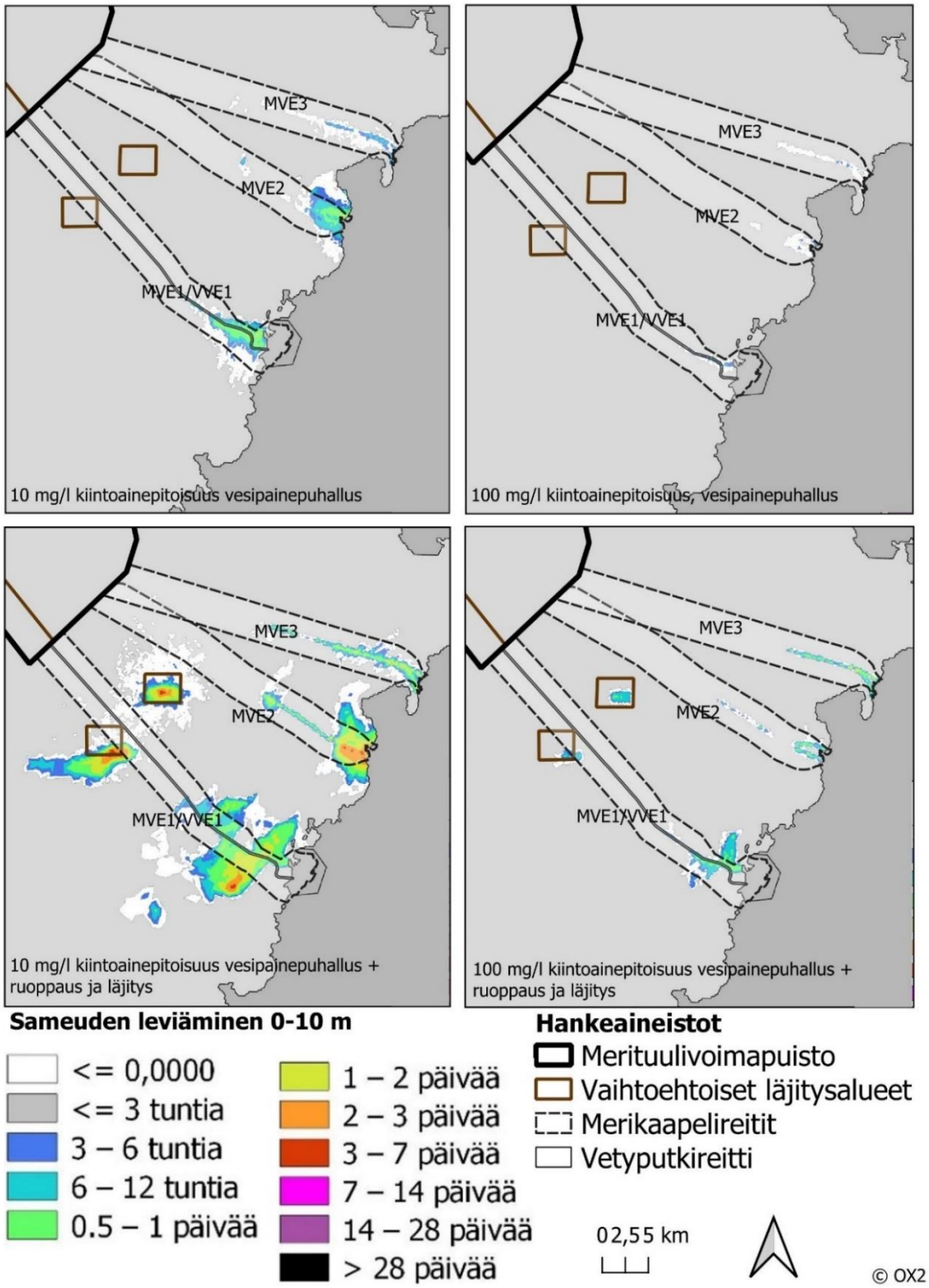
Sedimentaation lisääntyminen

Vesistömallinnuksen mukaan kaapelireiteillä vesipainepuhallusmenetelmällä rakennusaikainen sedimentaatio on enimmillään noin 2 cm (Kuva 5-30). Voimakkainta sedimentaatio on reitin VVE1 alkupuolella lähellä tuulivoimapuistoa, jossa on hienojakoista sedimenttiä enemmän kuin muilla kaapelireiteillä ja myös kaapelimäärä ja kaivutarve suurempi. Kaapelireiteillä yli 1 mm sedimentaatiota ulottuu mallinnuksen mukaan enintään noin 400 metrin etäisyydelle reitin molemmin puolin. Kaikilla reiteillä on myös joitain osuuksia, joilla sedimentaatio on alle 1 mm, mikä johtuu pohjan karkeammasta aineksesta.

Osittaisessa ruoppausmenetelmässä kaapelireiteillä yli 1 mm sedimentaatiovaikutus ulottuu enimmillään noin 500 metrin etäisyydelle reitin molemmin puolin. Sedimentaatio on voimakasta erityisesti läjitysalueilla sekä myös matalammilla ruoppausosuuksilla, jotka reiteillä MVE1 ja MVE3 sijoittuvat lähelle rantaa (Kuva 5-30). Nykytilassa sedimentaation on arvioitu olevan <1 cm/vuosi (*EMODNET 2024*). Siten alueilla, joilla mallinnettu rakennusvaiheen aikainen sedimentaatio ylittää 10 mm, tarkoittaa se keskimääräisen vuosittaisen sedimentaatiomäärän yli kaksinkertaistumista rakennustöiden vuoksi, vaikka rakennusaika yksittäisillä kohteilla on huomattavasti lyhyempi. Sedimentaatio vaihtelee kuitenkin alueellisesti, suojaisemmilla alueilla sedimentaatiota voi olla enemmän ja toisaalla esiintyvät virtaukset voivat myös puhdistaa pohjaa.

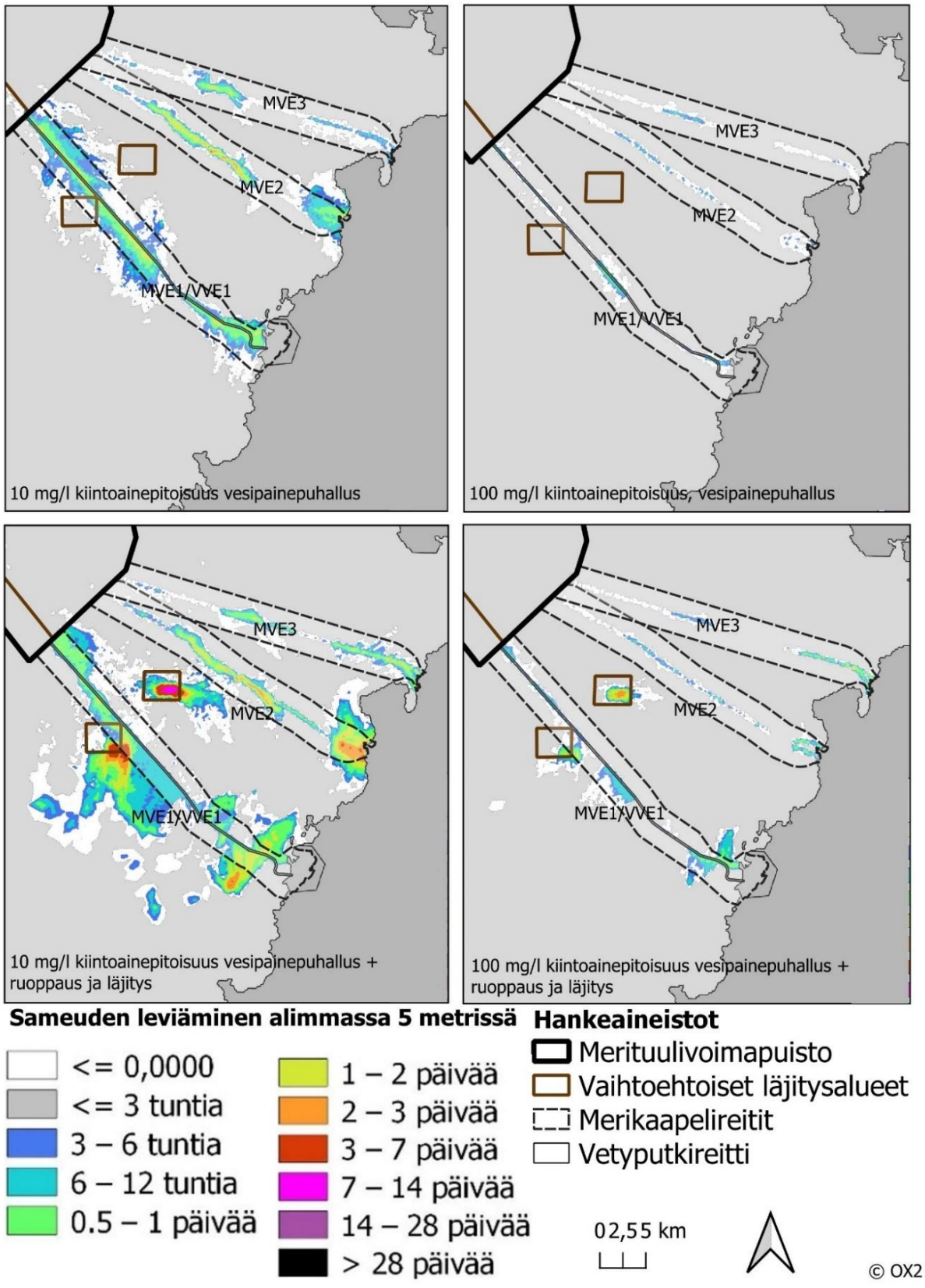
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Samentuman tavoin sedimentaatiovaikutukset ovat hieman suuremmat reitillä MVE1. MVE2 ja MVE3 reittivaihtoehtojen välillä ei ole sedimentaation suhteen suuria eroja. Myöskään kaapelireittien MVE2 ja MVE3 meriläjitysaluevaihtoehtojen välillä ei ole merkittäviä eroja (Kuva 5-30).



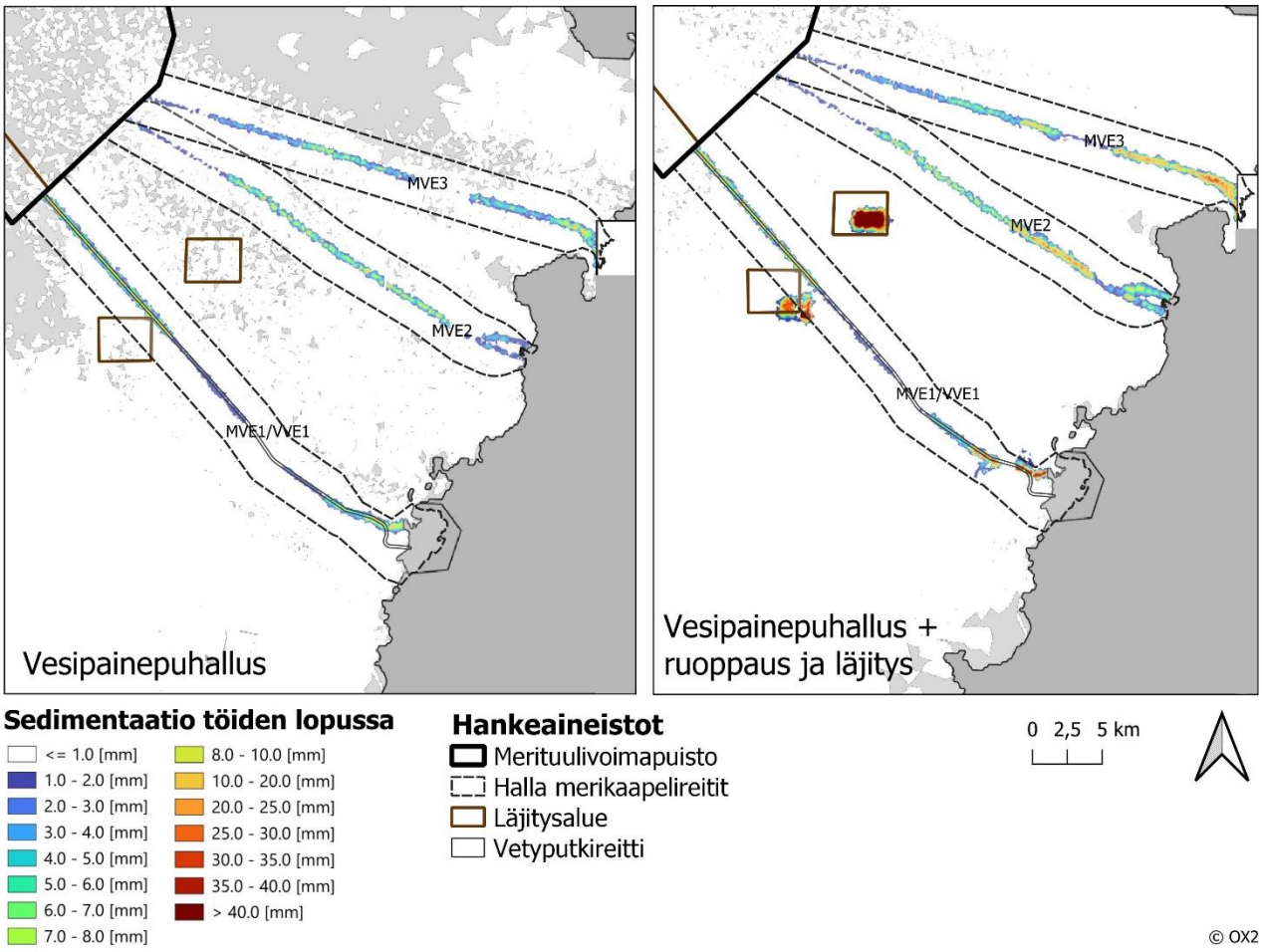
Kuva 5-28. Merikaapeli/vetyputkireittien sedimenttipitoisuuden ≥10 mg/l (vasemmalla) ja ≥100 mg/l (oikealla) kesto vesipatsaan ylimmässä 10 metrissä kahdella eri työmenetelmällä (vesipainepuhallus yläkuva, vesipainepuhallus + ruoppaus ja läjitys alakuva) (Niras 2023a). Huom. kuva esittää vaikutusten maksimilaajuutta, jos kaikki rakennustyöt tehtäisiin yhdellä avovesikaudella, reitit ja läjitysalueet myös osin vaihtoehtoisia.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-29. Merikaapeli/vetyputkireittien sedimenttipitoisuuden ≥10 mg/l (vasemmalla) ja ≥100 mg/l (oikealla) kesto alimmassa 5 metrissä kahdella eri työmenetelmällä (vesipainepuhallus yläkuva, vesipainepuhallus + ruoppaus ja läjitys alakuva) (Niras 2023a). Huom. kuva esittää vaikutusten maksimilaajuutta, jos kaikki rakennustyöt tehtäisiin yhdellä avovesikaudella, reitit ja läjitysalueet myös osin vaihtoehtoisia.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-30. Sedimentaatio (mm) kaapelireittien alueella kahdella eri työmenetelmällä (vesipainepuhallus yläkuva, vesipainepuhallus + ruoppaus ja läjitys alakuva) (Niras 2023a).

Veden samentumisen vaikutukset vedenalaiseen luontoon

Kiintoaineksen lisääntyminen vesipatsaassa muuttaa pinnanalaisia valo-olosuhteita. Vesikasvit ja levät tarvitsevat valoa yhteyttämiseen. Vesipainepuhalluksella samentuminen ei leviä yhtä laajalle kuin ruoppaamalla ja läjittämällä ja samentumisen kesto on lyhyempää. Samentuminen on pitkäkestoisinta läjitysalueilla, jossa kuitenkaan olemassa olevan tiedon perusteella ei esiinny arvokkaita luontotyyppejä tai vesikasvillisuutta. Luontotyyppien ja vesikasvillisuuden vaikutusarvioinnissa on käytetty molempia kaapelien asennusmenetelmiä sekä kahta eri kiintoainepitoisuutta (10 mg/l ja 100 mg/l). Arvio keskittyy erityisesti pohjanläheiseen (0–5 metriä merenpohjan yläpuolella) samentuman määrään (Kuva 5-31), koska luontotyypit ja vesikasvillisuus esiintyvät merenpohjassa, hakealueelle kohdistetuissa kartoituksissa arvioitiin vedenalaisen luonnon olevan monipuolisinta matalilla rannanläheisillä alueilla ja koska vaikutukset olivat suurimpia pohjanläheisessä vesikerroksessa. Vaikutusarviossa hyödynnettiin samentuma- ja sedimentaatiomallia, jossa oletuksena on ollut kaapelien asentamisen ajoittuminen yhdelle avovesikaudelle (noin kolme kuukautta). Kaapelit asennetaan niin, ettei samalla paikalla toimita useana vuonna vaan kaapeli saadaan kerralla valmiiksi asennettua. Poikkeuksena on valmiiksi kaivetut kaivannot, joita voidaan hyödyntää alueilla, joilla maaperä on kovaa, esimerkiksi savea tai tiivistynyttä hiekkaa, johon kaivanto voidaan tehdä ennalta valmiiksi. Kaapeli lasketaan merenpohjaan aiemmin tehtyyn kaivantoon, minkä jälkeen se voidaan suojata lisäämällä erikseen kiviä tai soraa varmistamaan riittävä suojaus. Samentumavaikutuksia tulee todennäköisesti syntymään sekä kaivannon kaivuusta, että kivien tai soran laskemisesta kaivantoon, mutta eniten kuitenkin kaivamisesta. Jos kaapelin ja kivien laskeminen tehdään vasta seuraavana vuonna, ei samentuma- ja sedimentaatiovaikutusten arvioida olevan merkittävästi suurempia kuin toimintojen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ajoittamisella samalle avovesikaudelle. Jos kaivantojen kaivaminen ja niiden täyttö tehdään eri vuonna, ei sen arvioida vaikuttavan haitallisesti vesikasvillisuuteen tai luontotyyppeihin verrattuna toimintojen ajoittamisella samalle avovesikaudelle. Yksittäisellä alueella arvioidaan töitä tehtävän vain yhtenä vuonna, vaikka työt kokonaisuutena kestäisivätkin useamman vuoden.

MVE1/VVE1 reitillä noin 16 kilometrin päässä rannikosta **vesipainepuhallus** aiheuttaa 100 mg/l samentuman pohjan läheisyydessä (0–5 metriä merenpohjan yläpuolella), joka kestää enintään päivän. Alue levittäytyy noin 200 metrin etäisyydelle kaapeli-/vetyputkireitin molemmin puolin noin neljän kilometrin matkalta. Tällä alueella ei esiinny mallinnuksen perusteella riuttoja tai hiekkasärkkiä. Rannikon läheisyydessä 100 mg/l samentuminen kestää 6–12 h ja ulottuu EMMA-alueelle sekä rantojensuojelualueelle. 10 mg/l samentuma kestää enintään 1–2 päivää noin 250 metriä reitin molemmin puolin. 10 mg/l samentuminen, joka kestää 3–6 tuntia, leviää paikoin 2 kilometriä reitin molemmin puolin. Päivän kestävä samentuminen leviää mallinnettujen riuttojen alueelle, rantojensuojelualueelle ja EMMA-alueelle. 3–6 tuntia kestävä 10 mg/l suuruinen samentuminen leviää hieman (noin 100 metriä) Natura 2000 -alueen puolelle ja havaituille paunikon esiintymisalueille. Vesipainepuhalluksen aiheuttama sameus leviää etelämmäksi kuin ruoppauksen aiheuttama sameus ja siten vaikutukset mallinnettuihin suojaisiin ja avoimiin näkinpartaispohjiin kohdistuu sataman eteläpuolisiin alueisiin, jotka eivät sijaitse Natura 2000 -alueella tai suojelualueilla. Vesipainepuhalluksen aiheuttaman samentuman vaikutukset vesikasvillisuuteen arvioitiin kuitenkin kokonaisuudessaan vähäisiksi. **Ruoppaus ja läjitys** aiheuttaa vesipainepuhallusta laajemmalle leviävää samentumista. 12–24 tuntia kestävä 100 mg/l:n suuruinen pohjanläheinen samentuminen leviää muutamalle rannikon läheiselle mallinnetulle riutalle, EMMA-alueelle ja rantojensuojelualueelle. 6–12 tuntia kestävä 100 mg/l:n suuruinen samentuminen leviää myös Natura 2000 -alueelle noin 2 km^2:n alueelle. 10 mg/l suuruinen samentuminen leviää laajemmalle alueelle kuin 100 mg/l suuruinen samentuminen. Läjitysaluetta seuraavaksi pisimpään 10 mg/l suuruinen samentuminen kestää noin neljän kilometrin päässä rannikosta, jossa samentuma kestää mallin mukaan 1–2 päivään. Tälle alueelle sijoittuu riuttamallin mukaisia riuttoja. 24–48 tuntia kestävä samentuminen leviää noin 1 km^2:n alueelle ja 12–24 tuntia kestävä samentuminen noin 6 km^2:n alueelle Natura 2000 -alueen puolelle. Ruopatessa samentuma leviää myös yksityiselle suojelualueelle (YSA118317, Raahen saariston luonnonsuojelualue), mutta ei paunikon esiintymisalueelle. Ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama sameus leviää pohjoisemmaksi kuin vesipainepuhalluksen aiheuttama sameus ja siten vaikutukset mallinnettuihin suojaisiin ja avoimiin näkinpartaispohjiin kohdistuu sataman pohjoispuolisiin alueisiin, jotka sijaitsevat Natura 2000 -alueella ja suojelualueella. Ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama samentuman leviämisen vaikutukset ovat kohtalaisia. Jos energia muunnetaan vedyksi ja vety kuljetetaan putkella rantaan, jäävät samentumavaikutukset vähäisemmiksi kuin merikaapeleiden asentamisella, sillä yhden vetyputken asentaminen aiheuttaa vähäisemmät kiintoainepitoisuudet veteen kuin 10 merikaapelia.

MVE2 varrella **vesipainepuhalluksen** aiheuttama 100 mg/l:n suuruinen samentuma leviää pienemmälle alueelle kuin MVE1/VVE1 varrella ja kestää enintään muutaman tunnin. 10 mg/l:n suuruinen samentuma leviää tätä laajemmalle alueelle ja joidenkin mallinnettujen riuttojen kohdalle kestäen kuitenkin pääasiassa enintään kuusi tuntia. Rannikolla samentuma leviää laajaan matalaan lahteen sekä kartoitetuille avoimille näkinpartaispohjille lahden eteläosassa. 10 mg/l:n suuruinen samentuma kestää tällä alueella 12–48 tuntia. Vesipainepuhalluksen aiheuttamat vaikutukset arvioitiin vähäisiksi. **Ruoppauksen ja läjityksen** aiheuttama 100 mg/l:n suuruinen samentuminen ulottuu laajaan matalaan lahteen sekä avoimille näkinpartaispohjille kestäen 6–12 tuntia. 10 mg/l:n suuruinen samentuma leviää muutamalle riutalle kestäen noin 3–6 tuntia. Laajan matalan lahden eteläosassa ja avoimilla näkinpartaispohjilla samentuma kestää 2–3 päivää. Mallinnuksen mukaan suojaisia ja avoimia näkinpartaispohjia esiintyy myös Yrjänä-niemen eteläpuolella, jossa 10 mg/l:n suuruinen samentuma kestää 2–7 päivää. Ruoppauksella on suurimmat vaikutukset upossarpion esiintymiin, joiden kohdalla 10 mg/l:n suuruinen samentuma tällä menetelmällä kestää 12–48 tuntia (Kuva 5-32). Ruoppauksen aiheuttaman samentumisen vaikutukset arvioitiin kohtalaisiksi.

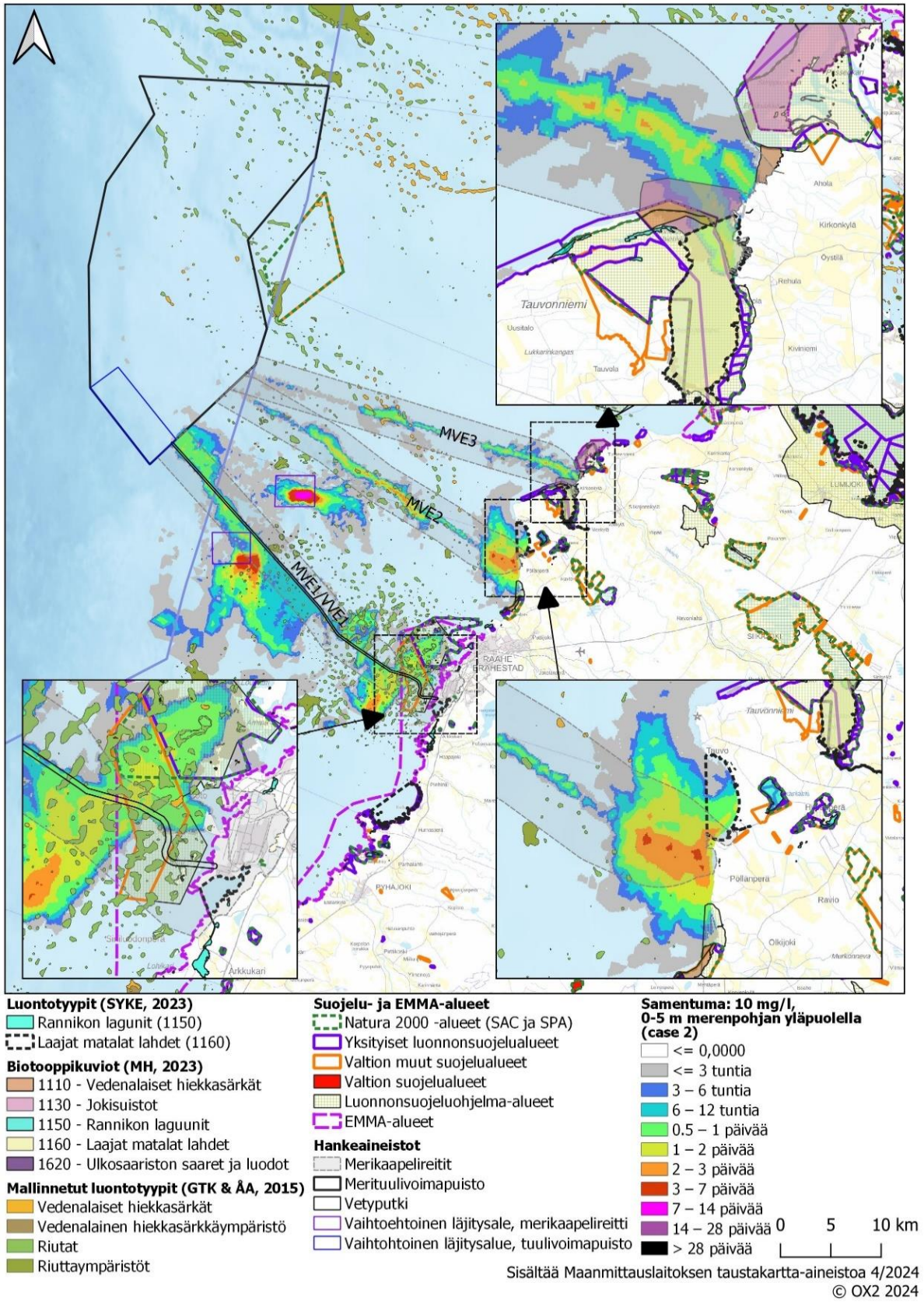
MVE3 vesipainepuhalluksen aiheuttama 100 mg/l:n suuruinen samentuma leviää noin 250 metriä kaapelireitin keskikohdan molemmin puolin. Samentuma kestää enintään 12 tuntia.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Suurimman samentuma-alueen ympärillä on mallinnettuja vedenalaisia hiekkasärkkiä. Rannikolla samentuma kestää alle kolme tuntia. 10 mg/l suuruinen samennus leviää noin viidelle mallinnetulle vedenalaiselle hiekkasärkälle kestäen noin kuusi tuntia. Rannikolla samentuma kestää 6–12 tuntia ulottuen Merikylänlahteen, jossa on useita direktiivin luontotyyppejä, havaintoja uhanalaisesta upossarpiosta ja mallinnettuja suojaisia- ja avoimia näkinpartaispohjia. Vesipainepuhalluksen vaikutukset arvioitiin kohtalaisiksi. **Ruoppauksen ja läjityksen** aiheuttama 100 mg/l:n suuruinen samennus on samaa suuruusluokkaa mallinnettujen vedenalaisten hiekkasärkkien kohdalla kuin vesipainepuhallusmenetelmällä, mutta rannikon läheisyydessä ja Merikylänlahdella ruoppauksen aiheuttama samennus on suurempaa kestäen 12–24 tuntia. 10 mg/l:n suuruinen kiintoainepitoisuus kestää yhtä kauan ja sijoittuu samoille alueille vedenlaisten hiekkasärkkien kohdalle kuin vesipainepuhallusmenetelmällä. Rannikon läheisyydessä samentuma on pidempikestoista ja laajemmalle leviävää ruoppausmenetelmällä kuin vesipainepuhallusmenetelmällä. Merikylänlahdella 10 mg/l:n suuruinen kiintoainepitoisuus kestää ruoppausmenetelmällä 12–48 tuntia. Samentuma leviää tällä menetelmällä myös uhanalaisten kasvilajien havaintojen alueelle (Kuva 5-32). Ruoppauksen ja läjityksen aiheuttamat vaikutukset arvioitiin kohtalaiseksi.

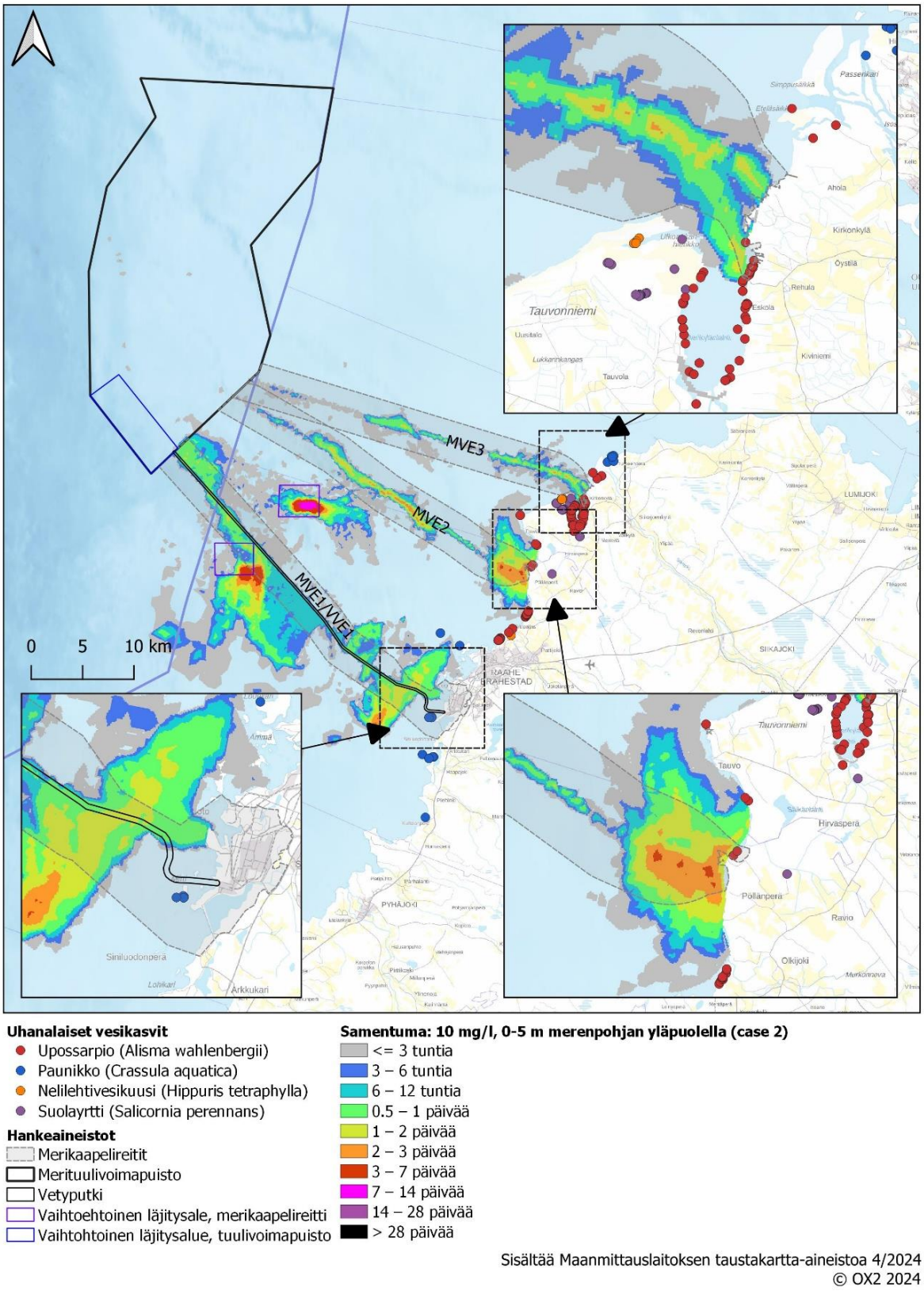
Pohjaeläinten osalta kasvaneen **samentuman sekä sedimentaation** vaikutusmekanismeja käsitellään myös aiemmissa kappaleissa tuulivoimapuiston osalta. Suurimmat pohjaeläimistöön kohdistuvat vaikutukset aiheutuvat lisääntyneestä sedimentaatiosta ja eniten haittavaikutuksia kohdistuu suodattaviin pohjaeläimiin, mikäli kiintoainepitoisuudet ovat suuria. Kaapelireittien pehmeiden pohjien pohjaeläimistössä esiintyy syvyydestä ja pohjanlaadusta riippuen melko suurta vaihtelua, mutta pohjaeläimistö on pääosin epäherkäksi luettavaa lajistoa, joka on sopeutunut muuttuviin oloihin. Tietyt lajit kuten häiriötä sietävä liejuputkimato voi jopa hyötyä lisääntyneestä sedimentaatiosta ja mahdollisesta ravinnelisäyksestä, mutta muutoksen ei arvioitu olevan niin suurta, jotta lajiyhteisö muuttuisi laajemmin tai pohjaeläimistön ekologinen tila heikkenisi. Kokonaisuudessaan samentumasta sekä lisääntyneestä sedimentaatioista aiheutuva haitta arvioitiin pohjaeläimille vähäiseksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-31. Merikaapelien asentamisesta aiheutuva sameuden leviäminen, luontodirektiivin luontotyypit sekä suojelu- ja EMMA-alueet. Kuvassa esitetään tilanne, jossa kaapelien asennus tapahtuu osittain ruoppaamalla ja läjittämällä ja osittain vesipainepuhaltamalla. Pelkästään vesipainepuhallusta käytettäessä vaikutukset olivat mallinnuksen mukaan vähäisemmät. Niras 2023a, liite 3.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-32. Merikaapelien asentamisesta aiheutuva sameuden leviäminen ja uhanalaisten kasvilajien havainnot. Kuvassa esitetään tilanne, jossa kaapelien asennus tapahtuu osittain ruoppaamalla ja läjittämällä ja osittain vesipainepuhaltamalla. Pelkästään vesipainepuhallusta käytettäessä vaikutukset olivat mallinnuksen mukaan vähäisemmät. Niras 2023a, liite 3.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Sedimentaation vaikutukset vedenalaiseen luontoon ja vesieliöstöön

Merenpohjaan sekä kasvillisuuden päälle laskeutuneen kiintoaineksen vaikutukset riippuvat mm. kasvusyvyydestä, avoimuudesta ja levä-/kasvilajista. Kiintoaines on vähemmän haitallista lähempänä pintaa ja avoimilla paikoilla, jossa aallokko puhdistaa levät ja vesikasvit kiintoaineksesta paremmin kuin suojaisilla ja syvemmillä alueilla. Suojaisilla paikoilla kiintoaines kasautuu levien ja kasvien päälle ja vähentää yhteyttämiseen käytettävissä olevaa valon määrää. Jos kiintoainekuormitus ajoittuu lisääntymisaikaan, voi sedimentaatio estää levien tsygoottien kiinnittymisen tilanteessa, jossa kovat pohjat ovat sedimentin peitossa. Tällöin vaikutukset voivat olla huomattavia. Hankealueella vedenalaisen luonnon monimuotoisuus on suurinta rantaviivan tuntumassa, jossa kasvillisuus koostuu pääasiassa pehmeillä pohjilla elävistä lajeista. Suurimmat haitalliset vaikutukset sedimentaatiosta kohdistuvat suojaisiin rantoihin, jossa kasvien päälle laskeutunut kiintoaines ei helposti kulkeudu pois. Koska hankealueen monipuolisimpien alueiden kasvillisuus koostuu pääasiassa pehmeillä pohjilla kasvavista lajeista, sedimentaatio merenpohjassa ei haittaa lisääntymistä. Merikaapeli- ja vetyputkireiteillä runsaimmin esiintyvä levä on ahdinpallero, joka pystyy kasvamaan kivien pintojen lisäksi irtonaisena. Sedimentaatio ei siis todennäköisesti ole yhtä suuri uhka ahdinpallerolle kuin esimerkiksi muille levälajeille, jotka kasvavat vain kiviin kiinnittyneinä.

Sedimentaation mallinnuksessa huomioitiin kaksi vaihtoehtoista asennustapaa: vesipainepuhallus koko reitin matkalla sekä matalimpien osuuksien (alle 15 metriä) ruoppaus ja läjitys. Yli 0,1 cm sedimentaatiota ulottuu mallinnuksen mukaan enintään noin 500 metrin etäisyydelle reittien molemmin puolin. Perämeren alueella sedimentaation on arvioitu vaihtelevan 0,1–0,8 cm/vuosi (*Mitchell ym. 2021, EMODNET 2024*). Siten alueilla, joilla mallinnettu rakennusvaiheen aikainen sedimentaatio ylittää 1–8 cm, vastaa se karkeasti vuosittaisen sedimentaatiomäärän kymmenkertaistumista rakennustöiden vuoksi. Rakennusaika ja näin ollen vaikutusaika yksittäisillä kohteilla on kuitenkin huomattavasti lyhyempi kuin vuosi. Alueella esiintyvät virtaukset voivat myös puhdistaa pohjaa.

Alueita, jossa rakentamisen aiheuttama sedimentaatio ylittää 2 cm ei vesipainepuhallusta käytettäessä ole ollenkaan, mutta jonkin verran jokaisella reittivaihtoehdolla on alueita, jossa sedimentaatio on 1–2 cm. Sedimentaatio on voimakkainta (maksimissaan noin 4 cm) läjitysalueilla ja matalammilla ruoppausosuuksilla, jotka reiteillä MVE1 ja MVE3 sijoittuvat lähelle rantaa.

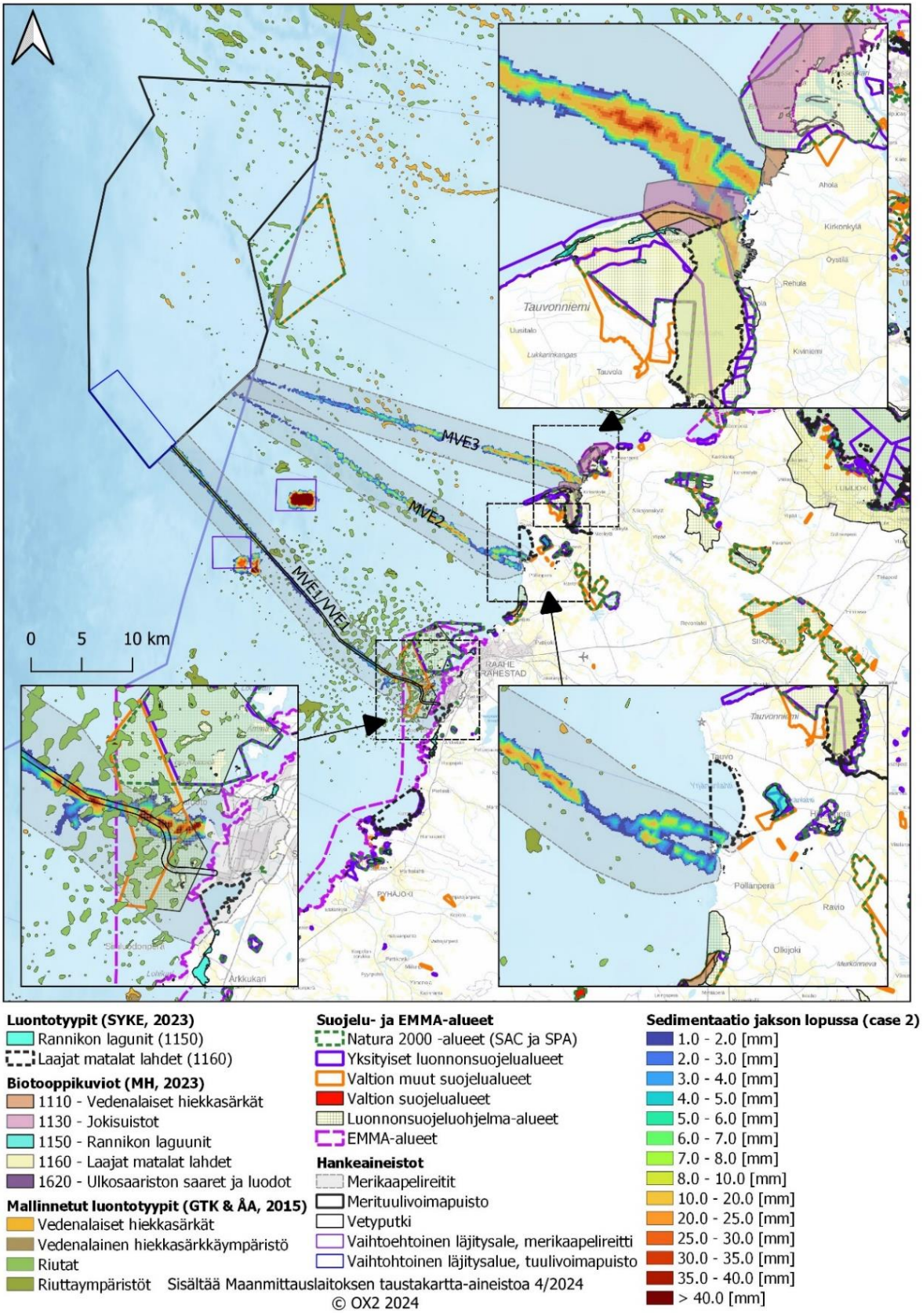
MVE1/VVE1 reitin alue on avoin, joten aallokko pääsee puhdistamaan kasvillisuuden ja pohjan päälle laskeutunutta sedimenttiä. Sedimentaatio ei ulotu paunikon esiintymäalueelle asti. Vesipainepuhalluksen sekä ruoppauksen aiheuttaman sedimentaation vaikutus vesikasvillisuuteen arvioitiin vähäiseksi. Sedimentaation vaikutusta ulottuu etenkin rannan läheisyydessä sijaitseville mallinnetuille riutoille, mutta korkeat (yli 4 cm) ruoppauksen ja läjityksen aiheuttamat sedimentaatioarvot sijaitsevat suhteellisen rajatulla alueella (30 ha koko kaapelireitillä). Näitä alueita sijaitsee myös Raahen saariston rantojensuojelualueella, jossa esiintyy riuttoja. Suojelualue ei kuitenkaan sijaitse jokisuiston läheisyydessä, jossa riutat olisivat monimuotoisimmillaan, mutta niillä voi siitä huolimatta olla luontoarvoja. Korkeimmat sedimentaatioarvot eivät pääasiassa sijoitu mallinnettujen riuttojen alueelle. Ruoppauksen ja läjityksen aiheuttamat vaikutukset suojelualueella arvioitiin kohtalaisiksi. Vaikka sedimentaatiota on runsaasti, pääsee se virtausten mukana kulkeutumaan kasvillisuuden ja kovien pohjien päältä pois. Vesipainepuhalluksella sedimentaation määrä jää alle 0,2 cm:iin. Sedimentaatiovaikutus ulottuu Kalajoen-Pyhäjoen EMMA-alueelle, mutta sen pohjoisosien luontoarvoja ei ole arvioitu kovin merkittäviksi (*Lappalainen ym. 2020*). Sedimentaatiovaikutukset ulottuvat myös Raahen saariston rantojensuojelualueelle sekä rantojen suojeluohjelma-alueelle. 0,1–0,2 cm sedimentaatiota ulottuu ruopatessa Raahen saariston Natura 2000 -alueelle, mutta hyvin rajatulle alueelle. Vesipainepuhalluksella vaikutukset eivät ulotu Natura 2000 -alueelle. Sedimentaatiota ei juurikaan ulotu mallinnetuille LuTu-luontotyypeille. Jos tuotettu energia muunnetaan vedyksi ja vety kuljetetaan putkella rantaan, jäävät sedimentaatiovaikutukset vähäisemmiksi kuin merikaapelien asentamisella, sillä yhden vetyputken asentaminen aiheuttaa vähäisemmät kiintoainepitoisuudet veteen ja siten vähäisemmän sedimentaation kuin 10 merikaapelin asentaminen.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

MVE2:n rantautumisalueella sedimentaation määrä on mallinnuksen mukaan vesipainepuhalluksella enimmillään noin 0,2 cm (*Niras 2023a*). Ruoppauksella sedimentaation määrä on mallin mukaan rantautumisalueella 0,4 cm. Rantautumisalue on avoin, joten aallokko pääsee puhdistamaan kasvillisuuden päälle laskeutunutta sedimenttiä. Sedimentaation vaikutus vesikasvillisuuteen arvioitiin täten vähäiseksi. Sedimentaatiota ulottuu vähäisesti laajaan matalaan lahteen, mallinnetuille riutoille sekä mallinnetuille suojaisille- ja avoimille näkinpartaispohjille. Suojaisia näkinpartaispohjia ei havaittu kartoituksissa, toisin kuin avoimia näkinpartaispohjia. Sedimentaatio ulottuu havaituille avoimille näkinpartaispohjille. MVE2 rantautumisalueen läheisyydessä ei sijaitse jokisuistoja, eikä siten erityisen monipuolisia riuttoja. Reitillä sedimentaatio on runsaimmillaan vesipainepuhaltamalla 2 cm ja ruoppauksella ja läjityksellä 4 cm, mutta melko rajatulla alueella. Sedimentaation vaikutuksen arvioitiin jäävän vähäiseksi.

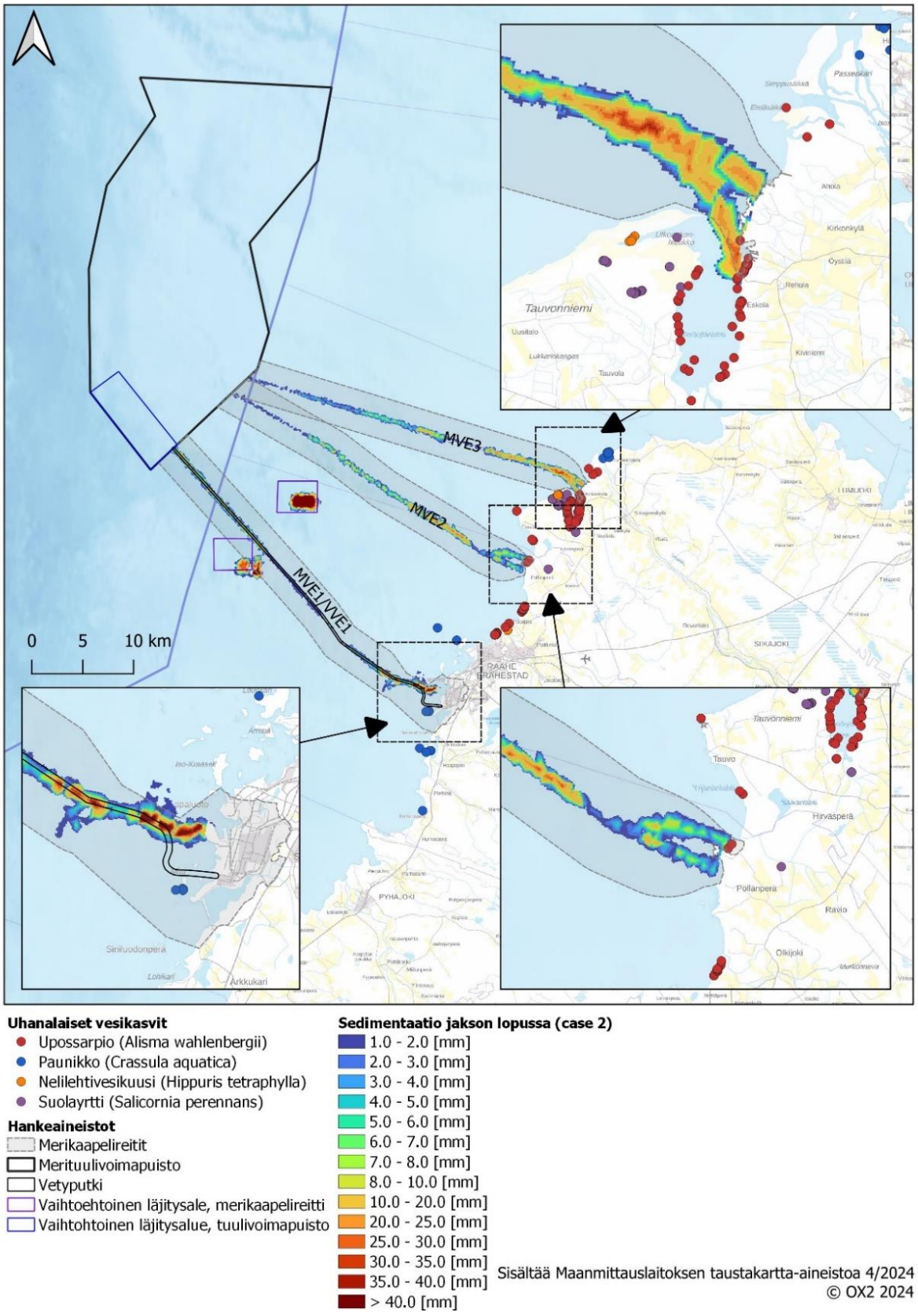
MVE3:n varrella vesipainepuhalluksen aiheuttama sedimentaatio on enintään 2 cm ja ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama sedimentaatio 4 cm. Runsainta sedimentaatio on noin 2 kilometrin päässä rannikosta molemmilla menetelmillä, mutta tällä alueella ei sijaitse luontodirektiivin luontotyyppejä tai suojelualueita. Reitin arvokkaimmilla alueilla rantautumisalueen lähellä sedimentaation määrä on mallinnuksen mukaan vesipainepuhalluksella enimmillään noin 1 cm ja ruoppauksella ja läjityksellä enintään 2,5 cm (*Niras 2023a*). Ranta jatkuu kauas merelle matalana vähentäen aallokon vaikutusta ja siten kovien pintojen ja kasvillisuuden päälle laskeutunut sedimentti ei pääse helposti kulkeutumaan pintojen päältä pois. MVE3:n rantautumisalueen vieressä on Siikajoen jokisuisto, joten alueen läheisyydessä mahdollisesti esiintyvien riuttojen arvioidaan olevan hyvin monimuotoisia. Riuttamallin perusteella jokisuistoa lähin ja hankealueen vaikutusalueella sijaitseva riutta-alue sijaitsee noin kahdeksan kilometrin päässä rannikosta ja GTK:n merenpohjan maalajiaineiston mukaan lähes koko kaapelireitti on savipohjaa, joten riuttojen esiintymisen todennäköisyys on hyvin alhainen (Kuva 7-5*; GTK 2023a*). Rantautumisalue on suojaisa ja monipuolinen kasvilajistoltaan. Vesipainepuhalluksella ja ruoppauksella vaikutukset MVE3:n rantautumisalueella arvioitiin merkittäviksi. Sedimentaatiota ulottuu mallinnetuille suojaisille- ja avoimille näkinpartaispohjille. Suojaisia näkinpartaispohjia ei havaittu kartoituksissa, toisin kuin avoimia näkinpartaispohjia. Sedimentaatio ulottuu havaituille avoimille näkinpartaispohjille. Reitin varrella sijaitsevien Metsähallituksen biotooppikuvioissa esiintyvien vedenalaisten hiekkasärkkien kohdalla työn aikainen sedimentaatio on enintään 0,7–1 cm. Vesipainepuhalluksen aiheuttama sedimentaatio mallinnetuilla hiekkasärkillä on samaa suuruusluokkaa. Uhanalaisten upossarpioesiintymien kohdalla ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama sedimentaatio on mallin mukaan 0,7–2 cm. Vaikutus upossarpioesiintymiin arvioitiin olevan merkittävää, sillä suojaisella alueella kaapelien asentamisen aiheuttama sedimentaatio ei pääse kulkeutumaan virtausten mukana kasvien päältä pois. Vesipainepuhalluksella sedimentaation määrä on 0,5 cm ja tällä arvioitiin olevan kohtalaista haitallista vaikutusta upossarpiolle.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-33. Merikaapelien asentamisesta aiheutuva sedimentaatio jakson lopussa, luontodirektiivin luontotyypit sekä suojelu- ja EMMA-alueet. Kuvassa esitetään tilanne, jossa kaapelien asennus tapahtuu osittain ruoppaamalla ja läjittämällä ja osittain vesipainepuhaltamalla. Pelkästään vesipainepuhallusta käytettäessä vaikutukset olivat vähäisemmät. Niras 2023a, liite 3.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-34. Merikaapelien asentamisesta aiheutuva sedimentaatio jakson lopussa ja uhanalaiset vesikasvilajit. Kuvassa esitetään tilanne, jossa kaapelien asennus tapahtuu osittain ruoppaamalla ja läjittämällä ja osittain vesipainepuhaltamalla. Pelkästään vesipainepuhallusta käytettäessä vaikutukset olivat hieman vähäisemmät. Niras 2023a, liite 3.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutukset merinisäkkäisiin

Merikaapelien tai vetyputken rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat sameuden leviämisen osalta vastaavia kuin merituulivoimapuiston rakentamisen aikaiset vaikutukset, mutta melun osalta lievempiä (ei perustusten paalutusta vastaavaa rakentamista). Rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat luonteeltaan väliaikaisia ja tilapäisiä.

5.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

5.3.2.1 Merituulivoimapuisto

Tuulivoimapuiston alueella pohjan muokkaukset ja rakenteet aiheuttavat muutoksia paikallisiin virtausolosuhteisiin. Voimalat myös muuttavat tuulikenttää alueella, mikä vaikuttaa edelleen virtauksiin, aallokkoon ja veden sekoittumiseen laajemmalla alueella.

Muut käytön aikaiset vaikutukset liittyvät lähinnä korjaustöihin ja mahdollisiin häiriötilanteisiin.

Tuulivoimapuiston toiminnanaikaisten vaikutusten selvittämiseksi tehtiin myös laajempi vesistömallinnus, jossa huomioitiin fyysisen ympäristön muutokset (voimalarakenteet ja ruoppaukset), tuulivoimapuiston aiheuttama tuulikentän muutos sekä vedyntuotannon aiheuttama lämpö- ja suolakuorma. Lisäksi mallinnettiin vedenalaisen melun leviämistä toiminnan aikana (Niras *2023b,* liite 6).

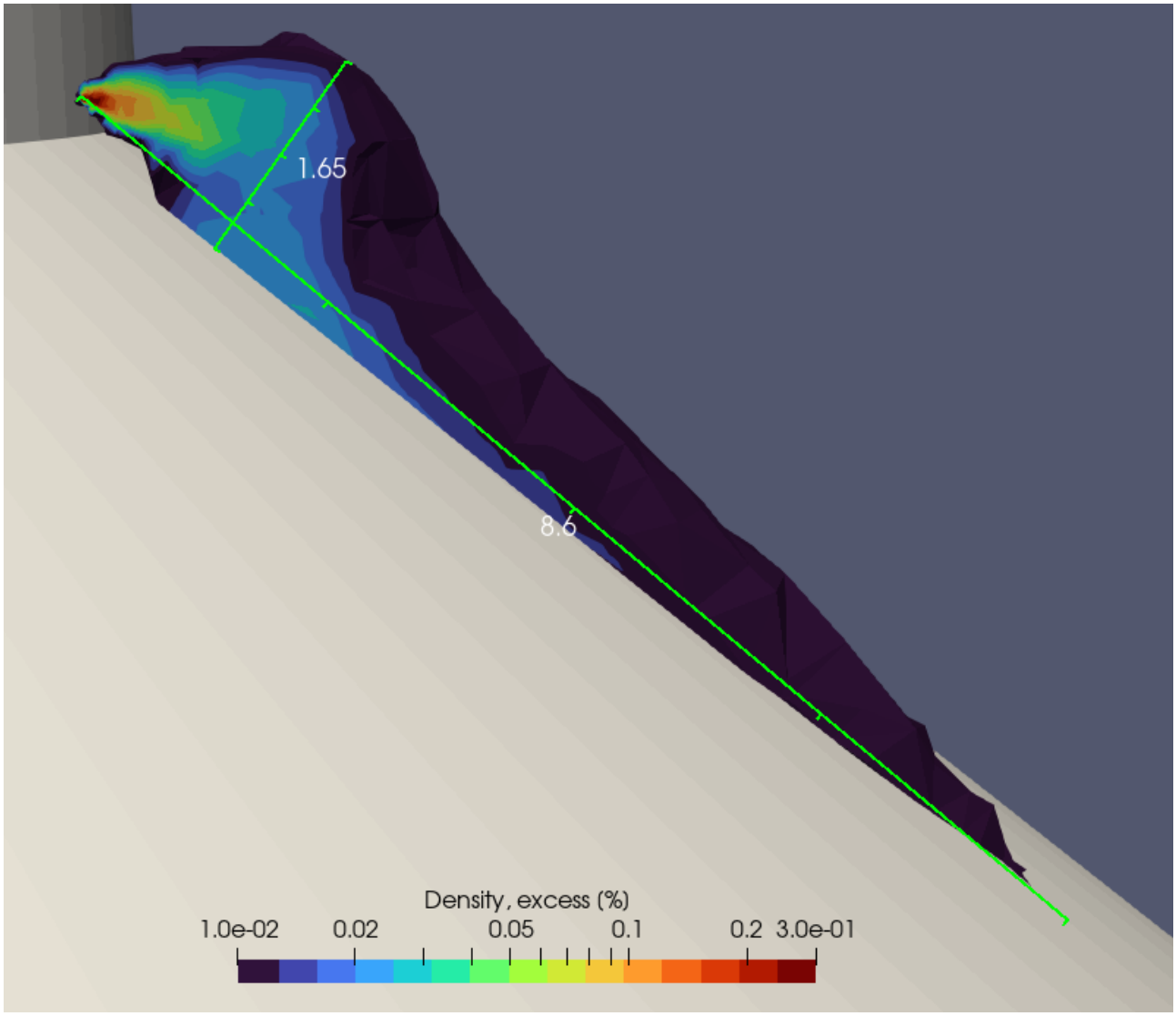
Mahdolliseen vedyn tuotantoon tarvitaan merivettä ja jäähdytystä, mistä aiheutuu lämpö- ja suolakuormaa veteen. Lämpötilan ja suolaisuuden muutoksia arvioitiin vedenlaatumallinnuksen yhteydessä (*Niras 2023a, päivitetty 2024, liite 3*). Mallinnuksessa vedyntuotannossa muodostuvan prosessijäteveden suolaisuudeksi on arvioitu hajautetussa vedyntuotannossa noin kaksinkertaistuvan tasolta 2,5 tasolle 5 PSU ja keskitetyssä vedyntuotannossa nelinkertaistuvan tasolle 10 PSU. Samalla veden oletetaan lämpenevän 15 °C.

Muut käytön aikaiset vaikutukset liittyvät lähinnä korjaustöihin ja mahdollisiin häiriötilanteisiin.

Vedyn tuotannon vaikutukset

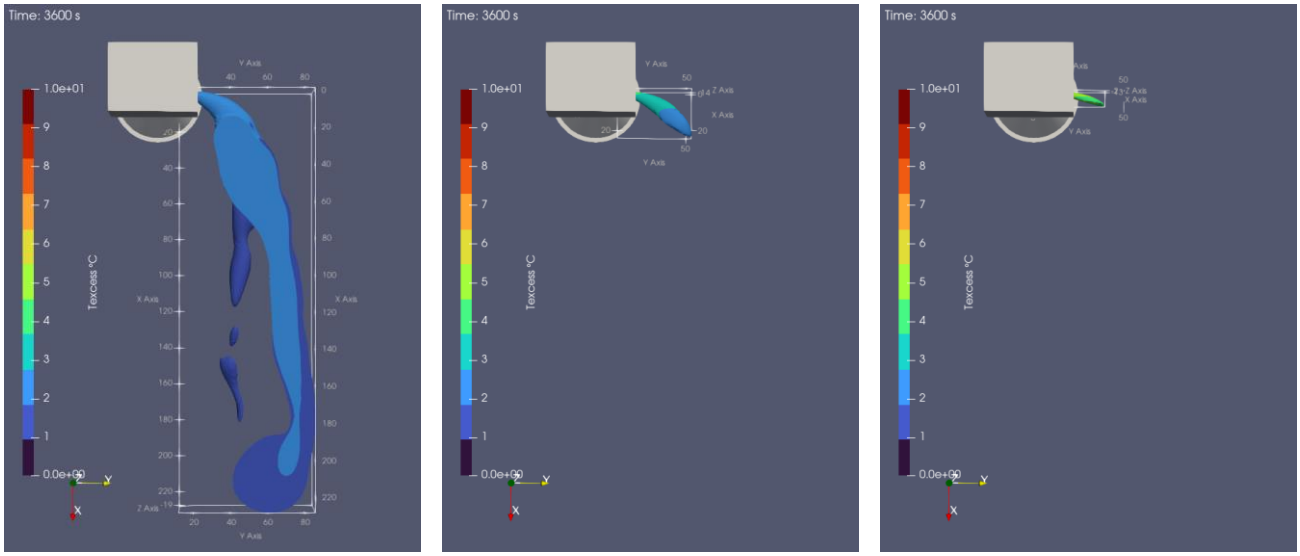
Vetyä on tarkoitus tuottaa joko hajautetusti jokaisessa voimalassa tai keskitetysti 3–8 merisähköaseman yhteydessä. Hajautetun vedyn tuotannon mallinnustulokset osoittavat elektrolyyseristä vapautuvan lämpimän ja suolapitoisen veden aiheuttavan jokaisen voimalan läheisyyteen plyymin, jonka laajuus on noin 8 metriä ja tiheyden kasvu 1 % (Kuva 5-35). Suolapitoisuuden muutos on luokkaa 0,1 PSU, mikä on merkityksetön luontaiseen vaihteluun verrattuna. Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole tämän suhteen merkittävää eroa. Mahdollisen keskitetyn vedyntuotannon tapauksessa vaikutus alusveden lämpötilaan ja suolaisuuteen olisi suurempi, mutta mallinnuksen mukaan plyymi laimenee kuitenkin nopeasti 0,25–0,5 %:iin jo muutaman kymmenen metrin matkalla (*Kuva 5-36*). Laimentuminen 0,1 %:iin ja alle 1 °C:n lämpötilanousuun tapahtuu noin 200 metrin matkalla tilanteessa, jossa vedyntuotanto on jaettu kolmelle tuotantoasemalle (liite 3). Kerrostuneessa tilanteessa vedenotto on oletettu termokliinin alapuolelle ja purku yläpuolelle, jolloin plyymi jäähtyy nopeasti pinnassa. Kerrostuneessa tilanteessa aiheutuu vain vähäistä häiriötä termokliinissä (*Kuva 5-37*). Keskitetyn vedyntuotannonkin tapauksessa vaikutus jäisi siten edelleen hyvin rajatulle alueelle merituulivoimapuiston alueen sisälle. Vedyntuotannon mallinnus tehtiin konservatiivisesti vakioiduissa olosuhteissa, kun luonnossa esimerkiksi virtaussuunnat vaihtelevat.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

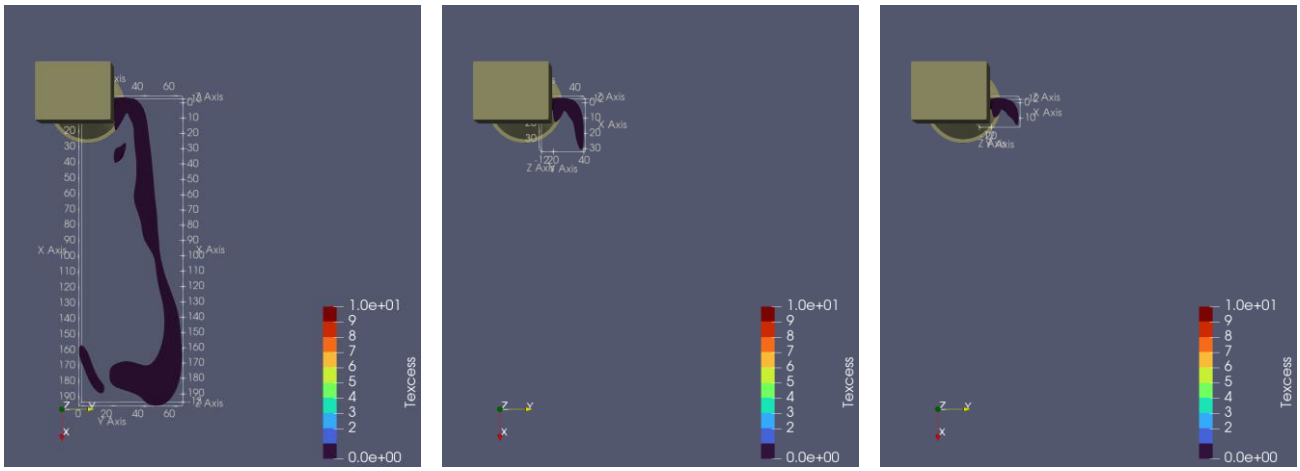


Kuva 5-35. Elektrolyyserin aiheuttaman lämpimän ja suolapitoisen vesiplyymin poikkileikkaus tuulivoimalan perustuksen myötäisesti hajautetussa vedyntuotannossa (Niras 2023a).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-36. Hyvin sekoittunut tilanne: keskitetyn vedyntuotannon aiheuttama lämpimän ja suolapitoisen vesiplyymin laajuus 1 tunnin kuluttua eri laimennusasteilla (vasemmalta oikealle 0,1 %, 0,25 % ja 0,5 %), Näkymä ylhäältä virtausta vasten. Akselien yksiköt ovat metreinä. (liite 3, Niras 2023a päivitetty 2024, tarkemmat kuvat liitteessä).



Kuva 5-37. Kerrostunut tilanne: keskitetyn vedyntuotannon aiheuttama lämpimän ja suolapitoisen vesiplyymin laajuus 1 tunnin kuluttua eri laimennusasteilla (vasemmalta oikealle 0,1 %, 0,25 % ja 0,5 %), Näkymä ylhäältä virtausta vasten. Akselien yksiköt ovat metreinä. (liite 3, Niras 2023a päivitetty 2024, tarkemmat kuvat liitteessä).

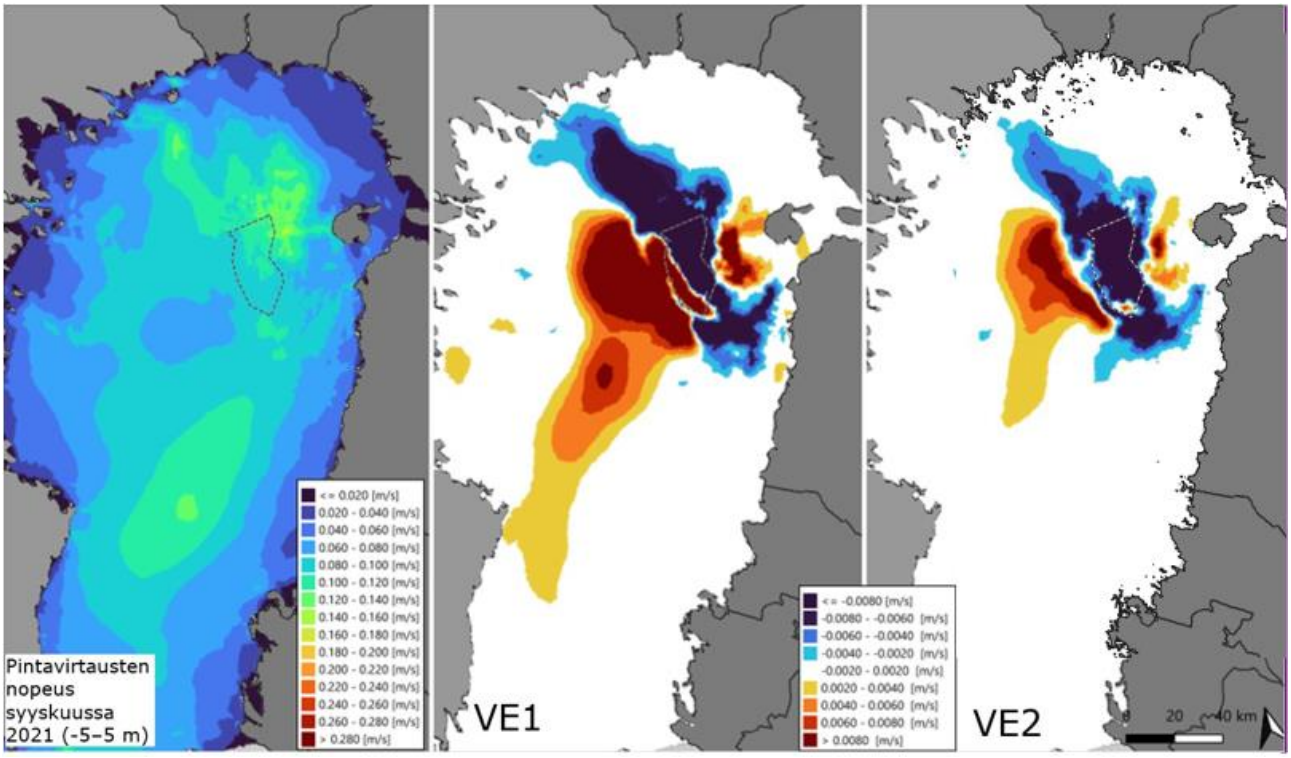
Vaikutukset virtauksiin, lämpötilaan ja suolaisuuteen

Tuulivoimapuiston ennustettu keskimääräinen vaikutus tuulennopeuksiin on arvioitu olevan noin 0,1 m/s 40 kilometriä alueen etelä- ja pohjoispuolella sekä noin 10 kilometriä itä- ja länsipuolella. Vaikutus on saman tasoinen molemmissa vaihtoehdoissa VE1 ja VE2. Vaikka vaihtoehdossa VE2 on vähemmän voimaloita, ovat ne suurempia ja aiheuttavat voimakkaamman yksittäisen vaikutuksen tuuleen. Tuulimuutoksella on vaikutusta myös merialueen virtauksiin, sillä etenkin avovesikaudella tuuli on merkittävin pintavirtauksiin vaikuttava tekijä. Myös tuulivoimapuiston rakenteet estävät paikallisesti virtauksia.

Mallinnuksen mukaan tuulivoimapuisto pienentää pintavirtauksia puiston etelä- ja pohjoispuolella keskimäärin noin 10 % (noin 0,8 cm/s). Pintavirtauksen heikkeneminen on havaittavissa Ruotsin rannikkoalueella asti. Samalla tuulivoimapuiston itä- ja erityisesti länsipuolella voidaan havaita virtauksen kiihtymistä. Vaihtoehdossa VE2 virtaismuutosten vaikutusalue jää jonkin verran pienemmäksi verrattuna vaihtoehtoon VE1. Vaikutus pienenee suuruudeltaan ja

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

laajuudeltaan syvyyden myötä. Vaikutus on suurin avovesiaikana erityisesti heinäkuusta syyskuuhun (Kuva 5-38). Enimmillään virtausnopeuden muutoksen kuukausikeskiarvo voi mallinnuksen mukaan olla paikoin 4–5 cm/s. Vaikka virtausnopeuden muutokset voivat olla suhteellisesti suuriakin, vaihtelevat virtaukset merialueella luonnollisesti pääasiassa tuulien mukaan ja maksiminopeudet ovat joitakin kymmeniä cm/s.

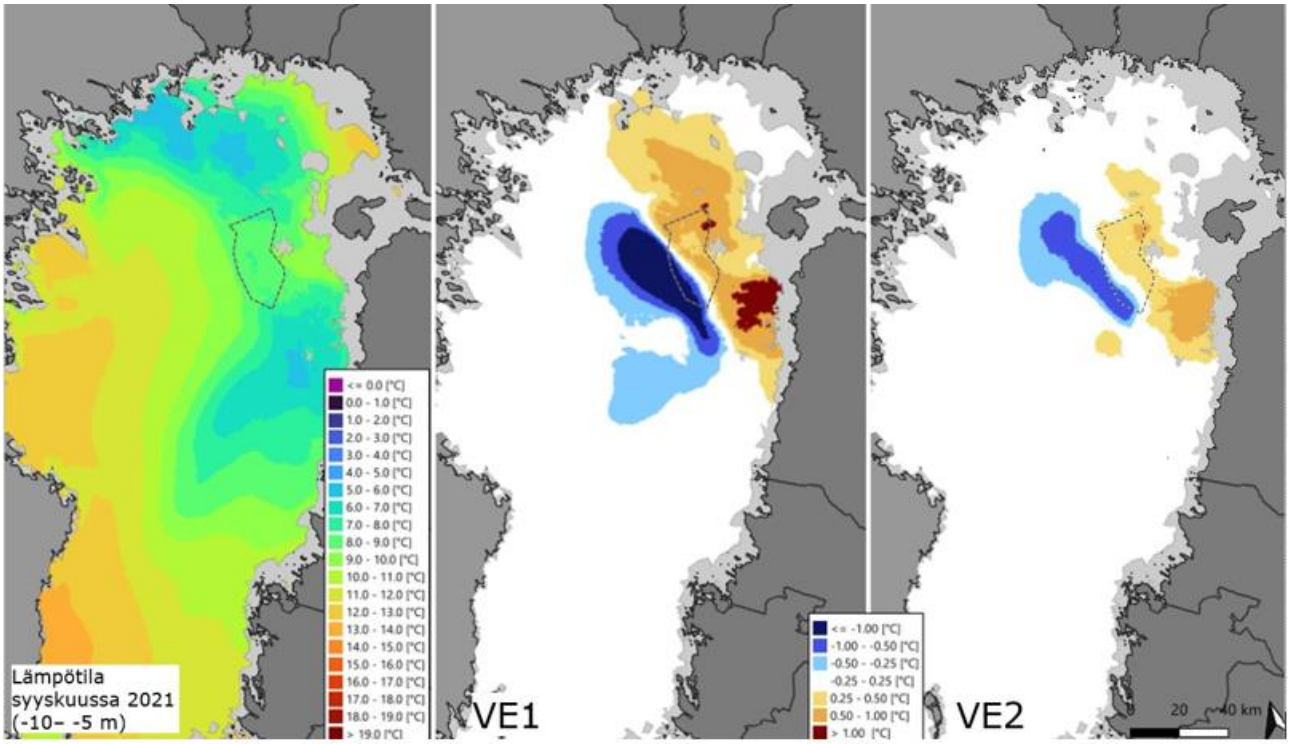


Kuva 5-38. Syyskuun (2021) veden keskimääräinen virtausnopeus 0–5 metrin vesikerroksessa. Keskellä 15 MW:n (VE1) ja oikealla 25 MW (VE2) tuulivoimapuistovaihtoehdoista aiheutuva keskimääräinen virtausnopeuden muutos syyskuussa, joka kuvaa laajimman vaikutuksen tilannetta. (liite 3, Niras 2023a, päivitetty 2024*).*

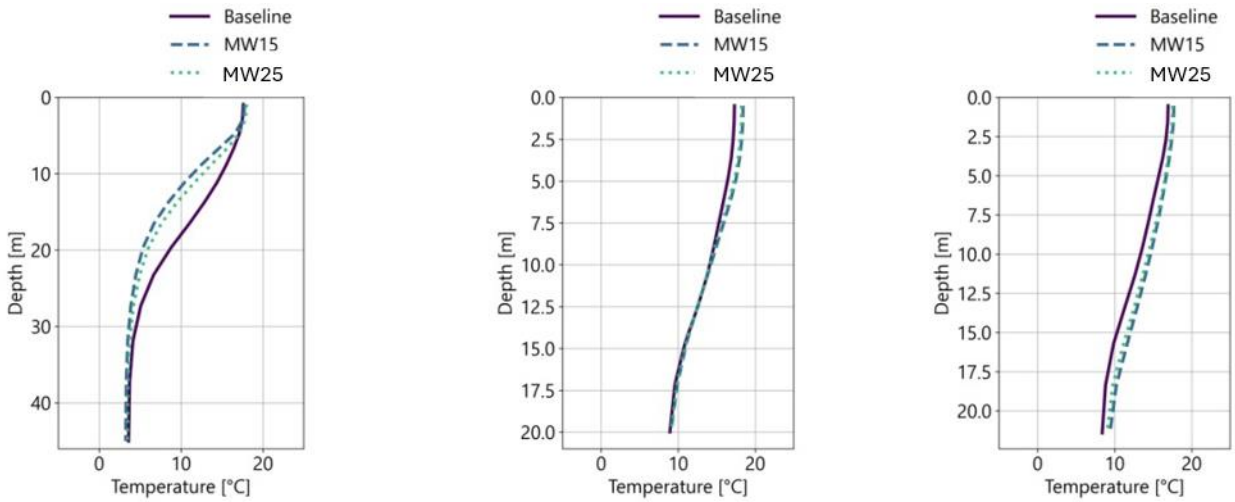
Virtausmuutokset vaikuttavat myös veden lämpötilaan ja kerrostumiseen. Lämpötilamallinnuksessa on lisäksi huomioitu vedyntuotanto, jonka vaikutukset jäävät kuitenkin hyvin paikallisiksi edellä kuvatun mukaisesti.

Tuulivoimapuiston vaikutus veden vuoden keskilämpötilaan on pääosin noin ±0,5°C, mutta 10–20 metrin syvyydessä hieman suurempi, noin ±1,0°C (Kuva 5-39). Kuukausittaiset tulokset osoittavat, että ylemmät vesikerrokset lämpenevät (0,25–0,50 °C), kun taas 5–30 metrissä tapahtuu samanaikaista mutta alueellisesti erillistä lämpenemistä ja viilenemistä, joka on voimakkainta kesäkuukausina (ero > ±1 °C). Tuulivoimapuiston pohjoispuolella lämpeneminen on vallitsevaa useimpina kuukausina, kun taas tuulivoimapuiston eteläpuolella olevalla alueella on odotettavissa viilenemistä. Vähentynyt lämpeneminen tuulivoimapuiston eteläosassa kesä-syyskuussa voi aiheuttaa termokliinin siirtymistä jopa 10 metrillä pintaan päin (Kuva 5-40).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-39. Veden keskilämpötila syyskuussa (2021) 10–20 metrin vesikerroksessa. Keskellä 15 MW:n (VE1) ja oikealla 25 MW (VE2) tuulivoimapuistovaihtoehdoista aiheutuva keskimääräinen lämpötilan muutos syyskuussa, joka kuvaa laajimman vaikutuksen tilannetta. (Niras 2023a. liite 3)



Kuva 5-40. Vesipatsaan heinäkuiset lämpötilaprofiilit tuulivoimapuiston pohjoispuolella (vasen kuva), keskellä (keskimmäinen (kuva) ja eteläpuolella (oikea kuva) nykytilanteessa 2021 sekä tuulivoimapuiston vaihtoehdoissa MW15 (VE1) ja MW25 (VE2). (liite 3, Niras 2023a, päivitetty 2024)

Tuulivoimapuiston aiheuttamat muutokset veden sekoittumisessa vaikuttavat myös veden suolapitoisuuksiin. Lisäksi myös vedyntuotannosta vapautuva suolaisempi vesi vaikuttaa voimaloiden lähellä.

Mallinnuksen perusteella sekoittumisen vähentyminen ja vedyntuotanto lisäävät keskimäärin veden suolaisuutta hieman välivesikerroksissa (10–20 metriä). Pinnan suolaisuus vastaavasti keskimäärin hieman vähenee (0,05 PSU). Kuukausittain tilanne vaihtelee, mutta suolapitoisuuden muutos jää pääosin hyvin vähäiseksi, noin ±0,1 PSU ja ajoittain vain hyvin paikallisesti 0,1–0,25 PSU. Saliniteetin luontaiseen vaihteluun nähden muutokset ovat vähäisiä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutukset jääpeitteeseen

Merituulivoimapuistojen vaikutuksesta jääpeitteeseen ei ole juurikaan tutkimustietoa (Valtioneuvosto 2024). Jääpeitteen vuosittaiset vaihtelut ovat myös luontaisesti suuria, mikä vaikeuttaa arviointia. Erilaisissa skenaarioissa merituulivoimapuisto voi joko murtaa liikkuvaa jääkenttää tai pysäyttää sen liikettä.

Merituulivoimalat lisäävät yleisesti jääkentän pidäkevoimia tuulivoimapuiston alueella ja jääkentän liikkeelle lähtö edellyttää siten suurempaa tuulen ja veden virtausten kitkavoimaa kuin ilman voimalarakenteita. Toisaalta voimaloiden tärinä myös rikkoo jäätä voimaloiden ympärillä. Jäiden murtuminen voimaloita vasten jarruttaa jään liikettä ja jäätä voi myös kasaantua ja juuttua tuulivoimala-alueelle aiheuttaen jäävalleja ja puristusta jääkenttään. Merituulivoimapuisto pyritään suunnittelemaan siten, että jäävoimien vaikutus voimaloihin jäisi mahdollisimman vähäiseksi. Jäävoimien vaikutusta merituulivoimaloihin voidaan vähentää erityisillä rakenteilla, jotka päätetään vasta myöhemmässä suunnittelussa.

Tuulivoimaloiden aiheuttama tuulimuutos vaikuttaa laajemmin merialueen virtauksiin, aallokkoon ja sekoittumiseen, millä on vaikutusta myös veden lämpötilaan kuten edellisessä kappaleessa on kuvattu. Mallinnuksen mukaan toisaalla merialueella pintakerroksen lämpötilat hieman nousevat ja toisaalla laskevat. Tuulimuutoksen aiheuttamat lämpötilavaikutukset ovat pääosin lieviä jääden kuukausitasolla alle yhden asteen, muutos voi kuitenkin viivyttää toisaalla ja edistää toisaalla jäänmuodostusta. Vedyntuotannon vaikutukset veden lämpötilaan jäisivät etenkin hajautetusti tehtynä mallinnuksen perusteella hyvin vähäisiksi.

Merituulivoimapuisto vaikuttaa alueellisesti merialueen jääpeitteisyyteen ja sen kestoon, mutta vaikutusten voimakkuus ja laajuus todennäköisesti vaihtelee vuosittain sääoloista riippuen. Yksittäisten voimaloiden pitkä välimatka (noin 1,5–2 kilometriä) osaltaan lieventää jääpeitteeseen kohdistuvia vaikutuksia. Vaikutuksia jääoloihin on kuvattu myös liikennettä käsittelevässä kappaleessa 14.3.2.1.

Mahdolliset haitta-aineet

Tuulivoimapuiston toimintaan liittyvät merkittävimmät kemikaalit ovat muuntajissa ja voimaloissa olevat öljyt ja jäähdytysnesteet. Tuulivoimaloissa on keruualtaat, joilla estetään kemikaalien pääsy ympäristöön mahdollisen vuodon sattuessa. Merituulivoimaloista tai niiden perustuksista voi vähäisissä määrin liueta vesistöön haitallisia aineita tai irrota mikromuoveja (esimerkiksi bisfenoli A (BPA)) (*Tuulivoimayhdistys ry 2024c*). Tuulivoimalat on suunniteltu kestämään niihin kohdistuvat luonnonolosuhteet ja lavat ne on päällystetty erittäin kulutuksenkestävällä polyuretaanimateriaalilla. Lapojen kärkialueen johtoreunalta päällimmäisestä maalikerroksesta voi irrota hyvin pieniä määriä pölymäistä inerttiä materiaalia voimaloiden lähialueelle, jossa se pääosin painuu pohjaan ja mineralisoituu (aiheesta tarkemmin luvussa 7).

Vedenalaiseen luontoon ja vesieliöstöön kohdistuvat vaikutukset

Tuulivoimaloiden perustukset sekä mahdolliset kaapelien suojaukset (lohkareet) voivat luoda uusia kasvualustoja kovien pohjien lajeille ja näin lisätä alueen monimuotoisuutta. Näiden uusien elinympäristöjen täydellinen asuttaminen voi kuitenkin kestää useita vuosia, mikä on havaittu myös Tahkoluodon nykyisen merituulivoimapuiston alueella tehdyissä tutkimuksissa (*KVVY Tutkimus Oy 2020a*).

Lajien kiinnittymiskyky vaihtelee perustustyypistä riippuen. VELMU-hankkeen kartoitustietojen (*KVVY Tutkimus Oy 2020a*) perusteella tuulivoimaloiden perustusten vedenalaiset kaltevat tai pystysuorat pinnat eivät täysimääräisesti sovellu Suomessa esiintyville, pinnoille kiinnittyville lajeille eivätkä tuulivoimaloiden ympärille kasatut kivenlohkareet korvaa matalampia riutta-alueita, koska perustusten eroosiosuojaus sijaitsee pääsääntöisesti liian syvällä makroleville. Vesiselkärangattomien lajimäärän on silti todettu kasvaneen tuulivoimapuistoalueilla (*Vehanen ym. 2010*), mutta todennäköisesti näin ei käy Suomen olosuhteissa eikä etenkään syvemmillä merialueilla, jossa lajimäärä on jo luonnostaan hyvin vähäinen eikä kiinnittyviä lajeja juuri esiinny. Esiintyvistä lajeista korkeintaan murtovesisieni ja polyypit voisivat mahdollisesti hyötyä uusista pinnoista.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimapuiston alueella sekä sen pohjois- että eteläpuolella merenpohjan virtausnopeudet heikentyvät mallinnuksen mukaan kaikissa merituulivoimapuiston vaihtoehdoissa (*Niras 2023a*). Muutoksen suuruus riippuu veden syvyydestä ja vuodenajasta. Virtauksen hidastuminen saattaa lisätä sedimentaatiota alueella ja siten vaikuttaa alueen riuttoihin ja vedenalaisiin hiekkasärkkiin. Virtaukset nopeutuvat tuulivoimapuiston länsi- ja itäpuolella kaikissa merituulivoimapuiston vaihtoehdoissa, ja muutoksen suuruus riippuu veden syvyydestä ja vuodenajasta. Tuulivoimapuiston länsipuolella ei mallinnuksen mukaan esiinny riuttoja tai vedenalaisia hiekkasärkkiä. Tuulivoimapuiston länsipuolella vesi on niin syvää (50–80 metriä), ettei siellä voi esiintyä Natura-luontotyyppimääritelmän mukaisia vedenalaisia hiekkasärkkiä. Puiston itäpuolella esiintyy vedenalaisia hiekkasärkkiä ja jonkin verran riuttoja. Erityisesti merituulivoimapuiston koillispuolella veden syvyys on alhainen ja osa mallinnetuista särkistä sijaitsee 3–5 metrin syvyydellä. Etenkin alkukesän pintaveden virtaus on tällä alueella nopeaa (paikoin 12–14 cm/s) ja mallin mukaan nopeudet tulevat entisestään kasvamaan (joillakin alueilla > 0,8 cm/s) tuulivoimapuiston rakentamisen myötä. Vedenalaisille hiekkasärkille on tyypillistä partikkelien jatkuva liike, ja särkät voivat liikkua virtausten mukana. Vedenalaiset hiekkasärkät koostuvat erikokoisesta materiaalista: hiekasta, sorasta, hiesusta ja liejusta. Virtausnopeuden kasvaessa virta pystyy liikuttamaan aiempaa suurempia rakeita, jolloin särkät saattavat liikkua aiempaa enemmän. Virtaus puhdistaa särkkiä mahdolliselta sedimentaatiolta, jota mm. rehevöityminen aiheuttaa. Alueen riuttoihin ei virtausnopeuksien lisääntymisen arvioida vaikuttavan negatiivisesti. Merituulivoimapuiston vaihtoehtojen välillä on hieman eroja mallinnuksissa, mutta erot ovat merkityksettömän pieniä. Virtausmuutoksilla ei arvioida olevan merkittävää negatiivista vaikutusta alueen luontotyyppeihin ja paikoin vaikutus voi olla positiivista. Virtausten muutoksilla ei arvioida olevan vaikutusta alueen vesieliöstöön.

Hajautetusta ja keskitetystä vedyntuotannosta aiheutuva suola- ja lämpökuormitus on siinä määrin pientä ja sijoittuu syvälle avomerialueelle, ettei sillä ole vaikutusta pohjaeläimistöön tai luontotyyppeihin.

Merenpohjan menettämisestä voimaloiden ja merisähköasemien perustusten ja yhdyskaapelien alta aiheutuvia vaikutuksia käsitellään myös luvussa 5.3.1. Merenpohjaa menetetään voimaloiden perustusten alta enintään noin 0,25 km^2 alueelta. Merituulivoimapuiston alueella perustusten, sähköasemien ja merikaapeleiden vaatima pohjanmuokkaus kohdistuu arviolta enintään 0,8 %:iin koko alueen alasta. Hankkeen suunnittelun edetessä tarkennetaan tietoja habitaattikohtaisten menetysten tai häiriöiden osalta. Tuulivoimapuiston osalta karkeasti arvioiden noin 70 % on kovaa pohjaa ja 30 % pehmeää pohjaa. Kaapelireittien pohjamateriaalista on noin 70 % moreenia ja 30 % savea.

Merituulivoimapuiston alueella havaittiin valkokatka-merivalkokatkapohjia. Valkokatkojen yksilömäärien ja biomassan havaittiin kenttätutkimuksissa kuitenkin vaihtelevan paljon ajallisesti ja alueellisesti ja liikkumiskykyisenä lajina ne voivat hakeutua suotuisemmille alueille voimalaperustusten ja muiden rakenteiden viedessä tilaa niiden käyttämiltä pohjilta. Alue, jonka voimalat vievät pohjasta toiminnan aikana suhteessa valkokatkalle saatavilla olevaan pohjaan on hyvin pieni. Näin ollen merikaapelien tai vetyputken rakentamisen aiheuttama pohjien menetyksen vaikutus valkokatka-merivalkokatkapohjiin arvioitiin jäävän vähäiseksi.

Kaapeleiden mahdollisesti aiheuttamalla sähkömagneettisella kentällä voi periaatteessa olla vaikutuksia pohjaeläimistöön. Mm. leväsiiralla (*Idotea baltica*) on havaittu laboratoriokokeissa muutoksia sen suunnistamiskyvyssä, sillä lajin on todettu käyttävän hyödykseen magneettikenttiä (*Hammar & Wikström 2005*), jota kaapelien aiheuttama säteily voi periaatteessa häiritä. Selkärangattomille tehdyssä seurantatutkimuksessa lajien esiintymistä tutkittiin Kaliforniassa 35 kV:n merikaapelin lähettyvillä, jonka magneettinen kenttä ulottui metrin etäisyydelle kaapelista, ja havaittiin, että eroa kaapelireitin eläinyhteisöissä ei ollut alueen ulkopuolella oleviin yhteisöihin (*Love ym. 2017*). Vaikutuksia hankealueella eläville eri pohjaeläinlajeille ei ole kuitenkaan tutkittu, mutta säteilyn vaikutus arvioitiin korkeintaan vähäiseksi. Riippuen kaapelien asennustavasta, pohjaeläinten elinympäristöön voi tulla muutoksia. Mikäli kaapeleita peitetään karkeammalla aineksella, se voi luoda uutta tarttumapintaa kiinnittyvälle pohjaeläimistölle.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutukset merinisäkkäisiin

Toiminnan aikaiset vaikutukset merinisäkkäille arvioitiin vähäisemmiksi, kuin rakentamisen aikaiset vaikutukset. Pääasiassa toiminnan aikainen vaikutus on toiminnasta syntyvä melu ja tärinä, jonka hylkeet pystyvät havaitsemaan noin 100 metristä muutamaan kilometriin. Toiminnan aikaisen melun ei arvella aiheuttavan kuulovaurioita tai haittaa kommunikoinnille (*Dietz ym. 2000, Tougaard ym. 2009*). Kilometrin päässä sijaitsevan tuulivoimalan ääni vastaa 100 kilometrin päässä kulkevan rahtialuksen ääntä. (*Madsen ym. 2006).* Tuulivoimapuiston alueella ihmistoimintaa on enemmän, mikä voi luoda häiriötekijän alueen eläimistölle (*Vehanen ym. 2010*).

Merituulivoimaloiden aiheuttama vedenalainen melu tulee pääasiassa kahdesta lähteestä: koneiston (vaihteiston jne.) mekaanisesta tärinästä, joka välittyy tornia pitkin ja säteilee edelleen ympäröivään veteen; ja tuulivoimapuiston huoltoveneiden aiheuttamasta vedenalaisesta melusta. Merituulivoimapuistolla voi olla sekä rakentamisen, että toiminnan aikaista vaikutusta kaloihin ja sitä kautta myös merinisäkkäisin, jotka käyttävät kaloja ravintona. Merituulivoimapuiston toiminnan aikaisia vedenalaisen melun vaikutuksia merinisäkkäisiin on tarkasteltu vedenalaisen mallinnuksen avulla liitteessä 6 (*Niras 2023b*). Seuraavassa on tiivis kuvaus perustuen Niraksen raporttiin (*2023*) sekä muuhun saatavilla olevaan tutkimustietoon.

Hallan merituulivoimapuisto sijaitsee avomerialueella, jolla ei ole hylkeiden käyttämiä levähtämis- ruokailu- tai pesimispaikkoja, kuten luotoja tai saaria. Alueella tai sen lähistöllä liikkuvien hylkeiden arvioitiin avovesikaudella olevan pääasiassa satunnaisesti ohikulkevia yksilöitä. Hylkeet käyttävät aluetta kuitenkin mahdollisesti jääpeitteiseen aikaan poikimisalueena (maalis-huhtikuussa, jos jääpeite riittävä). Itämerennorpan populaatio on vahvasti keskittynyt Perämerelle (80 % populaatiosta). Koska laji mahdollisesti hyödyntää tuulivoimapuiston alueen jääalueita lisääntymiseen, on mahdollista, että esimerkiksi muutokset alueen jääolosuhteissa vaikuttavat myös norpan elinolosuhteisiin. Merituulivoimapuisto voi alueellisesti hieman vaikuttaa merialueen jääpeitteisyyteen ja pidentää sen kestoa. Koska molemmat lajit, harmaahylje ja itämerennorppa, poikivat jäälle ja etenkin norppa myös lepäilee ja vaihtaa karvaansa jäällä, voi mahdollisesti pidentynyt jääpeitteen kesto jopa hyödyttää hylkeitä. On kuitenkin otettava huomioon, että hylkeet todennäköisesti välttelevät merituulivoimaloiden läheisiä alueita ja siten edellä mainittu hyöty voi jäädä teoreettiseksi. Mahdollisten jääolosuhteiden muutosten lisäksi muutokset veden virtauksessa voivat muuttaa elinympäristöä, jolla voi olla vaikutusta merinisäkkäisiin.

Merituulivoimapuistolla on mahdollinen vaikutus myös hylkeiden metsästykselle merituulivoimapuiston muodostaman estevaikutusten vuoksi. Puistoissa metsästämistä ei kuitenkaan lähtökohtaisesti ole kielletty ja kulkua puiston alueella rajoitetaan pääasiallisesti vain turvallisuussyistä, puiston rakennusaikana.

Hylkeiden herkkyys tuulivoimapuiston toiminnasta aiheutuvalle vedenalaiselle melulle on pieni tai olematon, mikä perustuu olemassa olevaan tietoon hylkeiden käyttäytymisestä merituulivoimapuistojen alueilla. Toimintamelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin olemattomaksi. Myös se tulee pitää mielessä, että hankealueella esiintyy jo nyt laivaliikennettä. Tuulivoimapuiston toiminnasta aiheutuvan vedenalaisen melun lisävaikutus on näin ollen vaatimaton. Kaiken kaikkiaan voimaloiden toiminnasta aiheutuvan vedenalaisen melun seuraukset hylkeille arvioitiin olemattomaksi, eikä melu vaikuta hyljekantoihin lyhyellä tai pitkällä aikavälillä.

Ilmastonmuutos asettaa uhan norppapopulaatiolle, kun jääpeite tulevaisuudessa oletettavasti vähenee entisestään erityisesti eteläisemmillä alueilla, joilla lajia esiintyy. Ilmasto skenaarioiden mukaan suotuisia jääolosuhteita norpan lisääntymiselle löytyy pohjoisemmilta merialueilta, mikä alleviivaa Perämeren tärkeyttä lajin asuin- ja lisääntymisalueena erityisesti tulevaisuudessa. Ilmastonmuutoksen ohella Itämerennorppakannan elinvoimaisuuteen vaikuttaa monenlainen ihmistoiminta sen elinpiirillä, sekä ihmistoiminnan seurauksena tulevat muutokset, kuten lisääntynyt laivaliikenne, merialueille rakentaminen ja toiminnan mahdolliset päästöt, jotka voivat välillisesti aiheuttaa esimerkiksi lisääntynyttä meteliä, kemikaalikuormaa sekä rehevöitymistä. (*Halkka 2020*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.3.2.2 Merikaapeli-/Vetyputkireitit

Vaikutus vedenlaatuun

Merikaapeleilla tai vetyputkella ei arvioitu olevan juurikaan käytönaikaista vaikutusta merialueen vedenlaatuun. Mahdolliset vaikutukset liittyvät lähinnä mahdollisiin korjaustöihin, joissa pohjaa jouduttaisiin kaivamaan uudelleen auki kaapelien tai putkien kohdalta. Tässä tapauksessa vaikutukset olisivat samankaltaisia kuin rakennusvaiheessa, mutta pienemmässä mittakaavassa.

Pohjien menettäminen ja elinympäristön muutos

MVE1/VVE1 Raahen sataman ja terästehtaan edustan vedenalainen luonto ei kirjallisuudesta ja erilliskartoituksista saatujen tietojen perusteella vaikuta luontoarvoiltaan kovin merkittävältä. Suurin osa alueen rannoista on rakennettua ja rannikolla sijaitsee Raahen terästehdas ja syväsatama. Luonnontilaisia alueita esiintyy lähinnä suojelualueilla.

Merikaapeli-/vetyputkireitillä kauempana rannikosta vuoden 2022 näytteenotossa havaittiin valkokatka-merivalkokatkapohjia, joita ei muiden kaapelireittien varrella havaittu. Valkokatkojen yksilömäärien ja biomassan havaittiin kenttätutkimuksissa kuitenkin vaihtelevan paljon ajallisesti ja alueellisesti ja liikkumiskykyisenä lajina ne voivat hakeutua suotuisemmille alueille kaapelien/vetyputken viedessä tilaa niiden käyttämiltä pohjilta. Alue, jonka kaapelit/vetyputki vie pohjasta toiminnan aikana suhteessa valkokatkalle saatavilla olevaan pohjaan on hyvin pieni. Näin ollen merikaapelien tai vetyputken rakentamisen aiheuttama pohjien menetyksen vaikutus valkokatka-merivalkokatkapohjiin arvioitiin jäävän vähäiseksi.

Kaapeli-/vetyputkireitillä on havaittu paunikon esiintymiä, joista tuoreimmat on vuodelta 2008. Havainnot sijaitsevat alueellisesti hyvin rajatulla alueella, joka on pyrittävä välttämään. Hankkeen jatkosuunnittelussa tulisi tarkistaa esiintyykö paunikkoa edelleen kyseisellä alueella.

Kaapeli- ja vetyputkireitillä (MVE1/VVE1) sijaitsee riuttamallin mukaan enemmän riuttoja kuin muilla kaapelireiteillä, mutta vedenalaisia hiekkasärkkiä vähemmän kuin muilla kaapelireiteillä. Mallin antamat tulokset eivät kuvaa täysin luotettavasti riuttojen ja särkkien sijaintia vaan niiden sijainti pitäisi varmistaa kenttäkartoituksilla. Erilliskartoituksissa havaittiin merikaapelin alueella potentiaalisia riuttoja, mutta vedenalaisia hiekkasärkkiä ei havaittu. Tarkemmassa kaapelireittien ja vetyputken reittisuunnittelussa pyritään ottamaan riutat huomioon. Yleisesti ottaen kaapelit ja putket pyritään teknisistä syistä tuomaan rantaan mahdollisimman syvällä, jolloin riuttojen ja kaapelien yhteensovittaminen palvelee myös teknistä suunnittelua.

Rakentamista tulisi välttää Kuljunlahdessa, joka on luontodirektiivin luontotyyppi, laaja matala lahti, sekä luonnontilaisella Isohiedan rannalla, jossa esiintyi vaarantunutta avointa näkinpartaispohjaa. Jos energia muunnetaan vedyksi ja vety kuljetetaan putkella rantaan, jäävät pohjan menettämisen vaikutukset vähäisemmiksi kuin merikaapeleilla, sillä yksi vetyputki vie vähemmän tilaa merenpohjasta kuin 10 merikaapelia. Kaiken kaikkiaan MVE1/VVE1:n rakentamisen jälkeiset toiminnan aikaiset vaikutukset vesikasvillisuuteen ja luontotyyppeihin on vähäiset.

MVE2-reitillä merikaapelien rakentamisen aiheuttamalla pohjien menettämisellä ei arvioitu olevan merkittäviä haitallisia vaikutuksia. Rantautuminen tulisi sijoittua Yrjänän niemen eteläpuolelle Välimatala-nimiselle rannalle, sillä niemen pohjoispuoli on luontodirektiivin laaja matala lahti, ja lahden eteläosissa havaittiin kenttäkartoituksissa esiintyvät avoimia näkinpartaispohjia. Kaapelia asennettaessa tulisi myös välttää reitillä sijaitsevia riuttoja ja mahdollisia vedenalaisia hiekkasärkkiä. Reitin alueella esiintyviin melko vähälajisiin pohjaeläinyhteisöihin kaapelien sijoittamisella ei ole merkitystä. MVE2:n toiminnan aikaiset vaikutukset vesikasvillisuuteen ja vedenalaisiin luontotyyppeihin on vähäiset. Vesiympäristöön liittyvien vaikutusten suhteen vaihtoehto MVE2 olisi MVE1:stä ja MVE3:sta parempi.

MVE3:n kaapelien rakentamisella ei ole vaikutusta reitin lähistöllä sijaitsevien suojelualueiden tai direktiivin luontotyyppien pohjien menetykseen, jos kaapelit rantautuvat Kuusiniemen eteläpuolelle luonnonsuojelualueiden väliin ja välttävät riutat ja mahdolliset vedenalaiset hiekkasärkät. Kaistale, jossa ei esiinny direktiivin luontotyyppejä tai luonnonsuojelualueita on noin 380 metriä leveä eli alueelle mahtuu suunnitellut viisi kaapelia. Kaapelien asentamisen jälkeen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vaikutukset luontotyyppeihin ja lajeihin on vähäiset. Reitin alueella esiintyviin melko vähälajisiin pohjaeläinyhteisöihin kaapelien sijoittamisella ei ole merkitystä.

Vaikutukset merinisäkkäisiin

Merikaapeli- ja vetyputkireiteillä ei arvioitu olevan toiminnan aikaisia vaikutuksia merinisäkkäisiin rakentamisvaiheen jälkeen.

5.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Tuulivoimalat ja merisähköasemat poistetaan kokonaan (perustusten osalta osittain/jätetään paikoilleen) käyttäen vastaavanlaisia menetelmiä kuin asennuksessa, mutta käänteisessä järjestyksessä.

Vaikutukset vedenlaatuun, pohjaan, vesikasvillisuuteen ja luontotyyppeihin ovat siten samanlaisia kuin rakennusvaiheessa. Mikäli perustukset jätetään osittain paikalle, on vaikutus pienempi, koska veden sameutuminen on vähäisempää. Perustukset voidaan poistaa osittain tai kokonaan. Osittain poistettaessa poisto tehdään merenpohjan tasoon tai juuri sen alapuolelle saakka jäljelle jäävän osan jäädessä paikalleen. Perustusten poistaminen vaikuttaa niiden alueelle mahdollisesti levinneisiin eliöihin. Niin sanotun riuttavaikutuksen arvioitiin kuitenkin jäävän hankealueella vähäiseksi, joten rakenteiden purkamisen ei arvioitu aiheuttavan merkittävää haittaa. Kaapelit poistetaan tai jätetään paikalleen. Jos kaapelien poisto on tarpeen, prosessi on olennaisilta osin sama kuin kaapelia laskettaessa, mutta tapahtuu käänteisessä järjestyksessä. Tällöin vaikutukset luontotyyppeihin ja vesikasvillisuuteen sekä pohjaeliöstöön arvioitiin olevan samanlaisia kuin putkia asennettaessa. Mahdollinen eroosiosuojaus jää todennäköisesti paikalleen, koska valtaosan oletetaan uponneen merenpohjaan, jolloin sen poistamisesta koituisi suurempaa vahinkoa kuin sen jättämisestä alueelle. Eroosiosuojauksen jättäminen pohjaan voi ylläpitää alueen kovien pohjien eliöstöä, jos eroosiosuojaus ei ole uponnut sedimentin sisään.

Merinisäkkäisiin kohdistuu toiminnan päättymisen jälkeen samanlaisia vaikutuksia kuin rakennettaessa (pois lukien mm. paalutus), kun tuulivoimapuiston rakenteita ja kaapelointeja puretaan.

5.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli tuulivoimapuistoa ei rakenneta, vedenlaatuun ja meren pohjaan ei kohdistu vaikutuksia. Luontotyyppien ja vesikasvillisuuden sekä pohjaeläimistön ja merinisäkkäiden tila säilyy nykyisellään ja kehittyy ajan myötä muiden ihmisen aiheuttamien muutosten, kuten ilmastonmuutoksen, rehevöitymisen ja väylien rakentamisen, seurauksena.

5.4 Yhteisvaikutukset

Perämerelle on suunnitteilla useita merituulivoimahankkeita. Hallaa lähimmät ovat Suomen puolella ovat Kiisla, Kihu, Siikajoki-Hailuoto, Raahe-Siikajoki, Ebba, Pooki ja Maanahkiainen. Yhteisvaikutukset muiden Suomen puolella sijaitsevien, suunnittelun alkuvaiheessa olevien hankkeiden kanssa voidaan arvioida tarkemmin vasta, kun hankkeet ovat pidemmällä. YVA-menettelyssä hankkeiden yhteisvaikutusten arvioinnin vastuu on sillä hankkeella, jonka YVA-menettely seuraa jäljessä eli edellä mainittujen Suomen puolen hankkeiden vastuulle jää huomioida Hallan hanke omissa YVA-menettelyissään.

Hallan merituulivoimapuistoa lähimmät hankkeet Ruotsin puolella ovat Polargrund Offshore ja Bothnia Offshore Omega. Alustavien aikataulujen mukaan Hallan merituulivoimapuiston rakentamisen aikaan (2029–2031) samanaikaisesti rakenteilla voivat olla myös Polargrund Offshore (2028–2029) ja Bothnia Offshore Omega (2031–2033). Rakentamisen aikaisia pohjan muokkaukseen liittyviä yhteisvaikutuksia ei muodostu Bothnia Offshore Omegan kanssa, sillä Hallan osalta arviolta vuonna 2031 rakennetaan veden päällisiä osia (voimaloita).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Rakentamisaikaiset yhteisvaikutukset

Rakentamisaikaisia yhteisvaikutuksia voi alustavien aikataulujen perusteella olla Polargrundin kanssa, jonka rakentamistoimia on Hallan kanssa samaan aikaan. Sameuden leviämisen ja sedimentaation mallinnuksessa havaittiin kuitenkin, että kiintoaines ei leviä kovin kauas merituulivoimapuistoalueen ulkopuolelle, joten yhteisvaikutukset vedenlaatuun jäävät todennäköisesti hyvin vähäisiksi. Muiden hankkeiden merituulivoimapuistoalueiden kanssa ei arvioida olevan rakentamisen aikaisia yhteisvaikutuksia, sillä ne sijaitsevat Polargrundia kauempana. Osasta hankkeita ei ole julkisesti saatavilla tietoa niiden rakennusajankohdasta, jolloin rakentamisenaikaisia yhteisvaikutuksia on mahdotonta arvioida.

Kaapelireittien osalta rakentamisen aikaisia yhteisvaikutuksia voisi aiheutua, jos Kiislan, Raahe-Siikajoen ja Siikajoki-Hailuodon rakentaminen ajoittuisi samaan aikaan Hallan kanssa, sillä näiden kaapelireitit sijoittuisivat todennäköisesti Hallan kaapelireittien lähettyville. Sameuden leviämisen ja sedimentaation mallinnuksessa havaittiin, että etenkin ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama kiintoaineksen leviäminen voi ulottua yli 10 kilometrin päähän ruoppaus- tai läjityskohteista ja vaikutus kestäisi läjitysalueita lukuun ottamatta enintään yhden vuorokauden. Muiden hankkeiden kaapelireittien sijainnista tai rakentamisen aikataulusta ei ole julkisesti saatavilla olevaa tietoa, joten kaapelireittien yhteisvaikutuksia on vaikea arvioida tarkemmin.

Sameuden leviämismallin tuloksista havaittiin, että kiintoaines ei kaapeli ja/tai vetyputkiasennuksissa vesipainepuhallusta käytettäessä leviäisi kovin kauas rakennettavan alueen ulkopuolelle ja useimmilla alueilla sameus kesti maksimissaan päivän. Yhteisvaikutusten ilmeneminen edellyttäisi siten hyvin lähellä sijaitsevien kohteiden rakentamista samana ajankohtana. Hankkeiden välisellä koordinaatiolla ja rakennuskohteiden ja ajankohtien suunnittelulla voidaan tarvittaessa ehkäistä mahdollisia paikallisia kiintoainespiikkejä.

Rakentamisen aikaiset yhteisvaikutukset merinisäkkäille muodostuvat ensisijaisesti rakennustöistä, ruoppauksesta ja pohjan muokkaamisesta aiheutuneesta vedenalaisesta melusta, sekä räjäytyksistä, kun työvaiheita tehdään useammassa eri hankkeissa samanaikaisesti. Merituulivoimapuiston rakentaminen sisältää sähkönsiirtoverkon rakennusvaiheen, mahdollisen vetyputkien rakennusvaiheen, sekä merituulivoimapuiston rakentamisen. Näistä itse merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyy enemmän meluavia ja häiritseviä työvaiheita, kuin sähkönsiirtoverkon rakentamiseen. Hallan hankkeelle laaditun vedenalaisen melumallinnuksen mukaan rakentamisen aikaiset negatiiviset vaikutukset merinisäkkäille jäävät vähäisiksi. Kaiken kaikkiaan haitat merinisäkkäille rakentamisen aikana arvioitiin melko pieniksi, koska hankealueella on jo nykyisellään häiriötä ja vedenalaista melua aiheuttavaa toimintaa (esimerkiksi laivaliikennettä), eikä merinisäkkäitä todennäköisesti esiinny alueella kovin runsaasti.

Toiminnanaikaiset yhteisvaikutukset

Merituulivoimapuistoilla voi toimintavaiheessa todennäköisesti olla kohtalaista yhteisvaikutusta tuulimuutosten kautta, erityisesti jos kaikki suunnitellut hankkeet toteutuisivat, mikä on kuitenkin epätodennäköistä. Hallan osalta mallinnukset osoittavat tuulihäviön vaikuttavan melko laajalla alueella merialueen pintavirtauksiin ja edelleen lämpötilaan, suolaisuuteen ja kerrostumiseen. Veden sekoittumiseen liittyvät muutokset voivat vaikuttaa edelleen mm. ravinteiden esiintymiseen ja sitä kautta edelleen kasviplanktoniin ja muuhun ravintoverkkoon. Useiden tuulivoimapuistoalueiden tapauksessa em. ilmiöt olisivat todennäköisesti päällekkäisiä ja mahdollisesti kumulatiivisia.

Kaikilla lähialueen hankkeilla voi toteutuessaan olla mahdollisia toiminnan aikaisia yhteisvaikutuksia Hallan hankkeen kanssa merinisäkkäisiin. Toiminnan aikaiset yhteisvaikutukset merinisäkkäisiin ovat rakentamisen aikaisia vaikutuksia vähäisemmät. Yhteisvaikutusten voimakkuutta lisää tuulivoimapuistojen läheinen sijainti (erityisesti Polargrund Offshore, 3 kilometriä Hallan merituulivoimapuistosta), jolloin yhtenäinen vaikutusalue on laajempi. Toiminnan aikaiset yhteisvaikutukset muodostuvat pääasiassa voimaloiden toimintaan liittyvästä vedenalaisesta melusta sekä tärinästä ja mahdollisista muutoksista alueen jääolosuhteissa ja veden virtauksessa, joilla voi olla vaikutusta merinisäkkäiden elinolosuhteisiin. Merikaapelireiteillä tai vetyputken reitillä ei arvioitu olevan yhteisvaikutuksia merinisäkkäisiin niiden toiminnan aikana.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Toiminnan päättymisen jälkeiset yhteisvaikutukset

Toiminnan päättymisen jälkeiset yhteisvaikutukset ovat samanlaisia kuin rakentamisenaikaisen yhteisvaikutukset, mutta todennäköisesti pienemmät. Yhteisvaikutuksia syntyy erityisesti, jos purku tapahtuu toisiaan lähellä sijaitsevilla kohteilla samaan aikaan.

5.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Vaikutusten merkittävyys ja vaihtoehtojen vertailu tehtiin rakentamisajalle sekä käytönajalle erikseen tuulivoimapuiston hankevaihtoehdoille (VE0, VE1, VE2), sekä erikseen eri kaapelireitti-/vetyputkivaihtoehdoille (MVE1/VVE1, MVE2, MVE3). Vertailuun on yhdistetty kaikki eri vaikutusmekanismit, joita luvuissa 5.3.1 ja 5.3.2 on esitetty ja arvioitu.

Reitin MVE/VVE1 ja tuulivoimapuiston molempien vaihtoehtojen (VE1 ja VE2) herkkyys on arvioitu kohtalaiseksi ja rakentamisaikaiset vaikutukset kokonaisuudessaan kohtalaisen negatiivisiksi (Taulukko 5-10). MVE1/VVE1:n alueella on Raahen saariston rantojensuojelualue, ja sen vieressä Natura-alue, jonne ulottuu samentumavaikutuksia, mitkä tekevät siitä herkän. MVE1/VVE1:n herkkyyttä vähentää se, jos kaapelit voidaan sijoittaa Raahen terästehtaan rantaan, jossa luontoarvot ovat vähäiset. Reitti kulkee rantojensuojelualueen läpi, mikä nostaa vaihtoehdon herkkyyttä. Jos energia siirretään vetyputkea pitkin rantaan jäävät MVE1/VVE1 vaihtoehdon vaikutukset vähäisimmiksi. Toisaalta MVE1/VVE1 on mahdollista toteuttaa merikaapeleilla siten, että reitille sijoitettaisiin 10 kaapelia, kun taas muilla reiteillä kaapeleita olisi enintään viisi. Vaikutukset MVE1/VVE1 reitillä olisi suuremmat, jos reitille rakennettaisiin viiden kaapelin sijaista 10 kaapelia.

Rakentamisaikaisten vaikutusten muutoksen suuruus arvioitiin kohtalaisen negatiiviseksi ja herkkyys vähäiseksi kaapelireitillä MVE2.

Rakentamisaikaisten vaikutusten muutoksen suuruus arvioitiin kohtalaisen negatiiviseksi ja herkkyys suureksi kaapelireitillä MVE3. MVE3:n lähellä on suojelualue ja Natura-alue, joiden alueelle ulottuu samentumavaikutuksia. Tämä tekee MVE3:sta herkemmän verrattuna MVE2:een. MVE3:n rantautumisalueella arvokkaita alueita on hyvin paljon rantautumisalueen molemmin puolin ja osittain sen kanssa päällekkäin ja lisäksi sen rantautumisalueella on useita tuoreita havaintoja uhanalaisista lajeista.

Kaapelireittien käytönaikainen herkkyys arvioitiin vähäiseksi ja merituulivoimapuiston kohtalaiseksi (Taulukko 5-11). Käytönaikaiset haitalliset vaikutukset arvioitiin kaikilla hankevaihtoehdoilla vähäisiksi. Merikaapeleilla tai vetyputkella ei niiden rakentamisen jälkeen ole merkittäviä haitallisia vaikutuksia vedenalaiseen luontoon. Merituulivoimapuistossa taas pysyvät rakenteet aiheuttavat laajoilla alueilla tuuli- ja virtausmuutoksia, joilla voi olla vaikutusta luontotyyppeihin ja lajistoon. Muutokset eivät kuitenkaan olleet mallinnuksen mukaan suuria.

Huomattava on, että kaapelireittejä voi yhtäaikaisesti olla käytössä kaksi kappaletta, jolloin yhdellä reitillä on enintään käytössä viisi kaapelia. Näiden kombinaatioiden vaikutuksia ei ole eroteltu merkittävyyden osalta taulukoihin (Taulukko 5-10 ja Taulukko 5-11), vaan jokainen reitti on arvioitu erillisenä vaihtoehtona. Mikäli käytössä on kaksi eri kaapelireittivaihtoehtoa (MVE1 + MVE2, MVE1 + MVE3, MVE2 + MVE3), aiheutuvat vaikutukset voimistuvat vaikutusalueen kasvamisen vuoksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 5-10. Vaikutusten merkittävyys vesiympäristössä eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen			MVE2						
	Kohtalainen			VE1 VE2 MVE1 VVE1		VE0				
	Suuri			MVE3						
	Erittäin suuri									

Taulukko 5-11. Vaikutusten merkittävyys vesiympäristössä eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				MVE1 VVE1 MVE2 MVE3					
	Kohtalainen				VE1 VE2	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

5.6 Vaikutukset vesien ja merenhoidon tavoitteisin

Tässä luvussa käsitellään hankkeen rakentamisen ja käytön ajan vaikutuksia suhteessa vesienhoidon ja merenhoitosuunnitelman tavoitteisiin.

Vesienhoito käsittää rannikkovesimuodostumat, jotka ulottuvat sisäisten aluevesien ulkorajasta yhden meripeninkulman matkan merelle päin. Hanke vaikuttaa merikaapelireittien osalta Perämeren ulompien rannikkovesien vesimuodostumaan Raahe-Hailuoto ja Perämeren sisempien rannikkovesien vesimuodostumiin Raahen edusta (MVE1) ja Olkijoki-Siikajoki-Säärenperä (MVE2 ja MVE3). Kaikki mainitut vesimuodostumat on luokiteltu ekologiselta tilaltaan tyydyttäväksi ja tavoitteena on saavuttaa hyvä tila vuoteen 2027 mennessä.

Hankkeesta aiheutuu lähinnä rakentamisaikaista haittaa vesimuodostumiin kaapelien ja/tai vetyputken asentamisen aikana, jolloin pohjaa muokataan ja vesiympäristöön leviää sedimenttiä samentaen vettä ja sedimentoituen uusille alueille. Sedimentin mukana leviää lisäksi myös ravinteita sekä vähäisiä määriä haitta-aineita. Muutokset voivat lisätä rehevyyttä ja pohjan liettymistä ja heikentää näkösyvyyttä vesimuodostumissa paikallisesti, mutta rakentamisaikaiset vaikutukset jäävät väliaikaisiksi eikä niiden arvioida heikentävän vesimuodostumien nykyistä

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tyydyttävää ekologista tilaa laajemmin tai estävän hyvän tavoitetilan saavuttamista. Alueen sedimentit eivät tutkimusten mukaan sisällä merkittävässä määrin haitta-aineita, eikä hankkeen rakennustöiden arvioida heikentävän myöskään rannikkovesimuodostumien kemiallista tilaa.

Pidempiaikaisia muutoksia vesimuodostumiin aiheutuu pääasiassa pohjan menetyksistä kaapelireittien alueilla. Pohjan menetykset heikentävät hieman rannikkovesimuodostumien hydromorfologista tilaa. Alustavien laskelmien mukaan kaapelireitit eivät kuitenkaan lisäisi muutetun pohjan osuutta merkittävästi, enimmillään Raahen edustan vesimuodostumassa osuus kasvaisi 0,15 %, jolloin kokonaisosuus nousisi tasolle 2,82 %. Alustavasti suunnitellut läjitysalueet sijaitsevat vesienhoidon vesimuodostumien ulkopuolella. Toiminnan aikana vaikutuksia ulottuu rannikkovesimuodostumiin myös tuulimuutoksen aiheuttamina virtaus- ja sekoittumismuutoksina, jotka mallinnuksen mukaan jäisivät kauempana puistosta pääosin lieviksi. Hankkeen ei arvioida myöskään toiminta-aikana heikentävän alueen rannikkomuodostumien ekologista tilaa tai estävän hyvän tilatavoitteen saavuttamista. Käytön aikana tuulivoimaloista ei liukene merkittävässä määrin haitta-aineita veteen, eikä hankkeen arvioida heikentävän myöskään rannikkovesimuodostumien kemiallista tilaa.

Hankealuetta koskee myös Suomen merenhoitosuunnitelman kokonaisuus, siinä asetettu hyvän tilan tavoite sekä erilliset ympäristötavoitteet (asetettu vuosille 2018–2024) *(SYKE 2019)*. Merenhoitosuunnitelman toisen toimintakauden ympäristötavoitteiden pääteemoja ovat muun muassa: ravinnekuormituksen vähentäminen, haitallisten aineiden kuormituksen vähentäminen, roskaantumisen vähentäminen, haitallisten vieraslajien leviämisen estäminen, merellisten luonnonvarojen käytön kestävyys sekä luonnonsuojelu ja ennallistaminen *(SYKE 2019)*.

Merenhoidon suunnittelussa meriympäristön hyvää tilaa arvioidaan 11 kuvaajan avulla ja käyttämällä niihin liittyviä indikaattoreita. Vesien- ja merenhoitosuunnitelman tavoitteista ja toimenpiteistä olennaisimpia hankkeen ja hankkeen toimialueen kannalta ovat todennäköisesti ne kokonaisuudet, joissa keskitytään ravinnekuormituksen ja roskaantumisen vähentämiseen sekä merenpohjan koskemattomuuteen ja elinympäristöjen tilan parantamiseen. Seuraavassa taulukossa on tarkasteltu meriympäristön tilaa ja hankkeen vaikutuksia kuvaajiin (Taulukko 5-12).

Taulukko 5-12. Hankkeen vaikutus merenhoitosuunnitelmassa määriteltyihin meriympäristön hyvän tilan kuvaajiin (Korpinen ym. 2018).

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
Meriluonnon monimuotoisuus	Luontotyyppien laatu ja esiintyminen ja lajien levinneisyys ja runsaus vastaavat vallitsevia fysiografisia, maantieteellisiä ja ilmastollisia oloja.	Hyvää tilaa ei ole kaikilta osin saavutettu. Merenpohjan laajoista elinympäristöistä hyvässä tilassa arvioidaan olevat erityisesti halokliinin yläpuoliset pimeät pohjat (circalitoraali). Heikko tila johtui ainoastaan vahingollisen häiriön laajuudesta: useat valoisan vyöhykkeen merenpohjat olivat heikossa tilassa erityisesti rehevöitymisen takia ja Suomenlahden syvät pohjat hapettomuuden tai saastuneiden sedimenttien takia. Perämerellä, Merenkurkussa ja Selkämerellä ei esiinny ulkomeren elinympäristöjä pysyvän suolaharppauskerroksen puuttumisen vuoksi. Pohjanlahden rakkohaurun tila on pysynyt vakaana, mutta punalevien esiintymisvyöhyke Selkämerellä on siirtynyt lähemmäs pintaa eli tila näyttää heikentyneen. Lounaisilla rannikkoalueilla ja Suomenlahdella makrolevien tila on osin parantunut.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
		Pohjaeläinyhteisöt ovat muta- ja hiekkapohjilla hyvässä tilassa suurimmassa osassa merialuetta, mutta Suomenlahden avomeri ja ulommat rannikkovedet sekä Ahvenanmaan, Merenkurkun ja Perämeren sisemmät rannikkovedet ovat heikossa tilassa. Ulappaekosysteemi on kokonaisuudessaan heikossa tilassa sekä Suomen avomeri- että rannikkoalueilla. Perämeren avomerialueen ja Perämeren ja Merenkurkun rannikkoalueiden kasviplanktonyhteisöt ovat kuitenkin ravintoverkkoindikaattorin osalta hyvässä tilassa. Harmaahylkeiden indikaattorit osoittavat kannan tilan olevan hyvä kaikilla merialueilla. Norppakannan tila on hyvä Perämeren ja Merenkurkun alueella, mutta muilla alueilla heikko norppien määrän ja levinneisyyden jäädessä alle kynnysarvojen johtuen osin jäähabitaatin heikkenemisestä. Meritaimenkantojen tila on erittäin heikko kaikilla merialueilla ja myös Perämeren vaellussiikakannat on myös arvioitu heikkoon tilaan. Merilintujen 25 arvioidusta pesivästä lajista 55–73 % arvioitiin hyvään tilaan, riippuen merialueesta. Pohjanlahdella kaikkien muiden lajiryhmien tila arvioitiin hyväksi, mutta pohjaeläimiä syövien kokosukeltajien ja kahlaajien tila on heikko. **Uhanalaisia avoimia näkinpartaispohjia esiintyy kaikkien kaapelireittien rantautumisalueella. Rantautumisalueet ovat laajoja, joten niiden sisältä voi olla mahdollista löytää sellainen alue, jossa ei esiinny uhanalaista luontotyyppiä. Esimerkiksi jos MVE1:n rantautumisalueeksi valitaan Raahen terästehtaan edustan rakennettu ja syvä ranta, ei haitallisia vaikutuksia luontotyypille todennäköisesti aiheudu. Toinen mahdollinen rantautumisalue, josta ei arvioida koituvan haitallisia vaikutuksia luontotyypille on MVE2:n Yrjänä-niemen eteläpuoleinen ranta, sillä avoimia näkinpartaispohjia havaittiin niemen pohjoispuolella.** **Luontodirektiivin luontotyypeistä hankealueella esiintyy laajat matalat lahdet, rannikon laguunit, riutat ja jokisuistot. Lisäksi vedenalaisia hiekkasärkkiä voi hankealueella esiintyä. Vähiten vaikutuksia luontodirektiivin luontotyyppeihin koituisi, jos kaapelit asennettaisiin MVE2:n sisälle siten että ne rantautuisivat Yrjänä-niemen eteläpuolelle tai MVE1-vaihtoehdolla. Vetyputkia tarvitsisi asentaa vain yksi kappale, jolloin sen asentamisen vaikutukset jäisivät vähäisemmiksi kuin usean kaapelin asentaminen. VVE1 varrella esiintyy kuitenkin riuttoja. Tarkentavia kartoituksia**

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
		olisi hyvä tehdä hankkeen jatkokehityksessä, jotta voidaan paremmin arvioida kuinka riuttaympäristöt olisi syytä ottaa huomioon. **Kaapelireiteillä esiintyy uhanalaisia kasvilajeja, kuten upossarpiota, nelilehtivesikuusta ja paunikkoa. Upossarpio on sekä alueellisesti että valtakunnallisesti uhanalainen laji ja sen tila on huonontunut. Upossarpio ja nelilehtivesikuusi ovat koko maassa rauhoitettuja. Paunikko on vuonna 2020 listattu kiireellisesti suojeltavaksi lajiksi. Erityisesti MVE3:n rantautumisalueella ja sen lähistöllä sijaitsee uhanalaisten kasvilajien esiintymiä, mutta jonkin verran myös kahden muun kaapelireitin alueella. Suurimmat haitalliset vaikutukset uhanalaisiin kasveihin arvioitiin olevan vaihtoehdolla MVE3.**
Vieraslajit	Ihmisen toiminnan välityksellä leviävien vieraslajien määrät ovat tasoilla, jotka eivät haitallisesti muuta ekosysteemejä.	Suomen merialueiden tila vieraslajien osalta on heikko johtuen vakiintuneiden vieraslajien levittäytymisestä ja runsastumisesta. Vieraslajeja kuvaavien indikaattorien mukaan Suomen merialueet ovat hyvässä tilassa ainoastaan uusien vieraslajien leviämisen osalta, sillä uusia vieraslajeja ei saapunut merialueelle arviointikauden 2017–2022 aikana. Muut indikaattorit osoittavat heikkoa tilaa, joten kokonaisuudessaan hyvää tilaa vieraslajien suhteen ei ole saavutettu. **Hankealueella esiintyy mm. vakiintunutta vieraslajia liejuputkimatoa, sekä kaapeli/vetyputkireitin MVE1/VVE1 alueella mustatäplätokkoa. Mustatäplätokko voi aggressiivisena kilpailijana hyötyä mm. kaapelien asentamisesta aiheutuvasta häiriöstä, mutta vaikutus arvioitiin paikalliseksi ja tilapäiseksi. Myös liejuputkimato voi hyötyä rakentamisen aikaisesta häiriöstä. Matalimpien alueiden voimalarakenteet voivat hyödyttää kiinnittyvistä pohjaeläinlajeista kaspianpolyyppia, mutta vaikutus arvioitiin vähäiseksi molempien lajien osalta, sillä ne ovat verrattain vakiintuneita lajeja Perämerellä.**
Kaupalliset kalalajit	Populaatiot ovat turvallisten biologisten rajojen sisällä siten, että populaation ikä- ja kokojakauma kuvastaa kannan olevan hyvässä kunnossa.	Suomen vesillä kalastuksen kohteena olevasta kahdesta silakkakannasta ja yhdestä kilohailikannasta vain Pohjanlahden silakka-kannan katsotaan olevan hyvässä tilassa tarkastelujaksolla 2017–2022. Syy heikentyneeseen tilaan on voimakas kalastus. Molemmat Perämeren lohikannoista ovat hyvässä tilassa. Alkuperäisten meritaimenkantojen tila Suomenlahdella ja Selkämerellä arvioidaan heikoksi. Muille merialueille tila-arvioita ei tehty. Ankerias on heikossa tilassa koko Suomen merialueella Rannikkolajien kuten kuhan, vaellussiian ja ahvenen kantojen tila arviot ovat puutteellisen aineiston takia

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
		epävarmoja. Ahvenen kanta arvioidaan kuitenkin hyväksi. Kovimman kalastuspaineen kohteina olevien Saaristomeren kuhakannan ja Perämeren jokien jäljellä olevien vaellussiikakantojen osalta arvioitiin, että hyvää tilaa ei edelleenkään saavutettu tarkastelujaksolla 2017–2022. Perämeren siikakantojen osalta heikko tila kattaa myös niiden muut tärkeimmät syönnösalueet eli Merenkurkku ja Selkämeri. **Hankkeella ei ole merkittävää vaikutusta kaupallisesti hyödynnettäviin kalalajeihin. Kaapelireittien alueella voi esiintyä tilapäisiä haittavaikutuksia samentumisesta johtuen ja pidempiaikaisia vaikutuksia, mikäli tärkeimpiä kutualueita ei pystytä kiertämään. Kutualueiden tarkempi selvitys vaatii kuitenkin lisäselvityksiä. Laajemmin koko Perämeren kaupallisesti tärkeiden kalalajien populaatiot huomioiden hankkeesta ei aiheudu merkittäviä haittavaikutuksia.**
Ravintoverkot	Kaikki tekijät, siltä osin kuin ne tunnetaan, esiintyvät tavanomaisessa runsaudessaan ja monimuotoisuudessaan ja tasolla, joka varmistaa lajien pitkän aikavälin runsauden ja niiden lisääntymiskapasiteetin täydellisen säilymisen.	Suomen merialueen ravintoverkko arvioidaan kokonaisuudessaan hyväksi koko Pohjanlahdella. Sen sijaan Ahvenanmeren-Saaristomeren alueella, Pohjois-Itämerellä ja Suomenlahdella useampi trofiakilta arvioitiin heikkoon tilaan, mikä tarkoittaa koko ravintoverkon olevan heikossa tilassa näillä alueilla. **Hankkeella ei ole merkittävää vaikutusta ravintoverkkoihin, merkittävimpien vaikutusten eli merenpohjan menetyksistä ja samentumisesta johtuva pohjaeläimistön kautta aiheutuva vaikutus arvioitiin tilapäiseksi.**
Rehevöityminen	Ihmisen aiheuttama rehevöityminen, erityisesti sen haitalliset vaikutukset, kuten biologisen monimuotoisuuden häviäminen, ekosysteemien tilan huononeminen, haitalliset leväkukinnat ja merenpohjan hapenpuute, on minimoitu.	Hyvää tilaa ei ole saavutettu. Suomen merialue on edelleen rehevöitynyt. Erityisesti ravinnepitoisuudet ja kasviplanktonin klorofyllipitoisuus ovat kaikilla avomerialueilla liian korkeita ja näkösyvyys liian matala. Yksittäisten rannikkovesityyppien tasolla ainoastaan Merenkurkun ulkosaariston tila on rehevöitymiskuvaajan suhteen hyvä. Jokien tuoma ravinnekuormitus ei ole laskenut 2000-luvulla, mikä ennustaa, että rehevöityminen ei tule parantumaan ilman merkittäviä kuormitusvähennyksiä. Perämeren osalta kokonaistyppi ja/tai -fosfori sekä näkösyvyys täyttävät keskimäärin hyvän tilan tavoitearvot rannikkovesissä, mutta eivät avomerellä. Perämeren avomerialueella ravinneindikaattoreista vain epäorgaaninen fosfori ilmensi hyvää tilaa. Kasviplanktonin määrää kuvaavan a-klorofylli-pitoisuuden, ja näkösyvyyden osalta kaikki Perämeren osa-alueet ovat heikossa tilassa. Pohjan happitilanne ja pohjaeläinyhteisöt ovat hyvässä tilassa Perämeren avimerialueella. Myös Perämeren ulommissa

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
		rannikkovesissä happipitoisuus on hyvä, mutta laskusuunnassa. **Hankkeen rakentamisvaiheen ruoppausten yhteydessä voi sedimentistä vapautuvien ravinteita, lähinnä fosforia, millä voi olla vähäinen merialueen rehevyyttä lisäävä vaikutus ja näkyä lisääntyneenä plankton- ja rihmalevätuotantoa paikallisesti Vaikutus on kuitenkin tilapäinen ja vain pieni osa sedimenttiin sitoutuneesta fosforista on suoraan perustuottajille käyttökelpoista ja päätyy tuottavaan pintakerrokseen tai rantavyöhykkeeseen.**
Merenpohjan koskemattomuus	Suoraan tai epäsuorasti merenpohjaan kohdistuvat vaikutukset ovat sellaisella tasolla, että ekosysteemien rakenne ja toiminnot on turvattu ja pohjaekosysteemiin ei kohdistu haitallisia vaikutuksia.	Tila oli vuonna 2018 pääosin hyvä ja hyvä tila on mahdollista ylläpitää toteuttamalla olemassa olevia ja joitain uusia toimenpiteitä. Perämeren syvien pohjien laajojen elinympäristöjen tila on hyvä. Merenpohjan koskemattomuudesta ei ollut päivitettyä tietoa saatavilla vuodelta 2024. **Hankkeessa menetetään merenpohjaa voimaloiden sekä merisähköasemien perustusten alta, lisäksi aiheutetaan häiriötä kaapelireittien alueella enimmillään muutamien kymmenien hehtaarien alalla vaihtoehdosta riippuen. Pohjia menetetään perustustavasta riippuen maksimissaan noin 0,2 km² (0,04 %) alueella tuulivoimapuistossa. Tuulivoimapuiston merenpohja on karua ja vähälajista ja elinympäristöjen tila on arvioitu hyväksi (ulkomeren elinympäristö, ulkomeren pohjaeläinyhteisöindikaattorit). Hankkeen suunnittelun edetessä tarkennetaan tietoja habitaattikohtaisten menetysten osalta.** **Ekosysteemin rakenne ei häiriinny voimalarakenteiden aiheuttamien pohjien menetysten johdosta eikä rakentamisella ole merkittävää vaikutusta ottaen huomioon koko Perämeren merenpohjan laajat elinympäristöt.**
Hydrografiset muutokset	Olosuhteiden pysyvät muutokset eivät vaikuta haitallisesti meren ekosysteemeihin	Hydrografisten muutosten pinta-alat arvioitiin kokonaisuudessaan vähäisiksi kaikilla alueilla ja siksi Suomen rannikkovedet ovat niiden osalta hyvässä tilassa. Perämerellä muuttuneiden rannikkoalueiden pinta-alaksi arvioidaan 0,25 %. **Tuulivoimapuiston rakenteet sekä vedyntuotannosta aiheutuva vähäinen suola- ja lämpökuorma vaikuttavat paikallisesti hydrografisiin olosuhteisin voimaloiden lähialueella. Tuulivoimapuiston toiminnan aikainen tuulihäviö vaikuttaa vesien virtauksiin ja sekoittumiseen laajalla alueella, mutta nämä muutokset arvioitiin kokonaisuutena lieviksi. Hydrografisista muutoksista aiheutuvat ekosysteemitason vaikutukset arvioitiin vähäisiksi.**

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
Epäpuhtauksien (haitalliset ja vaaralliset aineet) pitoisuudet	Pitoisuudet tasoilla, jotka eivät johda pilaantumisvaikutuksiin.	Ympäristömyrkkyjen pitoisuudet ovat yleisesti vähentyneet Itämeressä, mutta yksittäisten aineiden pitoisuudet ovat edelleen liian korkeita ja osoittavat heikkoa tilaa. Koko merialueen mittakaavassa 80 % mitatuista aineindikaattoreista osoittavat hyvää tilaa ja 20 % heikkoa tilaa. Liian korkeita pitoisuuksia mitataan tributyylitinalle ja kuparille pintasedimentissä sekä palonestoaineille (PBDE) ahvenessa ja silakassa. **Hankkeesta ei arvioitu aiheutuvan merialueelle kuin korkeintaan vähäistä haitallisten aineiden kuormitusta liittyen lähinnä rakentamisvaiheen ruoppauksiin. Tuulivoimalat on suunniteltu niin ettei niistä pääse vuotamaan tai liukene haitallisia aineita vesistöön.**
Kalojen epäpuhtaustasot	Epäpuhtaustasot eivät ylitä lainsäädännössä tai muissa asiaa koskevissa normeissa asetettuja tasoja.	Suomalaiset syövät Itämerestä pyydystetyistä kaloista eniten silakkaa, ahventa ja lohta. Silakasta mitattujen 10 vaarallisen aineen pitoisuudet ovat vuoden 2017 mittauksien mukaan kaikki alle haitallisia vaikutuksia osoittavan kynnysarvon. Arvio osoittaa Itämeren olevan hyvässä tilassa syötäväksi tarkoitetun silakan osalta. **Hanke ei aiheuta muutoksia kalojen haitta-ainepitoisuuksissa, sillä ruopattavien ja läjitettävien sedimenttien haitta-ainepitoisuudet ovat pääsääntöisesti matalia eikä kertymistä aiheudu**.
Meren roskaantuminen	Ei aiheuta ominaisuuksiltaan eikä määrältään haittaa rannikko- ja meriympäristölle.	Roskien määrä rannoilla on arvioitu ensimmäistä kertaa meriympäristössä ja tila arvioitiin hyväksi Selkämerellä ja Merenkurkussa. Perämeren, Saaristomeren ja Suomenlahden rannoilla roskamäärät ylittävät kuitenkin kynnysarvon. Mikroroskien ja merenpohjan makroroskien osalta tila-arviota ei vielä voitu tehdä, sillä seurantatietoa ei ole kertynyt riittävästi, eikä niille ole asetettu hyvän tilan kynnysarvoja. **Hankkeessa pyritään ensisijaisesti käyttämään rakennusmenetelmiä, joista ei aiheudu roskaantumista. Vähäistä roskien leviämistä saattaa aiheutua rakentamisvaiheessa. Roskien ajautumista rannoille seurataan havaintojen perusteella ja havaitut roskat kerätään pois.**
Energia ja melu	Ei ole tasoltaan sellaista, että se vaikuttaisi haitallisesti meriympäristöön	Vedenalaista melua arvioidaan jatkuvan ja hetkellisen melun avulla. Hetkellisen melun kannalta tila arvioidaan hyväksi, mutta arviossa on suurta epävarmuutta johtuen aineiston heikosta saatavuudesta, koska se kerätään vapaaehtoisella ilmoitusmenettelyllä. Jatkuva melu ylittää luontaisen äänenpainetason 20 dB:llä yli viidesosassa Suomenlahden ja Pohjois-Itämeren altaista, mikä ylittää kansainvälisesti

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
		sovitun kynnysarvon ja nämä merialueet arvioitiin heikkoon tilaan. **Tuulivoimaloiden rakentamistyöt ja niihin liittyvä alusliikenne lisäävät hetkellistä vedenalaista melua alueella ja toiminnan aikana syntyy vähäistä jatkuvaa vedenlaista melua. Hankkeen ei arvioida olennaisesti heikentävän meriympäristön tilaa Perämerellä vedenalaisen melun osalta.**

5.7 Arvioinnin epävarmuudet

Arvioinnissa käytettiin aineistona taulukossa 5-1 esitettyjä aineistoja merialueen ympäristön ominaisuuksista ja tilasta sekä mallinnusta sameuden, sedimentaation, lämpötilan, suolapitoisuuden ja virtausten muutoksista (*liite 3, Niras 2023a, päivitetty 2024*). Jotkut aineistoista olivat mallinnuksia eivätkä mallit kuvasta todellisuutta yhtä varmasti kuin luonnossa havaittu tai mitattu tieto.

Keskeisenä vaikutusalueen määrittelyssä käytettiin hankkeessa laadittua virtaus- ja vedenlaatumallinnusta. Mallinnus on parhaimmillaankin yksinkertaistettu matemaattinen kuvaus vesien liikkeistä ja aineiden kulkeutumisesta ja mallinnuksiin liittyy aina epävarmuutta. Hankkeessa käytetyn mallin toimivuutta testattiin kalibroimalla se paikallisiin olosuhteisiin käyttäen olemassa olevaa dataa mm. vedenkorkeuksista, virtauksista, lämpötilasta ja suolaisuudesta. Mallinnuksessa jouduttiin tekemään paljon oletuksia liittyen mm. tuulivoimaloiden rakenteisiin, rakentamisvaiheen työmenetelmiin ja niistä aiheutuvaan kuormitukseen sekä töiden aikatauluun. Oletukset pyrittiin tekemään kuitenkin maksimivaikutusperiaatteella ja tulokset kuvaavat siten laajinta mahdollista vaikutusta ja osittain menevät sen ylikin. Mallinnusta tarkennetaan hankkeen myöhemmissä vaiheissa, kun tarkempi kokoonpano, pohjatutkimukset yms. tarkentuvat hankkeen edetessä. Yleisesti mallinnus on paras tapa simuloida uuden hankkeen konkreettisia vaikutuksia ja epävarmuustekijöistä huolimatta, laskenta antaa hyvän kuvan sedimentin maksimaalisesta leviämisestä vesistössä rakennusaikana sekä käytönaikaisista muutoksista merialueen hydrodynamiikassa. Mallitulosten tulkinnassa yksittäisille laskentatuloksille ei tule antaa liikaa painoarvoa, vaan mallinnuksen tarkoitus on kokonaisuutena auttaa asiantuntijoita johtopäätösten teossa.

Muita käytettyjä malleja olivat mm. GTK:n malli riutoista ja vedenalaisista hiekkasärkistä, SYKEn mallit uhanalaisista luontotyypeistä, GTK:n malli merenpohjan kovista ja pehmeistä pohjista, jonka perusteella merituulivoimapuiston vedenalaisten luontotyyppien ja kiinnittyvien pohjaeläinten kartoitukset kohdistettiin alueen koville pohjille sekä Traficomin merikartta-aineisto, jonka perusteella kaapeli-/vetyputkireittien vedenalaisten luontotyyppien ja pohjaeliöstön kartoitukset kohdistettiin riuttamaisille kohoumille.

Mallien käyttö on perusteltua, sillä etenkin syviltä merialueilta on hyvin vähän olemassa olevaa tietoa mm. pohjanlaadusta ja lajistosta. VELMU-kartoitukset ovat hankealueella kohdistuneet lähinnä monimuotoisuuden kannalta tärkeimpiin mataliin alueisiin. Kenttäkartoituksissa raportoitiin lajiston lisäksi pohjalaatu, joten arviossa pystyttiin hyödyntämään mallia tarkempaa aineistoa pohjanlaadusta. Kerätty aineisto yhdessä VELMU-hankkeen materiaalien kanssa antaa yhtenäisen ja riittävän tarkan käsityksen alueen vedenalaisista luontoarvoista. Mallien avulla selvitettiin lisäksi ympäristössä tapahtuvia muutoksia, joita havaintoaineistolla ei voida tutkia, joten tässäkin kohdin mallin käyttö on perusteltua.

Hankealueelta ei ole kenttäkartoituksin varmennettua tietoa alueella esiintyvistä riutoista ja vedenalaisista hiekkasärkistä. Kartoituspisteiden sijainti määritettiin ennalta perustuen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

merituulivoimapuistossa GTK:n kovat ja pehmeät pohjat -malliin ja kaapeli-/vetyputkireiteillä Traficomin merikartta-aineistoon tavoitteena kohdistaa kartoitukset alueen koville pohjille ja potentiaalisille riutoille. Koviin pohjiin luokittuvat maalajit sorasta lohkareisiin sekä kalliopaljastumat ja pehmeisiin pohjiin maalajit liejusta hiekkaan. Kartoitukset kohdistuivat kovien pohjien lisäksi pehmeille pohjille, etenkin hiekkapohjille, joten malliin merenpohjan kovista ja pehmeistä pohjista liittyy jonkin verran epävarmuutta. Merituulivoimapuiston alueella 56 % pisteistä kohdistui koville pohjille (kovan pohjan osuus yli 50 % kartoitetun alueen pinta-alasta) ja kaapeli-/vetyputkireiteillä 38 %.

Merikartta-aineisto on myös osittain mallinnettua tietoa, jolloin kartalla sijaitseva kohouma ei välttämättä todellisuudessa ole kohouma. Tulokset kartoitusten lajistosta ja luontotyypeistä eivät täysin luotettavasti kuvaa alueen riuttojen lajistoa, sillä kartoituksia ei kohdistettu kenttäkartoituksin varmistetuille riutoille.

Natura-luontotyyppikuvauksista puuttuvat Perämeren riutat, jotka poikkeavat hyvin paljon Natura-luontotyyppikuvauksen riutoista. Perämeren riutat tulisikin tarvittaessa lisätä Natura-luontotyyppilistaukseen luontotyyppikuvauksineen vaikutusten arvioinnin tueksi, jotta kaikilla olisi yhtenäinen käsitys siitä mikä on Perämerelle tyypillisten riuttojen asema niiden edustavuuden ja suojelun näkökulmasta. Metsähallituksen luonnonsuojelun erityisasiantuntijan, Essi Keskisen, mukaan Perämeren riutat ovat monimuotoisimmillaan 2–5 metrin syvyydellä, etenkin jokisuistojen läheisyydessä ja kun niillä esiintyy eri vesisammallajeja (*Keskinen 2024*). Tässä arvioinnissa on käytetty aineistona sekä GTK:n mallia riutoista että edellä mainittua kuvausta Perämeren riuttojen monimuotoisuudesta.

Hankkeen jatkotutkimuksissa potentiaalisten riuttojen sijainti tulee selvittää kaikuluotausten perusteella. Viistokaikuluotauksen avulla voidaan selvittää kohoumien pohjanlaatua, jolloin saadaan selville, onko kyse riutasta vai hiekkasärkästä, ja varmistaa rinteiden jyrkkyys, ettei kyse ole todellisuudessa lähinnä tasaisesta pohjasta. Viistokaikuluotausaineiston perusteella drop video- ja sukelluskartoitukset voidaan kohdistaa riuttamaisille kohoumille ja kartoittaa niiden lajistoa ja esimerkiksi kudun esiintymistä ja näin arvioida kyseisten riuttojen luontoarvoja. Alueella yleisenä esiintyvästä palleroahdinparran elinkaaresta ei ole tietoa, jolloin ei pystytä suosittelemaan sellaista rakennusajankohtaa, jolloin haitalliset vaikutukset levän lisääntymiseen jäisivät mahdollisimman pieniksi (*Luontoportti 2024*). Palleroahdinparta pystyy kuitenkin elämään ilman kiinnittymistä, joten haittavaikutukset eivät ole niin suuret kuin ne voisivat olla muille levälajeille.

Epävarmuutta liittyy mm. siihen, että tuulivoimaloiden lopulliset rakennuspaikat eivät ole tässä vaiheessa vielä tarkasti tiedossa. Lopulliset sijaintipaikat ratkeavat vasta voimalamallin valinnan, geoteknisten tutkimusten ja tarkemman rakennussuunnittelun jälkeen.

Merituulivoimapuistojen vaikutuksia hylkeisiin on tutkittu jonkin verran, mutta kattavaa tutkimusaineistoa ei ole saatavilla. Hylkeiden kanta-arviot ja tiedot vuodenaikaisvaelluksista ovat suuntaa antavia ja niihin liittyy epätarkkuuksia. Olemassa olevan tutkimustiedon määrä on vähäinen.

5.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Vedenlaatu ja vedenalainen luonto

Rakentamisvaiheen aikaisia vaikutuksia vedenlaatuun ja sedimenttiin voidaan vähentää voimalapaikkojen ja kaapelireittien ja/tai vetyputkireittien tarkalla suunnittelulla. Myös työmenetelmien valinta vaikuttaa merkittävästi pohjan muokkaustarpeeseen ja leviävän kiintoainekuormituksenmäärään. Esimerkiksi vesipainepuhalluksen käyttäminen kaapelien/vetyputken asentamisessa on vähäisemmät samentuma- ja sedimentaatiovaikutukset kuin ruoppauksella ja läjityksellä. Työvälineiden valinta riippuu osittain mm. pohjaolosuhteista, jolloin ne eivät ole täysin vapaasti valittavissa. Rakennustöiden aikana kiintoaineksen leviämisen estämiseksi etenkin herkille alueille voidaan käyttää siltti- tai kuplaverhoja. Toiminnan aikana tuulivoimaloiden kunto

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tarkistetaan säännöllisesti ja esimerkiksi lavat korjataan, jos pintakerrokseen on tullut kulumia. Näin voidaan ehkäistä aineiden liukenemista voimalamateriaaleista.

Pohjien menettämistä arvokkailta alueilta (luontodirektiivin luontotyypit, uhanalaiset lajit ja luontotyypit, suojelualueet, EMMA-alueet) ehkäisee tuulivoimaloiden perustusten, merikaapelien/vetyputken sijoittaminen näiden alueiden ulkopuolelle. Rakentamisen ajoittaminen levien lisääntymisajan ulkopuolelle auttaa levien lisääntymisessä, kun kovat pinnat eivät ole sedimentin peitossa ja niiden on mahdollista kiinnittyä. Oikeaa ajoitusta vaikeuttaa se, että alueella yleisenä esiintyvän palleroahdinparran elinkaaresta ei tiedetä paljonKaapelien/vetyputken rantautumisalueilla on havaittu uhanalaisia vesikasveja, joista osa on melko vanhoja havaintoja, joten uhanalaisten kasvilajien kartoitusta olisi suotavaa tehdä lisää sopivan rantautumisalueen löytämiseksi. Rakennusaikaisten mahdollisten yhteisvaikutuksien lieventämiseksi tulee toteuttaa hankkeiden välistä koordinaatiota ja toteuttaa mahdollisuuksien mukaan lähellä sijaitsevien kohteiden rakentaminen eri aikaan.

Merinisäkkäät

Merinisäkkäisiin kohdistuvien negatiivisten vaikutusten arvioitiin muodostuvan pääasiallisesti vedenalaisesta melusta, jonka lieventämiseen on olemassa teknisiä ratkaisuja, etenkin rakentamisen ajalle. Vaimennusvaikutus, joka on tyypillisesti noin 10–20 dB:ä on sidoksissa valittavaan tekniikkaan (*Meriläinen 2019, Koschinski & Lüdemann 2013*). Meluntorjuntakeinoja ovat vaarallisen voimakkaan äänialtistuksen vaimentaminen louhintaräjäytyksissä, jolla vähennetään merinisäkkäiden (ja kalojen) fyysisen kuulovaurion riskiä sekä karkottimien käyttö, jota voidaan kokeilla ennen meluavia työvaiheita. Melutasoa voidaan myös pyrkiä lisäämään vaiheittain, millä on karkottava vaikutus merinisäkkäisiin. Yksi yleisesti käytetty menetelmä on myös kuplaverho (Kuva 5-41), jota käytetään varsinkin paalutus- ja räjäytysoperaatioissa. Kuplaverho muodostetaan päästämällä paineilmaa pohjasta rei'itetyn letkun läpi, joka on ankkuroitu ja painotettu pysymään pohjassa. Ilmassa ja vedessä on erilainen akustinen impedanssi ja kun ääniaalto kohtaa ilmakuplat, ne toimivat paineen vapauttajana suuren impedanssieron vuoksi. Kuplilla on myös resonanssitaajuus, joka absorboi ääntä. Kuplaverhojen vaikutusta saadaan lisättyä luomalla erikokoisia kuplia ja kasvattamalla ilmavirtaa. (*Meriläinen 2019, Koschinski & Lüdemann 2013.*)

Kuva 5-41. Kuplaverho (Kuva: Meriläinen, T 2019).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

6 KALASTO JA KALASTUS

YHTEENVETO:

- Merituulivoimapuiston kalasto on harvalukuista koostuen pelagisista parvikaloista, alueen läpi kulkevista vaelluskaloista sekä pohjakaloista. Alueella ei sijaitse käytössä olevien tietojen perusteella kaupallisesti tärkeiden kalalajien merkittäviä kutualueita, pohja on pitkälti karua hiekka- ja kivikkopohjaa. Tuulivoimapuiston alueella harjoitettava kalastus on vähäistä.
- Kaapelireittien alueella harjoitetaan kaupallista rannikkokalastusta monipuolisesti verkko- ja rysäpyynnillä sekä troolikalastamalla. Reitin MVE1/VVE1 kutu- ja poikastuotantoaluepotentiaali sekä kalataloudellinen arvo vaikuttaa parhaimmalta suhteessa muihin kaapelireitteihin ja alueella esiintyy useita silakan ja karisiian kutualueita, joita esiintyy myös muillakin reiteillä.
- Merituulivoimapuiston sekä kaapelireittien MVE2 ja MVE3 osalta kalasto ja kalastuksen merkitys arvioitiin herkkyydeltään kohtalaiseksi. Kaapeli/vetyputkireitin MVE1/VVE1 herkkyys arvioitiin suureksi.
- Voimaloiden rakentamistöistä ja ruoppausmassojen läjityksestä aiheutuva samentuminen, vedenalainen melu ja lisääntynyt laivaliikenne voivat aiheuttaa kalojen ml. lohien karkottumista tai vaellusreittien muutoksia, joka on luonteeltaan tilapäistä. Tuulivoimapuiston laajuus huomioon ottaen kalastoon kohdistuva vaikutus arvioitiin kohtalaiseksi kielteiseksi. Lisäksi haittavaikutusta aiheutuu lisääntyneestä sedimentaatiosta, joka ei kuitenkaan uhkaa kaupallisesti tärkeitä kalalajeja tai niiden mahdollisia kutualueita tuulivoimapuiston alueella. Tehtyjen habitaatti- ja pohjatutkimusten perusteella tuulivoimapuistoalueen matalimmatkaan osat eivät ole kovin monimuotoisia meriluonnon tai kalojen elinympäristön kannalta.
- Kaapeli-/vetyputkireittien alueella samentumisesta ja lisääntyneestä sedimentaatiosta aiheutuva haittavaikutus on hetkellisesti kohtalaista, mutta haitta rajoittuu vain rakentamisen aikaan. Kalastus voi joillain alueilla estyä kokonaan rakentamisaikana ja samentuminen voi aiheuttaa mm. pyydysten likaantumista, jolla voi olla vaikutusta kalansaaliisiin. Rakentamistöistä kalastukseen kohdistuvat haittavaikutukset arvioitiin vähäisiksi tuulivoimapuiston alueella ja kohtalaisiksi kaapelireittien alueella.
- Sedimentin haitta-ainepitoisuudet ovat matalia eikä ruoppauksesta, läjityksestä tai kaapeleiden asennustöistä aiheudu kalastoon kohdistuvaa kertymisriskiä.
- Rakentamisaikainen melu arvioitiin vaikutukseltaan kohtalaiseksi, kun perustusten rakennusvaihtoehto olisi paalutus ja käytettäisiin lievennyskeinoja (tuplakuplaverho). Muiden perustustapojen osalta vaikutukset olisivat korkeintaan samaa tasoa ilman lievennyskeinoja. Yhteisvaikutuksia voi syntyä, mikäli rakennustöitä tehdään usealla merituulivoiman hankealueella yhtäaikaisesti.
- Kalastoon, ml. lohikaloihin, kohdistuvat melu-, välke- ja varjovaikutukset sekä sähkömagneettisen säteilyn aiheuttamat käytön aikaiset vaikutukset ovat vähäisiä. Myös vedyntuotannosta aiheutuvan suola- ja lämpökuormituksen vaikutus arvioitiin vähäiseksi.
- Tuulivoimapuiston toiminnan aikaisista haittavaikutuksista merkittävimmäksi arvioitiin yleinen kalojen elinympäristön muuttuminen ja pohjien menettäminen. Voimalayksiköt tullaan sijoittamaan laajalle merituulivoimapuiston alueelle siinä määrin väljästi, ettei niillä todennäköisesti ole fyysisen esteen muodossa esiintyvää vaikutusta vaelluskalojen eikä muiden kalalajien liikkumiseen tai käyttäytymiseen, sillä kalat voivat väistää voimalarakenteet. Kalojen käyttämät reitit voivat kuitenkin mahdollisesti muuttua, etenkin usean hankkeen yhteisvaikutuksena. Merituulivoimapuiston laajuus sekä kaapelireittien pituus huomioon ottaen moninaiset haittavaikutukset kaikkine epävarmuustekijöineen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kalojen elinympäristöön arvioitiin kokonaisuudessaan kohtalaisiksi molemmissa hankevaihtoehdoissa.

- Vaikka troolikalastus voi tuulivoimapuiston myötä vaikeutua, tuulivoimapuiston toiminnan aikainen kalastukseen kohdistuva haittavaikutus arvioitiin vähäiseksi, myös muut vaikutukset kuin kalastuksen estyminen (esimerkiksi meluvaikutus, elinympäristöjen muuttuminen ja niiden vaikutus kalansaaliisiin) huomioon ottaen. Kaapelireittien alueella kalastukselle aiheutuvat haittavaikutukset voivat olla vähäisiä tai kohtalaisia valitusta kaapelien asennus- ja suojaustavasta riippuen. Vaikutukset voivat voimistua, mikäli kaapelireittejä on käytössä kaksi.

6.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoiman käytön ja siihen liittyvien rakenteiden aiheuttamia kalastoon ja kalastukseen vaikuttavia tekijöitä voivat olla yleisesti ottaen muun muassa voimalarakenteet itsessään, rakentamisen aikainen veden samentuminen, kalojen käyttäytymisen muuttuminen tai karkottuminen veden laadun, virtausmuutosten, sähkömagneettisten kenttien tai melun takia, millä voi edelleen olla vaikutusta myös kalastukseen. Kalastukseen kohdistuvia muutoksia voi aiheutua myös esimerkiksi rakentamisenaikaisesta liikkumisrajoituksista johtuen. Vedyntuotanto voi aiheuttaa paikallisia suolapitoisuuden sekä lämpötilan nousuja tuulivoimapuiston alueella. Kaloihin ja kalastukseen kohdistuvia vaikutuksia ja vaikutusmekanismeja niiden taustalla on kuvattu laajemmin luvussa 6.3.

Kalastoon ja kalastukseen kohdistuvia vaikutuksia arvioitiin asiantuntijatyönä olemassa olevaan tietoon (mm. velvoitetarkkailut, VELMU-aineisto, kalatalousalueiden käyttö- ja hoitosuunnitelmat) ja vesistövaikutusarvioon perustuen, minkä lisäksi on tehty lukuisia erillisselvityksiä (Taulukko 6-1), joiden sisältö kuvataan lyhyesti myös seuraavissa kappaleissa. Tarkemmat tiedot erillisselvityksistä löytyy YVA-selostuksen liitteistä.

Sekä merituulivoimapuiston että kaapelireittien alueella harjoitettavan **kaupallisen kalastuksen** osalta selvitettiin pyyntialueet, kalastajien määrä, saalistiedot sekä pyyntiponnistus tilastoruuduilta 5, 10 ja 11. **Kalastustiedustelu** on toteutettu kahdesti: vuonna 2022, jolloin tiedusteltiin myös tilastoruutujen 6 ja 7 kalastusta (vuoden 2021 pyynnistä, *Kala- ja vesitutkimus 2023a*, liite 7) sekä vuonna 2023 (vuoden 2022 pyynnistä, *Kala- ja vesitutkimus 2023b*, liite 8). Tiedustelujen avulla kerättiin lisäksi tietoja hankealueen kalalajistosta ja kutualueista, vaelluskaloista ja niiden kulkureiteistä, uhanalaisista lajeista ja kaupallisesti merkittävistä kalalajeista. Tietoja tarkennettiin myös puhelimitse alueen kalastajien kanssa. Troolikalastuksen osalta hankittiin lisäksi Luonnonvarakeskuksen keräämä avoin paikkatietoaineisto (VMS-aineisto, vuodet 2018–2022) (*Lappalainen ym. 2023*). Vaelluskalojen esiintymistä selvitettiin tiedustelun antamien tietojen lisäksi kirjallisuuskatsauksella sekä muuhun olemassa olevaan tietoon perustuen (mm. merkkipalautukset) (*Kala- ja vesitutkimus 2023b*, liite 8).

Vapaa-ajankalastuksen osalta tiedot perustuvat alueen velvoitetarkkailuihin sekä hankkeessa tehtyyn asukaskyselyyn (liite 9).

Kevätkutuisten kalalajien, erityisesti silakan lisääntymistä selvitettiin **verkkopyynnillä COASTAL-koeverkoilla**. Kutupyyntiä tehtiin soveltuviksi tunnistetuilla 10–20 metriä syvyisillä lisääntymisalueilla tuulivoimapuiston alueella sekä sen itäpuolella sijaitsevilla matalikoilla. Pyyntialueita oli 4 kpl, joissa jokaisessa 15 COASTAL-verkkoyötä. Koekalastuksen lisäksi pyyntialueilla suoritettiin silakan kutuparvien etsintää kaikuluotaamalla. Koekalastuksen aikaan (13.–23.6.) luotaus painottui kulloinkin pyynnissä olleiden verkkopaikkojen läheisyyteen ja niiden välisille alueille. Lisäksi 27.6.–29.6. käytettiin kokonaisuudessaan silakan kutuparvien etsintään luotaamalla alueita A–D (luku 6.2). (*Kala- ja vesitutkimus 2023c*, liite 10).

Merituulivoimapuiston alueella tehtiin kalojen **habitaattikartoituksia** heinäkuun 2022 aikana. Pohjanlaatua ja muita habitaatin soveltuvuutta määrittäviä tekijöitä tutkittiin

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

viistokaikuluotauksella ja vedenalaiskamerakuvauksin (drop-kamera). Vedenalaiskuvauksien perusteella arvioitiin eri pohjanlaatuluokkien osuudet alueilla ja näiden, sekä muiden tehtyjen havaintojen perusteella laadittiin arvio alueiden soveltuvuudesta eri kalalajien habitaateiksi eri elinkierron vaiheissa. (*Kala- ja vesitutkimus 2023c*, liite 10)

Vaihtoehtoisten kaapeli- ja vetyputkireittien osalta on tehty synteesimäistä **kutualue- ja poikasaluetarkastelua** (*Kala- ja vesitutkimus 2023b*, liite 8). Tarkastelussa hyödynnettiin useita eri aineistoja, jotka kuvataan tarkemmin liitteessä 8.

Kaloille soveltuvista riuttamaisista ja särkkämäisistä kohteista ja muista luontotyypeistä on saatu tietoa myös hankkeessa tehdyissä **vedenalaisen luonnon kartoituksissa** vuosina 2022 ja 2023 (luku 5.1.3)

Meriharjuksen kutualueselvitys tehtiin kaupallisen kalastuksen tiedustelun pohjalta ilmenneiden tietojen pohjalta. Merikutuisen harjuskannan mahdollisen lisääntymisen todentamiseksi toteutettiin toukokuussa 2023 kutupyynti kalastajien ilmoittamien lisääntymisalueiden ympäristössä Peltomatalan ja Heikinkarin välisellä merialueella Raahen terästehtaan edustalla (katso luku 6.2, liite 8). Kutupyynnin yhteydessä pyrittiin arvioimaan karkealla tasolla alueiden soveltuvuutta meriharjuksen kutuun.

Vedenalaisen melun vaikutusten arvioinnin tueksi on laadittu **mallinnus,** jossa on arvioitu myös kalastoon kohdistuvia vaikutuksia (katso myös luku 15) (*Niras 2023b,* liite 6). Lisäksi on laadittu **virtaus- ja vedenlaatumallinnus** (*Niras 2023a*, liite 3).

Edellä mainittujen arviointien ja selvitysten tulosten pohjalta on tehty yhteenveto, jossa arvioidaan eliöstön sopeutumista mahdollisesti muuttuneisiin olosuhteisiin sekä tilapäisiä että mahdollisia pysyviä vaikutuksia merialueen kalakantoihin ja kalastukseen. Vaikutusalueena tarkastellaan hankealuetta sekä arvioitua rakentamisvaiheen samentumien leviämisaluetta. Hankkeessa arvioidaan kaapelireittien osalta neljää erillistä hankevaihtoehtojen kombinaatiota (MVE1 (10 kaapelia), MVE1 (5 kaapelia) + MVE2 (5 kaapelia), MVE1 (5 kaapelia) + MVE3 (5 kaapelia), MVE2 (5 kaapelia) + MVE3 (5 kaapelia)), mutta pääsääntöisesti vaikutukset on arvioitu jokaiselle reittivaihtoehdolle erikseen, mutta myös vaihtoehtojen yhdistelmät huomioiden, mikäli sillä on vaikutuksen kautta merkitystä.

Taulukko 6-1. Kalastoon ja kalastukseen kohdistuvassa vaikutusarvioinnissa käytetyt aineistot.

Vaikutusarvioinnissa käytetyt aineistot
Kaupallisen kalastuksen kalastustiedustelu vuoden 2021 kalastuksesta (tilastoruudut 5,6,7,10,11) (liite 7)
COASTAL-verkkokoekalastukset vuonna 2022 merituulivoimapuiston matalilla alueilla (liite 10)
Kalojen habitaattikartoitukset kaikuluotauksin ja vedenalaiskamerakuvauksin merituulivoimapuiston matalilla alueilla vuonna 2022 (liite 10)
Kaupallisen kalastuksen kalastustiedustelu vuoden 2022 kalastuksesta (tilastoruudut 5, 10,11) (liite 8)
Asiantuntija-arvio ja kirjallisuuskatsaus vaelluskalojen esiintymisestä sis. Luonnonvarakeskuksen merkkipalautusaineistot sekä kalastustiedustelujen havainnot (liite 8)
Asiantuntija-arvio kalojen lisääntymisalueista (eri aineistoihin perustuva synteesi) (liite 8)
Meriharjuksen kutualueselvitys (liite 8)
Vedenalaisen luonnon kartoitukset vuosina 2022 ja 2023 merituulivoimapuistossa ja kaapelireiteillä (liite 4)
Muu käytettävissä oleva aineisto (velvoitetarkkailut, Luonnonvarakeskuksen VMS-aineisto, VELMU-hankkeen aineistot, kirjallisuustiedot mm. kalatalousalueen käyttö- ja hoitosuunnitelmat sekä tutkimuskirjallisuus)
Asukaskysely (vapaa-ajankalastukseen liittyvät kysymykset) (liite 9)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutusarvioinnissa käytetyt aineistot
Vedenalaisen melun mallinnus (liite 6)
Virtaus- ja vedenlaatumallinnus (liite 3)

6.2 Nykytila

6.2.1 Kalalajisto

Pienen suolapitoisuuden takia Perämeren kalastosta valtaosa on alkuperältään makean veden lajeja. Perämeren kalat voidaan jaotella lämpimän ja kylmän veden lajeihin sen mukaan, millaista lämpötilaa ne suosivat. Lämpimän veden kalat (ahven, särki, kiiski, lahna, säyne, hauki ja salakka) esiintyvät ympäri vuoden matalissa rantavesissä ja pysyttelevät suhteellisen rajatuilla alueilla. Kylmän veden kalat, kuten silakka, muikku, siika ja härkäsimppu, elävät useimmiten syvissä vesissä kaukana rannasta, mutta tulevat talvisin matalaan veteen. Vaikka monia kylmän veden kaloja esiintyy ajoittain kaukana rannikosta, elävät niistä useimmat pääosin saaristoalueella ja rannikkovesissä. Ulapalla yleisiä ovat silakka, muikku, kuore ja ajoittain lohi, talvisin kolmipiikki. Lohta liikkuu ulappa-alueilla runsaasti, mutta Perämerellä niitä on ainoastaan tiettyinä vuodenaikoina. Meritaimenta on vähän (*Kronholm ym. 2005*). Meritaimenta istutetaan Perämereen, mutta merkintätutkimusten mukaan taimenista 80 % pyydetään muutaman ensimmäisen merivuoden aikana, ennen kuin ne ehtivät kasvaa sukukypsiksi. (*Korpinen ym. 2018*). Kaupallisten kalakantojen tila on kuitenkin arvioitu kokonaisuudessaan hyväksi (*Korpinen ym. 2018*). Merialueilla kalaston ekologista tilaa ei arvioida vastaavasti kuin sisävesissä.

Merituulivoimapuisto sijaitsee ulkomerialueella, jossa vesisyvyys vaihtelee välillä 12–61 metriä. Merituulivoimapuiston koillispuolelle sijoittuu Merikallojen matalikko, jossa on perinteisiä kalastajien pyyntipaikkoja ja tiedossa olevia kutualueita. Tyypillisesti matalikkojen läheisyydessä kalasto on monipuolisempaa kuin ulkomerialueen syvillä pohjilla. Pääosin alueen kalasto muodostuu pelagisista parvikaloista (silakka, kilohaili, kuore, piikkikalat), vaelluskaloista (lohi, meritaimen ja vaellussiika) sekä pohjakaloista (esimerkiksi härkäsimppu, kiiski ja kivinilkka). Ajoittain alueella esiintyy lisäksi ahventa ja karisiikaa. Merituulivoimapuiston alueella tehdyissä koeverkkokalastuksissa (COASTAL-koeverkot) saatu kalamäärä oli sekä lajistoltaan että määrältään melko vähäinen kokonaissaaliin ollessa 49 kg (60 verkkoa), mikä kuvastaa alueen harvahkoa kalastoa. Pääasiassa saaliiksi saatiin silakkaa, kuoretta, härkäsimppua ja kiiskeä. Osalla verkkoalueista esiintyi myös siikaa. Yksittäisiä yksilöitä tuli myös kivinilkkoja, tuulenkaloja, muikkuja, kolmipiikkejä, ahventa sekä lohen vaelluspoikanen. Yhteensä havaittuja kalalajeja oli 11, mutta huomioitava on, että koeverkkopyyntiä ei tehty standardinmukaisena ajankohtana, vaan se toteutettiin jo kesäkuussa osana silakan lisääntymisen määrän selvitystä. Habitaattikartoituksen perusteella merituulivoimapuiston alue on karua kasvitonta kivikko- ja hiekkapohjaa, joka on sopivaa habitaattia lähinnä härkäsimpulle. Alue voi arvion mukaan toimia useiden lajien kuten silakan, ahvenen ja siian syönnösalueina (*Kala- ja vesitutkimus 2023c*, liite 10).

Tarkempia tietoja kalaston tilasta on saatavilla myös merikaapelin/vetyputken MVE1/VVE1 alueelta perustuen Raahen edustan velvoitetarkkailuun (*Eurofins Ahma 2023*), jossa on toteutettu verkkokoekalastuksia. Reittien MVE2 ja MVE3 alueilla ei ole toteutettu vastaavia kalastoseurantoja (*Koekalastusrekisteri 2024*). VELMU-hankkeessa on Raahen edustalla toteutettu kutualuekartoituksia, GULF-poikasseurantoja sekä poikasnuottauksia, joiden tiedot esitetään jäljempänä osana tehtyä kutualuesynteesiä (luku 6.2.4, liite 8).

Raahen edustan merialueella tehdyissä COASTAL-verkkokoekalastuksissa on todettu ahvenen olevan merkittävin saalislaji, ja saaliin on todettu kasvaneen viimeisimmissä verkkokoekalastuksissa. Myös lahnan osuuden havaittiin kasvaneen vuonna 2022. Vuonna 2022 Raahen edustalla havaittiin ensimmäistä kertaa myös haitallista vieraslajia mustatäplätokkoa, jonka levittäytyminen Perämerelle on käynnissä. (*Eurofins Ahma 2023)*

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankealueella tiedossa olevat kalaistutukset tehdään pääasiassa vaellussiian poikasilla jokisuille (Siikajoki, Pattijoki), mutta istutuksia on tehty myös mm. Mikonkarille sekä Siniluotoon. Siikaistutukset toteutetaan suurelta osin vastakuoriutuneilla poikasilla, mutta myös 1-kesäisiä poikasia käytetään. Esimerkiksi Siikajokisuulle on vuosien 2011–2021 välisenä aikana istutettu vuosittain vaihtelevasti 518 500–1 661 000 siian vastakuoriutunutta poikasta. Siikaistutusten lisäksi merialueelle on istutettu meritaimenen poikasia ja viime vuosina myös madetta. (*Siikajoen kalatalousalue 2022*)

6.2.2 Kaupallinen kalastus

Kaupallisen kalastuksen tiedot perustuvat kahteen erilliseen kalastustiedusteluun (*Kala- ja vesitutkimus 2023a,* liite 7, *Kala- ja vesitutkimus 2023b*, liite 8). Lisäksi on hankittu Luonnonvarakeskuksen paikkatietoaineisto troolikalastusalueista (*Lappalainen ym. 2023).* Kalastustiedustelun perusteella on saatu arviot kalastajien kokonaismäärästä tiedusteluvuosina (Taulukko 6-2), Vuoden 2022 tiedustelun perusteella alueella kalasti yhteensä 28 ruokakuntaa. Vastanneista 7 kpl oli 1-luokan kalastajia ja 21 kpl 2-luokan kaupallisia kalastajia. Yksi edellä mainituista 1-luokan kaupallisista kalastajista harjoitti silakan troolikalastusta, ja toinen oli juuri aloittanut muikun troolikalastuksen. 1-luokan kalastajalla tarkoitetaan kalastajaa, jonka liikevaihdon keskiarvo ylittää kolmen viimeksi kuluneen tilikauden aikana 10 000 € tai kyseessä on aloitteleva kalastaja ELY-keskuksen hyväksymällä toimintasuunnitelmalla. 2-luokan ryhmään kuuluvat muut kaupallista kalastusta harjoittavat.

Taulukko 6-2. Kaupallisten kalastajien lukumäärä merituulivoimapuiston alueella (=suunnittelualue) ja sen lähiympäristössä sekä vaihtoehtoisilla kaapeli- ja vetyputkireiteillä vuosina 2021–2022. Yksi kalastaja on voinut pyytää usealla eri alueella. Osa kalastajista ei mahdollisesti enää kalasta alueella. Taulukko lähteestä: Kala- ja vesitutkimus 2023b, liite 8.

	1 lk	2 lk
Suunnittelualue ja sen lähiympäristö	2	4
kaapelireitti MVE1 (ja vetyputkireitti)	3	17
kaapelireitti MVE3	6	14
kaapelireitti MVE3	6	9

Merituulivoimapuiston alueella kalastus oli vähäistä ja koostui lähinnä silakan troolikalastuksesta. Tiedustelun ja Luonnonvarakeskuksen keräämän VMS-aineiston antama aineisto on varsin yhtenäistä. Vuositasolla kertyvät tuntimäärät ovat pieniä (Kuva 6-3).

Lisäksi tuulivoimapuiston alueella sekä läheisellä Merikallojen matalikolla harjoitettiin satunnaista ahvenen ja siian verkkokalastusta. Kaupallista rannikkokalastusta harjoitettiin vaihtoehtoisten kaapelireittien alueella monipuolisesti verkko- ja rysäpyynnillä sekä troolikalastamalla (Kuva 6-1 ja Kuva 6-2).

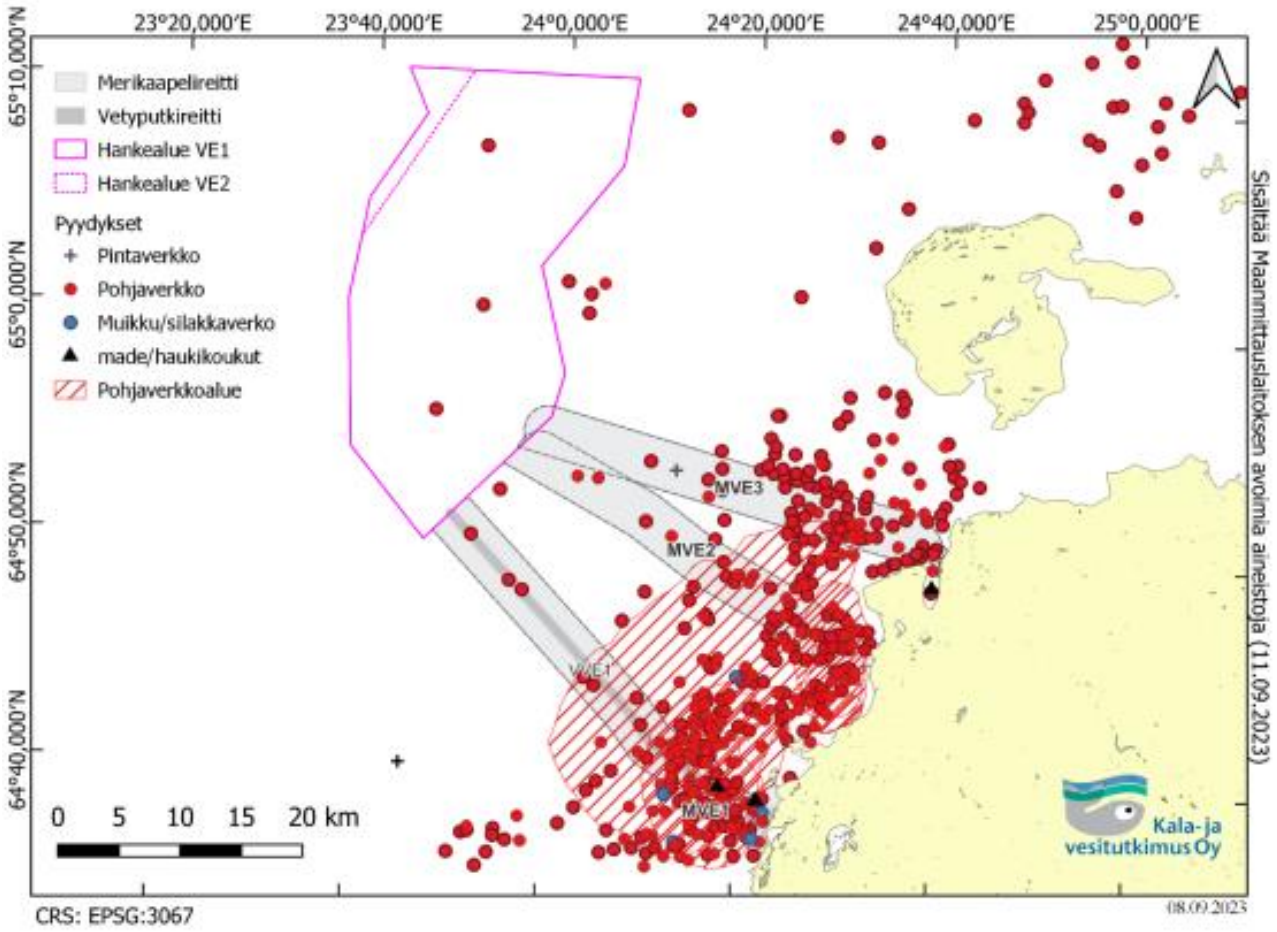
Pyydysyksiköitä (pyyntipäivä x pyydysten lukumäärä) alueella käytettiin vuonna 2022 kyselyn perusteella noin 102 000 kpl, joista lähes 99 % oli erityyppisiä verkkoja. Verkkokalastuksen pääsaalislajit olivat siika ja ahven. Rysillä kalastettiin pääasiassa siikaa ja silakkaa. Verkkokalastusta harjoitettiin ympäri vuoden. Rysäkalastussesonki ajoittui toukokuulta lokakuuhun. Troolikalastusta harjoitettiin touko -kesäkuussa.

Kaupallinen kalastus painottui kaapelireittien alueelle. Pyyntiä harjoitettiin kaikkien vaihtoehtoisten kaapelireittien alueilla. Eniten kalastajia harjoitti kalastusta kaapelireittien MVE1 ja MVE2 alueella. Toisaalta kaapelireiteillä MVE2 ja MVE3 harjoitettiin rysä- ja verkkopyynnin lisäksi

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

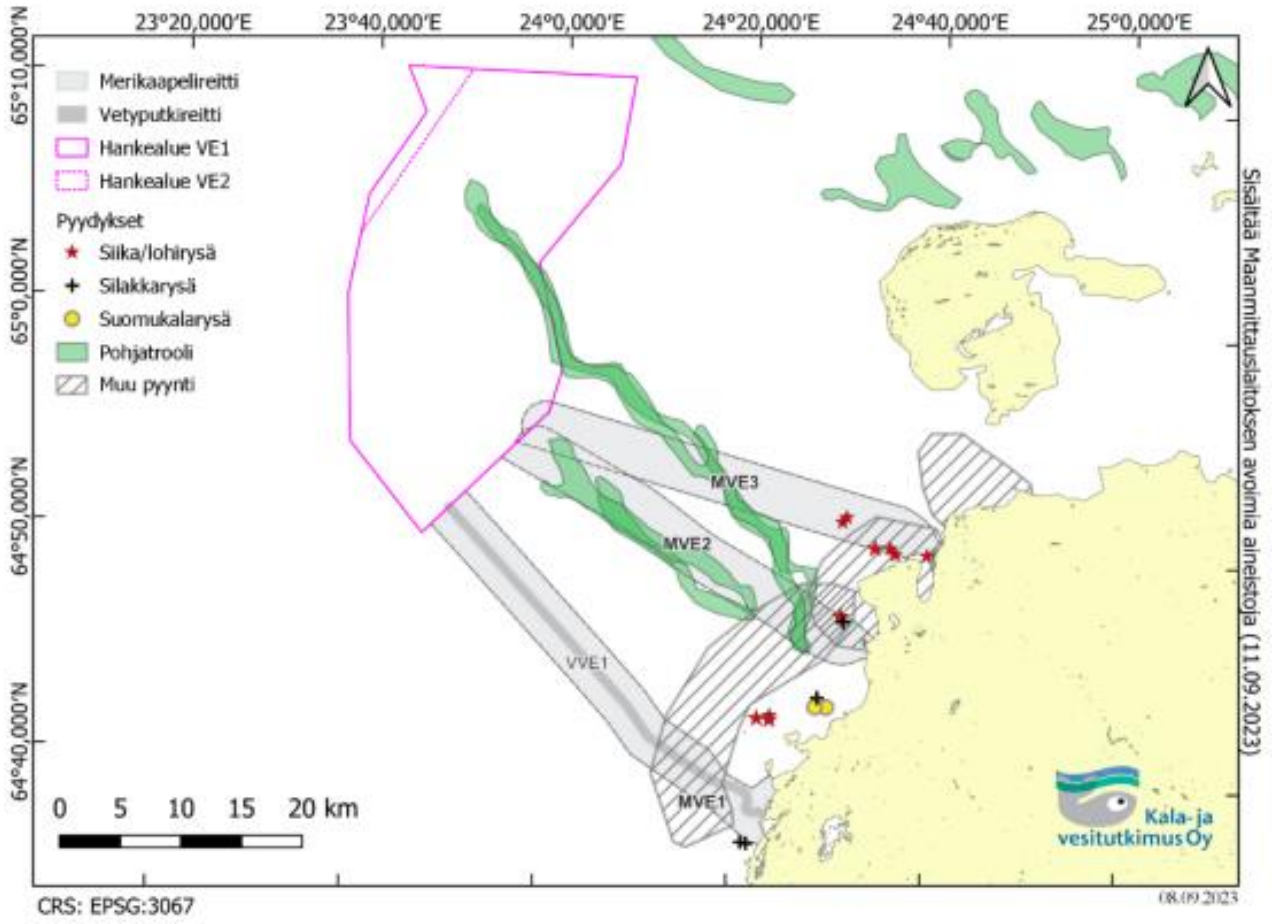
troolikalastusta. Troolikalastuksessa kertyvät tuntimäärät ovat pieniä (Kuva 6-3). Eniten rysäpyyntiä on reitillä MVE3 (Kuva 6-1 ja Kuva 6-2)

Rannikkokalastuksen saalis vuonna 2022 oli noin 386 tonnia. Saalis muodostui pääosin silakasta (86 %, 323 tonnia), siiasta (5 %, 18 tonnia) ja ahvenesta (4 %, 16 tonnia) sekä muikusta (3 %, 11 tonnia). Särkikalojen osuus kokonaissaaliista oli 3,6 % (noin 14 tonnia). Haukea (2 tonnia) ja madetta (1,3 tonnia) saatiin kohtuullisia saaliita, mutta muiden kalalajien osuus oli hyvin vähäinen. (*Kala- ja vesitutkimus 2023b*, liite 8)



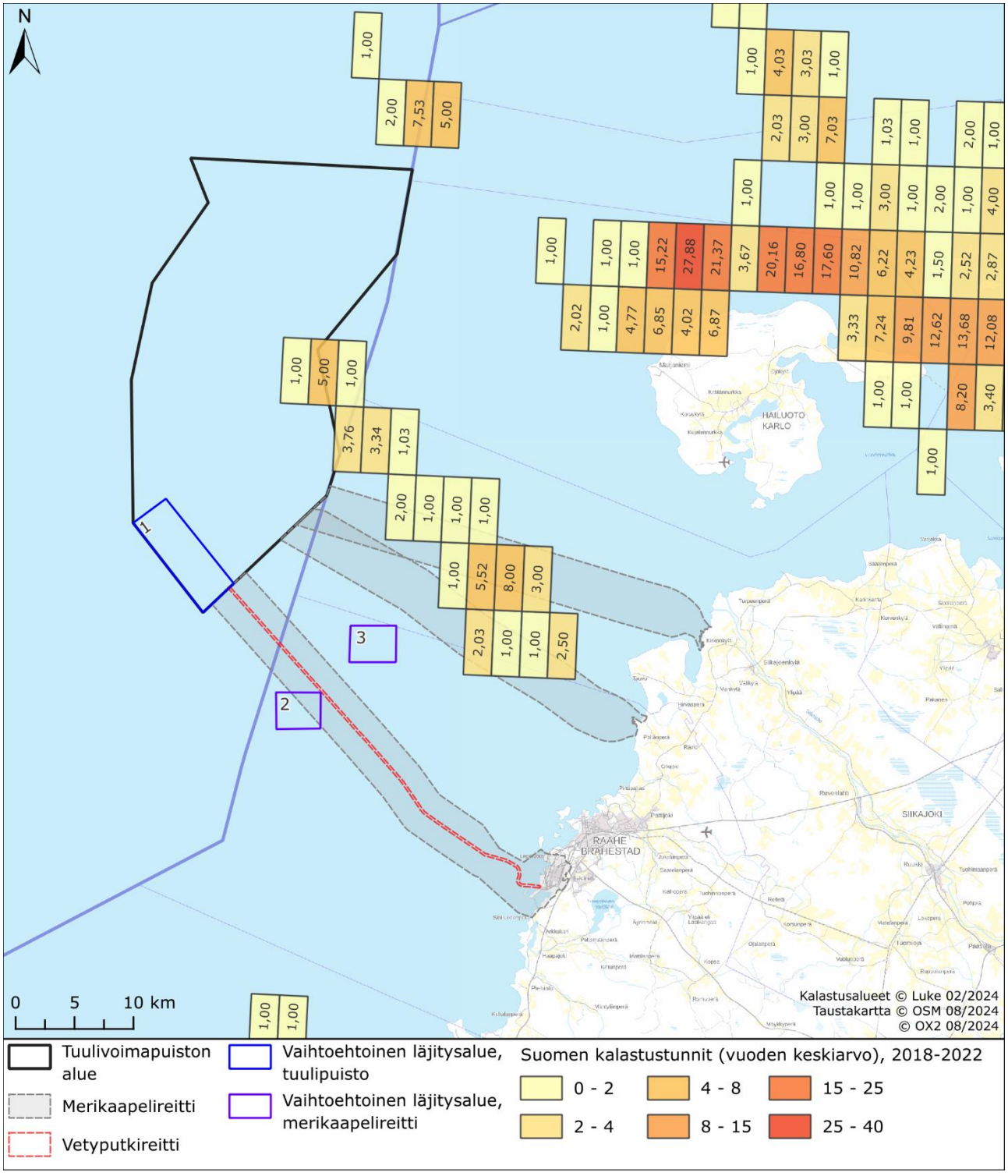
Kuva 6-1. Kaupallisten kalastajien ilmoittamat verkkopyyntipaikat ja -alueet vuosina 2021 ja 2022. Mukana on myös made-/haukikoukut. Kuva lähteestä: Kala- ja vesitutkimus 2023b, liite 8.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 6-2. Kaupallisten kalastajien ilmoittamat rysäpaikat sekä troolikalastusalueet vuosina 2021 ja 2022. Mukana on myös vuoden 2021 määrittelemättöminä merkittyjä kalastusalueita. Kuva lähteestä: Kala- ja vesitutkimus 2023b, liite 8.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 6-3. Troolikalastusalusten kalastustunnit (vuoden keskiarvo) hankealueella ja sen läheisyydessä vuosina 2018–2022 (kuva Luonnonvarakeskuksen avoimesta paikkatietoaineistosta, Lappalainen ym. 2023).

Siikajoen suualue on kalastusrajoitusaluetta MVE3-reitin alueella ja vieressä. Joen suualueella on voimassa trooli- ja nuottakielto alle 5 kilometrin etäisyydellä, rysäkalastuskielto alle 3 kilometrin etäisyydellä ja verkkokalastuskielto alle 1 kilometrin etäisyydellä jokisuusta. (*Kalastusrajoitus.fi 2023*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merialuesuunnittelun mukaiset kalastusalueet on esitetty luvussa 3. Tärkeitä verkkokalastusalueita sijaitsee kaapeleiden MEV2 ja MEV3 alueella.

Yleisesti ottaen Suomen rannikolla tärkeimpiä silakan troolikalastuksen pyyntialueita on Ahvenanmaan pohjoispuolella, Uudenkaupungin, Rauman, Porin, Merikarvian, Korsnäsin ja Vaasan edustalla. Silakkaa pyydetään pääosin matalampien rannikkoalueen penkoilta tai matalampien alueiden väliin jäävistä syvemmistä ränneistä. Silakkaa pyydetään pienempiä määriä myös Perämereltä, vaikkakin troolipyynti keskittyy lähinnä muikkuun. Perinteisiä Perämeren silakan pyyntipaikkoja on Lohtajan Vattajanniemen, Kalajoen ja Raahen edustalla, mutta silakkaa saadaan myös Hailuodon pohjoispuolelta, jossa pyydetään myös muikkua. Perämerellä pyynnissä käytetään pääosin pienempiä aluksia ja trooleja kuin Selkämerellä, jossa silakan troolisaaliista pääosa saadaan isoilla troolialuksilla, joiden pyyntialueilla veden syvyyden tulee olla vähintään noin 30 metriä. Muikkutrooleilla saadaan sivusaaliina silakkaa, ja niillä voidaan pohjatyypin salliessa kalastaa myös alueilla, joilla syvyyttä on alle 10 metriä, parhaan pyyntisyvyyden ollessa noin 10–15 metriä (*Lappalainen ym. 2023*).

6.2.3 Vapaa-ajan kalastus

Alueella harjoitettava vapaa-ajankalastus on pääosin rannikkokalastusta ja olemassa olevat tarkemmat tiedot kohdentuvat pääasiassa merikaapeleiden/putkireittien MVE1/VVE1, MVE2 väliselle alueelle, jossa on velvoitetarkkailussa tiedusteltu Raahen edustan vapaa-ajankalastuksen määrää (*Eurofins Ahma 2021*). Merituulivoimapuiston alueelta ei ole olemassa tarkkoja tietoja vapaa-ajankalastuksesta tai esimerkiksi saaliin määrästä. Tehdyn asukaskyselyn perusteella merituulivoimapuiston alueella virkistys/vapaa-ajankalastusta harrastaa vastanneista (178) neljäsosa. Vajaa puolet (47 %) alueella kalastavista harrastaa kalastusta satunnaisesti avovesikaudella ja 41 prosenttia säännöllisesti ympäri vuoden. Merikaapeleiden alueella noin joka kolmas vastaaja kertoi harrastavansa kalastusta (liite 9).

Raahen edustan vapaa-ajankalastus on pääasiassa verkkokalastusta, erityisesti pikku- ja isosiikaverkoilla tapahtuvaa kalastusta. Tiheiden siika- ja maiva(muikku)verkkojen sekä harvojen lohiverkkojen käyttö on vähäisempää. Verkkopyynnin lisäksi harjoitetaan heittokalastusta, ongintaa sekä pilkkimistä. Tiedustelualue kattaa Pattijoen, Piehingin, Raahen ja Saloisten edustat. Vapaa-ajankalastuksen saalis on pääasiassa ahventa sekä siikaa, mutta myös särkikaloja saatiin runsaasti. Kalastusta harjoitetaan ympärivuotisesti. Tiedustelun perusteella 227 kotitaloutta harjoitti kalastusta vuonna 2020. Kokonaissaalis vuonna 2020 oli noin 21,7 tonnia (*Eurofins Ahma 2021*) (Taulukko 6-3 ja Taulukko 6-4).

Taulukko 6-3. Käytettyjen pyydysten lukumäärä Raahen edustalla vuonna 2020 (Taulukko lähteestä: Eurofins Ahma 2021).

Pyydys	Vapaa-ajan-kalastajat kpl	Kaupalliset kalastajat kpl	Yhteensä kpl
maiva-/silakkaverkot	107	44	151
ver27-33	525	2088	2613
ver34-40	486	642	1129
ver41-55	638	1173	1811
ver>55	28	26	54
maiva-/silakkarysät ja -loukut	2	5	7
siika-/lohirysät ja -loukut	2	11	13
maderysät	15	2	17
muut	5	5	10

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 6-4. Vapaa-ajan ja kaupallisen kalastuksen saaliit (kg ja %) lajeittain Raahen edustalla vuonna 2020. Taulukko lähteestä: Eurofins Ahma 2021.

	Vapaa-ajankalastajat		Kaupallinen kalastus		Kaikki yhteensä	
	kg	%	kg	%	kg	%
Lohi	32	0	113	0	**145**	0
Taimen	158	1	73	0	**231**	0
Kirjolohi	0	0	0	0	**0**	0
Isosiika	2361	11	3572	10	**5933**	11
Pikkusiika	2225	10	10100	29	**12325**	22
Maiva	429	2	1513	4	**1942**	3
Silakka	497	2	4600	13	**5097**	9
Hauki	1450	7	1083	3	**2533**	5
Ahven	7784	36	8419	24	**16203**	29
Kuha	4	0	34	0	**38**	0
Made	192	1	127	0	**318**	1
Lahna	1860	9	1072	3	**2932**	5
Säyne	1531	7	1199	3	**2730**	5
Särki	2726	13	2105	6	**4830**	9
Kuore	329	2	320	1	**649**	1
Muu	50	0	103	0	**153**	0
Yhteensä	**21629**	**100**	**34432**	**100**	**56060**	**100**
kg/talous	**95**		**749**		**205**	

6.2.4 Kutu-ja poikasalueet

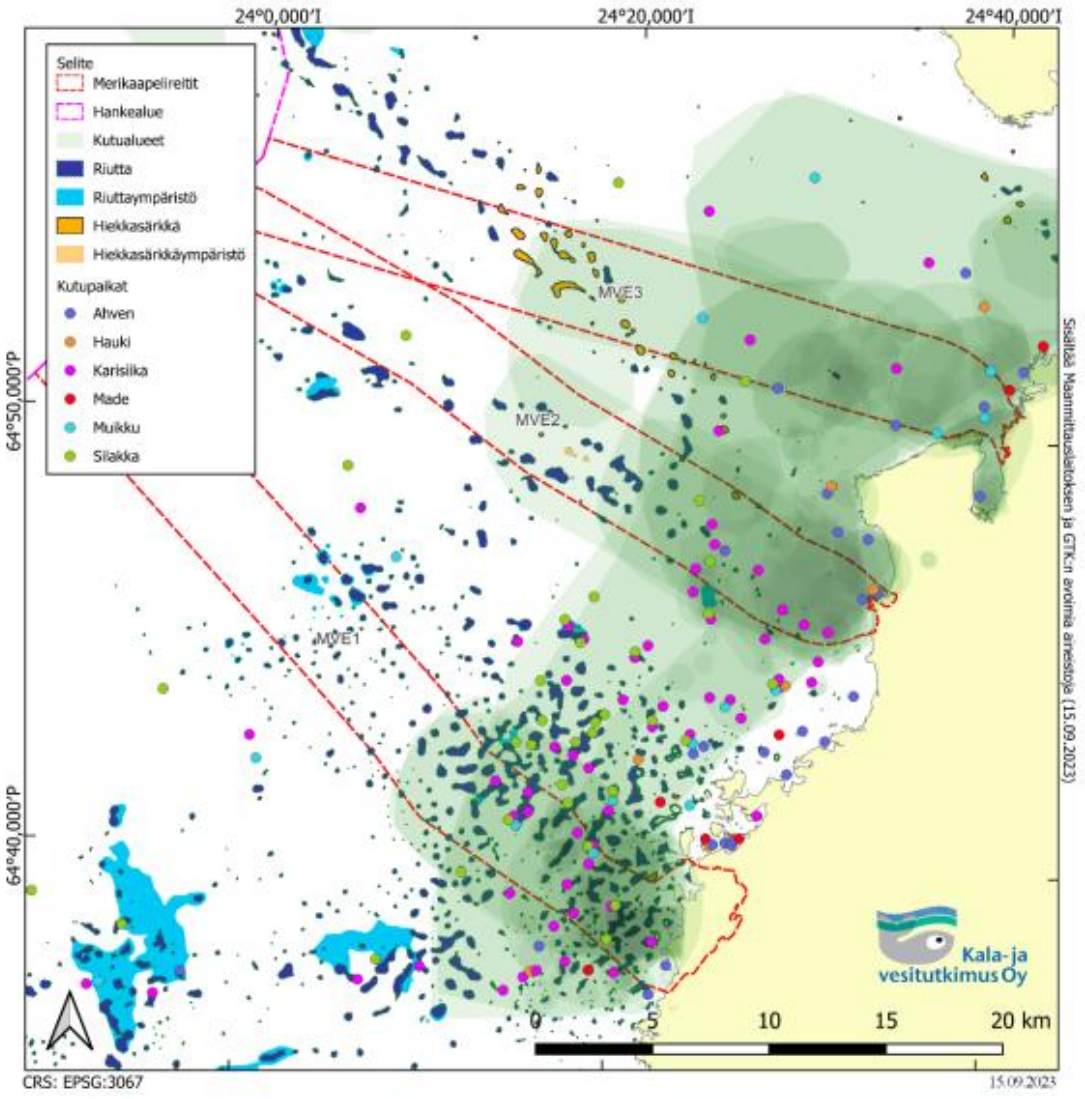
Useimpien kalalajien kutu- ja poikasalueet sijoittuvat pääasiassa mataliin syvyysvyöhykkeisiin, joissa mm. valon määrä mahdollistaa kutualustoiksi ja poikasten piilopaikoiksi sopivan kasvillisuuden kehittymisen ja syvempiä alueita korkeamman veden lämpötilan. Syvyys on toisaalta myös välillisesti kutualueiden soveltuvuutta ilmentävä tekijä, sillä suojaisat ja rannikonläheiset alueet ovat usein matalia. Myös pohjanlaatu on keskeinen kutu- ja poikasaluepotentiaalia ilmentävä tekijä: esimerkiksi silakka kutee leville ja vesikasveille, jotka edellyttävät kovaa alustaa. Merikutuinen siika ja muikku suosii poikastuotantoalueenaan pääasiassa hiekkapohjia, vaikka ne hyödyntävät myös karkeampia kutualustoja. Merikutuisen siian ja muikun kudun osalta tarkemmat tiedot puuttuvat, sillä tiedot kutupohjien laadusta (kutupaikkatyypit ja syvyydet) perustuvat pääasiassa kalastajien haastatteluihin (mm. *Veneranta ym. 2013*). Tässä hankkeessa vaihtoehtoisten kaapeli- ja vetyputkireittien osalta on tehty synteesimäistä kutualue- ja poikasaluetarkastelua (*Kala- ja vesitutkimus 2023b*, liite 8). Tarkastelussa hyödynnettiin useita eri aineistoja, jotka kuvataan epävarmuuksineen tarkemmin liitteessä 8. Myös merituulivoimapuiston osalta on tehty habitaattikartoitusta, sekä silakan kutuaikaista pyyntiä että kaikuluotauksia sekä tiedusteluihin perustuvia arvioita (*Kala- ja vesitutkimus 2023c,* liite 10)

Tehdyissä kalastustiedusteluissa kaupallisten kalastajien ilmoittamia kutualueita oli runsaiten reitin MVE1/VVE1 alueella. Alueelle ilmoitettiin runsaasti erityisesti karisiian sekä silakan kutualueita keskittyen enemmän rannikon läheisyyteen. Pinta-alaan suhteuttaen laajimmat kutualuehavainnot ilmoitettiin reitille MVE3. Kokonaisuudessaan kutualueita oli ilmoitettu suhteellisen suurille pinta-alaosuuksille reittien alueelle, karisiian, silakan ja muikuin muodostaessa

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

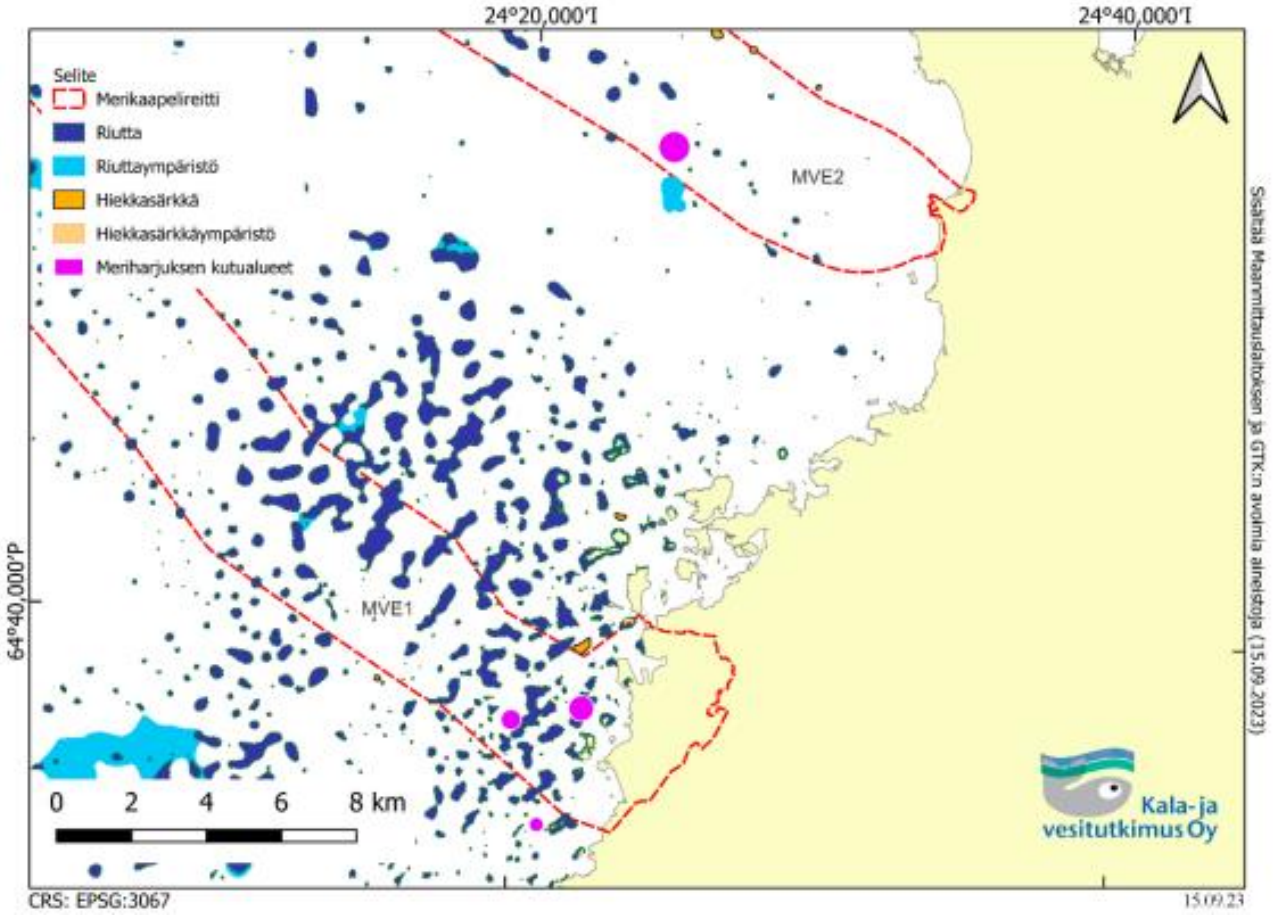
suurimman osan kutualueiden osuuksista. Reiteillä MVE/VVE1 ja MVE2 valtaosan kutupaikoista muodostivat karisiian kutupaikat. Reitille MVE3 oli ilmoitettu eniten muikun kutupaikkoja ja vain kaksi karisiian kutupaikkaa (Kuva 6-4). Meriharjuksen kutualueita oli ilmoitettu yhteensä 4 kappaletta reiteille MVE1/VVE1 ja MVE2, eteläisimmän kutualueen jäädessä kuitenkin hieman reittien ulkopuolelle. Tämän havainnon johdosta meriharjuksen kutualueita selvitettiin lisätutkimuksella Raahen terästehtaan edustalla (tarkemmat tulokset tämän luvun lopussa sekä liitteessä 8).

Huomioitava on, että kaupallisten kalastajien tekemät kutualuerajaukset ovat kuitenkin suhteellisen karkeita ja niihin vaikuttavat monet asiat, esimerkiksi kalastajan pääasialliset kalastusalueet ja kalastusmuoto. Kalastus saattaa myös kohdistua vasta kutualueelle matkalla oleviin kaloihin. Synteesimäisellä tarkastelulla on yhdistetty eri aineistojen (mm. VELMU-aineistot, pohjanlaatuaineistot) antamia tuloksia, ja jonka perusteella on voitu arvioida eri reittien elinympäristöjä sekä karkeasti niiden kutu- ja poikastuotannon määrää sekä potentiaalia eri lajeille. Tulosten yhteenveto esitetään oheisessa taulukossa (Taulukko 6-5). Reitin MVE1/VVE1 kutu- ja poikastuotantoaluepotentiaali sekä kalataloudellinen arvo vaikuttaa aineiston perusteella keskimäärin muita vaihtoehtoja paremmalta (Taulukko 6-5, *Kala- ja vesitutkimus 2023b*, liite 8). Tarkemman kutu- ja poikasaluepotentiaalin arviointi edellyttää kuitenkin kohdekohtaisia lisäselvityksiä.



Kuva 6-4. Kaupallisten kalastajien ilmoittamat kutualueet ja kutupaikat sekä kaapelireittien linjaukset. Lisäksi kuvassa esitetty GTK:n meriluontotyyppimallinnusaineisto (VELMU-aineisto) Kuvasta puuttuu vetyputkireitti VVE1. Kuva lähteestä: Kala- ja vesitutkimus 2023b, liite 8.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 6-5. Kaupallisten kalastajien ilmoittamat meriharjuksen kutualueet ja GTK:n meriluontotyyppimallinnusaineisto. Kuva lähteestä: Kala- ja vesitutkimus 2023b liite 8.

Taulukko 6-5. Yhteenveto eri kaapelireittien elinympäristöpotentiaalista, erityisesti kalojen kutu- ja poikastuotantoalueista. Taulukko koostettu lähteestä: Kala- ja vesitutkimus 2023.

Reitti	Kuvaus
MVE1/VVE1	Syvyyden vaihtelu oli suurempaa kuin muilla reittivaihtoehdoilla, alle 20 metriä syvien alueiden kattaessa noin 55 % reitin alueesta. Mallinnettujen, potentiaalisten riuttojen määrä ja pinta-ala reitin alueella on huomattava, valtaosa alueesta suotuisaa lisääntymisaluetta silakalle, karisiialle ja muikulle. Kokonaisuudessaan reitin poikastuotantoaluepotentiaali vaikuttaa muita reittivaihtoehtoja korkeammalta erityisesti syvyysvaihteluiden, saaristoisuuden sekä korkean potentiaalisten riuttojen määrän ja pinta-alan vuoksi. Vetyputken rantautumisalueella on potentiaalia erityisesti kevätkutuisten kalalajien osalta suojaisemmilla, vesikasvillisuuden peittämillä alueilla. Myös merikutuisen siian kutu- ja poikasalueita voi löytyä hiekkarantaisilta osuuksilta, joissa tuulen ja aallokon vaikutukselta suojaamassa on esimerkiksi kivikkoa tai hiekkavalli. Pohjoisemmalla osuudella reittiä, merikaapelireitin rantautumisalueella ei todennäköisesti ole sen syvyyden ja rakennetun luonteen vuoksi merkitystä kalojen poikastuotantoalueina. Kyselytulokset ja Velmu-aineistot tukevat tätä johtopäätöstä erityisesti siian, silakan ja muikun osalta. Myös ilmoitetut uhanalaisen meriharjuksen kutualueet nostavat alueen kalastollista arvoa merkittävästi. Rannikonläheinen osa kuuluu EMMA-alueeseen.
MVE2	Syvyydet olivat hieman reittiä MVE1 korkeampia ja syvyysvaihtelut selvästi pienempiä. Riuttoja oli vähemmän kuin reitillä MVE1 ja ne sijoittuivat selvästi kauempana rannikosta sijaiseville, syvemmille alueille. Reitillä muutamia hiekkasärkkäalueita.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Reitti	Kuvaus
	Reitillä rannikkoalueen avoimuus yhdessä pohjan vähäisten syvyysvaihteluiden sekä lähinnä syvemmille alueille sijoittuvien riuttojen verraten vähäinen määrä osoittaisi reittiin MVE1 verrattuna vähäisempää poikastuotantopotentiaalia. Siltikin on todennäköistä, että alueella on jonkinasteista merkitystä erityisesti siian, muikun ja silakan poikastuotannon kannalta. Vähäiset suojaisat paikat ja kutualustojen vähäisyys eivät osoita suurta poikastuotantopotentiaalia rantautumisalueiden osalta.
MVE3	Reittiä luonnehti hyvin loiva pohjaprofiili, joka syveni selvästi muita alueita hitaammin rannikosta etäännyttäessä. Riuttojen määrä ja pinta-ala oli hyvin vähäinen, mutta potentiaalisia hiekkasärkkiä oli mallinnettu useita, pinta-alaltaan suuria kohteita reitin keskivaiheilla sijaitsevan syvemmän alueen ympäristöön. Kokonaisuudessaan reitin poikastuotantoaluepotentiaali vaikuttaa hieman heikommalta kuin reitin MVE1/VVE1 ja suhteellisen samankaltaiselta reitin MVE2 kanssa. Muikun osalta reitin alueella saattaa kyselyjen mukaan olla enemmän merkitystä poikastuotantoalueena kuin muilla reiteillä. Rantautumisalueiden matalat, hiekkapohjaiset rannat ja monipuolinen vesikasvillisuus tarjoavat todennäköisesti hyvät olosuhteet kevätkutuisten kalalajien poikastuotannolle ja voivat mahdollisesti toimia myös karisiian kutu- ja poikasalueena. Lähialueella kalataloudellisesti arvokasta EMMA-aluetta.

Meriharjuksen toteutetun kutupyynnin perusteella Peltomatalan ja Heikinkarin välisen merialueen luodoilla Raahen terästehtaan edustalla esiintyy vähäisessä määrin harjuksia. Pyyntialueella verkkopaikkojen läheisyydessä ei todennäköisesti kuitenkaan ole lisääntyvää meriharjuskantaa, vaan saadut rasvaevättömät kalat ovat todennäköisesti istutusperäisiä kaloja (Ohtaojan kalanviljelylaitoksen harvennus) ja rasvaevälliset kalat joko lähialueen jokien jokikutuista kantaa tai istutuksista peräisin. Yleisluontoisen habitaattitarkastelun perusteella selvitysalueen luotojen ja saarten tuntumassa on laajoja meriharjuksen lisääntymiseen soveltuvia kivikkoja. Yleisimpien kivipohjien raekoko oli 15 cm:stä suurempiin eli harjuksen lisääntymispohjaksi liian karkeaa. Toisaalta kaikilta luodoilta löytyi selvästi pienempää raekokoa erityisesti alle puolen metrin vesisyvyydestä. Eri luotojen pohjanlaadut olivat melko samankaltaisia toistensa kanssa, joskin suojaisemmilla alueilla esiintyi runsaammin hienompaa pohja-ainesta. Lännen puoleiset rannat olivat pääasiassa hyvin hitaasti syveneviä, ja niiden pohjat koostuivat kivikosta, jonka raekoko vaihteli soraikosta aina suuriin lohkareisiin. Hiekkarantoja esiintyi tyypillisesti idän puoleisilla suojaisilla ja nopeammin syvenevillä rannoilla. Hiekkapohjia esiintyi enemmän myös suojaisimmilla pyyntialueilla kuten Salmikarvolla. (*Kala- ja vesitutkimus 2023b*, liite 8)

Pinta-alan ja pohjanlaadun monipuolisuuden perusteella erityisesti Peltomatalalla esiintyy laajoja kutualustaksi soveltuvia alueita. Alue vaikuttaisi houkuttelevan myös kauempana istutettuja kutuvalmiita harjuksia. Vastaavan kokoisina alueina Heikinkarin ja Pertun välisellä merialueella sekä Lukkarilassa esiintyy myös laajoja kutualustaksi soveltuvia kivikkopohjia. Pienemmilläkin pyyntialueilla esiintyy soveliaita kutualustoja, mutta esimerkiksi Selkämatalan habitaattikartoituksessa esiintyi hyvin karkeaa kivikkoa, ja toisaalta Salmikarvon ympäristössä pohja oli aivan matalan vyöhykkeen ulkopuolella melko hienojakoista. (*Kala- ja vesitutkimus 2023b*, liite 8)

Merituulivoimapuistossa pohjanlaatu osoittautui pitkälti karuksi hiekka- ja kivikkopohjaksi, jossa ei ollut lainkaan pohjakasvillisuutta. Habitaattikartoituksissa ei näin ollen havaittu nykytietämyksen mukaan tärkeitä habitaatteja minkään kaupallisesti merkittävän tai uhanalaisen kalalajin kannalta. Silakan osalta alueelta puuttuivat tärkeänä pidetyt kasvillisuuspohjat. Alueella saattaa kuitenkin olla merkitystä esimerkiksi härkäsimpulle kutualueena sekä aikuisten kalojen elinympäristönä. Aluetta saattavat hyödyntää syönnösalueena myös muut kalalajit, kuten verkkokoepyynnissä ja kaupallisen kalastuksen selvityksessä havaittiin. (*Kala- ja vesitutkimus 2023a*, 2023b ja 2023c liitteet 7, 8 ja 10)

Kartoitustulokset antavat pohjanlaadusta ja muista habitaatin soveltuvuutta määrittelevistä tekijöistä hyvin yksipuolisen kuvan, ilman suurta alueellista vaihtelua. Tästä syystä ei ole syytä olettaa, että merituulivoimapuiston alueella olisi erityistä merkitystä kalojen habitaattina suhteessa ympäröiviin alueisiin. *(Kala- ja vesitutkimus 2023b*, liite 8). Merituulivoimapuiston

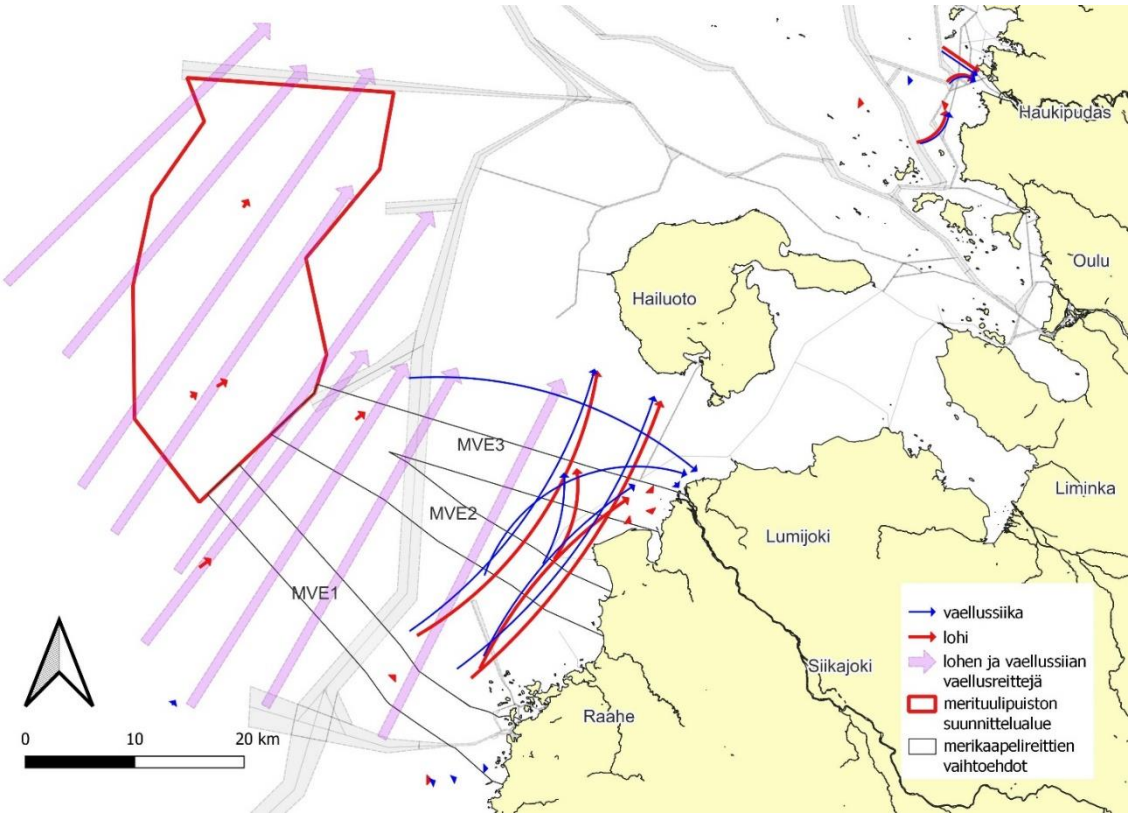
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

luontotyyppejä kartoittaneet drop-videotutkimukset vahvistavat tätä käsitystä (*Vasama & Leinikki 2023*, liite 4).

Silakan verkkokalastusselvityksessä ei tuulivoimapuiston alueella havaittu kutevia silakoita, eikä kaikuluotaimessa silakan kutuparvia. On kuitenkin mahdollista, että alueella esiintyy myöhemmin heinä-elokuussa silakan lisääntymistä. Silakan kudun arvellaan siirtyvän kesän edistyessä rannikolta ulommas ulkosaaristoon ja avomerelle päin. Kuten edeltävissä kappaleissa todetaan, huomioitava kuitenkin on, ettei pohjan laatu ole silakan kudulle kaikista suotuisinta hankealueen matalimmissakaan osissa *(Kala- ja vesitutkimus 2023b*, liite 8). Tiedusteluissa kalastajat ilmoittivat joitain mahdollisia karisiian sekä silakan kutualueita tuulivoimapuiston alueelle. Ulkomerialueella vastausten mukaan merkittävin kutusyvyys oli varsinkin silakalla ja karisiialla keskimäärin 8–12 metrin syvyydessä, mutta huomioitava on, että tällaisia matalikkoja ei juuri esiinny merituulivoimapuiston sisällä. Asiassa on kuitenkin tietopuutteita, mikä aiheuttaa epävarmuutta.

6.2.5 Vaelluskalojen esiintyminen ja vaellusreitit

Tehtyjen kaupallisen kalastuksen tiedustelujen perusteella hankealueella ja sen läheisyydessä kalastetaan vaelluskaloja pääasiassa kaapelireittivaihtoehtojen kohdalla ja niiden rantautumisalueilla. Tutkimus- ja saalistietojen perusteella alueella havaitaan kutuvaelluksella olevia lohia ja etenkin rannikon läheisyydessä liikkuvia meritaimenia. Myös siikaa saadaan saaliiksi jonkin verran. Alueella tavattavat vaelluskalat ovat suurelta osin peräisin kauempaa, mutta myös lähimmistä suuremmista joista (Pyhäjoki, Siikajoki) tulee jossakin määrin siikaa ja taimenta. Kaapelireittien alueella ja lähialueen jokien suistoissa liikkuu todennäköisesti myös nahkiaisia. Avomereltä vaelluskaloista on vain satunnaisia yksittäisiä havaintoja, ja varsinaisen tuulivoimapuiston alueelta havainnot puuttuvat kokonaan. Merituulivoimapuiston läheisiltä merialueilta on kuitenkin saatu joitakin yksittäisiä merkkipalautuksia merkityistä meritaimenista. Hankealueen vaihtoehtoisten kaapelireittien kautta kulkee kohti pohjoista vaeltavia lohia ja taimenia, joita saadaan saaliiksi Hailuodon länsipuolen pyyntipaikoilta. Myös tuulivoimapuiston alueella vaeltaa todennäköisesti ainakin lohia. (*Kala- ja vesitutkimus 2023b,* liite 8., Kuva 6-6)



Kuva 6-6. Kalastajien ilmoittamia kalojen vaellusreittejä hankealueella. Kuva lähteestä: Kala- ja vesitutkimus 2023.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

6.2.6 Yhteenveto hankealueen kalataloudellisista arvoista ja herkkyydestä

Merituulivoimapuiston kalasto muodostuu pääosin pelagisista parvikaloista (silakka, kilohaili, kuore, piikkikalat), vaelluskaloista (lohi, meritaimen ja vaellussiika) sekä pohjakaloista (esimerkiksi härkäsimppu, kiiski ja kivinilkka). Ajoittain alueella esiintyy lisäksi ahventa ja karisiikaa. Tuulivoimapuiston alueella vaeltaa todennäköisesti ainakin lohia, mutta lohien kalastus keskittyy pääosin kaapelireittien/vetyputkireitin ja rantautumisalueiden läheisyyteen, jossa liikkuu lohen lisäksi myös meritaimenta. Merituulivoimapuiston alueella kaupallinen kalastus on vähäistä ja koostuu lähinnä melko vähäisestä silakan troolikalastuksesta. Lisäksi tuulivoimapuiston alueella sekä tuulivoimapuiston läheisellä Merikallojen matalikolla harjoitetaan satunnaista ahvenen ja siian verkkokalastusta. Kaapelireittien alueella harjoitetaan sen sijaan kaupallista rannikkokalastusta monipuolisesti verkko- ja rysäpyynnillä sekä troolikalastamalla. Eniten kalastajia harjoitti kalastusta kaapeli/vetyputkireittien MVE1/VVE1 ja MVE2 alueella. Toisaalta kaapelireiteillä MVE2 ja MVE3 harjoitettiin rysä- ja verkkopyynnin lisäksi troolikalastusta. Vapaa-ajan kalastus on arvion mukaan verrattain vähäistä ja keskittyy rannikolle.

Kaapelireiteille tehdyn kutualuesynteesin perusteella reitin MVE1/VVE1 kutu- ja poikastuotantoaluepotentiaali sekä kalataloudellinen arvo vaikuttaa aineiston perusteella keskimäärin muita vaihtoehtoja paremmalta, sillä alueelle keskittyy useita karisiian ja silakan ilmoitettuja kutualueita. Myös MVE1/VVE1 reitillä on Raahen terästehtaan edustalla luotojen ja saarten tuntumassa laajoja meriharjuksen lisääntymiseen soveltuvia kivikkoja, mutta alueella ei tällä hetkellä todennäköisesti ole lisääntyvää meriharjuskantaa.

Merituulivoimapuiston alueen habitaattikartoituksissa ei havaittu nykytietämyksen mukaan tärkeitä habitaatteja minkään kaupallisesti merkittävän tai uhanalaisen kalalajin kannalta. Silakan osalta alueelta puuttuivat tärkeänä pidetyt kasvillisuuspohjat, mutta ei ole kokonaan poissuljettua, etteikö silakka voisi kutea alueen matalimmissa osissa. Alueella voi olla merkitystä esimerkiksi härkäsimpulle kutualueena sekä aikuisten kalojen elinympäristönä. Aluetta saattavat hyödyntää syönnösalueena myös muut kalalajit, kuten verkkokoepyynnissä ja kaupallisen kalastuksen selvityksessä havaittiin. Alueella esiintyy mm. kalojen ravintokohteeksi sopivaa jäännemassiaista. Kokonaisuutena eri tutkimustulokset huomioiden, on selvää, että merituulivoimapuiston alue on pitkälti karua ympäristöä, eikä pohjan laatu ole mm. silakan kudulle kaikista suotuisinta hankealueen matalimmissakaan osissa.

Merituulivoimapuiston sekä kaapelireittien MVE2 ja MVE3 osalta kalasto ja kalastuksen merkitys arvioitiin herkkyydeltään **kohtalaiseksi** alueen ominaispiirteisiin ja kalastotietoihin nojaten. Kaapelireitin MVE1/VVE1 herkkyys arvioitiin **suureksi** pohjautuen elin- ja kutuympäristöihin, alueella esiintyvään kalastoon ja harjoitettavan kalastuksen määrään sekä merkitykseen.

6.3 Vaikutusten arviointi

6.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Tuulivoimaloiden perustusten rakentamisen ja merikaapeleiden asentamisen aikaisia vaikutuksia voidaan verrata ruoppaushankkeen vaikutuksiin. Pohjan kaivaminen, peittäminen ja tasoitus, merikaapeleiden asennus sekä ruoppausmassojen läjitys saa aikaan kiintoaineen vapautumisen vesifaasiin, joka aiheuttaa veden samentumista sekä lisääntynyttä sedimentaatiota. Yleensä samentuminen jää paikalliseksi ja lyhytaikaiseksi, ja myös sedimentoituvan aineen laadulla (mm. raekoolla) on merkitystä, lisäksi aiheutuvan vaikutuksen suuruuteen vaikuttaa meriläjitysalueen pohjanlaatu, pohjan läheiset virtaukset, työtapa sekä läjityksen ajankohta. Rakentamistöistä aiheutuu myös vedenalaista melua sekä muuta häiriötä, ja sedimentistä voi vapautua haitta-aineita sekä ravinteita. Edellä mainituilla on vaikutuksia myös kalastukseen. Tarkemmin hankkeen eri työvaiheita ja laajuutta kuvataan hankkeen teknisessä kuvauksessa luvuissa 1 ja 2.

Pohjan muokkaus ja veden samentuminen sekä lisääntynyt sedimentaatio

Tuulivoimapuiston sekä kaapeleiden rakennustyöt sekä massojen läjittäminen hävittävät pohjaeliöstön rakennusalueilla, jolla voi olla vaikutusta pohjaeläimiä syövään pohjakalastoon. Pohjaeläimistön arvioidaan palautuvan läjitysalueille tai kaapelikaivantojen alueille nopeasti läjityksen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tai kaivuun loputtua, joten kalastoon kohdistuva ravintoverkkovaikutus tältä osin jää tilapäiseksi. Kaloja voi myös menehtyä tai niille voi tulla fyysisiä vaurioita, mikäli niitä sattuu jäämään muokattavien tai siirrettävien massojen alle, mutta riski arvioitiin vähäiseksi kalojen todennäköisesti karkottuessa jo tätä ennen. Kalojen karkottumista arvioitiin tapahtuvan työkohteiden lähialueilla rakentamisen aikaisen veden samentumisen sekä lisääntyneen vedenalaisen melun vuoksi, mutta se on tilapäistä.

Ruoppauksesta ja läjityksestä aiheutuva veden samentuminen voi heikentää näön avulla saalistavien kalojen saalistustehokkuutta. Kulkeutuva ja sedimentoituva kiintoaines voi suoraan peittää mätiä ja vähentää poikastuotantoa sekä liata pyydyksiä. Se voi myös vaikuttaa välillisesti häiritsemällä kalojen luonnollista elinympäristöä ja pohjakasvillisuutta sekä pohjaa, että mahdollisia kutualueita peittäen. Lisäksi sameus saattaa karkottaa kaloja ja kalaparvia. Vastakuoriutuneet kalanpoikaset ovat herkkiä kohonneelle kiintoainepitoisuudelle, ja samentuma voi heikentää myös kalanpoikasten saalistusta. Suuret kiintoainepitoisuudet voivat aiheuttaa myös kalanpoikasten kuolleisuutta. Karkottumiselle on esitetty lajikohtaisia kiintoainepitoisuuden rajaarvoja, jotka ovat välillä 3–1 000 mg/l, yleisemmin 10–20 mg/l. 10 mg/l pitoisuuden aiheuttamat vaikutukset kohdistuvat tietojen perusteella lähinnä kaikkein herkimpiin lajeihin sekä mätiin ja pienpoikasiin (*Keller ym. 2006* ja *Engel & Sorensen 2001*, kirjallisuuskatsauksessa *Vehanen ym. 2010*). Vaikka herkkyydessä on eroja lajien ja niiden elinvaiheiden välillä, tutkimusten perusteella maksimissaan 100 mg/l pitoisuuksilla vaikutukset jäävät vähäiseksi, mikäli 100 mg/l pitoisuusvaikutus jää kestoltaan alle 14 vuorokauden ajaksi ja lyhytaikaisesti (tunteja) monet lajit kestävät jopa 1 000 mg/l kiintoainepitoisuuksia. Planktonia syövät kalat vaikuttavat olevan herkimpiä lajeja ja mm. silakka on todettu välttävän jopa 3 mg/l pitoisuuksia. Silakalla herkimpiä elinvaiheita on poikasvaihe, mätimunan kestäessä samentumaa ja sedimentaatiota paremmin. Poikaset saattavat kärsiä fysiologisista vaikutuksista jo 100 mg/l pitoisuuksissa, mikäli pitoisuus kestää yhtäjaksoisesti yhden vuorokauden (*Karlsson ym. 2020*).

Kalojen karkottuminen on yleensä väliaikaista, mutta elinolosuhteiden muuttuessa paljon se voi olla myös pysyvää, sillä eri kalalajien sekä ikävaiheiden sietokyvyssä on eroja. Tutkimustulokset ruoppauksen ja läjityksen aiheuttamista kaloihin kohdistuvista vaikutuksista ovat kuitenkin olleet ristiriitaisia ja myös paikoin vaikeasti todennettavia. Mm. Ruotsissa tehdyssä tuulivoimalan ruoppaustöiden seurantatutkimuksessa ei havaittu negatiivisia kalayhteisöihin kohdistuvia vaikutuksia, vaan lajimäärät olivat samankaltaisia vertailualueen, sekä vaikutusalueen (60 metriä ja 200 metriä päässä ruopattavasta kohteesta) välillä (*Hammar ym. 2008).* Porin Tahkoluodon toiminnassa olevan merituulivoimahankkeen rakennustöiden aikana tehtyjen verkkokoekalastusten perusteella kalat jossain määrin karkoittuivat työalueilta, mutta kalamäärät palautuivat rakennustöiden päätyttyä rakennustöitä edeltävälle tasolle. Tarkkailun perusteella rakennushanke eri työvaiheineen on voinut karkottaa lohia hankealueelta ja sen läheisyydestä, mutta taimenen ja siian osalta vastaavaa vaikutusta ei saalisaineiston perusteella havaittu. (*Ojala 2019*) Ruotsalaisen Lillgrundsin tuulivoimapuiston rakennusvaiheen kiintoainepitoisuus oli tasoa 10 mg/l, mutta vaikutusta kalojen ja kalanpoikasten esiintymiseen ei havaittu (*Bergström ym. 2012*).

Tehdyn mallinnuksen (*Niras 2023a*, liite 3) mukaan **tuulivoimapuiston rakennustöistä** (ruoppaus, läjitys) vapautuva sedimentti kulkeutuu pisimmillään muutaman kilometrin päähän tuulivoimapuistoalueesta (katso myös luku 5.3.1.1). Suurimmat työnaikaiset pitoisuudet havaitaan läjitysalueen kohdalla, jossa ajallisesti arvioiden 100 mg/l kiintoainepitoisuuksia havaitaan ainoastaan yhden päivän aikana koko työn kesto (yksi avovesikausi) huomioiden. Lyhytkestoisempia (6 h kestäviä) 100 mg/l pitoisuusnousuja havaitaan vesipatsaassa voimaloiden lähialueilla yhteensä 10–50 km^2 alalla, ja pohjanläheisyydessä jo paljon laajemmin (noin 120–130 km^2). Korkeiden kiintoainepitoisuuksien piikit jäävät siis varsin lyhytaikaiseksi ja rajoittuvat työkohteiden lähelle. Pitoisuusvaikutus ≥10 mg/l on selvästi yleisempää jakautuen myös laajemmalle alueelle ja myös sen ajallinen kesto on pidempi. Laskennallisesti läjitysalueella veden kiintoainepitoisuus nousee tasolle 10 mg/l tai yli, seitsemän päivän ajan yhtäjaksoisesti koko työnkesto huomioiden. Läjitysalueelta leviääkin eniten samentumaa pohjan tuntumassa kohti kaakkoa. Kaikkiaan lyhytaikaisena 10 mg/l pitoisuusnousua esiintyy pinnassa noin 300 km^2 ja pohjan lähellä noin 600 km^2 alueella eli laskennallisesti hyvin laajalle, mutta huomioitava on, ettei tämä pitoisuusnousu

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ole yhtäjaksoista, vaan pulssittaista. Huomioitava on, että mallinnus on tehty yliarviona olettaen, että koko puiston alueen työt kestävät vain yhden avovesikauden ajan, joten etenkin läjityksen osalta mallinnuksessa on todellisesta tilanteesta poikkeavaa yliarviota. Koko merituulivoimapuiston vesistörakentaminen jakautuu useammalle avovesikaudelle, mutta yksittäisen alueen osalta pohjanmuokkaukseen liittyvä rakentaminen toteutetaan yhden avovesikauden aikana. Näin ollen vuotuinen kiintoaine- ja sedimenttikuorma jäävät yllä esitettyä vähäisemmiksi. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittäviä eroja.

Lyhytkestoiset suuremmat kiintoaineen pitoisuusnousut (100 mg/l) todennäköisesti karkottavat kaloja niillä alueilla, missä suurempia piikkejä tulee esiintymään, erityisesti läjitysalueella. 10 mg/l pulssittainen pitoisuuksien esiintyminen on tavallisempaa. 10 mg/l kiintoainepitoisuuksia esiintyy ajoittain luonnostaankin Hailuodon lähialueilla (katso luku 5.2.3), mutta tälläkin tasolla voi kuitenkin olla haitallista vaikutusta herkemmille lajeille. Muun muassa kalan kidukset ovat herkkiä kiintoaineen saostumiselle. Kiintoainealtistus voi lisätä kalojen veren glukoosi- ja kortisolipitoisuus nousua, mikä kertoo stressireaktiosta (mm. *Servizi & Martenz 1992*). Myös uintikyky usein heikkenee, jos vedessä on ylimääräistä kiintoainetta (*Berli ym. 2014*). Mädin kuolleisuus kasvaa useilla makean veden ja murtoveden kalalajeilla 100 mg/l-1000 mg/l:n kiintoainepitoisuuksissa (*Auld ja Schubel 1978, Clarce ja Wilber 2000, Engell-Sørensen ja Skyt 2001,* kirjalisuuskatsauksessa *Vehanen ym. 2010*). Sen sijaan esimerkiksi sillin mädin on todettu kestävän suuriakin kiintoainepitoisuuksia (*Kiørbe ym. 1981, Messieh ym. 1981, Birklund ja Wijsman 2005* kirjallisuuskatsauksessa *Vehanen ym. 2010*). Poikaset ovat aikuisia kaloja ja jopa mätiä herkempiä hapenottokyvyn heikkenemiselle, kun kiintoaine saostuu kiduksiin. Westerbergin ym. (*1996*) mukaan turskan poikasilla kuolleisuus oli suurempaa kuin mädin kuolleisuus, ja kuolleisuutta tapahtui jo pienemmissä kiintoainepitoisuuksissa (10 mg/l). Hanssonin (1995) mukaan >100 mg/l:n kiintoainepitoisuudet aiheuttivat sillin poikasille kuolleisuutta (viitteet kirjallisuuskatsauksesta *Vehanen ym. 2010*).

Tuulivoimapuiston alueella ei esiinny käytettävissä olevien tietojen perusteella kaupallisesti merkittävien kalalajien (kuten silakka) kutualueita, mutta täyttä varmuutta asiasta ei ole. Muiden kalalajien sekä silakan mahdollinen kutu voi todennäköisesti häiriintyä rakennusvuosina samentumisvaikutuksen sekä karkottumisen myötä. Kiintoainekuorman jakautumisella usealle vuodelle samalla kohteella voi olla yleisesti ottaen haitallisempi vaikutus alueella mahdollisesti kuteville kaloille kuin kuormituksen ajoittumisella yhdelle vuodelle (mallinnettu tilanne), sillä häiriön ajallinen kesto on pidempi. Yksittäisen alueen pohjanmuokkaukseen liittyvä rakentaminen tehdään kuitenkin yhden avovesikauden aikana, mikä vähentää kiintoainekuormituksen kumulatiivisia vaikutuksia. Arvioitu vaikutus jää näin ollen paikalliseksi ja tilapäiseksi suhteessa laajempaan kalapopulaatioon. Osa alueella mahdollisesti lisääntyvistä kaloista (mm. härkäsimppu) kutee talvella, jolloin ruoppaus-, kaivuu- ja läjitystöitä ei tehdä. Ko. lajin kannalta suurin osa tuulivoimapuiston alueesta on myös liian syvää kutualueeksi.

Kiintoaineen sedimentaatio on mallinnuksen mukaan suurinta läjitysalueella, sekä perustusten ja yhdyskaapeleiden lähialueilla ruoppauksen jälkeen, jolloin sedimentaation on arvioitu vaihtelevan välillä 1–4 cm (perustukset ja kaapelikaivannot tuulivoimapuistossa) ja läjitysalueella enimmillään jopa 10 cm, millä voi olla negatiivisia vaikutuksia esimerkiksi mätimuniin erityisesti läjitysalueella, mikäli ne peittyisivät laskeutuvan kiintoaineksen alle. Läjitysalueella ei kuitenkaan sijaitse tietojen perusteella kalojen kutualueita tai muuta arvokasta meriluontoa, joten aiheutuvat haittavaikutukset ovat vähäisiä. Muilla ruopattavilla alueilla vaikutus jää tätäkin lievemmäksi.

Nykytilassa Perämeren alueella sedimentaation on arvioitu vaihtelevan 0,1–0,8 cm/vuosi (*Mitchell ym. 2021, EMODNET 2024*). Siten alueilla, joilla mallinnettu rakennusvaiheen aikainen sedimentaatio ylittää 10–80 mm, vastaa se karkeasti vuosittaisen sedimentaatiomäärän kymmenkertaistumista rakennustöiden vuoksi, vaikka huomioitava on, että rakennusaika yksittäisillä kohteilla on huomattavasti lyhyempi ja näin ollen myös vaikutusaika on lyhyempi. Alueella esiintyvät virtaukset voivat myös puhdistaa pohjaa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Sedimentin haitta-ainepitoisuudet ovat pääosin matalia hankealueella ja kontaminoituneet alueet pyritään jättämään koskematta, joten näin ollen niistä ei aiheudu haittaa mädille tai kalanpoikasille, saati epäherkille kalojen ikävaiheille (aikuiset kalat).

Jos sameutuminen ajoittuu kalojen vaellusaikaan, se voi mahdollisesti vaikuttaa myös vaellusten onnistumiseen (esimerkiksi *Posford Duvivier Environment & Hill 2001*). Rakennusaikaisen ruoppauksen ja läjityksen aiheuttaman samentumisen sekä alueella käynnissä olevan yleisen aktiviteetin vuoksi lohien ja muiden vaelluskalojen vaellusreitit voivat muuttua niiden joutuessa kiertämään kyseiset alueet, sillä kalat todennäköisesti välttävät ainakin suurimpia kiintoainepitoisuuksia sekä väistävät käytössä olevia työkoneita. Myös alueen käyttö kalojen syönnösalueena voi häiriintyä jossain määrin välttämiskäyttäytymisen vuoksi.

Rakentamisaikainen samentuma jää siis mallinnusten perusteella varsin lyhytaikaiseksi tapahtumaksi tuulivoimapuiston alueella, mutta alueen laajuus huomioon ottaen kalastoon kohdistuva vaikutus arvioitiin **kohtalaiseksi,** lisäksi haittavaikutusta aiheutuu lisääntyneestä sedimentaatiosta. Samentumahaitta sekä lisääntynyt sedimentaatio ei kuitenkaan aiheuta uhkaa uhanalaisille kalalajeille, vaelluskaloille tai kaupallisesti hyödynnettäville kalalajeille.

Tehdyn mallinnuksen (*Niras 2023a*, liite 3) mukaan **merikaapelien/vetyputkien asentamistöistä** (mallinnettu kaksi vaihtoehtoista asennustapaa: vesipainepuhallus koko reitin matkalla/matalimpien osuuksien (alle 15 metriä syvyys) ruoppaus ja läjitys, katso myös luku 5.3.1.2) kaapeli/vetyputkireitillä esiintyy rakentamisvaiheessa yli 100 mg/l pitoisuusnousua enintään noin 500 metrin etäisyydellä ja enintään 12 tunnin ajan molemmissa simuloiduissa asennusmenetelmissä koko työn ajallinen kesto huomioiden. Kiintoainepitoisuuden nousua yli 10 mg/l esiintyy enintään yhtenä päivänä pinnassa sekä pohjan läheisessä kerroksessa vesipainepuhallusmenetelmällä. Ruoppaus ja läjitys aiheuttaa mallinnuksen mukaan yli 10 mg/l pitoisuusnousuja työnaikaisesti enintään seitsemän päivänä sekä pinta- että pohjakerroksessa. Samentuma näkyy voimakkaampana erityisesti rannan läheisillä matalammilla osuuksilla, joilla kuormitus jakautuu syvyyssuunnassa pienempään vesimäärään, jolloin lyhytaikaiset maksimit voivat olla jopa 1000 mg/l.

Mallinnuksen perusteella vesipainepuhalluksella on asentamisvaiheessa vähäisemmät vaikutukset kuin ruoppauksella, johtuen nimenomaan ruoppauksesta johtuvan läjityksen vaikutuksista. Ruoppauksen ja läjityksen yhteydessä yli 10 mg/l pitoisuuksia esiintyy etenkin pohjakerroksessa. Reittivaihtoehdossa MVE1 vaikutukset ovat suurimmat johtuen suuremmasta kuormituksesta, sillä reitille on mallinnettu asennettava kaapeleiden maksimimäärä (10 kaapelia) muiden reittien 5 kaapelin sijaan, jolloin on saatu esille mahdollinen suurin aiheutuva vaikutus. Reittivaihtoehtojen MVE2 ja MVE3 ja meriläjitysalueiden välillä ei ole samentumavaikutusten osalta merkittävää eroa. Kokonaisuudessaan reiteille mallinnetut kiintoainepitoisuuksien kuukausittaiset keskiarvot jäävät mataliksi, sillä työvaiheet ovat lyhyitä eri osuuksilla.

Veden samentumisella ja kiintoainepitoisuusnousulla voi olla huomattavaa paikallista vaikutusta erityisesti arvokkaimpien ja monimuotoisimpien alueiden osalta (esimerkiksi riutat), mutta huomioitava on, että mallinnuksen perusteella kaloja voimakkaimmin häiritsevä ja karkottava vaikutus jää lyhytaikaiseksi, jakautuen myös reitin eri osiin. Paikallisen kalan elinpiirissä samentumavaikutus jää käytännössä vain muutaman päivän mittaiseksi myös pahimmalla mahdollisella skenaariolla (MVE1/VVE1, 10 sähkönsiirtokaapelia) ja suurimmat pitoisuusnousut ovat lyhytaikaisia pulsseja, joilla voi kuitenkin olla pohjia peittävä vaikutus sedimentaation kautta. Mallinnuksen perusteella lisääntynyt sedimentaatio on enimmillään tasoa 2 cm, mikäli käytetään vesipainepuhallusmenetelmää. Voimakkainta sedimentaatio on reitin MVE/VVE1 alkupuolella lähellä tuulivoimapuistoa, jossa on hienojakoista sedimenttiä enemmän kuin muilla kaapelireiteillä ja myös (mallinnettu) kaapelimäärä ja kaivutarve suurempi. Vesipainepuhalluksessa yli 1 mm sedimentaatiota ulottuu mallinnuksen mukaan enintään noin 400 metrin etäisyydelle reittien molemmin puolin, vastaavasti osittaisessa ruoppausmenetelmässä yli 1 mm sedimentaatiovaikutus ulottuu enimmillään noin 500 metrin etäisyydelle reitin molemmin puolin. Sedimentaatio on voimakasta erityisesti läjitysalueilla sekä myös matalammilla ruoppausosuuksilla, jotka reiteillä MVE1 ja MVE3 sijoittuvat lähelle rantaa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kaikilla reiteillä sijaitsee tietojen perusteella eri kalalajien kutualueita (mm. silakka, karisiika sekä muikku), eniten niitä on reitillä MVE1/VVE1, jossa sijaitsee myös eniten riuttaympäristöä, mikä selittää osittain myös kutualueiden määrää. Kaivujen vuoksi nämä alueet voivat tuhoutua tai peittyä kiintoaineen alle, vähintäänkin hetkellisesti, mikäli tärkeimpiä kutualueita ei kierretä. Tietoja tulee tarkentaa myöhempiä suunnitteluvaiheita varten. MVE1 alueella on myös meriharjusta, mutta lisääntymisalueita ei ole todettu. Asennustöistä aiheutuva häiriö ja samentuminen voi häiritä tai karkottaa kutevia kalaparvia, mikäli alueilla operoidaan kutuaikaan. Matalimpien alueiden ruoppauksilla ja läjityksillä voi mahdollisesti olla vaikutusta useamman vuoden ajan kalojen lisääntymiseen, mikäli operoidaan erityisesti tärkeimmillä kutualueilla, mutta alueiden arvioidaan palautuvan ennalleen myöhemmin. Kaapelireittien alta pohjia muokataan yhteensä enimmillään 50 ha alalta (MVE1, mikäli asennetaan 10 kaapelia), mutta ei yhtäaikaisesti, joten kokonaisuudessaan paikallisiin kaloihin kohdistuva vaikutus on tasoltaan **hetkellisesti kohtalaista**, mutta **pidempiaikaisesti vähäistä kaikilla reiteillä**, eikä kaapeleiden asennustöistä aiheutuvalla samentumisella ja lisääntyneellä sedimentaatiolla ole laajempaan Perämeren eri lajien populaatioihin kohdistuvaa vaikutusta. Paikallinen häiriö arvioidaan suuremmaksi, mikäli kaapelit sijoitetaan kahdelle eri reitille. Vaikutukset ovat lähes samantasoisia kaikilla reiteillä, mutta reitin MVE1/VVE1 muita reittejä suuremmaksi arvioitu kutualuepotentiaali ja kalataloudellinen arvo ml. mahdolliset meriharjuksen lisääntymisalueet huomioon ottaen, vaikutusten merkittävyyden voidaan arvioida kasvavan hieman.

Vaelluskalojen osalta samentuminen sekä rakennustöistä aiheutuva yleinen lisääntynyt häiriö voi aiheuttaa välttämiskäyttäytymistä ja täten muutoksia kalojen kulkureitteihin, mutta töiden ajoittuminen vain tietyille osuuksille kerrallaan ja samentuma-alueen pysyessä työkohteen lähialueilla, ei kaapelien/vetyputkien asentamisella arvioida olevan kuin korkeintaan **kohtalaista** vaikutusta.

Vedenalainen melu

Vedenalaisista meluvaikutuksista rakentamisen aikana merkittävin ympäristövaikutus kaloille on asennustoiminnasta (esimerkiksi paalutus) aiheutuva ja rakentamisenaikaisen laivaliikenteen aiheuttama vedenalainen melu. Energiansiirtoreittien rakentamiseen liittyy mahdollisesti vedenalaisia louhintoja ja räjäytyksiä, joista voi aiheutua melua ja tärinää maa- ja kallioperän kautta vesiympäristöön. Kalastolle aiheutuva häiritsevin vaikutus on todennäköisesti paalutuksella. Melu voi aiheuttaa kaloille fysiologista stressiä, kuolleisuutta, fyysisiä vammoja tai vaikuttaa niiden käyttäytymiseen. Vedenalaisen melun vaikutuksia sekä vaikutusmekanismeja käsitellään tarkemmin luvussa 15.

Tehdyn mallinnuksen mukaan paalutuksen aiheuttaman vedenalaisen melun (PTS=pysyvä kuulonaleneminen ja vamma) paineen pahimmat vaikutukset kohdistuvat yksilöihin paalutustoiminnan välittömässä läheisyydessä. Kaloille arvioitu etäisyys on vähemmän kuin 100–2350 metriä ja mädille ja toukille vähemmän kuin 1,5 kilometriä. Tämän lisäksi suurin osa kaloista pakenee kauemmas paineen lähteestä ja palaa, kun melu on loppunut, ja mahdollisesti kärsii vain ajan myötä palautuvasta väliaikaisesta kuulonalenemasta. TTS:n (tilapäinen kuulonalenema) vaikutusetäisyys kaloille on 11–23,7 kilometriä melulähteestä, riippuen kalalajista. PTS:n tai kuolleisuuden riski suurille kalamäärille nähdään merkityksettömänä lyhyiden vaikutusetäisyyksien (< 100–2350 metriä) vuoksi ja kun käytetään pehmeää käynnistys-/voimistusmenettelyä, joka antaa kaloille aikaa siirtyä vaikutusetäisyyden ulkopuolelle. (*Niras, 2023*, liite 3)

Lähellä paalutuksen lähdettä, vammoja aiheuttavan alueen ulkopuolella, jossa vedenalainen melu on kuitenkin korkea, paine laukaisee välttämisreaktion, jolloin nuoret ja aikuiset kalat pakenevat painetta ja mahdollisesti kärsivät väliaikaisesta kuulonalenemasta (TTS). Huomioitava on, että kalat käyttävät merituulivoimapuiston aluetta kohtalaisesti muihin merialueisiin verrattuna, mutta vain vähän verrattuna matalampiin alueisiin rannikolla. Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin **kohtalaiseksi negatiiviseksi**, koska erityisesti TTS:n (tilapäinen kuulonalenema) vaikutusetäisyydet ovat suhteellisen pitkiä (jopa 23,7 kilometriä) ja niiden voidaan arvioida ulottuvan täten myös monimuotoisemmille rannikkoalueille. Näin ollen on arvioitu, että kuplaverhot tai vastaava äänenvaimennusmenetelmä on välttämätön rakentamistoimien

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

yhteydessä (vedenalaisen melun mallinnuksessa oletettu huomioon kuplaverhon käyttö) (*Niras, 2023*, liite 6, katso myös luku 15).

Merituulivoimapuiston ja merikaapeleiden ja/tai vetyputkireitin rakentamisen aikana voidaan joutua alueen pohjanlaadusta riippuen louhimaan tai räjäyttämään kalliota reitin tieltä. Louhinnan ja räjäytysten tarve selviää hankkeen tarkemmassa suunnittelussa ennen hankkeen vesilupavaihetta.

Meriläinen & Lindforsin (*2018*) mukaan vedenalaisen louhinnan melu on lyhytkestoista ja impulssimaista, mutta kuitenkin usein erittäin voimakasta ja laajakaistaista. Vedenalainen louhinta ja räjäytykset voivat aiheuttaa kaloille haitallisia äänenpainetasoja. Melun etenemiseen vaikuttaa alueen vesisyvyys, veden suolapitoisuus ja lämpötila sekä näistä aiheutuva kerrostuneisuus. Lisäksi äänen taajuus sekä merenpohjan ja merenpinnan olosuhteet vaikuttavat äänen heijastumiseen ja absorboitumiseen. Melun haitallisuuteen vaikuttavat melun voimakkuuden lisäksi altistusaika, äänienergian jakautuminen eri taajuuksille, melun laatu sekä lajin yksilöllinen herkkyys melulle.

Mahdollisista räjäytyksistä voi aiheutua hetkellisesti lähellä oleville kaloille (muutamien kymmenien metrien päässä) vaarallisen voimakasta melua. Yksittäinen räjähdys kestää yleensä alle sekunnin, jolloin suurimmat riskit liittyvät välittömien kudosvaurioiden ja kuuloon kohdistuvien vaurioiden syntymiseen, kun taas vaikutukset esimerkiksi kalojen käyttäytymiseen ovat hyvin rajallisia ja lyhytaikaisia. Vauriot aiheutuvat yleensä kudoksiin, jotka ovat kaasun täyttämiä tai lähellä uimarakkoa (*Meriläinen & Lindfors 2018*). Kehittyvän mädin on havaittu vaurioituvan riittävän suuresta paineaallosta, jonka räjähdys voi saada aikaiseksi, mutta mädin herkkyys räjäytysten aiheuttamalle kuolleisuudelle vaihtelee huomattavasti eri lajien ja kehitysasteiden välillä (*Jensen ym. 2003, Faulkner ym. 2008, kirjallisuuskatsauksessa Meriläinen & Lindfors 2018*)). Yleisesti ottaen räjäytysten kalastovaikutuksista on haastavaa muodostaa selviä rajaarvoja, koska tutkimuksissa on usein käytetty eri räjähteitä, eri kalalajeja ja erilaisia panoksia (*Meriläinen & Lindfors 2018*). Mikäli merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyisi vedenalaisia räjäytyksiä, tulee niiden osalta tehdä tarkempi suunnittelu ja tarvittaessa mallinnus vesilupavaiheessa.

Merikaapeleiden ja/tai vetyputkireitin rakentamisen aikana melua syntyy myös merialueella putkenlaskuun soveltuvien alusten melusta, joka on luonteeltaan etenevää merialusten normaalia ääntä, missä pää-äänilähteitä ovat koneiden ilmanottokanavat, savukaasukanavat sekä ilmastoinnin puhaltimet ja poistopiiput. Vedenalaiset meluvaikutukset koostuvat alusten potkurien ja koneiden melusta. Kalastolle aiheutuvat vaikutukset ovat lieviä ja väliaikaisia, mutta kalojen karkottumisella voi olla vaikutusta kalastukseen.

Vaikutukset kalastukseen

Ruoppauksen, läjitysten sekä kaapelien asennustöiden vuoksi aiheutuvan samentumisen sekä häiriön, sekä lisäksi rakennustöistä aiheutuvan melun johdosta kaloja voi karkottua ja välttämiskäyttäytyminen voi lisääntyä, millä voi olla negatiivista vaikutusta alueella harjoitettavaan kaupalliseen sekä vapaa-ajan kalastukseen. Vedenlaatuun kohdistuvat vaikutukset ovat todennäköisesti suurimmat rannikon läheisillä alueilla, jossa harjoitettava kalastus on verraten runsasta. Töidenaikaisista mahdollisista liikkumisrajoituksista johtuen kalastus voi estyä tietyillä alueilla kokonaan tai pyydyksiä ei voida asettaa pyyntiin, sillä samentumahaitta voi hetkellisesti olla suurta, jolloin haittaa aiheutuu mm. havaspyyntien likaantumisesta johtuen. Kalojen häiriintymisessä kasvaneiden kiintoainepitoisuuksien vuoksi on melko suurta vaihtelua, mutta lyhytaikaiset haitat arvioitiin kuitenkin kokonaisuudessaan **kohtalaisiksi kaapelireittien alueella ja vähäiseksi tuulivoimapuiston alueella**. Vaikutukset voivat voimistua, mikäli käyttöön valitaan kaksi kaapelireittiä, sillä tällöin vaikutukset kohdistuvat laajemmalle alueelle. Rakentamisesta ja sen aikatauluista tullaan tiedottamaan laajasti etukäteen.

6.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Erilaisten tutkimusten avulla on pyritty selvittämään toiminnassa olevien tuulivoimaloiden synnyttämiä vedenalaisia ääniä, värähtelyjä, valo- ja varjoefektejä sekä merikaapeleiden

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

(sähkönsiirto) synnyttämiä sähkömagneettisia kenttiä sekä niistä kalastolle ja muulle vesieliöille aiheutuvia vaikutuksia. Voimaloiden sijoittamisella voi olla vaikutusta myös virtaamiin ja muihin hydrodynaamisiin olosuhteisiin merialueella. Voimaloiden ja muiden tarvittavien rakenteiden (mm. merisähköasemat) perustusten rakentamisen myötä myös pohjaolosuhteet muuttuvat eli pohjan elinympäristöjä menetetään pysyvästi rakenteiden alta. Vedyntuotannosta voi aiheutua suola- ja lämpökuormitusta paikallisesti ympäröivälle vesialueelle. Vaikutusten arviointia vaikeuttaa tietopuutteet eli tutkimus- ja seurantatiedon puute ilmiöiden todellisesta merkityksestä Suomen oloissa, erityisesti ulkomerelle sijoittuvien merituulivoimapuistojen osalta.

Elinympäristöjen ja virtaamien muuttuminen

Elinympäristön muuttuminen ja kehittyminen riippuu paikallisista ympäristöolosuhteista, mutta yleisesti ottaen perustukset voivat matalilla alueilla luoda edellytyksiä eliöstön monimuotoisuuden kasvamiselle toimimalla keinotekoisina riuttoina luoden näin uusia elinympäristöjä eläin- ja kasvilajeille, millä voi olla positiivisia vaikutuksia erityisesti myös pohjakaloille.

Kalojen tiedetään suosivan vedenalaisiin rakenteiden läheisyyttä, kuten hylkyjä, aallonmurtajia ja laituripaaluja, joka voidaan todennäköisesti selittää lisääntyneellä suoja- ja ravintomahdollisuudella. Kaloja houkutteleva vaikutus on havaittu myös useissa tuulivoimapuistoissa *(Bergström ym. 2012),* mutta vaikutus on lajiriippuvaista: silakan ja kilohailin kohdalla eroosiosuojausrakenteet ei välttämättä lisää lajien esiintymistä, mutta ne voivat mahdollisesti toimia esimerkiksi kutuhabitaattina, mikäli pinnalle kasvaisi leviä tai kalat voivat hakeutua suojaan perustusten lähelle (*Glarou ym. 2020).*

Suomen olosuhteissa ja erityisesti syvillä pohjilla tämä riuttavaikutus on kuitenkin todennäköisesti lähinnä teoreettinen ja matalillakin alueilla eri lajien sukkessio on todetusti ollut hidasta eivätkä voimaloiden perustusten pinnat valtaosin ylipäätään sovellu Suomessa esiintyville levä- tai pohjaeläinlajeille (*KVVY Tutkimus Oy 2020a).*

Itämeren keski- ja pohjoisosista on kuitenkin varsin rajallisesti vielä tietoa merieliöstön kiinnittymisestä erilaisiin merituulivoimaan liittyviin rakenteisiin tai viihtymisestä rakenteiden lähistöllä. OX2 on käynnistänyt yhteistyössä yritysten Under Ytan ja Nemo Seafarms tutkimusaseman ja tutkimushankkeen Ahvenanmaan Björkskärille, jossa tutkitaan muun muassa riuttojen ja turskahotellien rakentamista tuulivoimaloiden perustusten ympärille. Hankkeesta kerrotaan tarkemmin YVA-selostuksen niin sanotussa yleistiedot-osiossa.

Paikallaan seisovalla yksittäisellä voimalalla tai valitulla perustustyypillä ja sen eroosiosuojauksella ei todennäköisesti ole suurta merkitystä syvien alueiden kalastolle. Kovien pohjien lajeja (esimerkiksi härkäsimppu) pehmeän pohjan korvautuminen kovemmalla pohjalla voi jossain määrin hyödyttää. Merikaapelien osalta tilanne muuttuu nykytilasta olennaisesti vain niillä alueilla, joissa kaapelia ei ole mahdollista asentaa upottaen tai kaivaen pohjaan, vaan kaapelit peitetään esimerkiksi kivenlohkareilla. Tällöin alueelle voi muodostua syvyydestä riippuen kaloillekin soveltuvaa mahdollista riuttamaista ympäristöä.

Pohjan alaa menetetään pysyvästi voimaloiden perustusten sekä merisähköasemien alta (katso myös luku 6.3.2). Hankevaihtoehdossa VE2 perustusten vaatima ala on hieman suurempi kuin vaihtoehdossa VE1, jossa voimaloiden lukumäärä on vaihtoehtoa VE2 suurempi, mutta kokonaisuudessaan vaihtoehdossa VE1 pohjia menetetään enemmän. Tuulivoimapuiston matalimmat alueet alkavat 12 metristä. Tehtyjen habitaatti- ja pohjatutkimusten perusteella hankealueen matalimmatkaan osat eivät ole kovinkaan monimuotoisia meriluonnon tai kalojen elinympäristön kannalta. Voimaloiden perustusten alle jäävien mahdollisten kutualueiden menetys tulee olemaan vähäistä, huolimatta hankevaihtoehdosta tai lopullisesti valitusta perustustyypistä, sillä alueella ei ole tietojen perusteella silakan tai muiden kaupallisesti tärkeiden kalalajien kutualueita. Erityisesti pohjaeläimiä syövien kalojen ravintokohteiden hakuun voi tulla lieviä paikallisia muutoksia, sillä voimaloiden lähialueilla pohjaeläimistö voi muuttua tai hävitä kokonaan voimaloiden mahdollisen eroosiosuojauksen myötä. Hankealueella eläviä pohjaeläimiä syöviä pohjakaloja ovat esimerkiksi härkäsimput. Vaikutus ei kuitenkaan ole merkittävä vaan lähinnä teoreettinen, sillä liikkuvina eliöinä kalat voivat etsiytyä parempiin olosuhteisiin ja vaikka tehtyjen pohjaeläintutkimusten perusteella lajisto on alueella varsin niukkaa, biomassojen puolesta

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

pohjaeläimistön arvioidaan tarjoavan joka puolella hankealuetta riittävästi ravintoa, eikä voimaloiden aiheuttamalla muutoksella arvioida näin ollen merkitystä kalojen ravintovarojen riittävyyteen.

Olemassa olevan tutkimustiedon, saalistietojen, ja kalastajille tehtyjen haastattelujen perusteella kutuvaelluksella olevat lohet kulkevat kohti pohjoista Hailuodon länsipuolelta. Aikuisten lohien vaellus kulkee pääosin Suomen rannikkoa pitkin, mutta osa kaloista voi liikkua myös avomerellä ja todennäköisesti osa kulkee myös merituulivoimapuistoalueen läpi. (*Kala- ja vesitutkimus 2023b,* liite 8 ja sen kirjallisuusviitteet). Myös lohen vaelluspoikasia tavataan Hailuodon länsipuolella ja merituulivoimapuiston läheisiltä merialueilta on saatu yksittäisiä merkkipalautuksia merkityistä meritaimenista.

Kalat osaavat tarvittaessa väistää esteitä (esimerkiksi *Zwaka ym. 2022*), lisäksi voimalayksiköt tullaan sijoittamaan laajalle tuulivoimala-alueelle siinä määrin väljästi (noin 1,5–2 kilometrin etäisyydelle toisistaan), ettei niillä ole todennäköisesti pelkästään Hallan tuulivoimapuisto huomioiden fyysisen esteen muodossa esiintyvää vaikutusta vaelluskalojen eikä muiden kalalajien liikkumiseen tai käyttäytymiseen. Hankevaihtoehdossa VE1 voimalamäärä on suurempi, joten mahdollinen negatiivinen vaikutus voi periaatteessa tältä osin olla suurempi, mutta kuitenkin melko epätodennäköinen. Muita voimaloiden toiminnasta aiheutuvia kalastoon mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä (melu jne.) käsitellään seuraavissa kappaleissa.

Tuulivoimaloilla voi olla vaikutusta virtausolosuhteisiin, sillä voimalat muodostavat ikään kuin uuden saariston, jolla voi olla vaikutusta voimaloiden välisiin tuuliolosuhteisiin. Erityisesti pintavirtaukset tulevat sekä voimistumaan että heikkenemään, mutta vaikutus vaihtelee vuodenajan mukaan (katso myös luku 6.3). Virtaamamuutoksilla ei todennäköisesti ole suurta vaikutusta kalaston tilaan kummassakaan hankevaihtoehdossa, sillä olosuhteet vaihtelevat paikallisesti ja ovat Itämeren olosuhteissa tyypillisesti hyvin vaihtelevia mm. vallitsevista sääoloista johtuen. Virtaamamuutokset voivat periaatteessa aiheuttaa myös sedimentaation lisääntymistä, millä voi olla negatiivinen vaikutus herkille lajeille. Arvion mukaan tämä on kuitenkin vähäistä Hallan tuulivoimapuistossa. Virtausmuutokset vaikuttavat myös veden lämpötilaan ja kerrostumiseen sekä jossain määrin myös suolapitoisuuteen. Lämpötilamallinnuksessa on huomioitu myös vedyn tuotanto, jonka vaikutus jää kuitenkin hyvin paikalliseksi (katso myös luku 5.3.2). Tuulikentän muutoksen aiheuttamia vaikutuksia lämpötilaan ja kerrostumiseen arvioidaan jäljempänä kohdassa *vedyntuotannon vaikutukset ja lämpötilan nousu.*

Kokonaisuutena arvioiden elinympäristöt ja avomeren olosuhteet tulevat hankkeen myötä jossain määrin muuttumaan ja elinympäristöjä tullaan myös menettämään merituulivoimapuiston laajuus sekä kaapelireittien pituus huomioon ottaen melko isossa mittakaavassa. Kaapelien tai vetyputken asennuksen jälkeen kohteen elinympäristö palautuu, mutta se voi muuttua alkuperäisestä. Aiheutuvien muutosten merkityksen sekä eri tekijöiden yhteisvaikutusten arviointi on haastavaa, koska vaikutuksista ei ole Suomen olosuhteisiin suoraan soveltuvia tietoja. Näin ollen merituulivoimapuiston sekä kaapeli/vetyputkireittien aiheuttamat moninaiset haittavaikutukset kalojen elinympäristöön arvioitiin **kohtalaisiksi** molemmissa hankevaihtoehdoissa.

Vedenalainen melu

Merituulivoimapuiston käyttövaiheessa melua aiheutuu tuulivoimaloista ja lisäksi melua voi aiheutua kunnossapitoon ja huoltoon liittyvästä laivaliikenteestä (katso myös luku 15). Voimalan toiminnanaikaiset vedenalaiset vaikutukset koostuvat tuulivoimalan siipien ja koneiston käyntiäänistä, jotka välittyvät tornia ja perustusta pitkin veden alle.

Kalojen kuuloelinten monimuotoisuus on erittäin suuri, aiheuttaen suuren vaihtelun kuulossa eri kalalajien välillä. Vedenalainen melu voi vaikuttaa merinisäkkäisiin ja kaloihin esimerkiksi muuttamalla niiden käyttäytymistä tai aiheuttamalla tilapäisen tai pysyvän kuulon heikkenemisen. Vaikutuksen suuruus riippuu siitä kuinka kova ja pitkäkestoinen ääni on. Käyttäytymisen muutoksella tarkoitetaan ensisijaisesti välttelevää käyttäytymistä, joka voi vaihdella pienestä muutoksesta, kuten lyhyestä ruoanhakuhäiriöstä siihen, että alueelta paetaan. Itämerellä tehtyjen mittausten mukaan tuulivoimalan käyntiäänen vedenalaisen kuuluvuussäteen kaloille on arvioitu ulottuvan kilometrien etäisyydelle tuulivoimalasta (*Wahlberg & Westerberg 2005*). Käyntiäänen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ei ole kuitenkaan osoitettu häiritsevän kaloja kuin melutasoilla, jotka vallitsevat aivan tuulivoimalan välittömässä läheisyydessä muutaman metrin säteellä. Äänenpaineen tason 90–119 dB (re 1 µPa) (*Nedwell & Howell 2004*, *Thomsen ym. 2006,* kirjallisuuskatsauksessa *Vehanen ym. 2010*) on todettu aiheuttavan kaloilla käyttäytymismuutoksia ja stressiä.

Hallan merituulivoimapuiston hankealue on päällekkäinen Pohjanlahden päälaivaliikenneväylien kanssa. Aluetta hallitsee siis jo nyt vedenalaista melua aiheuttava alusliikenne, ja alueella olevat kalat ovat todennäköisesti jossain määrin jo mukautuneet tiettyyn määrään vedenalaista melua. Tehdyn arvion mukaan hankealueella 100 metrin päässä noin 25 MW:n voimalasta äänitaso käyttöaikana voisi olla tasolla 155–160 dB (re 1µPa) voimalan nimellisteholla, joka vastaa laivaliikenteen aiheuttamaa melua 300–500 metriä havaintopaikasta. Voimaloiden kumulatiivisista vaikutuksista ei tässä vaiheessa ole tietoa (katso luku 15). Alustavasti voidaan arvioida, että esimerkiksi lohen karkottumiseen vaadittavia melutasoja esiintyy huomattavasti lähempänä tuulivoimaloita kuin etäisyys, jonka päähän lohi kuulee tuulivoimalasta lähtevän äänen. Wahlberg ja Westerberg (2005) ovat arvioineet, että kaloja karkottavaa melua ulottuu ainoastaan 4 metrin päähän perustuksesta.

Tehdyssä mallinnuksessa (*Niras 2023b*, liite 6) merituulivoimapuiston toiminnan aikaiset vedenalaiset meluvaikutukset arvioitiin kohtalaiseksi molemmilla hankevaihtoehdoilla johtuen ennen kaikkea voimalakoon käytönajan meluvaikutustason epävarmuuksista koskien äänipäästöä ja äänen etenemistietä tornista perustuksiin vedenpinnan alapuolelle. Kohteen herkkyys kalaston kannalta arvioitiin kuitenkin **vähäiseksi** suhteessa meluun ja siihen koettuihin vaikutuksiin ja haittavaikutusten kokonaismerkittävyys on siten **vähäinen.**

Valo-ja varjovaikutus (välke)

Kaloilla ylilentävän saalistavan linnun aiheuttama varjostus aiheuttaa yleensä pakoreaktion. Tuulivoimalan pyörivien lapojen aiheuttama valo-varjoefekti eli välke (katso myös luku 16) voi periaatteessa aiheuttaa vastaavan reaktion, jos kala tulkitsee ilmiön merkiksi saalistusuhasta. Myös voimaloiden valaistuksella voi periaatteessa olla vaikutusta kaloihin, sillä viimeaikaisissa tutkimuksissa on esimerkiksi havaittu keinotekoisen valon vaikuttavan jossain määrin lohen (*Salmo salar*) käyttäytymiseen, joskin mekanismit tämän takana eivät ole selviä (mm. *Riley ym. 2015, Newman ym. 2015*). Tehdyn kirjallisuuskatsauksen (*Dodd & Briers 2021*) perusteella voimaloiden lapojen aiheuttamalla varjovaikutuksella (shadow flicker) ei mitä todennäköisimmin ole vaikutusta loheen (*Salmo salar)* missään sen elinkierron vaiheessa. Kalojen arvioidaan myös tottuvan nopeasti valon ja varjon vaihteluun (*Dodd & Briers 2021*). Nykytiedon valossa vaikutuksen arvellaan jäävän vähäiseksi myös muille kaloille (*Öhman 2023*).

Varjon vilkkuminen on yleensä ajoittaista, ja sen voimakkuus riippuu sääolosuhteista. Esimerkiksi aallokko heikentää valojen ja varjojen vilkkumista merenpinnan rikkoutuessa. Jääpeitteisenä aikana ilmiöllä ei ole lainkaan vaikutusta kaloille tai muille vesieliöille.

Kokonaisuudessaan mahdollisen haitallisen vaikutuksen voidaan arvioida molemmilla hankevaihtoehdoilla (VE1, VE2) olevan **vähäinen tai korkeintaan tilapäinen** johtuen sääolosuhteiden vaihtelusta sekä talviaikaan jääpeitteestä.

Sähkömagneettinen säteily

Tuulivoimaloiden toiminta-aikana sähkönsiirtoon käytetyt merikaapelit tuottavat sähkömagneettista säteilyä ympäristöönsä (mm. *Taormina ym. 2018, Hutchison ym. 2020a*). Sähkömagneettinen kenttä ulottuu useiden metrien päähän merenpohjaan kaivetusta merikaapelista ja sen intensiteetti vähenee etäisyyden kasvaessa (*Hutchison ym. 2020a).* Sedimenttikerros kaapelin päällä vaimentaa, mutta ei täysin estä säteilyn pääsyä vesipatsaaseen (*CMACS 2003*). Sähkönsiirron aiheuttamaa sähkömagneettista kenttää on pidetty mahdollisena kaloihin kohdistuvana käytönaikaisena vaikutuksena. Staattisen magneettikentän vaikutuksia vesiorganismeihin on kuitenkin toistaiseksi tutkittu vain vähän (*Hutchison ym. 2020b*) ja tulokset ovat myös keskenään ristiriitaisia, mikä vaikeuttaa arviointia (*Cresci ym. 2022*). Sähkömagneettisia kenttiä muodostuu sekä tuulivoimapuiston sisäisen kaapeloinnin että mantereelle johdettavien sähkönsiirtokaapeleiden ympärille.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Herkkyys tuntea sähkömagneettista säteilyä vaihtelee lajeittain. Kaapelien tyypillä ja suunnittelulla on suuri merkitys niiden sähkömagneettiseen vaikutukseen ja erilaisilla teknisillä ratkaisuilla voidaan mahdollisesti vähentää vaikutuksia kaloihin. Kaapelit suositellaan esimerkiksi haudattavan vähintään metrin syvyydelle tai käytettävän kaapeleiden peittämiseen sellaisia materiaaleja, jotka vaimentavat sähkömagneettista säteilyä tehokkaasti, jotta haittavaikutukset voidaan minimoida (*Soukissian ym. 2023*). Myös kaapelit voidaan valita ominaisuuksiltaan sellaisiksi, että sähkömagneettinen kenttä olisi mahdollisimman heikko (*Öhman ym. 2007*).

Merikaapeleiden aiheuttaman sähkömagneettisen säteilyn on havaittu mahdollisesti vaikuttavan sellaisten lajien liikkeisiin ja käytöksen muuttumiseen, jotka vaeltavat, suunnistavat, laiduntavat tai saalistavat sähköisten tai magneettisten kenttien avulla (mm. *Hutchison ym. 2020b*; *Gill & Desender, 2020*), mutta havainnot ovat ristiriitaisia tai epävarmoja. Muun muassa lohikaloilla ja ankeriailla on magneettiaisti ja ne hyödyntävät maapallon magneettikenttiä esimerkiksi suunnistamiseen (mm. *Westerberg & Lagenfelt 2008, Putman 2015, Klimley ym. 2021, Naisbett-Jones & Lohmann 2022*). Lohen vaellukset eivät kuitenkaan tutkimusten mukaan ohjaudu pelkästään yhden aistin varassa (kuten maan magneettikentän aistimisen), vaan perustuvat useisiin aisteihin, joiden vaikutus vaihtelee vaelluksen eri vaiheissa (*Døving & Stabell 2003*). Sähkömagneettisten kenttien vaikutuksia lohen (*Salmo salar*) vaelluskäyttäytymiseen ei ole kuitenkaan tutkittu (mm. *Gill & Bartlett 2010*).

Usein tutkimuksissa käytetyillä eri kalalajeilla (mm. ankerias, kuningaslohi, rausku) havaitut käyttäytymisvasteet (mm. muutokset vaelluskäyttäytymisessä, tai kalan kehityksessä) ovatkin olleet vähäisiä tai niitä ei ole kyetty osoittamaan kentällä (mm. *Hutchison ym. 2020b, Westerberg & Lagenfelt 2008, Klimley ym. 2017).* Sähkömagneettisen säteilyn vaikutuksia onkin tutkittu pääasiassa laboratoriossa tai yksittäisten kaapeleiden lähistöllä, ja harvat tutkimukset on huomioinut usean kaapelin vaikutuksia eläimiin (*Gill & Desender 2020*). Selkärangattomien ja kalojen esiintymistä tutkittiin Kaliforniassa 35 kV:n merikaapelin lähettyvillä, jonka magneettinen kenttä ulottui metrin etäisyydelle kaapelista, ja havaittiin, että eroa kaapelireitin eläinyhteisöissä ei ollut alueen ulkopuolella oleviin yhteisöihin (*Love ym. 2017*). Ontario-järvellä sijaitsevan 245 kV:n kaapelin lähettyvillä sijaitsevan kalayhteisön tiheyttä selitti enemmän syvyys ja pohjan laatu kuin etäisyys kaapelista (*Dunlop ym. 2016*). Sähkömagneettisen säteilyn laajuutta on vaikea arvioida tässä vaiheessa hanketta, mutta edellä mainittujen kirjallisuustietojen perusteella mahdollinen vaikutus kohdistuu aivan kaapeleiden lähialueelle. Pinta-alan mukaan lasketuna teoreettinen vaikutus voisi kohdistua maksimissaan muutaman kymmenen hehtaarin alueelle merikaapeleiden osalta.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että vaikka kalat aistivatkin magneettisia kenttiä, eivät sähkönsiirtokaapeleiden aiheuttamat magneettikentät ole välttämättä niin voimakkaita, että ne aiheuttaisivat kalojen poikkeavaa käyttäytymistä tai muuta muutoksia, myöskään vaihtoehdossa MVE1, jossa 10 kaapelia sijoitetaan yhdelle reitille (ns. worst case). Merikaapeleiden sijoittelun tarkalla suunnittelulla (esimerkiksi etäälle kutualueista tai muista herkistä alueista) voidaan minimoida mahdolliset haittavaikutukset, joten kokonaisuudessaan sähkömagneettisen säteilyn aiheuttama haitta arvioitiin **vähäiseksi**. Hankkeella ei tältä osin todennäköisesti ole vaikutusta lohikalojen vaeltamiseen, sillä niiden vaellus ohjautuu usean aistin varassa ja joiden vaikutus vaihtelee vaelluksen eri vaiheissa, mutta asiaan liittyy epävarmuuksia tutkimustiedon vähäisyydestä johtuen. Todennäköisesti laajempaa vaikutusta esimerkiksi minkään alueella esiintyvän lajin lisääntymismenestykselle populaatiotasolla ei ole aiheutumassa.

Vedyntuotannon vaikutukset sekä muutokset lämpötilassa

Tehdyn mallinnuksen (*Niras 2023a*, päivitetty 2024, liite 3) mukaan vedyn tuotannosta (sekä keskitetty että hajautettu tuotanto) aiheutuva paikallinen suolapitoisuuden nousu tulee olemaan niin **vähäistä** kummassakin hankevaihtoehdossa (VE1, VE2), ettei sitä juurikaan voida erottaa alueen luontaisesta suolapitoisuuden vaihtelusta, eikä sillä näin ollen ole vaikutusta kalastoon. Tuulivoimapuiston aiheuttama lämpötilan nousu (vedyn tuotanto sekä tuulikentän muutos yhdessä) aiheuttama lämpötilan nousu rajoittuu voimaloiden läheisyyteen, arvioidun vaikutuksen vuoden keskilämpötilaan ollessa noin ±0,5°C, ja 10–20 metrin syvyydessä hieman suurempi, noin ±1,0°C. Kuukausittaiset mallinnustulokset osoittavat, että ylemmät vesikerrokset

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

lämpenevät (0,25–0,50 °C), kun taas 5–30 metrissä tapahtuu samanaikaista mutta alueellisesti erillistä lämpenemistä ja viilenemistä, joka on voimakkainta kesäkuukausina (ero > ±1 °C). Tuulivoimapuiston pohjoispuolella lämpeneminen on vallitsevaa useimpina kuukausina, kun taas tuulivoimapuiston eteläpuolella olevalla alueella on odotettavissa viilenemistä. Vähentynyt lämpeneminen tuulivoimapuiston eteläosassa kesä-syyskuussa, voi aiheuttaa termokliinin siirtymistä jopa 10 metrillä.

Lämpötilamuutoksen arvioitiin kokonaisuudessaan olevan siinä määrin pientä, ettei sillä ole vaikutusta kalastoon, mutta termokliinin siirtymisellä tuulivoimapuiston eteläpuolisella osalla kesä-syyskuussa voi olla **vähäistä** vaikutusta esimerkiksi kalojen esiintymissyvyyteen sekä ravinnonhakuun. Tietojen perusteella lohet vaeltavat suurimmaksi osaksi rannikon lähellä (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2023b*, liite 8) ja aivan pinnan läheisessä vedessä (esimerkiksi *Karlsson ym.1996*), mutta todennäköisesti lohia voi liikkua myös tuulivoimapuiston alueella. Termokliinin siirtymisellä ei todennäköisesti ole näin ollen merkittävää vaikutusta lohien liikkeisiin, sillä lämpötilan muutos ei vaikuta rannikon läheisillä alueilla eikä lämpötilamuutos itsessään ole suurta myöskään pintavedessä. Suurimmat muutokset havaitaan kesäkuukausina, jolloin lohet useimmiten ovat jo jokivesistöissä, mutta koska kalojen vaelluksessa ja nousussa kutujokiin esiintyy vaihtelua, ei voida kokonaan poissulkea, etteikö lievilläkin lämpötilamuutoksilla voisi olla vaikutusta. Hankevaihtoehtojen (VE1, VE2) aiheuttaman vaikutuksen välillä ei ole eroja. Vaelluskaloihin kohdistuva tuulikentän muutoksista aiheutuva lämpötilamuutoksen vaikutus arvioitiin **vähäiseksi.** Muiden kuin vaelluskalojen osalta tarkkoja tietoja termokliinin käytön osalta on myös melko vähän. Yleisesti ottaen planktonia syövät kalat voivat hyödyntää termokliiniä ravinnonhaussa, sillä plankton usein kerääntyy termokliinin läheisyyteen. Osa lajeista voi hakea termokliinistä suojaa saalistajilta tai hyödyntää sitä lämmönsäätelyssä. Termokliinin siirtymisellä ei kuitenkaan arvioida tämänhetkisten tietojen perusteella olevan merkittävää vaikutusta kalastoon, sillä kalat hyödyntävät normaalistikin lämpötilavaihteluita ja lämpötilamuutos on itsessään pientä, eikä termokliinin siirtymisellä ole arvion mukaan vaikutusta myöskään alusveden happitilanteeseen.

Vaikutukset kalastukseen

Merituulivoimapuiston alueella kaupallinen kalastus on varsin vähäistä ja koostuu lähinnä silakan troolikalastuksesta, jota harjoitetaan tuulivoimapuiston keskiosissa, troolauslinjalla (Tauvon ura), joka alkaa kaapelireitin MVE3 alueelta. Lisäksi tuulivoimapuiston alueella sekä tuulivoimapuiston läheisellä Merikallojen matalikolla harjoitetaan satunnaista ahvenen ja siian verkkokalastusta. Kaapelireittien alueella harjoitetaan sen sijaan kaupallista rannikkokalastusta monipuolisesti verkko- ja rysäpyynnillä sekä troolikalastamalla (pohjatroolausta reiteillä MVE2 ja MVE3).

Tehdyissä tiedusteluissa kaupalliset kalastajat kertoivat suhtautuvansa merituulivoimapuiston rakentamiseen pääosin neutraalisti tai negatiivisesti. Kalastajia huolettivat muun muassa hankkeesta mahdollisesti aiheutuvat vaikeasti ennustettavat muutokset ympäristössä ja kalakannoissa. Yli puolet kyselyyn vastanneista alueen kalastajista piti sähkönsiirtoa mantereelle huomattavana ongelmana kalastukselle.

Yleisesti ottaen troolien käyttö vaikeutuu merituulivoimapuiston alueella, sillä troolialukset vaativat yleensä paljon tilaa operointia varten. Muikun troolausta harjoitetaan yleensä pienemmillä aluksilla, erityisesti Perämerellä, joiden tilavaatimukset ovat pienemmät kuin suuremmilla silakkatrooleilla. Tuulivoimapuiston voimalayksikköjen välimatka toisistaan tulee olemaan alustavien arvioiden mukaan noin 1,5–2 kilometriä. Isojen trooliyksikköjen vaatima kääntymiseen vaadittava tila on kuitenkin olemassa olevien tietojen perusteella noin 2–3 kilometriä (mm. *Lappalainen ym. 2023),* jonka perusteella tuulivoimapuiston alueella ei voida näitä liikkeitä isoilla aluksilla tehdä. Huomioitava on, että voimaloiden sijoituspaikat ovat vielä teoreettisia. Pienempien alusten käyttö voi todennäköisesti olla mahdollista, mutta pohjalla sijaitsevien kaapeleiden vuoksi pohjatroolin käyttö voi vaikeutua etenkin matalilla alueilla, sillä riskinä on troolin tai sen painojen takertuminen kaapeleihin tai niille tehtyihin peittoihin (lohkareet). Mahdollisen takertumisen riski kohdistuu myös merikaapelireiteille, jossa harjoitetaan troolikalastusta ja näin ollen kalastuksen harjoittaminen voi estyä kokonaan tai kalastustapaa joudutaan muuttamaan.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kaapelit tulisikin pyrkiä sijoittamaan suosituimmilla kalastusalueilla (esimerkiksi MVE1 alue) pohjan sisään tai muuten suojata siten, ettei kalastus millään välineellä esty.

Myös kiinteiden pyydysten käyttö voi vaikeutua kaapeleiden sijoittamisen vuoksi, mikäli kaapelien reititysten vuoksi aiheutuu muutoksia kalojen kutualueissa tai esimerkiksi kaapelien suojaukset estävät kalastuksen kokonaan perinteisillä paikoilla. Rysäpyyntiä harjoitetaan eniten reitillä MVE3, mutta verkkopyyntiä on kaikilla reiteillä.

Tahkoluodon olemassa olevien merituulivoimaloiden osalta ei ole havaittu toiminnanaikaisia vaikutuksia kalastossa (*Ojala 2019),* mutta myöhemmin vuonna 2020 toteutetussa kyselytutkimuksessa kaupallisten kalastajien ilmaisivat melulla olleen vaikutuksia saaliin pienenemiseen *(KVVY Tutkimus Oy 2020b*). Toiminnan aikaisen vedenalaisen melun haittavaikutukset on Hallan hankkeessa arvioitu vähäiseksi, joten ottaen huomioon alueella harjoitettavan kalastuksen vähäisen määrän, ei melulla arvioida olevan vaikutusta kalastukseen, eikä vaikutusten arvioida ulottuvan rannikkokalastukseen kohdistuen. Tuulivoimapuiston aiheuttamilla jääolosuhteiden mahdollisilla lievillä muutoksilla ei ole vaikutusta kalastukseen.

Tuulivoimapuistossa harjoitettava kaupallinen kalastus on kokonaisuudessaan käytössä olevien tietojen perusteella vähäistä, joten tuulivoimapuiston toiminnan aikainen aiheutuva kalastukseen kohdistuva haittavaikutus arvioitiin **vähäiseksi**, myös muut vaikutukset kuin kalastuksen estyminen (esimerkiksi meluvaikutus, elinympäristöjen muuttuminen) huomioon ottaen. Kaapelireittien alueella harjoitettava kalastus (kaupallinen sekä vapaa-ajankalastus) on monimuotoista erityisesti kaapelireittien MVE1/VVE1 ja MVE2 alueilla. Kaapelireittien alueella kalastukselle aiheutuvat käytön aikaiset haittavaikutukset voivat olla **vähäisiä tai kohtalaisia** valitusta kaapelin asennus- ja suojaustavasta riippuen. Vaikutukset voivat voimistua, mikäli käytössä on yhtäaikaisesti kaksi eri kaapelireittiä.

6.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Tuulivoimalat ja merisähköasemat on tarkoitus purkaa ja poistaa kokonaan käyttäen vastaavanlaista alusta ja menetelmiä (käänteisessä järjestyksessä) kuin asennuksessa. Perustukset voidaan poistaa osittain tai kokonaan. Kaapelit poistetaan tai jätetään turvallisesti paikalleen. Jos kaapelien poisto on tarpeen, prosessi on olennaisilta osin sama kuin kaapelia laskettaessa, mutta tapahtuu käänteisessä järjestyksessä. Näin ollen purkamisella ja rakenteiden poistolla on vastaavanlaisia vaikutuksia kuin rakentamisen aikaan (veden samentuminen, melu), mutta ne ovat lievempiä.

6.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli tuulivoimapuistoa oheisrakenteineen ei rakenneta, kalaston tila säilyy nykyisellään ja kehittyy luonnollisen muutoksen (esimerkiksi ilmastonmuutos) seurauksena. Kalastoon ja kalastukseen voivat vaikuttaa myös muut ihmistoiminnan vaikutukset, kuten esimerkiksi väylien rakentaminen.

6.4 Yhteisvaikutukset

Hankkeen lähialueilla on suunnitteilla useita tuulivoimahankkeita, joilla voi olla yhteisvaikutusta Hallan merituulivoimahankkeen kanssa (ks. luku 21). Hankkeen sijaitessa kaukana ulkomerellä, rannikon toiminnoilla (esimerkiksi teollisuus, maatalous ja sen aiheuttama kuormitus) ei ole yhteisvaikutusta hankkeen kanssa.

Tietojen perusteella lähimpänä sijaitsevan Polargrundin merituulivoimahankkeen rakentaminen voi ajoittua osittain samaan aikaan kuin Hallan, jolloin lieviä rakentamisen aikaisia vedenalaisia melun tai veden samentumisen kautta aiheutuvia yhteisvaikutuksia voi aiheutua. Hankkeilla voi olla käytönaikaisia melun yhteisvaikutuksia itse tuulivoimapuistojen alueilla riippuen toteutettavasta voimalakoosta sekä hankkeiden voimalamääristä. Yhteisvaikutukset voivat olla arviolta samalla tasolla tai vähäisempiä kuin Hallan hankkeen omat käytönajan vaikutukset. Merikaapeleiden sähkömagneettisella säteilyllä ei arvioida olevan yhteisvaikutuksia, sillä eri hankkeiden kaapelireitit eivät tämänhetkisten tietojen perusteella sijoitu samoille alueille.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tuulivoimala-alueilla voi toimintavaiheessa todennäköisesti olla kohtalaista tai merkittävää yhteisvaikutusta tuulimuutosten kautta, erityisesti jos kaikki suunnitellut hankkeet toteutuisivat. Hallan osalta mallinnukset osoittavat tuulihäviön vaikuttavan melko laajalla alueella merialueen pintavirtauksiin ja mahdollisesti edelleen lämpötilaan, suolaisuuteen ja kerrostumiseen. Vaikutuksia kalastoon on vaikea arvioida ilman tarkempia tietoja.

Tuulivoimahankkeista aiheutuvat kalastukseen kohdistuvat haitalliset yhteisvaikutukset voivat olla merkittäviä, sillä troolikalastus voi kokonaan estyä tuulivoimaloiden sijoittamisesta johtuen. Hallan merituulivoimapuiston alueella on kuitenkin vain vähän troolikalastusta. Kalastuksen määrä ei ole tiedossa myöskään muiden hankkeiden alueilla, joten tässä vaiheessa yhteisvaikutuksia on vaikea arvioida tarkemmin. Kalojen vaellukseen kohdistuvat vaikutukset voivat mahdollisesti myös olla kohtalaisia, mikäli kalojen kulkureiteillä on useita esteitä eli voimalarakenteita laajalla alueella johtuen useasta eri hankkeesta eli kalat voivat joutua jossain määrin muuttamaan vaellusreittejään, mikäli useampi hanke toteutuisi. Vaikka kalat osaavat väistää esteitä ja niiden halukkuus uida kohti kutujokia on suuri ja suurin osa vaelluksista tapahtuu rannikon lähellä, vaikutuksen todellista suuruutta on kuitenkin tietopuutteiden vuoksi vaikea arvioida tarkemmin.

Koska hankealue sijoittuu laivaväylien läheisyyteen, voi laivaliikenteellä olla rakennusaikana vähäistä vettä samentavaa ja melua aiheuttavaa yhteisvaikutusta hankkeen kanssa. Vähäistä meluvaikutusta voi olla myös tuulivoimapuiston käytön aikana.

6.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Vaikutusten merkittävyys ja vaihtoehtojen vertailu tehtiin rakentamisajalle sekä käytönajalle erikseen hankevaihtoehdoille (VE0, VE1, VE2), sekä erikseen eri kaapelireitti/vetyputkivaihtoehdoille (MVE1/VVE1, MVE2, MVE3). Vertailuun on yhdistetty kaikki eri vaikutusmekanismit, joita luvuissa 6.3.1 ja 6.3.2 on esitetty ja arvioitu.

- Rakentamisen aikaisten vaikutusten osalta: pohjan muokkaus, veden samentuminen, lisääntynyt sedimentaatio, vedenalainen melu, vaikutukset kalastukseen
- Toiminnan aikaisten vaikutusten osalta: elinympäristöjen muuttuminen (virtaama- ja lämpötilamuutokset, pohjien menetys, fyysiset rakenteet), vedenalainen melu, sähkömagneettinen säteily, välkevaikutus, vedyn tuotannon vaikutus sekä kalastukseen kohdistuvat vaikutukset

Rakentamisaikaisten kalastovaikutuksen muutoksen suuruus arvioitiin tässä kohtalaiseksi negatiiviseksi ja herkkyys kohtalaiseksi sekä tuulivoimapuiston vaihtoehdoissa että kaapelireiteillä MVE2 ja MVE3. Reitin MVE/VVE1 herkkyys on arvioitu suureksi ja vaikutukset kokonaisuudessaan kohtalaisiksi negatiivisiksi. Vaihtoehtojen välillä ei siis ole suuria eroja, paitsi reitin MVE1/VVE1 osalta, sillä sen kalataloudellinen arvo on käytettävissä olevien tietojen perusteella suuri verrattuna muihin kaapelireitteihin, lisäksi reitille on yhtenä vaihtoehtona arvioitu sijoitettavaksi eniten kaapeleita (10 kpl), mikä voimistaa vaikutusta, mutta viidellä kaapelilla aiheutuva kokonaisvaikutus on lievempi. Huomattava on, että kaapelireittejä voi siis yhtäaikaisesti olla käytössä kaksi kappaletta, jolloin yhdellä reitillä on käytössä 5 kaapelia. Näiden kombinaatioiden vaikutuksia ei ole eroteltu merkittävyyden osalta taulukkoon 6-6, vaan jokainen reitti on arvioitu erillisenä vaihtoehtona. Mikäli käytössä on kaksi eri kaapelireittivaihtoehtoa (MVE1+MVE2, MVE1+MVE3 tai MVE2+MVE3), aiheutuvat vaikutukset voimistuvat vaikutusalueen kasvamisen vuoksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 6-6. Vaikutusten merkittävyys kalastolle ja kalastukselle eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen									
	Kohtalainen			VE1 VE2 MVE2 MVE3		VE0				
	Suuri			MVE1 VVE1						
	Erittäin suuri									

Tuulivoimapuiston sekä kaapeli/vetyputkireittien käytönaikaisten kalastovaikutuksen muutoksen suuruus arvioitiin kohtalaiseksi negatiiviseksi ja herkkyys kohtalaiseksi sekä tuulivoimapuiston vaihtoehdoissa että kaikilla kaapelireiteillä MVE1/ VVE1, MVE2 ja MVE3. Vastaavasti kuten rakentamisaikaisten vaikutusten merkittävyyden osalta on esitetty, eri reittivaihtoehdot on käsitelty erillisenä. Vaihtoehdossa, jossa käytössä on kaksi eri kaapelireittiä, aiheutuvat vaikutukset voivat voimistua erityisesti kalastuksen osalta, mikäli kalastus kaapelien alueella tai ympäristössä estyy tai vaikeutuu.

Taulukko 6-7. Vaikutusten merkittävyys kalastolle ja kalastukselle eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen									
	Kohtalainen			VE1 VE2 MVE1 VVE1 MVE2 MVE3		VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

6.6 Arvioinnin epävarmuudet

Vaikutusten arvioinnin perusteina on käytetty lukuisista, useampana vuonna tehdyistä erillisselvityksistä saatuja tietoja alueen kalastosta ja muusta meriluonnosta, sekä alueella harjoitettavasta kalastuksesta, lisäksi on hyödynnetty kirjallisuudesta saatavia tietoja tuulivoiman ja siihen liittyvien rakenteiden rakentamisen ja käytön aikaisista vaikutuksista kalastoon. Tuloksia on

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

peilattu hankkeelle tehtyihin sameuden leviämisen, hydrodynaamisten muutosten, vedyntuotannon vaikutusten sekä vedenalaisen melun mallinnusten tuloksiin.

Yksi keskeisimmistä arvioinnin epävarmuuksista on hankkeen iso mittakaava, joka aiheuttaa epävarmuutta tuloksiin, huolimatta monipuolisista kenttäselvityksistä sekä muista tutkimuksista. Lisäksi tiedot ulkomerialueen olosuhteista ja kalayhteisöistä ovat yleisesti ottaen puutteellisia Suomessa. Kirjallisuuteen perustuvien tulosten osalta epävarmuudet liittyvät mm. siihen, että luonnonoloissa kalojen käyttäytymistä on hankala tutkia. Tutkimustuloksiin liittyy tiettyjä epävarmuuksia esimerkiksi kalojen lajikohtaisten ominaisuuksien osalta. Arviointia hankaloittaa myös se, että hankealuetta vastaavista vesistöoloista ei ole käytännön kokemuksia Suomessa.

Epävarmuuksista huolimatta, vaikutusten arvioinnin katsotaan olevan riittävän tarkka nykyisen käytettävissä olevan aineiston perusteella. Käytetyt aineistot myös tukevat toisiaan. Tietoja tullaan tarkentamaan vesilupavaiheessa.

6.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Merituulivoimapuiston sijoittamisella syville merialueille voidaan lähtökohtaisesti ehkäistä meriluonnon kannalta kaikkein haitallisimpia vaikutuksia. Suomen merialueilla monimuotoisimmat ja tärkeimmät alueet myös kalojen kutualueiden osalta alueet sijaitsevat matalikoilla, joita tuulivoimapuiston alueella ei ole tämänhetkisten tietojen perusteella ainakaan kaupallisesti tärkeiden kalalajien osalta. Pohjien menettämisen osalta aiheutuvia vähäisiä haittoja voidaan ehkäistä valitsemalla perustustapa, jonka vaatima pohjan ala on mahdollisimman pieni.

Tärkeimpien kutualueiden lähelle sijoitettavien merikaapelien rakennustöitä voidaan aikatauluttaa niin, että työt tehdään näiden paikkojen kannalta suotuisimpaan aikaan tai parhaimmassa tapauksessa arvokkaimmat alueet voidaan kiertää. Myös kaapelien asentamistavan valinnalla voidaan ehkäistä kaikkein haitallisimpia vaikutuksia ja vaihtoehtoja on arvioitu YVA-selostuksessa.

Rakentamisenaikaisen melun osalta aiheutuvia haittoja voidaan lieventää kuplaverhon käytöllä, joka vaimentaa aiheutuvaa melua.

Kaupalliseen kalastukseen kohdistuvaa haittaa, esimerkiksi pyyntipaikkojen tai saaliin menettämistä, voidaan kompensoida vesiluvassa määriteltävin kalastuskorvauksin.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7 MAA- JA KALLIOPERÄ (POHJAOLOSUHTEET)

YHTEENVETO:

- Merituulivoimapuiston alueella merenpohja koostuu pääosin karkearakeisista maalajitteista (lähinnä hiekka). Merikaapelien alueilla merenpohjan laatu vaihtelee enemmän. Eteläisimmällä reittivaihtoehdolla (MVE1/VVE1) pohja koostuu pääosin karkearakeisista maalajeista, pohjoisimmalla reitillä on taas eniten hienojakoisia maalajeja (savi).
- Tuulivoimaloiden/merisähköasemien perustusten rakentaminen merenpohjaan vaatii pohjan ruoppaamista ja/tai tasoittamista. Pohjanmuokkaamisen ja rakentamisen arvioidaan kohdistuvan maksimissaan 0,8 % osuudelle koko tuulivoimapuistoalueen pinta-alasta (575 km^2).
- Pohjan sedimentin haitta-aineiden pitoisuudet ovat tuulivoimapuiston alueella pieniä eivätkä pitoisuudet vaikuta ruoppausmassojen läjityskelpoisuuteen. Yhdellä energiansiirtoreitillä (MVE1/VVE1) havaittiin hyvin paikallinen metallikontaminaatio. Sillä ei ole arvion mukaan vaikutuksia ko. energiasiirtoreitin massojen ruoppaamiseen tai meriläjityskelpoisuuteen. Asia varmistetaan tarvittavilta osin vesilupavaiheessa.
- Merituulivoimapuiston vaikutukset merenpohjan olosuhteisiin ovat molemmissa vaihtoehdoissa vähäiset ja kohdistuvat rakentamisalueille ja ajoittuvat rakentamisvaiheeseen (kiintoaineksen vapautuminen). Toiminnan aikaisia vaikutuksia ei ole tai ne ovat merkityksettömiä.

7.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Perustusten rakentaminen merenpohjaan vaatii jonkin verran pohjan ruoppaamista ja/tai tasoittamista. Voidaan olettaa, että muutokset merituulivoimapuiston alueella merenpohjan maaperään ovat lähinnä paikallisia, koska perustusten vaatima pinta-ala on pieni verrattuna tuulivoimapuiston kokonaispinta-alaan (575 km^2). Esimerkiksi vaihtoehdossa VE1 on 160 voimalaa, jolloin gravitaatioperustusten vaatima kokonaisala olisi yhteensä noin 0,26 km^2. Sähkönsiirtokaapelit sijoitetaan vesisyvyydestä ja olosuhteista riippuen joko merenpohjan pintakerrokseen tai kaivetaan syvemmälle esimerkiksi ahtojäiden ja merenkäynnin ulottumattomiin. Kallioperään kohdistuvat vaikutukset ovat hyvin vähäisiä tai niitä ei ole, sillä kallio ei ole paljastuneena tai se on paksujen maakerrosten peittämä. Vaikutusten arvioidaan keskittyvän rakentamisaikaan ja kiintoaineksen vapautumiseen (veden väliaikainen samentuminen).

Hankkeen vaikutuksia pohjan olosuhteisiin (maa- ja kallioperä) arvioitiin olemassa olevan aineiston ja hankkeeseen liittyneiden erillisselvitysten perusteella. Erillisselvitykset on toteuttanut Luode Consulting Oy vuosina 2022 ja 2023 *(Lindfors ym. 2023a, 2024*). Näissä on selvitetty mm. pohjan olosuhteita ja sedimentin laatua sekä fysikaalisia ominaisuuksia merituulivoimapuiston, kaapelireittien ja vetyputkireitin alueilla sekä läjitysalueilla. Nykytilanteen tiedot on päivitetty arviointiselostukseen. Vaikutuksia maa- ja kallioperään arvioitiin suhteessa merenpohjan olosuhteisiin tuulivoimapuiston alueella ja merikaapelireittien sekä vetyputkireitin alueilla. Vaikutuksia arvioitiin huomioiden suurin mahdollinen voimaloiden määrän (VE1) ja perustustavan osalta käytettiin ns. worst case -skenaariota eli eniten pohjan muokkausta vaativaa perustustapaa (painovoimainen perustus). Vaikutusten arvioinnissa huomioitiin rakentamisen, läjityksen ja toiminnan aikaiset vaikutukset. sekä sedimentin koostumus ja haitta-aineet.

Hankealueen nykytilan kuvaus perustuu julkisesti saatavilla olevaan tietoon sekä hankkeen yhteydessä tehtyihin selvityksiin. Julkisia aineistoja ovat mm. Geologian tutkimuskeskuksen sähköisisitä palvelusta (http://gtkdata.gtk.fi/maankamara/, https://hakku.gtk.fi/fi/) saatavat aineistot. Lisäksi on hyödynnetty muita sähköisiä aineistoja (mm. https://www.ostersjon.fi/fi-FI/, https://paikkatieto.ymparisto.fi/velmuviewers/) ja lähialueilla tehtyjä YVA-hankkeiden tietoja (*Sito Oy 2016, 2017, Rajakiiri Oy 2010, WSP Environmental 2010, Pohjan Voima Oy 2010,*

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Morenia Oy & FCG Planeko Oy 2009). Lisäksi on hyödynnetty Geologian tutkimuskeskuksen elokuussa 2021 kaapelireiteillä tekemien luotausten tulokset (*Sanila 2021*) ja Arctia Meritaito Oy:n vuonna 2022 tekemät geofysikaaliset tutkimukset (*COWI 2023*). Vuosina 2022 ja 2023 on tehty selvitykset pohjan olosuhteista, sedimentin ominaisuuksista ja haitta-aineista *(Lindfors ym. 2022, 2023).* Merituulivoimapuiston alueelta on laadittu myös käsitteellinen geologinen malli Arctian kauden 2022 luotauksien pohjalta *(COWI 2023).*

Arvioinnin suoritti maaperään erikoistunut asiantuntija (geologi).

7.2 Nykytila

7.2.1 Yleistä

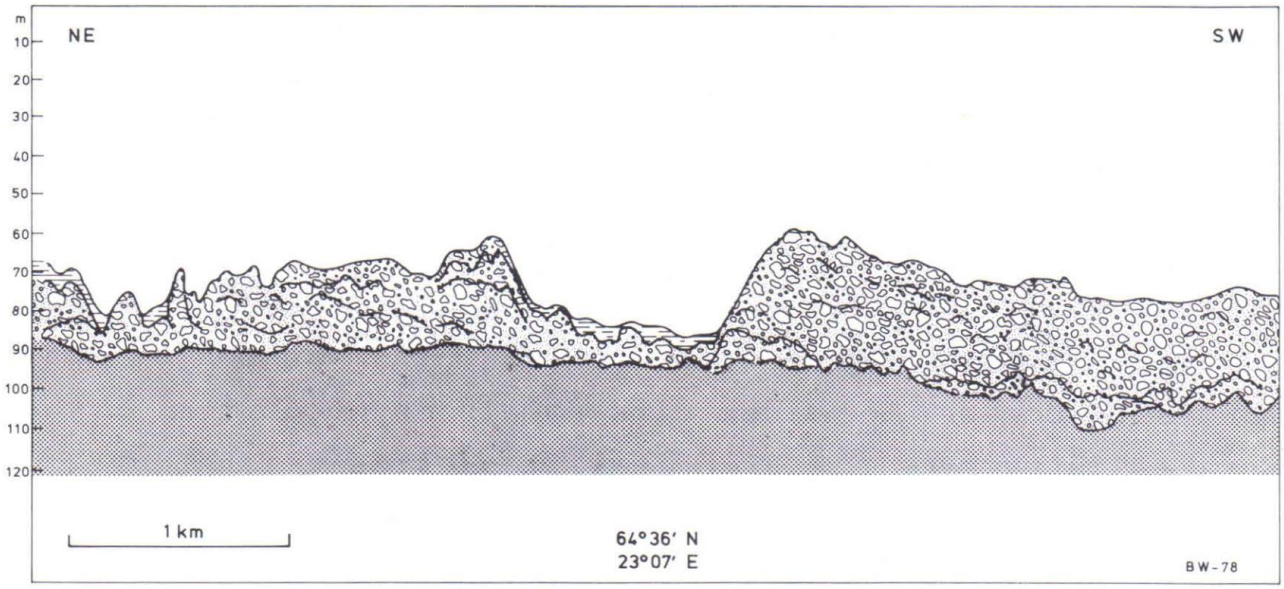
Perämeren rannikko on alavaa ja tasaista; loiva profiili jatkuu ulos merelle, joka on pitkälle varsin matalaa. Perämerellä rannikkoa ei voida selkeästi jakaa ulko-, keski- ja sisäsaaristoon. Rannikko on avoin: matalia saaria on vain vähän ja ne ovat etäällä toisistaan. Ulkosaaristo on muodostunut lähinnä moreenista, jossa on sekaisin lohkareita, kiviä ja soraa. Pohjassa on laajoja, hiekan peittämiä alueita. Perämereltä puuttuvat lähes kokonaan kallioluodot, jotka ovat tyypillisiä eteläiselle Pohjanlahdelle ja Saaristomerelle. Pohjoista Perämerta luonnehtivat laajat jääjokien kasaamat hiekkakerrostumat. Aallot ovat aikojen kuluessa kuljettaneet hiekkaa uusille alueille, ja useiden hiekkaisten saarten muoto ja koko muuttuu jatkuvasti. Jokisuistoissa on runsaasti jokien mukanaan kuljettamaa hienorakeista ainesta. Merenpohjalla esiintyvät vanhat jokiuomat tuovat oman lisänsä vedenalaiseen maisemaan. Ulappa-alueiden pohjan muodot ovat suhteellisen tasaisia, mikä on seurausta merenpohjan sedimenttikivikerrostumista (*Leppänen ym. 2012*).

Merituulivoimapuiston alueella vesisyvyys vaihtelee pääosin 12–60 metrin välillä. Merikaapelireittivaihtoehtojen alueella keskimääräisissä syvyyksissä on eroja, pohjoisimmat reitit ovat kokonaisuutena ottaen matalimpia (maksimisyvyys pääosin alle 10 metriä tai 10–20 metrin välillä) ja eteläisin on selvästi syvin (maksimisyvyys pääosin yli 20 metriä). Geologian tutkimuskeskus suoritti luotauksia kaapelireittien alueilla elokuussa 2021 (*Sanila 2021*). Reitillä MVE1 vesisyvyys vaihteli 3–45 metrin, reitillä MVE2 6–40 metrin ja reitillä MVE3 4–33 metrin välillä. Perämeren syvin kohta on 146 metriä ja se sijaitsee Ruotsin puolella.

Perämeren alueella on merkittävää maankohoamisilmiö. Maankohoamisen syynä on mannerjäätikön alla painuneen maankuoren palautuminen isostaattiseen tasapainotilaan (glasiaali-isostasia). Viimeisen 3000 vuoden aikana maankohoaminen on ollut noin metrin vuosisadassa. Esimerkiksi Hailuodon kohoaminen merestä on tapahtunut noin parin tuhannen vuoden kuluessa (*Taipale ja Saarnisto 1991*). Maankohoaminen jatkuu. Maankohoaminen vaikuttaa osaltaan myös sedimenttien eroosioon, kulkeutumiseen ja kerrostumiseen (*Leppänen ym. 2012*).

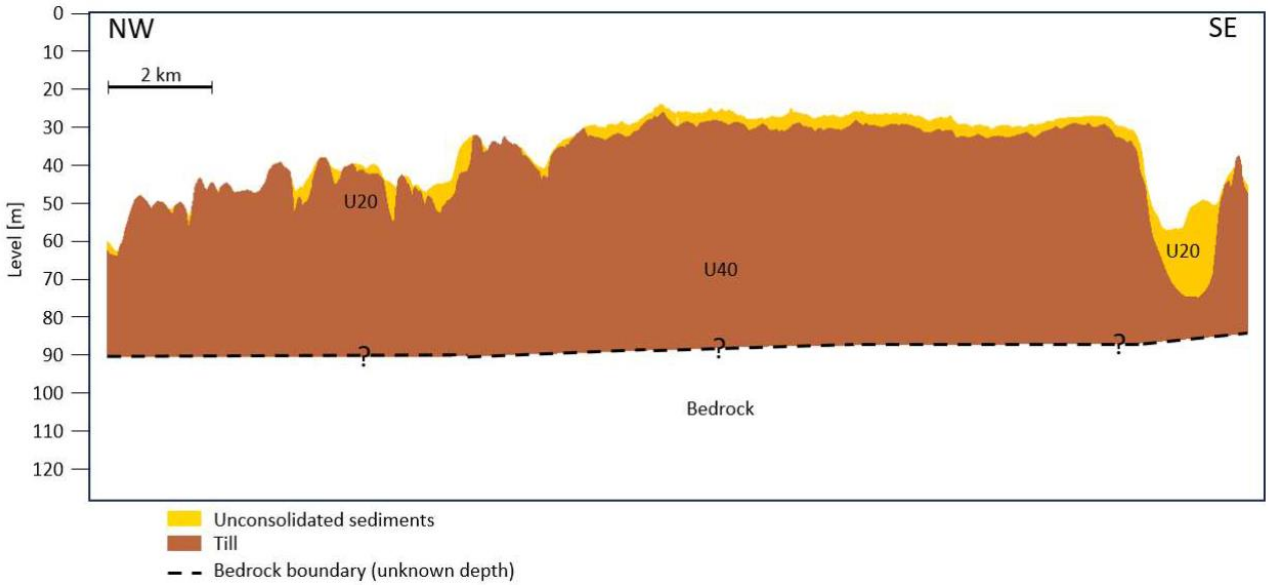
Perämerellä kerrostumalla muodostunut kallioperä (sedimenttikivi) peittää yleisesti kiteistä peruskalliota. Ilmeisestikin Muhos-muodostumaan rinnastettavat kerrostumat ovat paikoitellen jopa usean kymmenen metrin paksuisten kvartääri- ja mahdollisesti myös vanhempien kerrostumien peittämät. Seismisillä reflektioluotauksilla on todettu Perämeren keski- ja pohjoisosissa noin 20–30 metriä paksu kallioperää peittävä, moreeniksi tulkittu vaippa (Kuva 7-1). Etenkin Perämeren pohjoisosassa tavataan runsaasti luode-kaakkosuuntaisia selänteitä ja harjanteita. Tyypillisiä ovat myös usein kymmeniä metrejä syvät, luode-kaakkosuuntaiset uomat. Luoteis-kaakkoista suuntautuneisuutta on korostanut kallioperän voimakkaimpien murrosten ja mannerjäätikön pääetenemissuunnan samansuuntaisuus. Jääkauden jälkeinen kerrostuminen pyrkii Perämerellä, aivan sen syvintä osaa lukuun ottamatta tasoittamaan pohjan epätasaisuuksia. Uomien ja muiden pitkänomaisten muodostumien yhteydessä esiintyy myös differentiaalista kerrostumista (*Ignatius ym. 1980*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 7-1. Akustisen reflektioluotauksen perusteella laadittu piirros Perämeren pohjaa yleisesti peittävästä paksusta "kvartääri"-kerrostumasta (Ignatius ym. 1980).

Merituulivoimapuiston alueelta laadittu käsitteellinen geologinen malli (*COWI 2023*) on oheisessa kuvassa (Kuva 7-2).



Kuva 7-2. Käsitteellinen geologinen malli merituulivoimapuisto alueelta. The conceptual geological model for the site (COWI 2023).

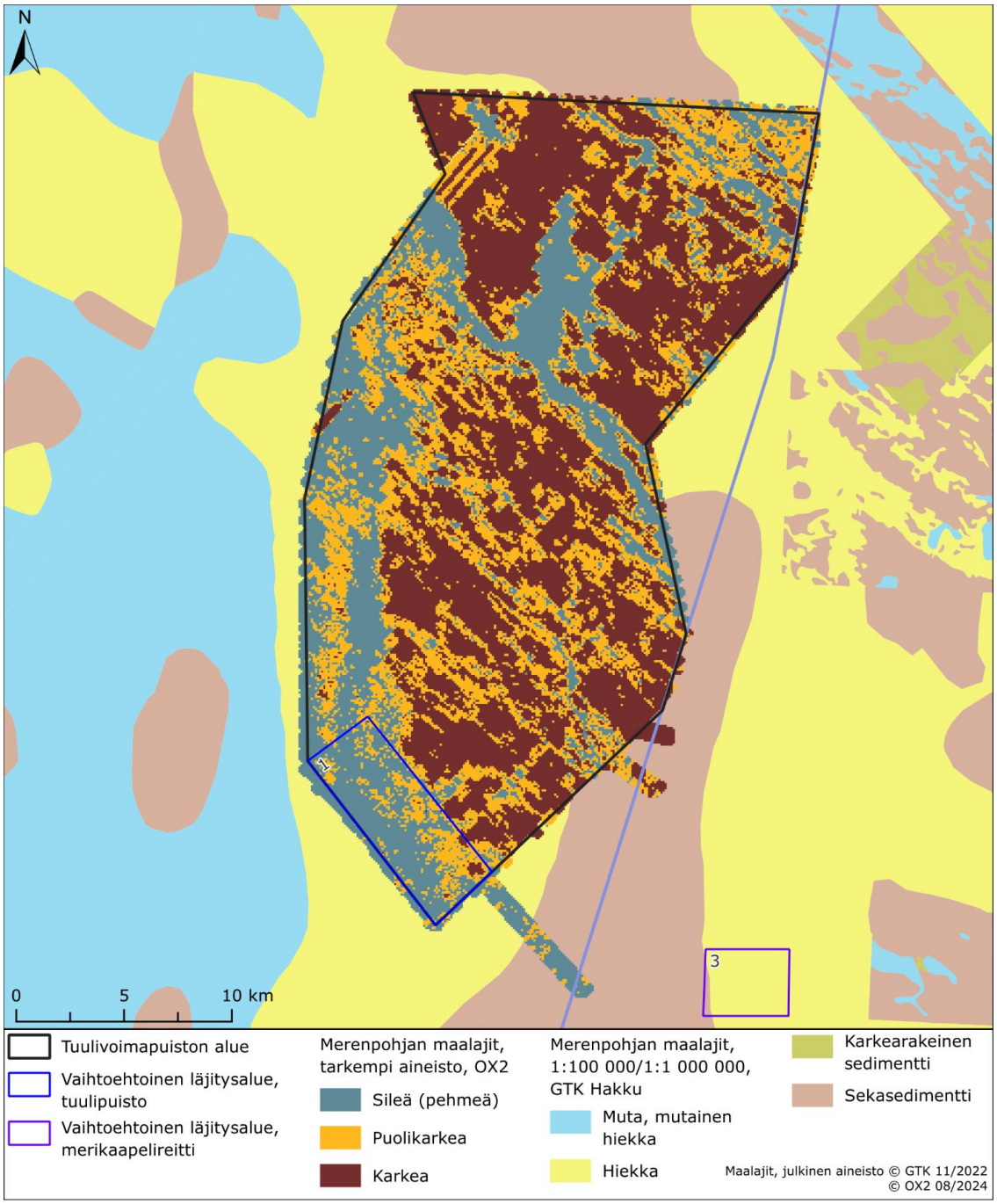
7.2.2 Merenpohjan maalajit merituulivoimapuiston alueella

Vaihtelevien prosessien seurauksena meren pohjalla voi olla paljastuneena eri-ikäisiä kerrostumia jääkauden aikaisista tai varhaisemmista sedimenteistä nuoriin, juuri kerrostuneisiin liejuihin tai eroosiohiekkakerroksiin. Tästä syystä eri pohjanlaatujen alueellinen esiintyminen on hyvin epätasaista. Aineksen eroosio, kuljetus ja kerrostuminen merenpohjalla vaihtelevat niin ajassa kuin paikassakin. Kerrostuminen on harvoin jatkuvaa edes merten syvänteissä eikä se ole missään täysin samanlaista (*Leppänen ym. 2012*).

Merituulivoimapuiston merenpohjan maalaji on yleispiirteisen kartan (1:1 000 000) mukaan pääosin hiekkaa (https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/). Oheisessa kuvassa (Kuva 7-3) on esitetty

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

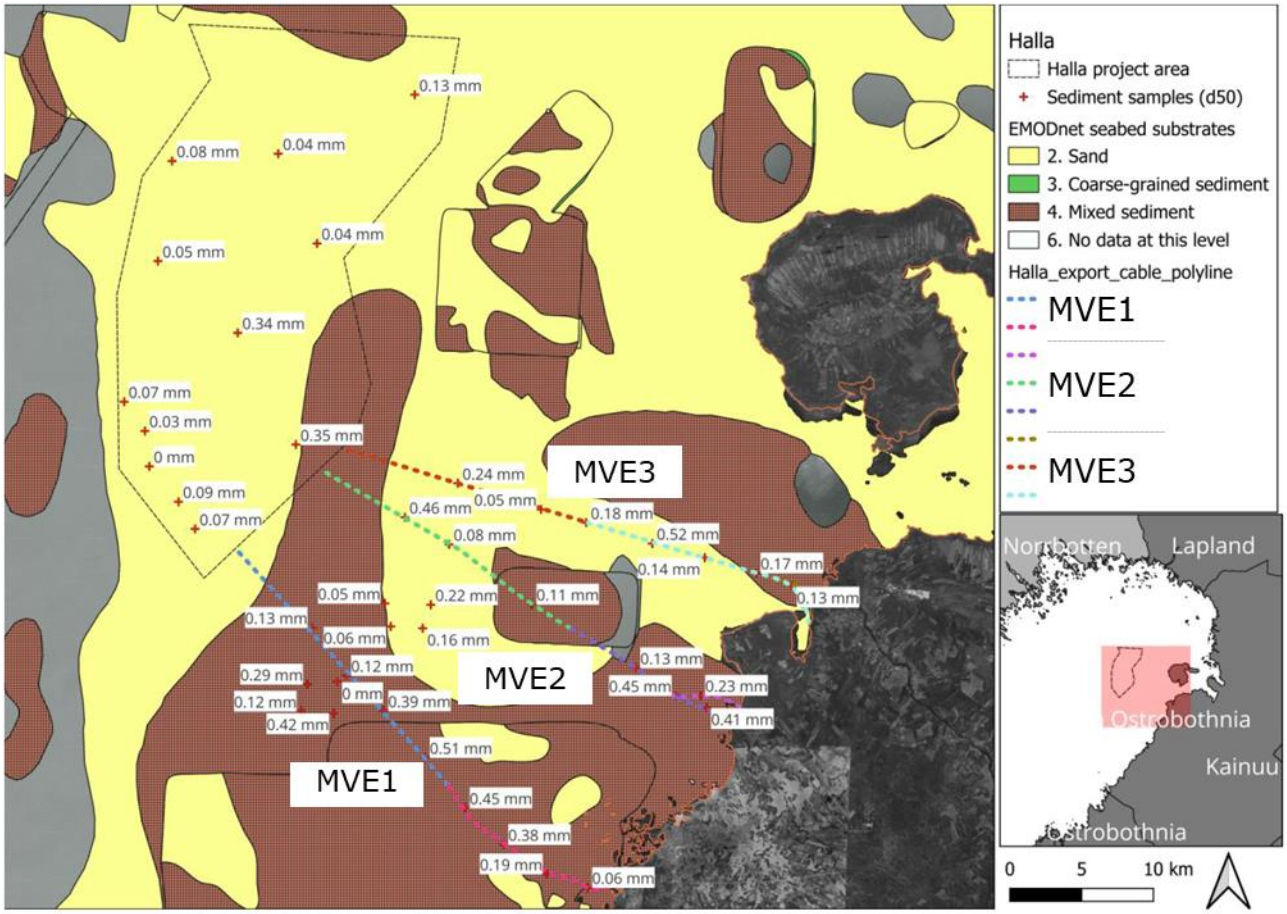
merenpohjan maalajit, joka perustuu Arctia Meritaito Oy:n vuonna 2022 merituulivoimapuiston alueella tekemiin luotauksiin (*COWI 2023*). Sen perusteella tuulivoimapuiston alueella maalaji on pääosin karkeaa tai puolikarkeaa, länsi- ja lounaisosiltaan myös sileää (pehmeä). Karkea maalaji on määritetty luotauksen perusteella mahdolliseksi moreeniksi ja sileä (pehmeä) maalaji saveksi, siltiksi tai hiekaksi, jolloin puolikarkea maalaji on näiden sekoitetta. Luotausanalyysi on alustava arvio maalajeista. Tuulivoimala-alueen merenpohjan maalajien koostumus varmentuu ja tarkentuu hankkeen jatkosuunnittelussa tehtäessä paikallista näytteenottoa ja esimerkiksi geoteknisiä tutkimuksia. Maaperäkartan selityksessä (GTK) karkearakeiset kerrostumat ovat hienoa hiekkaa karkearakeisempia eli raekoko on >0,06 mm. Hienorakeiset kerrostumat ovat puolestaan raekooltaan pienempiä kuin 0,06 mm (http://weppi.gtk.fi/aineisto).



Kuva 7-3. Merenpohjan maalajit tuulivoimapuiston alueella on määritelty Arctian luotauksien perusteella COWI:n toimesta (COWI 2023). Tuulivoima-alueen ympäristön maalajit on esitetty GTK:n julkisen aineiston perusteella (GTK 2023a).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Sedimentin leviämismallinnuksessa *(Niras 2023a*, Liite 3*)* on oheinen kuva (Kuva 7-4), jossa on esitetty sedimenttinäytteiden raekokoja (d50). Esimerkiksi hiekan raekoko on 0,2-2 mm, hienon hiekan 0,2-0,06 mm, siltin 0,06-0,002 ja saven <0,002 mm. Maalaji määräytyy sen päälajitteen mukaan, jonka alueella rakeisuuskäyrän läpäisyprosenttia 50 vastaava raekoko sijaitsee.

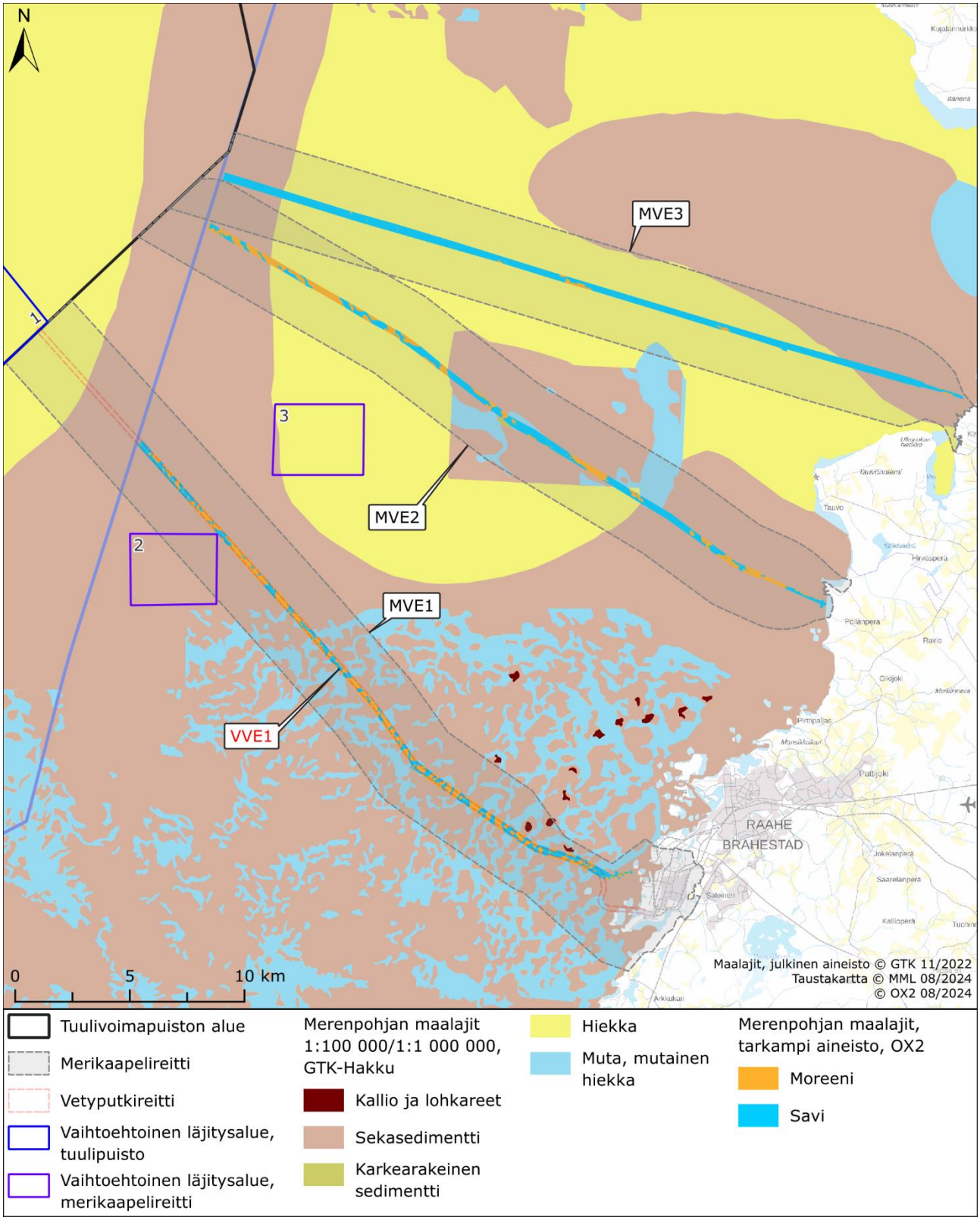


Kuva 7-4. Merenpohjan maalajit ja sedimenttinäytteet (Niras 2023a, liite 3).

7.2.3 Merenpohjan maalajit merikaapelireittien alueilla

Geologian tutkimuskeskus suoritti Hallan hankkeeseen liittyen luotauksia kaapelireittien alueilla elokuussa 2021 (*Sanila 2021*). Merikaapelireittien (MVE1-MVE3) sijaintivaihtoehdot ilmenevät oheisesta kuvasta (Kuva 7-5). Vetyputki sijoittuu samaan käytävään kuin merikaapeli MVE1 vaihtoehto. Merikaapelireiteistä vaihtoehdot MVE1 ja MVE2 sijoittuvat pääosin kovan pohjan alueille (sekasedimentti, moreeni), reitin MVE3 alue on enemmän pehmeän maalajin (savi) aluetta. On huomioitava, että tarkempi aineisto kattaa vain kapeat kaistat selvitettyjen reittien alueesta.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 7-5. Merenpohjan maalajit merikaapelireittien ja vetyputkireitin alueilla. Merenpohjan tarkemmat maalajit energiansiirtoreiteillä on määritelty GTK:n luotauksien perusteella. (GTK 2023a, Sanila 2021).

Morenia Oy ja FCG Planeko Oy (*2009*) on teettänyt merenpohjan maa-ainesten nostomahdollisuuksien selvittämiseksi useita tutkimuksia. Niistä Tauvon edustan kohde sijoittuu merikaapelireitin MVE2 kohdalle/läheisyyteen. Tauvon edustan alueelta löydettiin kesän 2002 luotauksissa

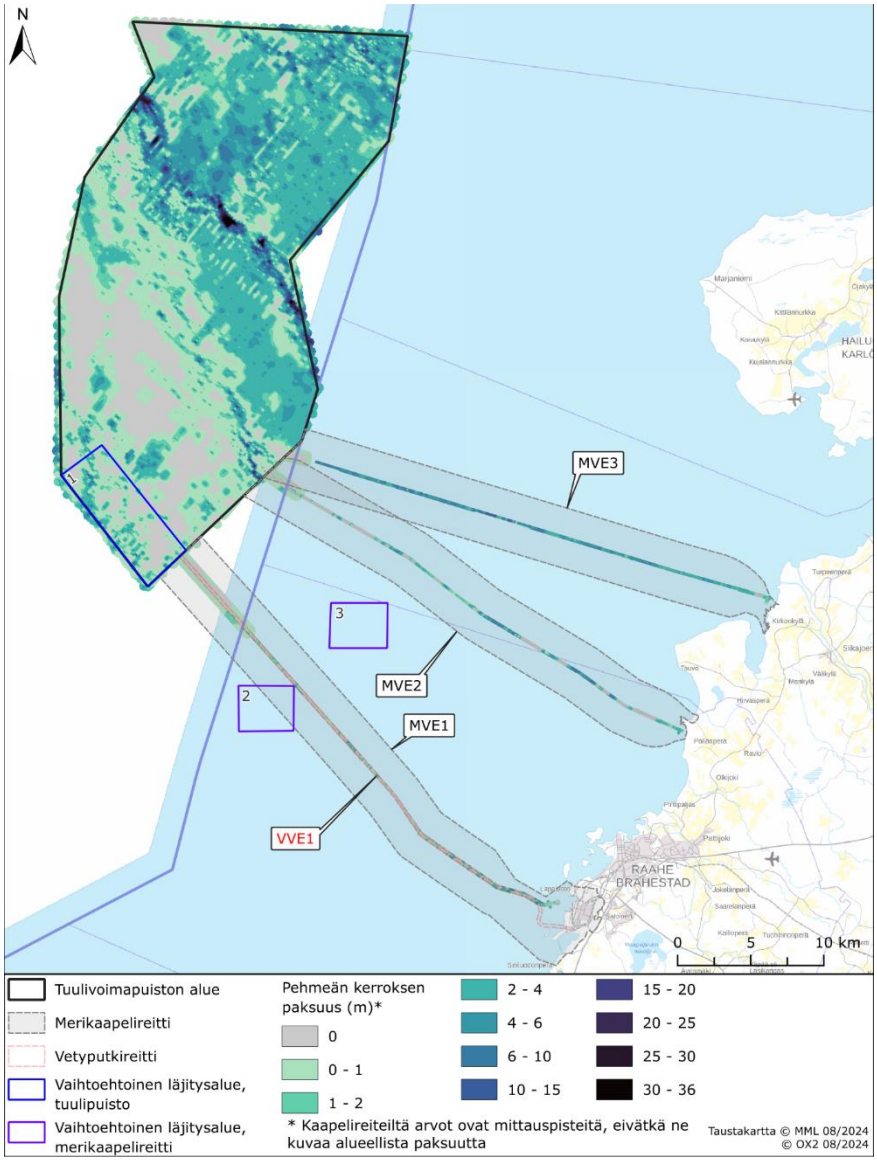
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

(GTK) katkonainen, luode-kaakkosuuntainen harjumuodostuma. Harju on suurimmaksi osaksi savien peittämä ja se on paljastuneena vain yhteensä neljän kilometrin matkalla muutamissa paikoissa. Harju lienee jatketta lähinnä Pattijoen Selänmäen harjumuodostumalle.

Raahen edustan lounaispuolella Maanahkiaisen merituulivoimapuiston YVA-hankkeessa (*Rajakiiri Oy 2010*) tehtyjen selvityksen mukaan sedimenttien maalajit olivat hiekkaa tai soraista hiekkaa.

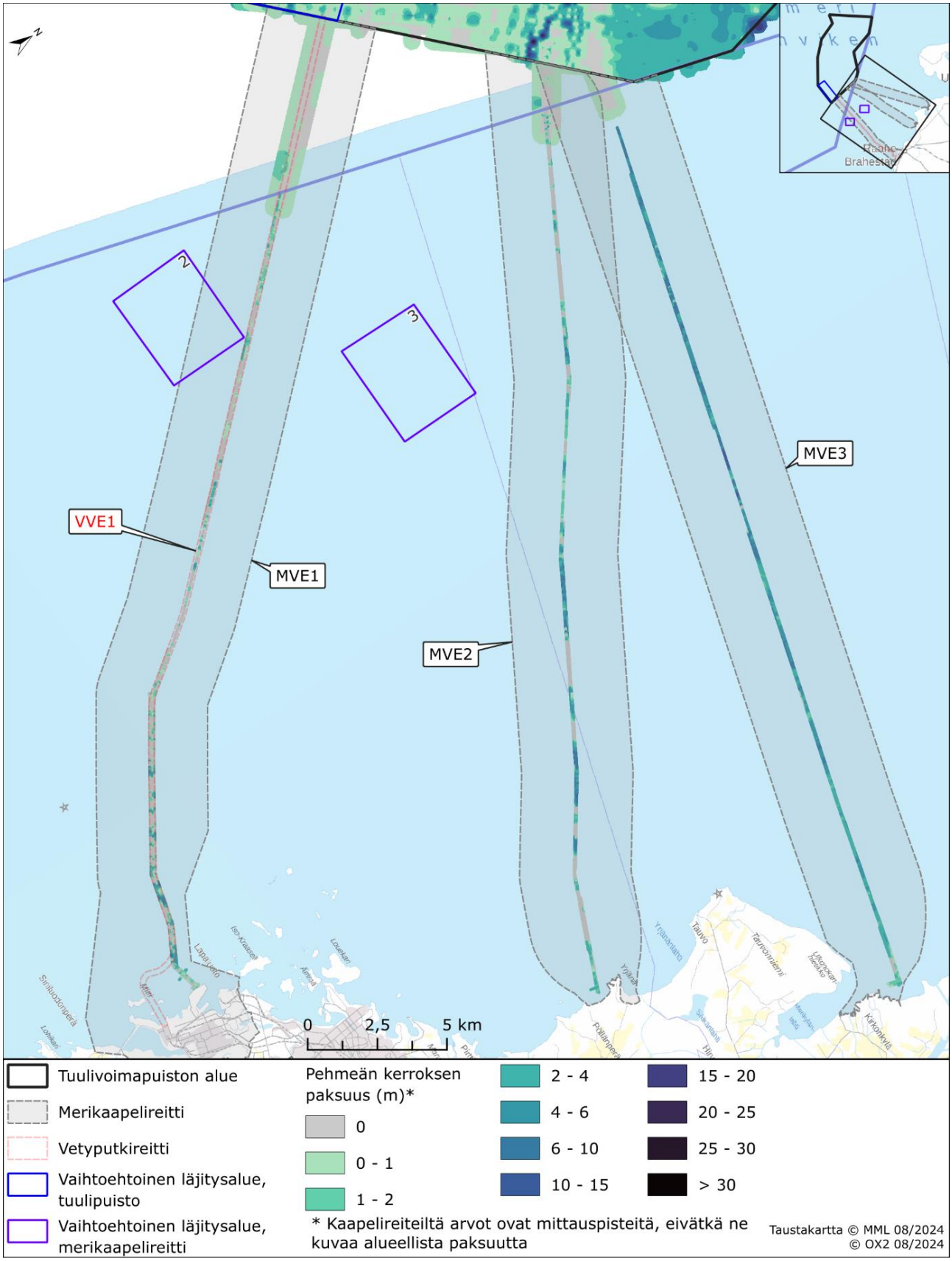
Geologian tutkimuskeskus suoritti Hallan hankkeeseen liittyen luotauksia kaapelireittien alueilla elokuussa 2021 (*Sanila 2021*). Reitillä MVE1 merenpohjan maalaji on pääosin moreenia, jota peittää ohut savikerros. Savikerrokset sisältävät vaihtelevan määrän hiekkaa ja ohuet hiekkakerrokset (muutamasta cm:stä kahteen metriin) peittävät yleisimmin sedimentin. Reitillä MVE2 pohjan maaperä koostuu pääosin jopa kymmeniä metrejä paksusta moreenipeitteestä ja on pintaosiltaan vastaavanlaista kuin reitillä MVE1. Reitillä MVE3 pintasedimentti oli luokiteltavissa yksinomaan saveksi. Savikerroksen paksuus oli muutamasta metristä kymmeneen metriin. Saven alla on moreeni (kerrospaksuus noin 10 metriä).

Pehmeän kerroksen paksuuksia merituulivoimapuiston sekä sähkönsiirtoreittien ja vetyputkireitin alueella on esitetty oheisissa kuvissa (Kuva 7-6 ja Kuva 7-7).



Kuva 7-6. Pehmeän kerroksen paksuus tuulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella. (Sanila 2021, COVI 2023)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 7-7. Pehmeän kerroksen paksuus energiansiirtoreittien alueilla. (Sanila 2021)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7.2.4 Kallioperä

Merialueilla, mm. Selkämerellä ja Perämerellä, prekambrista kallioperää peittävät sedimenttikivet. Ne kuuluvat Suomen nuorimpiin kivilajeihin ja ne ovat iältään meso- ja neoproterotsooisia. Sedimenttikivillä on merenpohjan topografiaa/muotoja tasoittava vaikutus. Yleisesti ottaen voidaankin todeta, että kiteisen kallioperän alueella merenpohja on rikkonaisempi ja monimuotoisempi kuin sedimenttikivien alueella (*Leppänen ym. 2012*).

Perämeren keskiosalla kerrostumalla muodostunut kallioperä (sedimenttikivi) peittää yleisesti kiteistä peruskalliota. Merituulivoimapuiston alueelta ei ole olemassa kallioperäkarttaa. Yleispiirteisen kallioperäkartan (1:200 000, http://gtkdata.gtk.fi/maankamara/) mukaan välittömästi tuulivoimapuiston itäpuolella kallioperä on hiekkakiveä ja sen ympärillä ns. Muhos-muodostuman silttikiveä. Fennoskandian kilven kallioperäkartan mukaan (https://hakku.gtk.fi/fi/) tuulivoimapuiston kallioperä on samaa kivilajia kuin alueen itäpuolikin eli hiekkakiveä. Kiinteä kallioperä (sedimenttikivi) on merituulivoimapuiston alueella todennäköisesti useiden kymmenien metrien syvyydellä, ei paljastuneena.

Merikaapelireittien alueilla kallioperä koostuu em. kivilajien lisäksi rannikon läheisyydessä kiteisestä kallioperästä. Reittivaihtoehdoissa (MVE1-MVE3) kallioperä on pääosin biotiittiparagneissiä, MVE1 osalla myös intermediääristä tuffiittia ja MVE3 reitillä hyvin vähäiseltä osin felsistä tuffista.

Geologian tutkimuskeskuksen elokuussa 2021 tekemien luotausten perusteella (*Sanila 2021*) kallioperä ei ollut millään reitillä paljastuneena. Reitillä MVE1 kallio oli useissa kohdin vain muutamien metrien syvyydessä merenpohjasta, reitillä MVE2 kallion päällä oli paksu maakerros (moreeni), reitillä MVE3 kallio oli vallitsevasti yli 10 metrin syvyydessä.

7.2.5 Sedimentin haitta-aineet

7.2.5.1 Yleistä

Merenpohjan sedimentoitumisalueilla päällimmäisenä ovat nykyisen Itämeren aikana eli viimeisten satojen vuosien kuluessa kerrostuneet liejusavet ja liejut. Orgaanisilla kerrostumilla on suuri merkitys sedimenttien geokemiaan, kuten merenpohjalle kulkeutuneiden haitallisten aineiden kertymiin sekä meren sisäiseen kuormitukseen. Pohjaeliöstön toiminta, esimerkiksi kaivaminen, voi sekoittaa merenpohjalle kerrostunutta sedimenttiä (*Leppänen ym. 2012*).

Keskimääräinen sedimentaationopeus Perämerellä on 500 g/m^2/a. Vastaavasti sedimentin pintaosasta (0–2 cm) mitattu kertyminen vuosittain on Perämerellä 3,5 mm/a (*Mattila ym. 2006*). Pohjanlahden alueella sedimentaatioympäristöt voidaan karkeasti ottaen jakaa kahdenlaisiin alueisiin. Alueet, jotka ovat syvempiä kuin 60 metriä, ovat pääosin kerrostumisympäristöjä ja alueet, jotka ovat matalampia kuin 60 metriä, ovat luonteeltaan pääosin eroosio- tai kulkeutumis/ei-kerrostumisympäristöjä (*Leivuori ja Niemistö 1993*).

Kohteen alueella pohjan (vesi) olosuhteet ovat hapelliset *(Lindfors ym. 2023, liite 2).* Itämeren rehevöitymisen kannalta tärkeää Perämeren ja Selkämeren hapellisilla pohjilla on, että rautaoksidit sitovat sekä fosforia että haitta- ja hivenaineita sedimenttiin (*Kujansuu 2014*).

Teollinen kehitys alkoi Pohjanlahden valuma-alueella pääosin toisen maailmansodan jälkeen. Teollisuuden päästöt ilmenevät pääosin sedimentin pintakerroksessa, mutta paikallisesti pitoisuuksia voi olla myös syvemmällä riippuen alueen sedimentaatio-olosuhteista (kulutus/uudelleenkerrostuminen) tai ihmisen toiminnasta (ruoppaus).

Oulun ja Raahen edustan merialuetta kuormittavat yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot, teollisuuslaitokset, voimalaitokset ja satama-alueet. Pistekuormittajien lisäksi rannikkovesiä kuormittavat jokivedet ja ranta-alueilta mereen suoraan tulevat huuhtoumat sekä ilmasta tuleva laskeuma. Perämeren ympäristössä on ja on ollut myös muualla pistemäistä kuormitusta, jolla on ollut vaikutusta esimerkiksi sedimentin metallipitoisuuksiin.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7.2.5.2 Perämeren sedimentin haitta-aineet

Tutkimusten mukaan (*Leivuori ja Niemistö 1993*) Perämeren sedimenttien arseeni-, elohopea- ja kadmiumpitoisuudet ovat kahdesta neljään kertaan korkeampia kuin Selkämerellä. Kaikkien metallien pitoisuudet ovat jonkin verran korkeampia Perämeren ja Selkämeren syvemmissä altaissa (>60 metriä). Sen oletetaan johtuvan Pohjanlahden sedimentaation erityspiirteistä, joiden mukaan rannikolla on laajoja eroosioalueita ja nondepositioalueita eli alueita missä ei tapahdu sedimentaatiota, joista luonnollinen ja teollisuuden metallikuormitus kulkeutuu syvänteisiin. Perämeren sedimentin pintakerroksen (<1 cm) arseenipitoisuus oli tutkimuksissa 59 mg/kg.

Eri tutkimuksissa Perämeren pintasedimenttien keskimääräiset arseenipitoisuudet ovat 109–239 mg/kg. Vastaavasti muilla merialueilla pitoisuudet ovat seuraavat: Selkämerellä 35–63 mg/kg, Suomenlahdella 14–16 mg/kg ja varsinaisella Itämerellä 15–23 mg/kg. Tietyllä alueella tavattavat suuret arseenipitoisuudet eivät siten aina ole alkuperältään ihmistoiminnasta aiheutuvia. Maa-aines voi olla lähtöisin tuhansiakin vuosia vanhoista arseenipitoisista sedimenteistä, jotka ovat esimerkiksi maankohoamisen ja pohjan läheisten virtojen suunnanmuutosten seurauksena joutuneet eroosion kohteeksi *(Loukola-Ruskeeniemi ja Lahermo 2004, Leivuori ja Vallius 2004).*

Raahen edustan lounaispuolella Maanahkiaisen merituulivoimapuiston YVA-hankkeessa tehtyjen selvityksen mukaan (*Rajakiiri Oy 2010*) tutkittujen sedimenttien normalisoidut metallipitoisuudet ylittivät sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeen mukaiset tason 1 arvot kromin osalta kolmella näytepisteellä ja nikkelin yhdellä pisteellä. Tason 2 pitoisuudet ylittyvät kolmella pisteellä. Muilla näytepisteillä sedimentit ovat läjityskelpoisia. Maanahkiaisen merituulivoimapuiston hankealue sijaitsee Raahen ja Pyhäjoen välillä, lähimmillään muutaman kilometrin etäisyydellä energiansiirtoreitistä MVE1/VVE1.

7.2.5.3 Sedimenttiselvitykset vuosina 2022 ja 2023

Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueilta selvitettiin Luode Consulting Oy:n toimesta vuosina 2022–2023 sedimentin haitta-aineiden pitoisuuksia ja läjityskelpoisuutta *(Lindfors ym. 2023, 2024,* liite 2 ja 5*).* Sedimenttinäytteet otettiin vuonna 2022 yhteensä 42 näytteenottopaikalta Van Veen -näytteenottimella pintakerroksesta. Alueen pohjanlaatu muodostui lähinnä hiekasta ja kovasta savesta, minkä johdosta syvempiä näytteitä ei otettu. Vuonna 2023 tehtiin täydentävää sedimenttinäytteenottoa kolmessa kohteessa (yhteensä 14 tutkimuspistettä).

Vuoden 2022 selvityksen tulokset

Neljästäkymmenestäkahdesta (pisteet 1–42, Kuva 7-8) paikasta otettujen sedimenttinäytteiden tulosten perusteella alueella havaittiin pääosin lievästi kontaminoituneita sedimenttejä. Metallien osalta alin raja-arvo 2 ylittyi nikkelin osalta HSED-16 näytepisteessä (64 mg/kg), näytteessä havaittiin myös lievästi kohonneita kuparin (76 mg/kg) ja kadmiumin pitoisuuksia (0,58 mg/kg). Kuparin osalta pitoisuustaso 1C ylittyi ja kadmiumin osalta 1A. Pisteen HSED-16 kohonneiden pitoisuuksien epäiltiin olevan peräisin laivaliikenteestä, sillä näytepaikka sijaitsi väyläalueella.

Orgaanisiin tinayhdisteisiin kuuluvan TBT:n osalta lievästi kohonneita arvoja havaittiin kahdella näytepisteillä. Arvot jäivät kuitenkin tasolle 1A edustaen siten lievästi kohonneita pitoisuuksia eikä niiden meriläjitys aiheuta erityistoimia.

Analysoiduissa PCB -yhdisteissä ei havaittu määritysrajan ylittäviä pitoisuuksia. PAH-yhdisteissä havaittiin tasolle 1A yltäviä pitoisuuksia neljässä näytepaikassa. Kohonneet arvot aiheutuivat naftaleenista. Öljyhiilivetyjen osalta ei havaittu määritysrajan ylittäviä pitoisuuksia.

Dioksiinin ja furaanin osalta kaikki näytteet kuuluivat 1B luokkaan ja ovat siten läjitettävissä sekä hyvälle että tyydyttävälle meriläjitysalueelle.

Oheisessa taulukossa (Taulukko 7-1) on esitetty ohjeelliset, näytteenoton kohdentamisessa ja ruoppausmassan läjityskelpoisuuden arvioinnissa käytettävät pitoisuustasot. Täydellinen taulukko löytyy ruoppaus- ja läjitysohjeesta *(Ympäristöministeriö 2015).*

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vuoden 2023 selvityksen tulokset

Vuonna 2023 sedimentin laatua tutkittiin yhteensä 14 pisteestä, nämä olivat täydennyksiä vuoden 2022 näytteenottoon. Näytepisteitä sijoitettiin vuoden 2022 tutkimuksessa havaitun kontaminoituneen pisteen HSED-16 ympäristöön ja myös muulle osalle laivareittiä (pisteet 43–56, Kuva 7-8). Metallien ja organotinojen osalta kaikki pitoisuudet jäivät tasolle 1 vuoden 2023 näytteissä. Vuoden 2022 näytteenotossa HSED-16 paikassa otetussa näytteessä normalisoitu nikkelipitoisuus ylitti tason 2 ja kuparipitoisuus oli tasolla 1C.

7.2.6 Sedimentin ruoppaus- ja läjityskelpoisuus

Suomessa ei ole toistaiseksi ohjeistusta tai raja-arvoja sedimenttien pilaantuneisuuden, ympäristö- ja terveysriskien ja kunnostustarpeen arviointiin. Myös pilaantuneisiin sedimentteihin liittyvä sääntely mm. selvitys- ja puhdistusvelvoitteiden ja vastuiden osalta on puutteellista. (*Häkkinen ym. 2022*)

Ruoppaus- ja läjitysohjeen mukaan *(Ympäristöministeriö 2015)* ruoppausmassojen sisältämät haitta-aineet tulee ottaa huomioon niiden läjityskelpoisuutta arvioitaessa. Arvioinnin tueksi sedimenteille on määritelty pitoisuustasot 1, 1A, 1B, 1C ja 2. Arviota läjityskelpoisuudesta verrataan läjityspaikan soveltuvuuteen. Pitoisuustasot on määritelty siten, että ne ovat riippumattomia ruoppausmassan määrästä. Kysymykseen siitä, kuinka suuri määrä tietyn läjityskelpoisuuden omaavaa ruoppausmassaa voidaan sijoittaa tietylle läjityspaikalle, otetaan kantaa läjityspaikkaan liittyvän lupaharkinnan yhteydessä. Sijoitettujen massojen haitta-ainepitoisuuksia ja –määriä tulee kuitenkin käyttää seurannan suunnittelun lähtötietoina. Mikäli läjityspaikalle sijoitetaan suuri määrä ruoppausmassaa, jossa on tiettyjä haitta-aineita (pitoisuustasoilla 1B tai 1C), on tämä perusteltua huomioida seurantavelvoitteita määriteltäessä.

Ympäristöministeriön ohjeessa *(Ympäristöministeriö 2015)* sedimentti katsotaan haitattomaksi, jos pitoisuudet jäävät ruoppaus- ja läjitysohjeen tasolle 1. Tällaiset lietteet kelpaavat sellaisenaan esimerkiksi vesistöön läjitettäviksi ja ovat meriympäristölle haitattomia. Tasoa 2 vastaava sedimentti on voimakkaasti likaantunutta tai pilaantunutta ja vaatii läjitystoiminnassa erilliskäsittelyitä. Tasojen 1 ja 2 välialue ns. harmaa alue on jaettu uusimmassa ohjeessa vielä alaalueisiin (1A, 1B, 1C), joiden perusteella voidaan arvioida tarkemmin lietteen haitallisuutta ja mahdollista erilliskäsittelyn tarvetta. Jos pitoisuustaso <1A, vastaa sedimentti luonnontilaista, jos pitoisuustaso < 1B haitta-aineella ei ole vaikutusta läjityskelpoisuuteen, jos pitoisuustaso < IC sedimentti on läjitettävissä sekä ns. hyvälle että tyydyttävälle läjitysalueelle jos pitoisuustaso > 2 on sedimentti pääsääntöisesti läjityskelvoton.

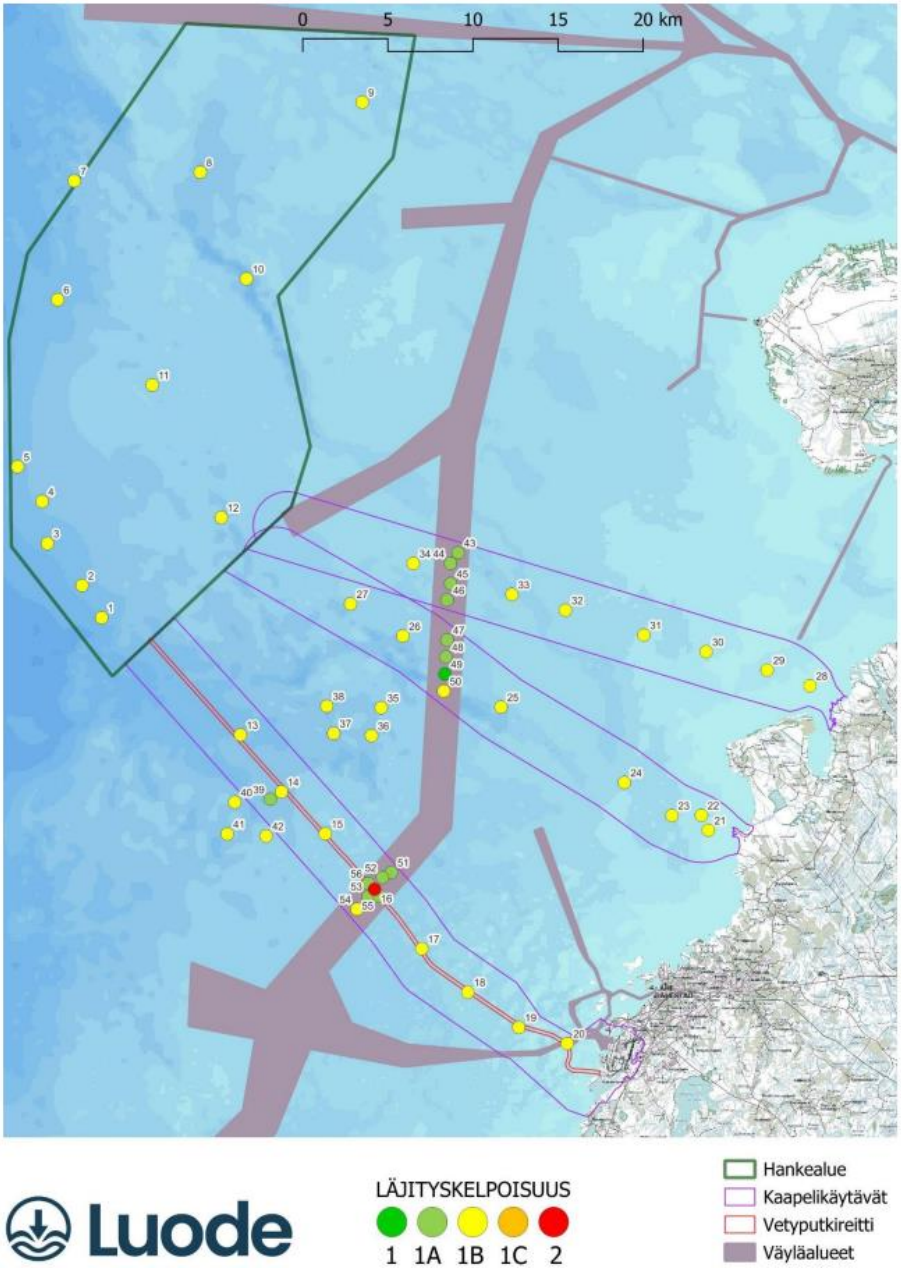
Taulukko 7-1. Ohjeelliset, näytteenoton kohdentamisessa ja ruoppausmassan läjityskelpoisuuden arvioinnissa käytettävät pitoisuustasot 1, 1A, 1B, 1C ja 2 (ote). Kaikki pitoisuudet ovat normalisoituja (Ympäristöministeriö 2015).

Aine	**Pitoisuustaso**				
	1	**1A**	**1B**	**1C**	**2**
Metallit ja puolimetallit	**mg/kg** kuiva-ainetta				
*elohopea (Hg)	<0,1	0,1–0,6	0,6–0,8	0,8–1	>1
*kadmium (Cd)	<0,5	0,5–2,5			>2,5
*kromi (Cr)	<65	65–270			>270
*kupari (Cu)	<35	35–50	50–70	70–90	>90
*lyijy (Pb)	<40	40–80	80–100	100–200	>200
*nikkeli (Ni)	<45	45–50	50–60		>60
*sinkki (Zn)	<170	170–360	360–500		>500
*arseeni (As)	<15	15–50	50–70		>70
Öljyhiilivedyt C10-C40	**mg/kg** kuiva-ainetta				
	<100	100–300	300–1500		>1500
Organotinayhdisteet	**µg/kg** kuiva-ainetta				
Tributyylitina	<5	5–30	30–100	100–150	>150

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Aine	Pitoisuustaso				
	1	1A	1B	1C	2
Trifenyylitina	<2	2–10	10–20	20–30	>30
Dioksiinit ja furaanit	**ng WHO-TEQ/kg** kuiva-ainetta				
(PCDD ja PCDF)	<5	5–10	10–30	30–60	>60

Yhteenvetona vuosien 2022 ja 2023 sedimenttiselvityksistä voidaan todeta, että merituulivoimapuiston sedimentit ovat meriläjityskelpoisia. Energiansiirtoreittien sedimentit ovat myös meriläjityskelpoisia pois lukien pisteen HSED-16 massat. Piste HSED-16 sijaitsee laivaväylällä ja tehtyjen tutkimusten mukaan kontaminaatio on hyvin paikallinen ja kontaminoituneiden massojen määrä on hyvin vähäinen eikä tällä ole arvion mukaan vaikutuksia energiasiirtoreitin MVE1/VVE1 massojen meriläjityskelpoisuuteen. Asia varmistetaan tarvittavilta osin vesilupavaiheessa. Oheisessa kuvassa (Kuva 7-8) on esitetty sedimenttien yleinen läjityskelpoisuus vuosien 2022–2023 näytteenoton perusteella *(Lindfors ym. 2023 ja Lindfors ym. 2024* liite 2 ja liite 5*).*



Kuva 7-8. Sedimenttien yleinen läjityskelpoisuus vuosien 2022–23 näytteenoton perusteella (Lindfors ym. 2024).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7.2.7 Läjitysalueet ja virtaukset

Tuulivoimapuiston ruoppausmassat on tarkoitus läjittää voimala-alueen etelä-lounaiskulmauksessa sijaitsevalle alueelle (tuulivoimapuiston läjitysalue nro 1). Energiansiirtoreittien massoille on kaksi vaihtoehtoista sijoituspaikkaa (eteläinen läjitysalue nro 2, pohjoinen läjitysalue nro 3). Läjitysalueiden sijainnit on esitetty kuvassa (Kuva 7-6).

Merituulivoimapuistoalueen virtausten ja vedenlaadun nykytilaa arvioitiin asentamalla kolmeen paikkaan jatkuvatoimiset mittauslaitteistot *(Lindfors ym. 2023, liite 2).* Mittausasemat sijaitsivat suunnitelluilla läjitysalueilla: mittausasema Halla 1 sijaitsi tuulivoimapuiston läjitysalueella nro 1, Halla 2 eteläisellä läjitysalueella nro 2 ja Halla 3 pohjoisella nro 3. Virtausmittausten perusteella kaikilla kolmella mittausasemalla virtausnopeudet noudattelivat toisiaan, kuitenkin siten että paikassa Halla 2 nopeudet jäivät muita alhaisemmiksi. Vallitsevat virtaussuunnat kovemmille virtauksille olivat Halla 1 ja 3 asemilla lounaaseen ja Halla 2 asemalla lounaan-pohjoisen suunnalle. Virtausruusujen perusteella on havaittavissa, että virtaussuunnat 2, 5 ja 15 metrin kerroksissa noudattelivat hyvin toisiaan. Oheisessa taulukossa (Taulukko 7-2) on esitetty mittauspaikoittain maksimivirtausnopeudet, keskimääräiset virtausnopeudet sekä verrattu tuloksia Ympäristöhallinnon 2015 Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeiden mukaisiin ei-sitoviin kriteereihin koskien hyvän ja tyydyttävän läjityspaikan valintaa.

Ruoppaus- ja läjitysohjeen mukaan hyvä läjityspaikka on sellainen, jossa läjitetyn massan kulkeutumisriski on alhainen. Resuspendoitunut sedimenttiaines ja läjitetty sedimentti, joka altistuu aaltovoimille, kulkeutuvat lähinnä pohjanläheisten päävirtaussuuntien ja pohjan syvenevän kaltevuussuunnan mukaisesti. Tyydyttävällä läjityspaikalla kulkeutumisriski on kohtuullinen. Alueen pohjatyyppi on sedimentaatiopohja tai sedimentaatio-kuljetuspohja. Topografia, suojaisuus, vedensyvyys ja virtausolosuhteet ja -nopeudet ovat sellaiset, että jossain määrin tapahtuva läjitetyn massan kulkeutuminen ajoittain on mahdollista.

Taulukko 7-2. Virtausnopeudet, sekä alustava soveltuvuus meriläjitykseen asteikolla vihreä (hyvä), keltainen (tyydyttävä), punainen (huono) (Lindfors ym. 2022).

Mittausasema	Havaintojen lukumäärä	Maksimi virtausnopeus pohjalla	Keskimääräinen virtausnopeus pohjalla	Hyvä läjityspaikka, virtausnopeus >10 cm/s harvakseltaan		Tyydyttävä läjityspaikka, virtausnopeus >15 cm/s harvakseltaan	
				>10 cm/s havainnoista	%-osuus kaikista	>15 cm/s havainnoista	%-osuus kaikista
Halla 1	5858	29 cm/s	7 cm/s	1243	21 %	596	10 %
Halla 2	5856	19 cm/s	5 cm/s	540	9 %	20	0 %
Halla 3	5867	22 cm/s	6 cm/s	1277	22 %	335	6 %

Tulosten perusteella tutkituista kolmesta alueesta parhaiten meriläjitykseen soveltuva alue olisi Halla 2 ja tyydyttävästi Halla 3. Halla 1 soveltuu näistä huonoiten meriläjityspaikaksi. Sedimenttinäytteiden perusteella erityisesti alueen Halla 2 pohjan laatu muodostui kovista hiekka- ja savimassoista, joiden perusteella on alueelle läjitettävät massat eivät huononna alueen tilannetta. Kaikilla alueilla virtausnopeudet ylittivät kuitenkin hetkellisesti tyydyttävälle läjityspaikalle annetun suosituksen, mutta keskimääräinen virtausnopeus jäi alle raja-arvon.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7.3 Vaikutusten arviointi

7.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

7.3.1.1 Merituulivoimapuisto

Tuulivoimalat sijoittuvat merialueelle, joten vaikutukset kohdistuvat merenpohjaan ja ajoittuvat pääosin rakentamisvaiheeseen. Meriperustustyypit on kuvattu luvussa 1.5 ja rakentamisen vaiheet luvussa 1.7. Tässä on arvioitu pinta-alaltaan suurimman perustuksen, painovoimaperustus (gravitaatioperustus) vaikutuksia, muiden perustustyyppien vaikutukset pohjan olosuhteisiin arvioidaan olevan vähäisempiä. Esimerkiksi painovoimaperustuksen halkaisija on ilman eroosiosuojausta enintään 52 metriä, jolloin perustuksen pohjan pinta-ala on noin 2100 m^2. Paaluperustuksen halkaisija on ilman eroosiosuojausta enintään noin 18 metriä, jolloin perustuksen pohjan pinta-ala on noin 255 m^2.

Työvaiheet merellä käynnistyvät perustuspaikkojen ruoppauksilla ja pohjan valmistelulla perustuksia varten. Gravitaatioperustuksille pohjaan esivalmistellaan mursketäyttö. Teräskuorirakenteinen gravitaatioperustuksen perustusrakenne on lieriön ja katkaistun kartion yhdistelmä, jäykistetty teräsrakenne, jonka pohjassa on rengasmainen antura. Perustus on täytetty kiviaineksella. Ulkopuolella anturan päällä on mursketta ja eroosiosuojaus sekä mahdollisesti tukipenkere. Perustusrakenteen mitat riippuvat paitsi voimalan kokoluokasta ja vesisyvyydestä, niin myös tuuli-, aalto- ja jääkuormista sekä pohjan maalajeista ja kantavuudesta. Gravitaatioperustusten vaatiman pohjanmuokkaamisen ja rakentamisen arvioidaan kohdistuvan maksimissaan (VE1 160 voimalaa) noin 0,045 % koko puiston pinta-alasta (575 km^2).

Pohjan muokkaamista tapahtuu rakentamisen aikana myös merituulivoimapuiston sisäisten kaapeleiden asentamisten yhteydessä ja merisähköasemien rakentamisista (luku 1.6.2). Jos vety tuotetaan tuulivoimapuiston alueella keskitetyillä meriasemilla, vaatisi se 3–8 vedyntuotantoasemaa. Vety voidaan tuottaa myös voimalakohtaisesti, jolloin vedyntuotanto ei vaadi pohjaan kajoamista. Vedyntuotantoaseman perustuksen koko on suunnilleen samankokoinen kuin merellä sijaitsevan sähköaseman perustus (luku 2.3).

Merisähköasemien määrä riippuu valitusta ja hankkeeseen sopivasta teknologiasta ja voi olla esimerkiksi kolme suurempaa merisähköasemaa tai kahdeksan pientä. Merisähköaseman perustuksen koko riippuu valitusta perustustyypistä samaan tapaan kuin merituulivoimaloissa. Arvioitu perustuksen koko käytettäessä pyöreää painovoimaperustusta on halkaisijaltaan enintään 71,5 metriä, jolloin pohjan pinta-ala on noin 4 000 m^2. Tuulivoimapuiston sisäiset kaapelit voidaan merenpohjan olosuhteista riippuen laskea merenpohjan päälle tai asentaa eri tavoilla: vesipainepuhaltamalla, auraamalla tai kaivantoja tekemällä. Alueilla, joilla merenpohjaa ei ole mahdollista kaivaa, voi olla tarpeen suojata kaapelia kivenlohkareilla. Upotussyvyys merenpohjaan on noin 1–2 metriä, jotta kaapelit saadaan suojattua mm. jäältä, laitteilta ja/tai ankkureilta. Lopullinen syvyys ja asennusmenetelmät vaihtelevat suoritettujen maaperätutkimusten mukaan.

Tuulivoimaloiden gravitaatioperustusten ja merisähköasemien vaatiman pohjanmuokkaamisen ja rakentamisen arvioidaan kohdistuvan maksimissaan noin 0,05 %:lle koko puiston pinta-alasta (575 km^2). Merituulivoimapuiston sisäisten kaapeleiden asentamisen aikana tapahtuu myös pohjan muokkausta, mutta se kohdistuu sedimentin pintaosiin ja on kestoltaan ja vaikutuksiltaan vähäisempää. Toisaalta rakennettavaa kaapeliverkostoa on suhteellisen suuri määrä (muokattava ala 111 ha, 0,19 % puisto pinta-alasta).

Kallionpinnan taso merituulivoimapuiston alueella ei ole tiedossa, mutta sen arvioitiin olevan niin syvällä, ettei siihen kohdistu vaikutuksia. Mikäli kallionpinta on lähellä merenpohjan pintakerrosta voi yksittäisillä gravitaatioperustamispaikoilla tulla tarvetta louhinnalle, jotta pohja saadaan tasattua tai löyhennettyä. Louhinnan määrä on arvion mukaan kuitenkin vähäistä, ja sitä pyritään minimoimaan voimalasijoittelun avulla.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ruoppauksen ja läjityksen vaikutukset

Ruoppaus ja meriläjitys aiheuttaa veden samentumista aina melko rajatulle alueelle yksittäisen työkohteen läheisyydessä. Yleisesti on todettu samentumisen olevan varsin paikallista ja vedenlaatu alkaa kirkastua pian ruoppaustöiden päätyttyä. Ruoppaustyöt tehdään pääosin tyynen sään vallitessa, jolloin virtaukset ovat heikkoja eikä samentumisen leviäminen ole voimakasta. Läjityksen aiheuttama samentuminen kohdistuu pääasiallisesti vesialueen pohjakerrokseen. Kiintoaineksen leviäminen suurempien läjitysten yhteydessä on lyhytaikaista. Vaikutusalue riippuu läjityksen suuruudesta, läjityspaikan ja läjitettävän massan ominaisuuksista ja vallitsevista tuuli- ja virtausolosuhteista. Läjitysalueelta mahdollisesti pitkän ajan kuluessa pohjan läheisyydessä, veden mukana tapahtuva kiintoaineen kulkeutumisen mittakaava on sadoissa metreissä, jopa kilometreissä em. tekijöistä riippuen. Sedimentti resuspendoituu ja kulkeutuu myös luontaisesti (*Ympäristöministeriö 2015*).

Ruoppausmassan laadun ja läjityskelpoisuuden arvioiminen edellyttää fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien selvittämistä. Niiden avulla voidaan arvioida ja ennakoida ruoppausmassan käyttäytymistä ruoppaus- ja läjitystyön yhteydessä. Haitallisten aineiden pitoisuuksien lisäksi sedimentin läjityskelpoisuuteen vaikuttaa sen eroosioherkkyys. Mitä eroosioherkempää läjitettävä sedimentti on, sitä alttiimpaa se on kulkeutumaan läjityspaikalta ja sitä merkittävämpiä hyötyjä voidaan saavuttaa ruoppaushankkeen eri vaiheissa tapahtuvilla riskinhallintatoimenpiteillä. Ruoppausmassan eroosioherkkyys on riippuvainen lukuisista tekijöistä – raekokojakauma, hienoaineksen suhde karkeisiin jakeisiin, irtotiheys, orgaanisen aineksen määrä ja laatu, savimineralogia, suolapitoisuus ja pH – ja niiden monimutkaisista keskinäisistä suhteista. Näillä tekijöillä on oleellinen vaikutus myös mahdollisten haitta-aineiden käyttäytymiseen (*Ympäristöministeriö 2015*).

Voimalat perustetaan merenpohjan lujalle pohjalle, ruopattava materiaali on alustavan arvion mukaan pääosin karkearakeista (hiekka, sekasedimentti tai moreenia). Materiaalissa on mukana maalajista riippuen mukana myös silttifraktiota. Osa siitä suspendoituu ruopatessa tai läjitettäessä pääosin lähellä pohjaa. Silttifraktio kulkeutuu virtausten mukana laskeutuen hitaasti pohjaan. Karkeampi kiviaines laskeutuu nopeasti pohjaan. Läjitysalueella laajeneva suspensiopilvi katoaa ajan myötä taustasameuteen.

Sameuden leviämisestä on tehty mallinnus (*Niras 2023a, liite 3*). Mallinnuksen mukaan pohjan kaivun ja läjitysten yhteydessä vapautunut sedimentti pysyy pääosin tuulivoimapuiston sisällä, mutta kiintoainetta kulkeutuu molemmissa vaihtoehdoissa etenkin läjitysalueelta myös tuulivoimapuistoalueen ulkopuolelle, muutaman kilometrin päähän. Ruoppausten ja läjityksen yhteydessä veteen sekoittuneet sedimenttipartikkelit laskeutuvat takaisin pohjaan. Vesistömallinnuksen mukaan tuulivoimalan kaivu- ja läjitystöistä liikkeelle lähtenyttä sedimenttiä kerrostuu yli 1 mm paksuudelle yhdyskaapelien ja sähköasemien läheisyydessä sekä läjitysalueella ja sen lähiympäristössä. Kaikkiaan yli 1 mm sedimentaatiota ulottuu mallinnuksen mukaan noin 200 km^2 alueelle. Tuulivoimapuiston sisällä sähköasemien ympärille muodostuu sedimentaatiota noin 4 cm ja yhdyskaapeleiden varrelle noin 1 cm. Suurinta sedimentaatio on läjitysalueella ja sen lähiympäristössä, jonne ruoppausmassat sijoitetaan. Tälle alueelle muodostuu uudelleen sedimentoitumisesta laskennallisesti, vähintään noin senttimetrin paksuinen kerros ja monin paikoin, yhteensä noin 0,5 km^2 alalla, sedimenttikerroksen paksuus on noin 2,5–5,0 cm. Enimmillään läjitysalueelle sekä sähköasemien läheisyyteen, 0,01 km^2 alalle, muodostuisi 10 cm sedimenttikerros. Mallinnuksen tuloksia on käsitelty tarkemmin tämän selostuksen luvussa 5.3.

Esimerkiksi Tahkoluodon merituulivoimapuiston pohjatutkimuksissa sekasedimentin ja moreenin silttipitoisuudeksi mitattiin noin 20 % tai vähemmän. Jos silttifraktiosta suspendoituu 5 % ruopatessa ja 5 % läjitettäessä, lyhytaikaiseksi lisäykseksi paikalliseen suspensiovirtaan saadaan sekä ruoppausalueella että läjitysalueella keskimäärin 3 tn/h. Monet Suomen joet, mukaan lukien Kokemäenjoki, purkavat tulvahuipun aikaan mereen kiintoainesta suspensiona ja pohjakulkeutumana 10 000 tn/vrk luokkaa olevan määrän. Tahkoluodon olemassa olevan merituulivoimapuiston rakentamisen yhteydessä tehdyissä vesistötarkkailuissa saatiin vahvistus edellä esitetyille arvioille (*KVVY ry 2016 ja 2017*). Vuonna 2016 (ruoppaus ja läjitys) havaittiin ajoittain lievää sameuden ja kiintoainespitoisuuden nousua työkohteen lähellä. Vuonna 2017 (täytöt,

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

peitot, eroosiosuojaukset) sameus ja kiintoainepitoisuudet pysyivät työkohteen lähellä samalla tasolla kuin vertailupisteellä. Isoilla myrskyillä läjitysalueiden ja kaapelipeittojen pinnasta erodoituu ympäristön kiintoainesvirtaan verrattuna marginaalisia määriä hienoainesta, joka kulkeutuu lähistölle. Prosessi loppuu, kun karkeampi aines on erottunut suojaksi pintaan.

Tuulivoimapuisto Hallan alustavat meriläjitysaluevaihtoehdot on mitoitettu siten, että yhden alustavan läjitysalueen kapasiteetti riittää sekä tuulivoimapuistoalueen maksimiruoppausmäärälle (3 000 000 m^3) että kaapelireittien maksimiruoppausmäärälle (1 200 000 m^3). Ruopattujen massojen meriläjitys ajoittuu avovesikaudelle (touko-marraskuu) tuulivoimaloiden perustuksien pohjien teon aikaan. Ruoppaus- ja läjitysmäärät ja toimenpiteiden sijainnit tarkennetaan teknisen suunnittelun aikana ja käsitellään vesilupavaiheessa (luku 1.7.4.1).

Ruopattavat massat on tarkoitus läjittää merituulivoimapuiston lounaisosassa sijaitsevalle läjitysalueelle tai energiansiirtoreittien kahdelle vaihtoehtoiselle läjitysalueelle. Tehdyn selvityksen mukaan *(Lindfors ym. 2023 ja 2024* liite 2 ja 5*)* tutkituista kolmesta alustavasti valitusta alueesta parhaiten meriläjitykseen soveltuva alue olisi Halla 2 ja tyydyttävästi Halla 3. Sekä kaapelireittien että merituulivoimapuiston ruoppausmäärien tarkentuessa, lopullinen meriläjitysalue mitoitetaan tarvittavan kapasiteetin mukaan esitettyjen alueiden sisäpuolelle.

Olemassa olevan aineiston mukaan ruopattava sedimentti ei sisällä haitta-aineita sellaisia määriä, että pitoisuuksilla olisi vaikutusta massojen läjityskelpoisuuteen. Ainoastaan energiansiirtoreiteillä MVE1/VVE1 on yhdessä kohdin havaittu sedimentissä haitta-aineita, jotka ylittävät tason 2 eli olisivat mereen läjityskelvottomia. Tehtyjen tutkimusten mukaan kontaminaatiokohta sijaitsee laivaväylällä ja hyvin paikallinen eikä tällä ole arvion mukaan vaikutuksia energiasiirtoreitin MVE1/VVE1 massojen ruoppaukseen ja meriläjityskelpoisuuteen. Ko. kohdassa mahdollisesti ruopattava kontaminoitunut massamäärä on vähäinen. Asia varmistetaan tarvittavilta osin vesilupavaiheessa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että merituulivoimapuiston rakentamisen aikaiset vaikutukset pohjan olosuhteisiin ovat paikallisia ja pääosin vähäisiä. Tuulivoimapuiston alueella sedimentin haitta-aineiden pitoisuudet ovat pieniä tai niitä ei ole havaittu, joten myöskään siltä osin sedimentin ruoppauksesta ja läjityksestä ei arvioida aiheutuvan haitallisia vaikutuksia merenpohjan olosuhteisiin. Rakentamisen jälkeen pohjan olosuhteet palautuvat myös monilta osin ennalleen. On lisäksi huomioitava, että meren pohjassa tapahtuu luontaisesti kulkeutumista ja kerrostumista riippuen paikallisista olosuhteista (pohjan tyyppi, sedimentin laatu, topografia, virtaussuunnat ja virtausten voimakkuus ja veden syvyys).

7.3.1.2 Merikaapeli-/ vetyputkireitit

Riippuen valitusta siirtokaapeliteknologiasta, hanke voi tarvita yhteensä enintään 10 siirtokaapelia tuulivoimapuistosta mantereelle. Kaapelit tarvitsevat pohjaolosuhteista riippuen 50–300 metrin etäisyyden toisistaan, jotta korjausalus pääsee turvallisesti toimimaan yhden kaapelin rikkoutumistilanteessa. Kaapelien välinen etäisyys vähenee tultaessa lähemmäs rantaa, ja rantautumisalueella kaapelit tarvitsevat paikasta riippuen enää noin 80 metriä tilaa. Lopulliset reitit valitaan kokonaisvaltaisen harkinnan perusteella, johon vaikuttaa mm. Fingridin indikoimat liityntäpisteet, paikallinen sähkön- tai vedynkäyttö, käytettävissä oleva tila, tekninen ja taloudellinen toteutettavuus, - ja ympäristö- sekä sosiaaliset näkökulmat. (Katso tekninen kuvaus luku 1.6.2)

Merikaapelit asennetaan merenpohjaan asennusaluksen avulla ja ennen kaapelin laskua joudutaan mahdollisesti muokkaamaan merenpohjaa kaapeliojan tekemiseksi. Kaapeliojat voidaan kaivaa kauharuoppaajalla tai muita ruoppaustekniikoita hyödyntäen. Kaapeliojan tyypillinen leveys on noin kolme metriä ja syvyys vajaan metrin. Olemassa olevan aineiston perusteella merituulivoimapuiston alueelle sijoittuvien merikaapeleiden alueille ei sijoitu haitta-aineita sisältävää sedimenttiä. Energiansiirtolinjalla MVE1/VVE1 on yhdessä pisteessä havaittu kohonneita metallipitoisuuksia (lähinnä nikkeli). Tehtyjen tutkimusten mukaan kontaminaatiokohta sijaitsee laivaväylällä ja on hyvin paikallinen. Asia varmistetaan vesilupavaiheessa ja tulosten perusteella päätetään tarvittavat jatkotoimet tällä kohdin. Kaapelin sijoittamisesta aiheutuvasta

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

pintasedimentin häiriintymisestä rakennusaikana ei arvioitu aiheutuvan kuin vähäisiä, paikallisia ja ohimeneviä vaikutuksia merenpohjan olosuhteisiin.

Merellä sijaitsevassa vedyntuotannossa on toteutuskonseptista riippumatta puiston sisäisiä vetyputkia sekä keskitettyjä vientiputkia. Vetyputken tyypillinen ulkohalkaisija on noin 60 cm. Putkisto ohjataan SSAB:n terästehtaan alueelle, joka sijaitsee Raahessa, noin 35 kilometriä Hallan tuulivoimapuistoalueelta kaakkoon. Vetyputki asennetaan meren pohjalle asennusaluksen avulla. Putken asennustapoja rantautumisalueella on useita. Jos alue on kallioinen, se voi soveltua vaakasuuntaiseen suuntaporaukseen. Toinen vaihtoehto on avoimen ojan kaivaminen kaapelikaivannon tapaan. Vaihtoehtoisesti rantautuminen voidaan toteuttaa rakentamalla laituri tai silta ranta-alueen ylittämiseksi. Rantautumispaikan tarvittava leveys on joitakin kymmeniä metrejä. Jos asennuksessa käytetään avointa ojaa, alue maisemoidaan. Putkilinjan alueella ajoneuvojen käyttö ja metsänkasvatus on rajoitettua. Vetyputken rakentamisesta aiheutuvasta pintasedimentin häiriintymisestä rakennusaikana ei arvioitu aiheutuvan kuin vähäisiä, paikallisia ja ohimeneviä vaikutuksia merenpohjan olosuhteisiin.

7.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

7.3.2.1 Merituulivoimapuisto

Tuulivoimaloilla ei ole toiminnan aikana vaikutusta merenpohjan olosuhteisiin. Tuulivoimapuisto toimii automaattisesti, erillistä miehitystä tai toimenpiteitä tuotannon ohjaamiseen ei tarvita. Myöskään tuulivoimaloiden huoltokäynnit eivät vaikuta merenpohjan olosuhteisiin.

Tuulivoimapuiston toimintaan liittyvät merkittävimmät kemikaalit ovat muuntajissa ja voimaloissa olevat öljyt ja jäähdytysnesteet. Tuulivoimaloissa on keruualtaat, joilla estetään kemikaalien pääsy ympäristöön mahdollisen, mutta epätodennäköisen vuodon sattuessa. Mahdollisesta vuodosta ei aiheudu vaikutuksia pohjan olosuhteisiin.

Tuulivoimaloista tai niiden perustuksista ei tule liukenemaan haitallisia aineita ympäristöön. Tuulivoimalan lapa koostuu pääasiassa lasi- ja hiilikuiduista, epoksi- tai polyesterihartsista sekä kerroslevyrakenteen ydinaineista kuten balsapuusta ja muovivaahdoista. Lavat on suunniteltu kestämään niihin kohdistuvat olosuhteet, kuten sade, eroosio, UV-säteily, jäätävät olosuhteet ja ilman epäpuhtaudet. Lapojen pinnalla on suojaavana kerroksena maalipinta tai gelcoat-pintakerros, joiden alla saattaa olla kerros tasoitetta. Nykyään on tyypillistä, että lavan kärkialueen johtoreuna on käsitelty erittäin kulutuksenkestävällä polyuretaanimateriaalilla (leading-edge protection). Vasta näiden kerrosten alla on rakenteellinen epoksilaminaatti, joka on lujitemuovia. Lapojen kärkialueen johtoreunalta päällimmäisestä kerroksesta voi irrota hyvin pieniä määriä pölymäistä inerttiä materiaalia, joka on peräisin pääasiassa lapojen maalista ja päätyy varsin lähelle irtoamisaluetta. Irtoava aines on ilmaa ja vettä raskaampaa pientä partikkelia, joka vähitellen mineralisoituu voimaloiden lähiympäristöön siirtymättä eliöiden elimistöön. Lavat tarkastetaan säännöllisesti ja ne korjataan, jos pintakerrokseen on tullut kulumia. (*Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024c*)

Mikromuovit ovat synteettisesti tuotettuja, biohajoamattomia, vesifaasissakin kiinteinä pysyviä muovihiukkasia, jotka koostuvat polymeerien ja lisäaineiden seoksista ja joiden pienin dimensio on ainakin ≥1 nm ja suurin dimensio on hiukkasmuotoisilla 5 mm ja kuiduilla tulkinnasta riippuen 5–15 mm. (*Fjäder ym. 2022*)

Mikromuoveissa erityistä huomiota on kiinnitetty bisfenoli A:han (BPA). BPA on laajalti käytetty pehmitin, jota käytetään polykarbonaattimuovien, epoksihartsien ja monien tavallisten tavaroiden valmistuksessa, mukaan lukien lelut, vesiputket, juoma-astiat, silmälasien linssit, urheiluturvavarusteet, lääketieteelliset laitteet ja letkut sekä kulutuselektroniikka. Sitä siis käytetään monissa tuotteissa, mutta sen turvallisuus on nykytiedon valossa laajalti kyseenalaistettu ja sen käyttöä siksi rajoitetaan Euroopassa. Tuulivoimaloista luontoon tai ihmiseen mahdollisesti päätyvät BPA-päästöt ovat vähäiset. (*Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024c*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7.3.2.2 Merikaapeli/Vetyputkireitit

Merikaapeleista ja vetyputkireitistä ei aiheudu toiminnan aikana vaikutuksia pohjan olosuhteisiin. Mahdolliset kaapelin korjaamisen aikaiset vaikutukset ovat lyhytaikaisia ja paikallisia.

7.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston hankkeen elinkaaren on suunniteltu olevan 30–40 vuotta. Tuulivoimapuiston elinkaaren viimeinen vaihe on sen käytöstä poisto sekä tuulivoimapuistosta syntyvien laitteiden kierrättäminen ja jätteiden käsittely. Purkamisen työvaiheet ja kalusto ovat periaatteessa vastaavan tyyppisiä kuin rakennusvaiheessa, mutta käänteisessä järjestyksessä. Tuulivoimaloiden perustukset poistetaan tarvittaessa kokonaan tai osittain tai jätetään paikoilleen (luku 1.9). Myös merikaapelit voidaan käyttövaiheen päätyttyä poistaa. Purkamisesta aiheutuvat vaikutukset pohjaolosuhteille ovat vastaavat rakentamisvaiheiden vaikutusten kanssa. Vaikutukset ovat kuitenkin luonteeltaan paikallisia ja kestoltaan rajallisia sekä pienempiä kuin rakennusvaiheessa. Käytöstä poisto ajoittuu arviolta usealle avovesikaudelle.

7.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Nollavaihtoehdossa alueen merenpohjaan ei kohdistu tuulivoimahankkeesta vaikutuksia.

7.4 Yhteisvaikutukset

Perämerellä on useita eri vaiheissa olevia tuulivoimahankkeita sekä Suomen että Ruotsin puolella. Raahen ja Pyhäjoen välillä sijaitseva Maanahkiaisen tuulivoimahanke on lähimmillään muutaman kilometrin etäisyydellä energiansiirtoreitistä MVE1/VVE1. Arvion mukaan yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa ovat vähäiset. Hankkeiden vaikutukset ajoittuvat pääosin rakentamisaikaan ja voimaloiden alueille. Voimaloiden perustusten vaatimat pinta-alat ovat myös pieniä verrattuna esimerkiksi tuulivoimapuistojen pinta-aloihin. Rakentamisten aikajänne vaihtelee hankkeittain eli hankkeiden toteutus ei tapahdu samaan aikaan, mikä myös vähentää mahdollisia yhteisvaikutuksia. Rakentamisen jälkeen pohjan olosuhteet palautuvat myös monilta osin ennalleen.

Ruotsin puolelle sijoittuvan Polargrund hankkeen kanssa ei arvioida aiheutuvan meren pohjaan kohdistuvia suoria yhteisvaikutuksia, sillä lähin voimala sijaitsee 4,7 kilometrin etäisyydellä Hallan lähimmästä voimalasta. Merituulivoimahankkeen rakentaminen voi ajoittua osittain samaan aikaan kuin Hallan, jolloin lieviä rakentamisen aikaisia veden samentumisen kautta aiheutuvia epäsuoria yhteisvaikutuksia voi aiheutua. Näitä meriympäristöön kohdistuvia mahdollisia yhteisvaikutuksia on arvioitu tarkemmin luvussa 5.4.

7.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Vaihtoehdossa VE1 alueelle rakennetaan enintään 160 ja vaihtoehdossa VE2 enintään 120 merituulivoimalaa. Vähäisemmän voimala- ja sähkönsiirtorakenteiden määrän takia vaikutukset ovat vaihtoehdossa VE2 hieman pienempiä. Vaikutukset pohjan olosuhteisiin (ruoppaus/läjitys) ovat molemmissa vaihtoehdoissa vähäisen kielteisiä. Vaikutukset kohdistuvat rakentamisaikaan ja voimaloiden alueille. Sähkönsiirron ja vetyputkireitin vaikutukset ovat kaikissa vaihtoehdoissa vähäisen kielteisiä. Reitillä MVE1/VVE1 on yhdessä kohdin haitta-aineita sisältävää sedimenttiä (lähinnä nikkeli), joten siltä osin vaikutusten voisi ajatella olevan hieman merkittävämpiä. Tehtyjen tutkimusten mukaan kontaminaatiokohta sijaitsee laivaväylällä ja hyvin paikallinen eikä tällä ole arvion mukaan esimerkiksi vaikutuksia energiasiirtoreitin MVE1/VVE1 massojen meriläjityskelpoisuuteen. Asia varmistetaan tarvittavilta osin vesilupavaiheessa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 7-3. Maa- ja kallioperään kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				VE1 VE2 MVE2 MVE3 MVE1 VVE1					
	Kohtalainen					VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Taulukko 7-4. Maa- ja kallioperään kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				VE1 VE2 MVE1 MVE2 MVE3 VVE1					
	Kohtalainen					VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

7.6 Arvioinnin epävarmuudet

Arvioinnissa ei ole merkittäviä epävarmuustekijöitä olemassa olevaan tietoon pohjautuen. Tuulivoimapuistoalue on laaja, joten tutkimuspisteiden määrä tuulivoimapuiston alueella luonnollisesti suhteellisen vähäinen. Sama koskee myös energiansiirron reittejä (tutkimukset leveyssuunnassa). Tehdyillä tutkimuksissa on saatu tässä vaiheessa riittävän kattava yleiskuva alueen pohjaolosuhteista ja sedimenttien haitta-ainepitoisuuksista. Esimerkiksi sedimentin haitta-aineiden ei arvioida vaihtelevan kovinkaan paljon, koska kohdealue sijaitsee kaukana avomerellä. Haitta-aineet ovat kulkeutuneet tai sedimentoituneet alueelle vesien mukana pääosin rannikon päästölähteistä. Rannan alueella energiansiirron reittien pisteverkko on ollut tiheämpi. Yksityiskohtaiset tiedot tuulivoimapuiston alueen pohjaolosuhteista (myös syvemmät kerrokset) saadaan jatkosuunnittelun yhteydessä tehtävistä voimalapaikkojen ja kaapelireittien tarkemmista

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

pohjatutkimuksista. Tutkimusten mukaan tuulivoimapuiston alueella sedimentti ei sisällä haitta-aineita. Yhdellä energiansiirtoreitillä havaittiin hyvin paikallinen metallikontaminaatio. Sillä ei ole arvion mukaan vaikutuksia ko. energiasiirtoreitin (MVE1/VVE1) massojen ruoppaamiseen tai meriläjityskelpoisuuteen. Asia varmistetaan tarvittavilta osin vesilupavaiheessa. Myös muulla osalla hankealuetta tehdään tarvittaessa lisätutkimuksia sedimentin haitta-aineista.

7.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Rakentaminen pyritään kohdistamaan alueille, joissa merenpohjan pintamaalaji on rakentamiseen parhaiten soveltuvaa. Myös työmenetelmien valinta vaikuttaa merkittävästi pohjan muokkaustarpeeseen ja leviävän kiintoainekuormituksen määrään. Esimerkiksi vesipainepuhalluksen käyttäminen kaapelien/vetyputken asentamisessa on vähäisemmät samentuma- ja sedimentaatiovaikutukset kuin ruoppauksella ja läjityksellä. Ruoppaus- ja läjitystöitä pyritään tekemään tyynellä säällä, jolloin virtaukset eivät kuljeta samentumaa kauas. Ruoppaus- ja läjitysohjeessa (*Ympäristöministeriö 2015*) on esitetty keinoja ruoppauksen ja läjityksen ympäristöhaittojen hallintaan (otteita alla).

Ruoppaustilanteessa jonkin verran kiintoainetta (sedimenttiä) leviää aina ympäröivään veteen. Leviämistä voidaan vähentää tai rajoittaa mm. seuraavin toimenpitein:

- Käyttämällä ns. siltti- tai kuplaverhoa tai muuta vastaavaa tekniikkaa
- Sääolot huomioimalla eli rajoittamalla ruoppausta silloin, kun veden virtaus on voimakasta
- Säätämällä ruoppausnopeus sopivaksi
- Minimoimalla ruopattava määrä
- Varautumalla suojaustoimenpiteisiin ennen työn aloittamista.

Kiintoaineen leviämistä työn aikana ja sen jälkeen voidaan mitata mm. sameus-, ravinne- ja happimittauksin.

Läjitys tapahtuu useimmiten suoraan proomusta. Tällöin kiintoainetta leviää veden virtauksen mukana koko vesipatsaaseen ruoppausmassan vajotessa pohjaan. Hienojakoisen massan, jolla ei ole koheesiota, alttius leviämiseen on suurin. Hienoaineksen leviämistä voidaan vähentää johdattamalla massa proomusta putkea pitkin suoraan pohjalle, rajoittamalla läjityksen nopeutta, välttämällä läjitystä silloin, kun veden virtausnopeus on vallitsevien sääolosuhteiden takia tavanomaista merkittävästi suurempi. Läjitystilanteessa voidaan myös käyttää suojaverkkoja samalla tavalla kuin ruoppaustilanteessa. Läjitysalueella tehtävien riskinhallintatoimien tarkoituksena on vähentää läjitetyn aineksen eroosiota ja/tai haitta-aineita sisältävien sedimenttien kontaktia vesifaasin kanssa. Sedimenttien läjitysjärjestys voidaan pyrkiä valitsemaan siten, että pinnalle jäävä aines on puhtaampaa ja vähemmän altista eroosiolle.

Edellä mainittujen menetelmien soveltuvuutta Hallan hankkeessa selvitetään suunnittelun edetessä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

8 RANTAUTUMISALUEIDEN KASVILLISUUS JA LUONTOTYYPIT

YHTEENVETO:

- Merituulivoimapuisto sijaitsee kokonaan ulkomerellä, eikä alueella ole maa-alueita, kuten saaria tai luotoja. Myöskään merikaapelit tai vetyputki ei sijoitu maa-alueelle ennen rantautumistaan mantereelle.
- Rantautumisalueiden kasvillisuus ja luontotyypit on selvitetty maastotöin kesällä 2022. Vaikutusten arviointi perustuu selvitysaineistoon sekä olemassa olevaan luontotietoon.
- Merikaapelien MVE1 ja MVE3 sekä vetyputken rantautumisalueilla sijaitsee luonnonsuojelulain 64 § mukaisia suojeltuja luontotyyppejä. MVE2 rantautumisalueella on lisäksi vesilain 2:11 §:n mukaan suojeltu kluuvi. Maastoselvityksessä MVE1 ja MVE3 rantautumisalueilla havaittiin uhanalaisia ja rauhoitettuja kasvilajeja, jotka kuuluvat luontodirektiivin liitteen II ja IV (b) lajeihin.
- Merikaapelien kaivaminen rantautumisalueella hävittää kasvillisuuden ja luontotyypit noin 80 metrin levyiseltä alueelta. Vetyputken kaivaminen vaatii noin 20 metrin levyisen alueen. Vaikutuksen voimakkuus riippuu alueella esiintyvistä arvokkaista luontotyypeistä ja kasvilajeista. MVE1 ja MVE3 rantautumisalueilla vaikutuksen merkittävyys on erittäin suuri kielteinen, mutta vaikutusta voidaan lieventää huomioimalla arvokkaat kohteet hankkeen jatkosuunnittelussa. MVE2 rantautumisalueella vaikutusten arvioidaan olevan vähäisen kielteisiä.
- Luontoarvokohteet on mahdollista huomioida tarkemman reittisuunnittelun yhteydessä hankkeen jatkosuunnittelun aikana. Tällöin kohteille aiheutuvia vaikutuksia voidaan lieventää tai jopa poistaa.

8.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoimapuisto sijaitsee kokonaan ulkomerellä, eikä alueella ole maa-alueita, kuten saaria tai luotoja. Myöskään merikaapelit tai vetyputket eivät sijoitu saariin tai luontoihin. Vaikutusarvioinnissa huomioitiin merikaapelien ja vetyputken rantautumisalueiden vaikutukset kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin rantavyöhykkeellä ja mantereella. Tässä vaiheessa ei ole tarkempaa tietoa mihin kohtaan rantautumisalueella merikaapelit rantautuvat, vaan ne tarkentuvat hankkeen edetessä lupavaiheeseen. Rantautuessaan merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta. Rantautumisen jälkeen merikaapeli vaihtuu maakaapeliksi, jonka vaikutuksia on käsitelty YVA-selostuksen B-osassa. Vetyputken rantautumispaikan vaatima leveys on noin 20 metriä. Vaikutusten arviointi vedenalaisiin luontotyyppeihin on käsitelty erikseen luvussa 5.

Vaikutusarvioinnissa erityistä huomiota kiinnitettiin ranta-alueen suojeltuihin ja uhanalaisiin luontotyyppeihin, metsäluonnon monimuotoisuuskohteisiin sekä uhanalaisiin, suojeltaviin kasvilajeihin. Vaikutusten arvioinnissa huomioitiin merikaapelien sekä vetyputken suorat ja epäsuorat vaikutuskanavat. Arvioinneissa on huomioitu sekä luonnonympäristössä tapahtuvat pysyvät muutokset että rakentamisaikaan rajoittuvat vaikutukset. Lisäksi arvioinnissa huomioitiin käytöstä poiston jälkeiset vaikutukset luonnonoloihin. Luontoon kohdistuvia, etenkin rakennusaikaisia, suoria vaikutuksia ovat muun muassa hankealueen kasvillisuuden poistaminen ja/tai muuttuminen sekä siitä aiheutuva epäsuorat vaikutukset, kuten reunavyöhykevaikutus ja erityisesti mahdolliset muutokset lähiympäristöjen kasvillisuudessa.

Vaikutusarviointi on toteutettu asiantuntija-arviointina olemassa olevien ohjeiden ”Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi” mukaisesti (*Mäkelä & Salo 2023*). Arviointityössä on hyödynnetty muista vastaavista hankkeista kertyneitä kokemuksia. Vaikutusarviointi pohjautuu lähtötietoihin ja maastoselvityksiin (liite 11 *AFRY Finland Oy 2023*). Lähtötietoina on käytetty maastokarttoja ja ilmakuvia, ympäristöhallinnon aineistoja mm. suojelualueista ja Zonation-aineisto, Suomen metsäkeskuksen avoimien tietokantojen aineistoja (*Suomen metsäkeskus 2022–2023*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

sekä Suomen Lajitietokeskuksen aineistoja suojelullisesti huomioitavista lajiesiintymistä (*tietokantaotteet 6/2022, 5/2023, 11/2024*). Lisäksi tietolähteenä on käytetty hankealueelle ja sen lähialueelle muihin hankkeisiin tehtyjä luontoselvityksiä (mm. *AFRY Finland Oy 2022*) ja lausunnoista saatuja taustatietoja. Vaikutusarvioinnit tehtiin kokeneiden biologien toimesta.

Kasvillisuus ja luontotyyppiselvitykset rantautumisalueella

Merikaapelien rantautumisalueille tehtiin kesä-elokuussa 2022 kasvillisuus- ja luontotyyppiselvitykset (liite 11, *AFRY Finland Oy 2023*). Maastotöihin käytettiin yhteensä 4 maastopäivää. Maastoselvitykset tehtiin kartta- ja ilmakuvatarkastelun sekä olemassa olevan tiedon pohjalta reittiosuuksille ja kohteille, jotka arvioitiin potentiaalisiksi uhanalaisten tai suojeltujen biotooppien tai lajien tyypillisiksi elinympäristöiksi. Selvityksessä kartoitettiin, esiintyykö hankealueella luonnonsuojelulain 64 tai 65 §:n nojalla suojeltuja luontotyyppejä, vesilain 2:11 §:n mukaisia vesiluonnon suojelutyyppejä (lähteet, norot, alle hehtaarin kokoiset lammet ja järvet) sekä vesilain 3:2 §:n mukaisia puroja, uhanalaisia luontotyyppejä (*Kontula & Raunio 2018*) tai uhanalaisia ja suojeltavia lajiesiintymiä. Havaitut luontokohteet on arvotettu Suomen ympäristökeskuksen julkaiseman luontoselvitysoppaan luokitusohjeistuksen mukaisesti (*Mäkelä & Salo 2023*). Selvitysraportti on tämän YVA-selostuksen liitteenä (Liite 11). Raportissa on esitetty seikkaperäisesti selvityksen menetelmät ja tulokset. Rantavyöhykkeen kartoitus on kuvattu tässä asiakirjassa kasvillisuuden osalta rannalla merenpinnan korkeimmasta tasosta ylöspäin eli ns. supralitoraalin vyöhykkeen[1] osalta. Selkeästi mantereen puolella kasvavaa kasvillisuutta ja luontotyyppejä on käsitelty erikseen YVA-selostuksen Osassa B.

8.2 Nykytila

8.2.1 Merikaapelien rantautumisalue

Energiansiirtoreitit sijaitsevat suurimman osan reitistä pääosin ulkomerellä, eikä niiden reiteillä sijaitse juurikaan saaria tai luotoja. Mantereen läheisyydessä sijaitsee hiekkasärkkiä, puuttomia luotoja ja erikokoisia saaria. Osa saarista on metsäisiä, ja niillä esiintyy myös kallioita, rantaniittyjä ja ruovikkoalueita. Erityisen paljon saaria esiintyy MVE1 reitin varrella Raahen edustalla.

Merikaapelien rantautumispaikat sijoittuvat alueille, joissa vaihtelevat kivennäismaille sijoittuvat havupuuvaltaiset metsät, hiekkarannat, ruovikot ja merenrantaniityt. Alueilla sijaitsee lisäksi lomarakennuksia pihapiireineen ja Raahessa SSAB:n teollisuusalue. Rantautumisalueilta on havaittu luonnonsuojelulain 64 §:n luontotyyppeihin kuuluvia merenrantaniittyjä ja vesilain 2:11 §:n mukaisia kluuveja sekä uhanalaisia luontotyyppejä. Lisäksi rantautumisalueilta on tiedossa havaintoja uhanalaisista tai huomioitavista kasvilajeista (*Suomen Lajitietokeskus 2024*). Alueella ei esiinny luonnonsuojelulain 65 §:n mukaisia luontotyyppejä eikä vesilain 2:11 §:n tai 3:2 §:n mukaisia vesiluontotyyppejä. Merikaapelien MVE1–MVE3 rantautumispaikkojen kasvillisuuden yleiskuvaus, arvokkaat kasvillisuus- ja luontotyyppikohteet sekä uhanalaiset tai huomionarvoiset lajihavainnot on esitelty tarkemmin alla. Alueiden kuvaukset on esitetty yksityiskohtaisemmin hankkeelle laaditussa luontoselvityksessä, joka on selostuksen liitteenä 11.

MVE1

Merikaapeli MVE1 rantautumista suunnitellaan Raahen SSAB:n tehtaan edustalle tai sen eteläpuolelle (Kuva 8-1). Alueen pohjoisosassa on tehdas- ja satamatoimintojen aluetta, lisäksi alueella on tuulivoimaloita. Kallioniemen alueella on valtakunnallisesti arvokkaaksi luokiteltu Kallioniemen kallioalue (KAO110023, kohdenro 2 kartalla Kuva 8-1). Ranta-alue Kallioniemestä Kuljunniemen eteläkärkeen on suurelta osin luonnontilaista rantaniittyä, mutta myös sora- ja

[1] Supralitoraalivyöhyke: Rannikot jaetaan vyöhykkeisiin, joita ovat mesolitoraali, supralitoraali ja infralitoraali. Mesolitoraali on varsinainen rantavyöhyke, jossa maa ja meri kohtaavat alati vaihtuvassa paikassa. Sen alarajana on matalimman merenpinnan taso ja ylärajana taso, jossa merenpinta on korkeimmillaan. Merenpinnan alinta korkeutta nimitetään hydrografiseksi nollapisteeksi. Supralitoraali käsittää rannan yläpuoliset alueet eli merenpinnan korkeimmasta tasosta mantereelle päin olevan vyöhykkeen. Siellä meren vaikutus on tavallisesti välillistä eli alueella vaikuttaa meri-ilmasto. Infralitoraali on rannan alapuolinen vyöhyke, jonka ylärajana on merenpinnan matalin taso. Tällä alueella ei ole täsmällistä alarajaa, vaan se on vyöhyke, jossa aallot ja tuulet aikaansaavat virtauksia. [https://fi.wikipedia.org/wiki/Rannikko]

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

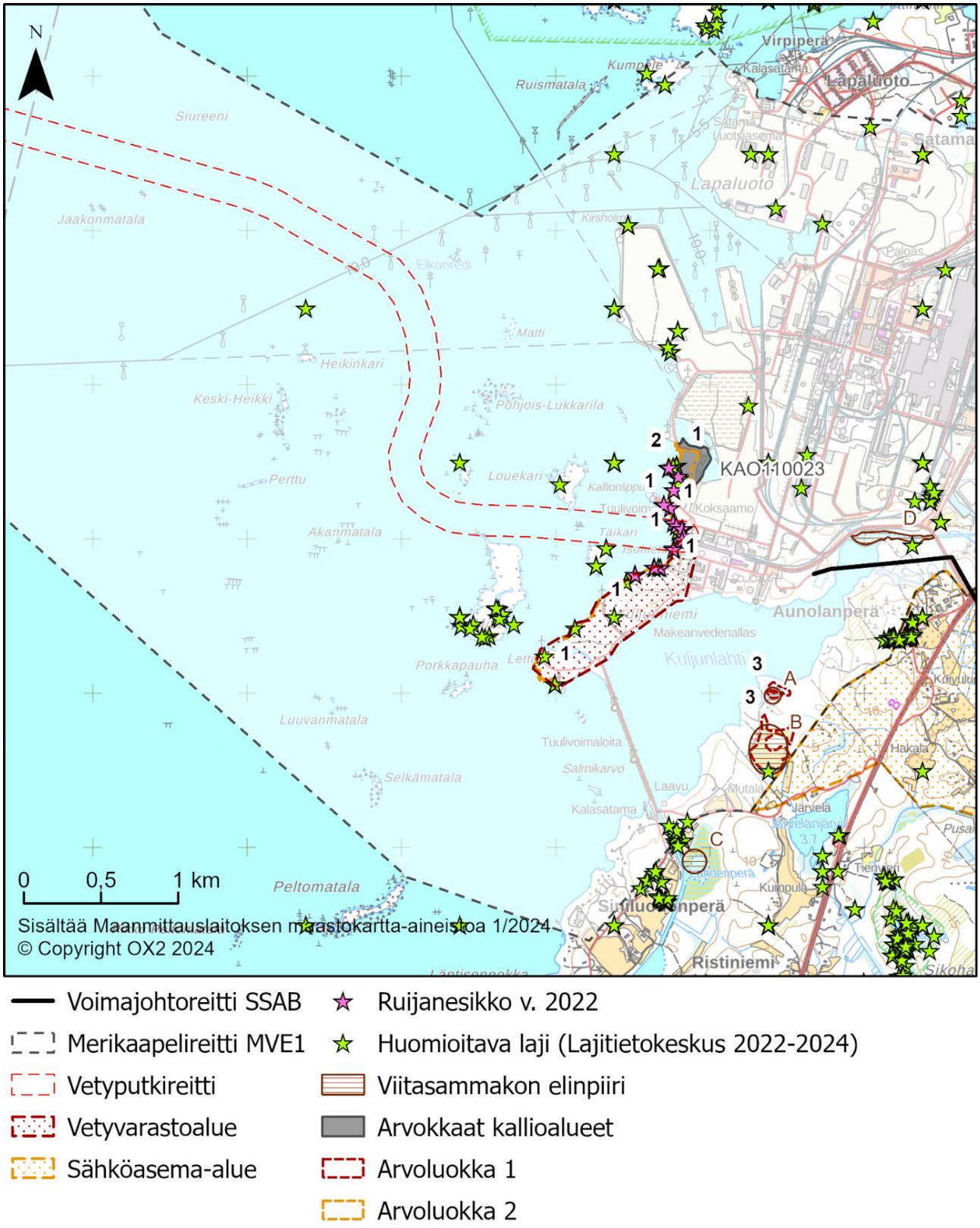
lohkarerantaa esiintyy. Rannassa on pääosin matalakasvuista vihvilä-, heinä- ja saramerenrantaniittyä (kohdenro 1 kartalla Kuva 8-1, Kuva 8-2), joka on luokiteltu Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa (Kontula & Raunio 2018) äärimmäisen uhanlaiseksi (CR). Merenrantaniityt ovat luonnonsuojelulain 64 § mukaisia luontotyyppejä. ELY-keskus ei ole vielä tehnyt alueelle luontotyypin osalta luonnonsuojelulain mukaista rajauspäätöstä. Niityllä esiintyy monin paikoin ruijannuokkuesikkoa (Kuva 8-1), joka on koko maassa rauhoitettu sekä luontodirektiivin liitteiden II ja IV (b) laji. Rantautumisalueen edustalla olevilla saarilla (Mitti, Täikari, Louekari) on Suomen Lajitietokeskuksen (*2024*) mukaan havaintoja uhanalaisista kasvilajeista mm. ruijannuokkuesikosta, vaarantuneista (VU) paunikosta ja suikeanoidanlukosta. Silmälläpidettävistä (NT) lajeista on havaintoja: ahonoidanlukko, perämerensilmäruoho, otavita, rannikkovesikuusi, vihnesara ja somersara. Lisäksi Mitin saarella on havainto Pohjois-Pohjanmaalla, Lapissa ja Kainuussa rauhoitetusta keltakurjenmiekasta.

Kuljunniemi ja Letto ovat keskiosaltaan pääosin mäntyvaltaista kuivahkoa kangasta (EVT, uhanalaisuus EN). Kuljunniemen alueella on tehty metsätaloustoimina kaistalehakkuita ja harvennushakkuita. Rantametsät ovat kuusivaltaista lehtomaista kangasta (GOMT, uhanalaisuus VU- vaarantunut). Alueella on havaintoja uhanalaisista kasvilajeista: keltakurjenmiekka, vihnesara, perämerensilmäruoho ja ruijannuokkuesikko.

Kuljunlahden itäranta Aunolanperän ja Mutalan välisellä alueella on pääosin talouskäytössä olevaan havupuuvaltaista metsää, joka vaihtelee tuoreen (VMT, uhanalaisuus VU) ja lehtomaisen (DMT /GOMT, uhanalaisuus VU) kankaan välillä. Järvelän alueella on kaksi kluuvia (kohdenro 3 kartalla Kuva 8-1). Näistä pienempi on alle 1 hehtaarin kokoinen ja isompi noin 5 hehtaaria. Isompi kluuvi on pitkälti soistunut ja ruovikoitunut. Enintään 10 hehtaarin suuruiset kluuvijärvet on vesilain 2:11 §:n mukaan suojeltuja. Kluuveissa esiintyy viitasammakkoa, josta lisää luvussa 9. Suomen Lajitietokeskuksen (*2024*) mukaan selvitysalueen itäreunalla esiintyy erityisesti suojeltavaa erittäin uhanalaista (EN) ketokatkeroa ja silmälläpidettävää (NT) keto- ja pohjannoidanlukkoa.

Luontoarvokohteet on esitetty kuvassa (Kuva 8-1) ja liitteenä 24 olevilla kartoilla. Tarkemmin kohteista on kerrottu liitteenä 11 olevassa luontoselvityksessä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 8-1. Merikaapelin MVE1 ja vetyputken VVE1 rantautumispaikka ja alueen arvokkaat kasvillisuus- ja luontotyyppikohteet sekä viitasammakon elinpiirit. Numerot kartalla viittaavat luontoarvokohteisiin, jotka on *kuvattu tarkemmin liitteen 11 luontoselvityksessä sekä taulukossa Taulukko 8-1. Kirjaimet viittaavat viitasammakon elinpiirikohteisiin, jotka kuvattu luvussa 9.*

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

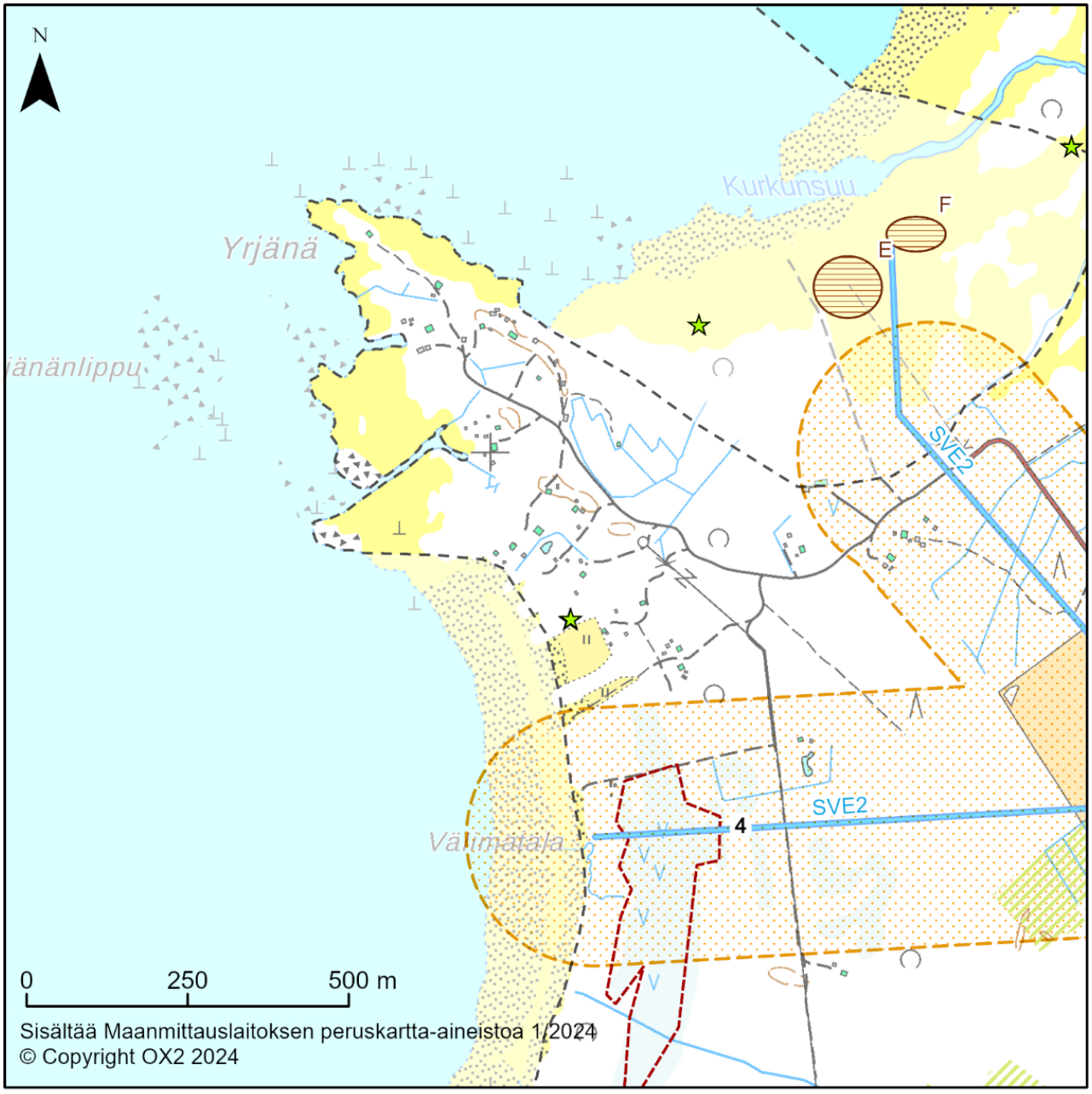
Kuva 8-2 Kuljunniemen länsireunan matalakasvuista merenrantaniittyä MVE1 rantautumisalueella.

MVE2

Merikaapelin MVE2 rantautumista suunnitellaan Raahen Yrjänän alueelle Välikarin ja Nokanrannan välille (Kuva 8-3). Välimatalan alueella on pitkä hiekkaranta, jossa rantakasvillisuus keskittyi rannan yläosan valleille. Hiekkarannat ovat luonnonsuojelulain 64 § mukaisia luontotyyppejä (Kuva 8-4). Hiekkarannan takana esiintyy maankohoamisen seurauksena syntynyt noin 5 hehtaarin kokoinen vesilain 2:11 §:n mukaan suojeltu kluuvi (kohde nro 4 kartalla Kuva 8-3), joka on soistumassa ja on pääosin järviruokovaltainen. Yrjänän niemi on kivistä, mutta paikoin on myös pienialaisia matalakasvuisia merenrantaniittyjä. Osa Yrjänän niemen ja Nokanrannan ranta-alueesta on lehmälaitumena. Laitumen ulkopuolinen osa rannasta on järviruokovaltaista. Alueelta on aiempia havaintotietoja (v.1996) vaarantuneesta (VU) upossarpiosta, joka on mm. EU:n luontodirektiivin liitteen IV (b) laji sekä silmälläpidettävästä (NT) sammakonleinikistä. Kumpaakaan lajia ei löydetty alueelta.

Luontoarvokohteet on esitetty kuvassa (Kuva 8-3), sekä liitteenä 24 olevilla kartoilla. Tarkemmin kohteista on kerrottu liitteenä 11 olevassa luontoselvityksessä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 8-3. Merikaapelin MVE2 rantautumispaikka ja alueen arvokkaat kasvillisuus- ja luontotyyppikohteet sekä viitasammakon elinpiirit. Numerot kartalla viittaavat luontoarvokohteisiin, jotka on kuvattu tarkemmin liitteen 11 luontoselvityksessä sekä taulukossa Taulukko 8-1. Kirjaimet viittaavat viitasammakon elinpiiri-kohteisiin, jotka kuvattu luvussa 9.

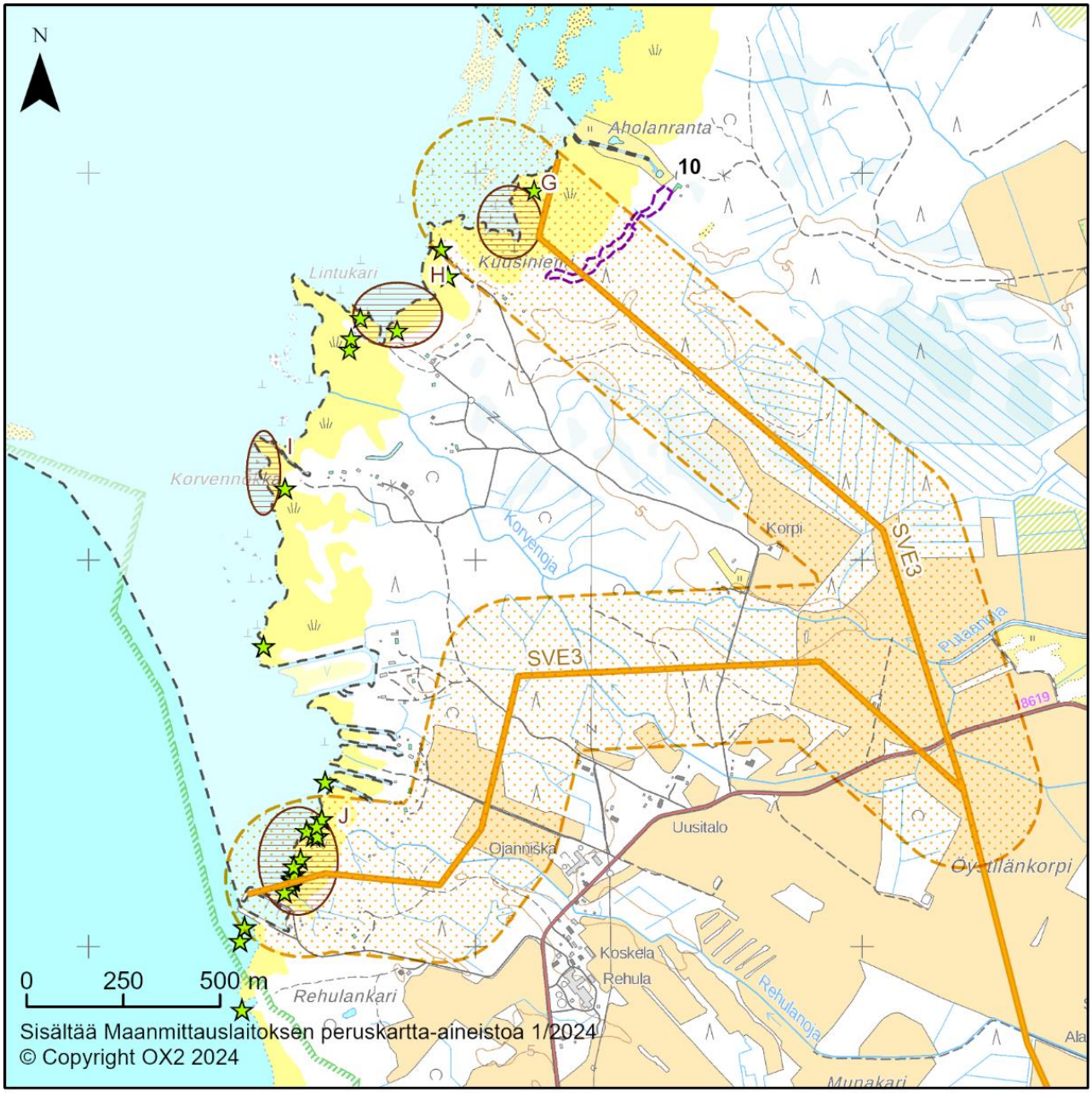
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 8-4. Välimatalan hiekkaranta MVE2 rantautumisalueella ja SVE2 eteläisisen haaran sähköasema-alueella.

MVE3

Merikaapelin MVE3 rantautumista suunnitellaan Siikajoen Merikylänlahden itärannalle Merikylän pienvenesataman ja Kuusiniemen väliselle alueelle (Kuva 8-5). Ranta-alue on pääosin ruovikkoa, joka kasvaa monin paikoin metsän rajaan asti. Rantavedessä esiintyy upossarpiota pienvenesataman lähistöllä sekä Kuusiniemen rannassa. Alueella sijaitsee kaksi Suomen metsäkeskuksen (*2023*) erityisen tärkeää elinympäristökohdetta, jotka on tyypitelty reheväksi lehtolaikuksi. Maastokartoituksen perusteella kohde on sekapuustoista lehtomaista kangasta (GOMT, VU). (kohde nro 10 kartalla Kuva 8-5). Luontoarvokohteet on esitetty kuvassa (Kuva 8-5), sekä liitteenä 24 olevilla kartoilla. Tarkemmin kohteista on kerrottu liitteenä 11 olevassa luontoselvityksessä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 8-5. Merikaapelin MVE3 rantautumispaikka ja alueen arvokkaat kasvillisuus- ja luontotyyppikohteet sekä viitasammakon elinpiirit. Numerot kartalla viittaavat luontoarvokohteisiin, jotka on kuvattu tarkemmin liitteen 11 luontoselvityksessä sekä taulukossa Taulukko 8-1. Kirjaimet viittaavat viitasammakon elinpiiri-kohteisiin, jotka kuvattu luvussa 9.

8.2.2 Vetyputken rantautumisalue

Vetyputken VVE1 rantautumista suunnitellaan Raahen SSABn tehtaan edustalle osittain samalle alueelle merikaapelin MVE1 kanssa (Kuva 8-1). Rantautumispaikka sijoittuu Isonhiedanperukan edustalle, jossa ranta-alue on suurelta osin luonnontilaista rantaniittyä ja -metsää. Rannassa on pääosin matalakasvuista vihvilä-, heinä- ja saramerenrantaniittyä. Merenrantaniityt ovat luonnonsuojelulain 64 § mukaisia luontotyyppejä. ELY-keskus ei ole vielä tehnyt alueelle luontotyypin

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

osalta luonnonsuojelulain mukaista rajauspäätöstä. Niityllä esiintyy ruijannuokkuesikkoa, joka on luontodirektiivin liitteiden II ja IV (b) laji.

8.3 Vaikutusten arviointi

8.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston alue sijaitsee kokonaan ulkomerellä, eikä siellä ole maa-alueita, kuten saaria tai luotoja, joiden kasvillisuuteen kohdistuisi suoria vaikutuksia rakentamisen, toiminnan tai toiminnan päättymisen aikana. Epäsuoria vähäisiä mahdollisia vaikutuksia rantakasvillisuuteen voi aiheutua esimerkiksi merituulivoimapuiston rakentamiseen käytettävien alusten kulkureittien lähellä oleviin saariin lisääntyneen alusliikenteen aallokkovaikutuksen myötä. Rakentamisen kestoksi on arvioitu noin 3 vuotta, joten rakentamisen mahdolliset välilliset vähäiset vaikutukset ovat ajallisesti rajallisia.

Merikaapelien ja vetyputken rantautumispaikat

Selvitettävien rantautumisalueiden pituus on yhteensä yli 5,5 kilometriä jakautuen kolmelle eri alueelle ja alueelle sijoittuu mm. rakennettua tehdasaluetta, merenrantaniittyä ja rantametsiä. Tässä vaiheessa ei ole tarkempaa tietoa mihin kohtaan rantautumisalueella merikaapelit rantautuvat, vaan ne tarkentuvat hankkeen edetessä lupavaiheeseen. YVA:n yleistiedot dokumentissa on esimerkinomainen kaaviokuva merikaapelien rantautumisesta. Merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, kun ne tuodaan maihin. Riippuen maaperäolosuhteista merikaapelit voidaan rantautumisalueella joko kaivaa maahan kaapeliojiin tai käyttää erilaisia erikoistekniikoita kuten suuntaporausta kaapelien tuomiseksi rantaan. Rantautumisen jälkeen merikaapeli vaihtuu maakaapeliksi, jonka vaikutuksia on käsitelty YVA-selostuksen B-osassa. Vetyputken rantautumispaikan vaatima leveys on noin 20 metriä. Vetyputken asennustavat ovat vastaavat merikaapelien kanssa.

Merikaapelien ja vetyputken vaikutukset rantautumisalueen kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin keskittyvät hankkeen rakennusvaiheeseen, jonka myötä osa alueen luonnonympäristöstä muuttuu rakennetuksi ympäristöksi. Kaapelien ja vetyputken kaivaminen kaapeliojiin hävittää kaivupaikalta kasvillisuuden ja luontotyypit. Kaapeliojan päälle kasvaa ajan saatossa alueen tavanomaista kasvillisuutta, mutta alueella esiintyvien uhanalaisten tai huomioitavien kasvilajien palautuminen alueelle riippuu mm. kasvuolosuhteista ja siemenpankin säilymisestä. Rakentaminen voi heikentää kasvillisuutta ja luontotyyppejä myös kaivupaikan lähellä, mikäli työkoneet liikkuvat luontoarvojen alueilla. Suuntaporaamisen vaikutus kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin on vähäisempi.

Merikaapelit ja vetyputki rantautuvat alueille, joissa ympäristö on pääosin eritasoisesti luonnontilaista. Merikaapelin MVE1 ja vetyputken rantautumisalue on Raahen SSAB tehdasalueen ympäristössä, joten alue on osin rakennettua, mutta alueella esiintyy myös useampia luontoarvokohteita erityisesti rantavyöhykkeellä. Merikaapelin MVE2 rantautumisalueella on luontoarvokohteita, mutta myös ruovikkoalueita. MVE3 rantautumisalueella on pienvenesatama, mökkirantoihin kaivettuja uomia sekä laajoja ruovikkoalueita, jotka ovat kehittyneet rehevöitymisen sekä perinteisen laiduntamisen vähenemisen seurauksena. Rantautumisalueiden luontoarvot ovat luonnonsuojelulain 64 § luontotyyppejä sekä uhanalaisia luontotyyppejä ja lajeja. Seuraavaan taulukkoon (Taulukko 8-1) on koottu rantautumisalueiden luontoarvot ja rakentamisen vaikutukset niihin olettaen, että merikaapelit ja/tai vetyputki sijoittuu luontoarvon alueelle. Muilta osin rantautumisalueen kasvillisuus ja luontotyypit ovat alueelle tavanomaista, ja niihin kohdistuvat vaikutukset jäävät vähäisiksi.

Merikaapelien ja vetyputken reittien varrelle sijoittuvien saarten ranta-alueille voi ulottua rakentamisen aikaisia samentumavaikutuksia. Maarannan puolella samentumiin liittyvät rehevöittävät vaikutukset ovat hyvin epätodennäköisiä, ja voisivat kohdistua lähinnä alavien merenrantaniittyjen luontotyyppiin, joka voisi kärsiä lisääntyvästä umpeenkasvusta. Vaikutukset arvioidaan hyvin vähäisiksi ja tilapäisiksi. Kokonaan maalla sijaitseviin luontotyyppeihin ei arvioida

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kohdistuvan merkittäviä heikentäviä vaikutuksia minkään tunnetun suoran tai epäsuoran vaikutusmekanismin kautta, sillä rakentaminen kohdistuu ainoastaan vesialueille eikä ulotu saarien maa-alueille.

Taulukko 8-1 Merikaapelien ja vetyputken rantautumisalueella tai alle 200 metrin etäisyydellä sijaitsevat luontoarvokohteet ja hankkeen vaikutukset niihin. Kohteiden sijainnit on esitetty liitteenä 24 olevilla kartoilla. Uhanalaisuusluokat: CR = äärimmäisen uhanalainen, EN = erittäin uhanalainen, VU = vaarantunut, NT = silmälläpidettävä, ei uhanalainen, LC = säilyvä. Luontotyyppien uhanalaisuus ilmoitettu järjestyksessä Etelä-Suomi/koko maa. Arvoluokitus (Mäkelä & Salo 2023): luokka 1 = Lainsäädännöllä turvattu kohde, luokka 2 = Erityisen tärkeä kohde, luokka 3 = Monimuotoisuutta turvaava kohde, luokka 4 = Monimuotoisuutta tukeva kohde. Vaikutusarvioinnissa käytetyt värit kts. ns. IMPERIA-taulukko (Taulukko 8-2), missä punaiset sävyt kuvaavat vaikutusten kielteisyyttä, värin tummetessa suuruuden mukaan.

Kohde ja kuvaus (kohdenumero viittaa karttojen kohderajauksiin)	**Reittivaihtoehto**	**Arvoluokka**	**Vaikutus**
1. Kuljunniemen merenrantaniitty, luonnonsuojelulain 64§ luontotyyppi, ei ELYn rajaama esiintymä. Matalakasvuiset merenrantaniityt CR. Korkeakasvuiset merenrantaniityt CR. Itämeren sora- ja somerikkorannat LC. Alueella esiintyy rauhoitettua ja luontodirektiivin liitteiden II & IV (b) ruijannuokkuesikkoa.	MVE1 ja vetyputken rantautumisalue	2	Vetyputken ja merikaapelien rantautumiskohta. Merikaapelit vaativat noin 80 metrin ja vetyputki noin 20 metrin leveydeltä ranta-aluetta, josta ne tuodaan maihin. Kaapelien kaivaminen hävittää luontotyypin ja arvokkaan kasvilajiston kaivuualalta. Mikäli kaapelit tuodaan rantaan suuntaporaamalla jäävät vaikutukset luontotyypille ja arvokkaalle lajistolle vähäiseksi. Ruijannuokkuesikon esiintymien hävittäminen ja heikentäminen edellyttää poikkeusluvan hakemista. Rakentamisen suorat vaikutukset voidaan välttää jatkosuunnitteluvaiheessa tarkemmalla toteutussuunnittelulla.
2. Valtakunnallisesti arvokas Kallioniemen kallioalue (KAO110023). Keskiravinteiset merenrantakalliot NT.	MVE1 rantautumisalue	2	Merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, josta ne tuodaan maihin. Kaapelien kaivaminen hävittää luontotyypin kaivuualalta. Vetyputken rantautuminen on suunniteltu noin 200 metrin etäisyydelle, tästä ei aiheudu vaikutuksia, kun kohde huomioidaan rakentamisen aikana.
3. Järvelä. Vesilain 2:11 § mukaiset kluuvijärvet, isompi soistumassa. Alueilla esiintyy viitasammakkoa.	MVE1 rantautumisalue ja maakaapelireitti	1	Kaapelien kaivaminen hävittää luontotyypin kaivuualalta ja voi aiheuttaa muutoksia kohteen vesitalouteen. Kohde supistuu, kielteinen vaikutus kohteelle. Vesilain luontotyypin vaarantaminen edellyttää poikkeusluvan hakemista. Viitasammakon lisääntymis- ja levähdyspaikan hävittäminen ja heikentäminen edellyttää poikkeusluvan hakemista. Kluuviin ja viitasammakon elinpiiriin kohdistuvat suorat rakentamistoimenpiteet on mahdollista välttää jatkosuunnitteluvaiheessa tarkemmalla reitti- ja toteutussuunnittelulla.
4. Välimatala. Vesilain 2:11 § mukainen kluuvi, joka on soistumassa. Kasvaa pääosin järviruokoa. Reunoilla luhtaista rantalehtoa.	MVE2 rantautumisalueen läheisyydessä SVE2 – maakaapelireitillä ja sähköasema-alueella	1	Maakaapeli kulkee kohteen kohdalla noin 150 metriä. Kaapelikaivannon leveys noin 50 metriä. Pääosa kohteesta jää kaapelikaivannon ulkopuolelle. Kaapelien kaivaminen aiheuttaa muutoksia kohteen vesitalouteen. Kohde supistuu, kohtalainen kielteinen vaikutus kohteelle. Vesilain luontotyypin vaarantaminen edellyttää poikkeusluvan hakemista. Kluuviin kohdistuvat suorat rakentamistoimenpiteet on mahdollista välttää jatkosuunnitteluvaiheessa tarkemmalla reitti- ja toteutussuunnittelulla.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kohde ja kuvaus (kohdenumero viittaa karttojen kohderajauksiin)	**Reittivaihtoehto**	**Arvoluokka**	**Vaikutus**
Välimatala hiekkaranta. Luonnonsuojelulain 64 §. Kasvillisuudessa esiintyy mm. luikkia, vihvilää, kaisloja, järviruokoa, sekä rantavehnää. Kohdetta ei ole rajattu kartalle. Ranta on virkistyskäytössä	MVE2 rantautumisalue	1	Merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, josta ne tuodaan maihin. Kaapelien kaivaminen aiheuttaa muutoksen luontotyypille kaivuualalla. Rakentamisen jälkeen vaikutuksia ei aiheudu. Kokonaisuutena vähäinen kielteinen vaikutus kohteelle.
Upossarpion esiintymät. Laji VU, rauhoitettu ja luontodirektiivin liitteiden II ja IV (b) laji.	MVE3 rantautuminen	2	Merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, josta ne tuodaan maihin. Kaapelien kaivaminen hävittää kasvilajiston kaivuualalta. Upossarpion esiintymien hävittäminen ja heikentäminen edellyttää poikkeusluvan hakemista. Rakentamisen suorat vaikutukset voidaan välttää jatkosuunnitteluvaiheessa tarkemmalla toteutussuunnittelulla.

8.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Merikaapelien tai vetyputken toiminnan aikana ei arvioida syntyvän uusia kasvillisuusvaikutuksia rantautumisalueilla. Vaikutuksia voi syntyä poikkeustilanteessa, mikäli alueella joudutaan kaivamaan kaapelia tai vetyputkea esiin niiden korjaamisen vuoksi. Tällöin vaikutukset kohdistuvat todennäköisesti kaapelikaivannon päälle kasvaneeseen tavanomaiseen kasvillisuuteen.

8.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Merikaapelien ja vetyputken purkamisen vaikutukset rantautumisalueilla ovat pitkälle vastaavia kuin rakennustöiden vaikutukset. Vaikutusten voimakkuus riippuu siitä mitä rakenteita poistetaan ja kauanko purkuvaihe kestää. Merikaapelien ja vetyputken purkutöistä aiheutuu väliaikaisia häiriövaikutuksia, kun maata kaivetaan ja purkualueilla liikutaan työkoneilla. Purkamisen jälkeen purkualueiden luontotyypit ja kasvillisuus saavat ennallistua luontaisesti. Ennallistuminen tapahtuu erilaisilla kasvupaikoilla eri nopeudella. Palautumiseen vaikuttaa myös alueen purkamisen jälkeinen maankäyttö, josta ei hankkeen tässä vaiheessa ole vielä tietoa.

8.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli hanke jätetään toteuttamatta (VE0), aiemmin esitettyjä vaikutuksia kasvillisuuteen tai luontotyypeille ei aiheudu.

8.4 Yhteisvaikutukset

Merikaapelin MVE1 ja vetyputken rantautumispaikkojen kanssa merkittävimpiä yhteisvaikutuksia voivat aiheuttaa SSAB Raahen tehtaan 400 kV:n voimajohtohanke, mahdolliset muut SSAB:n tehdasalueella tehtävät toiminnot sekä Maanahkiaisen merituulivoimahankkeen merikaapeli. Tämänhetkisen tiedon mukaan SSAB:n voimajohtohankkeeseen suunnitellut rakenteet eivät sijoitu samoille alueille Hallan merikaapelin MVE1 tai vetyputken kanssa. Maanahkiaisen merikaapelin rantautumista suunnitellaan samalle alueelle Hallan rantautumisen kanssa. Molempien hankkeiden merikaapelin rantautumispaikan tarkempi sijainti selviää vasta jatkosuunnittelun yhteydessä, joten vaikutusten arviointi on tehty varovaisuusperiaatteella ja maksimivaikutuksia tarkastellen. Yhteisvaikutuksia aiheutuu, mikäli hankkeiden rakenteita sijoitetaan samoille alueille, jossa on luontoarvoja. Kuten SSAB:n edustan ranta-alueella on luonnonsuojelulain 65§ mukaista merenrantaniittyä ja rauhoitettua ruijannuokkuesikkoa. Hallan merikaapelit vaativat maksimissaan 80 metrin levyisen kaivannon, Maanahkiaisen osalta ei ole tiedossa miten leveän alan merikaapelit vaativat tai montako kaapelia hanke vaatii. Molempien hankkeiden merikaapelien

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

sijoittuminen rinnakkain vaatii laajemman kaivuualan ja huomioitavia luontoarvoja häviää isommalta alalta, kuin yksittäisellä hankkeella. Yleisesti teollisten toimintojen keskittäminen samoille alueille on luonnon monimuotoisuuden kannalta parempi, kuin toimintojen sijoittaminen pelkästään luonnontilaisille alueille. Merikaapelien MVE2 ja MVE3 rantautumisalueilla ei ole tiedossa muita hankkeita, joiden kanssa voisi aiheutua yhteisvaikutuksia.

8.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Merikaapelien ja vetyputken rantautumispaikoilla on eroa kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin kohdistuvien vaikutusten suuruudessa. Vaikutukset keskittyvät kaikissa vaihtoehdoissa pääosin rantautumispaikkojen rakennusvaiheeseen, jolloin kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin kohdistuu eniten vaikutuksia. Toiminnan aikaiset vaikutukset eivät eroa vaihtoehtojen välillä, eikä vaikutuksia kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin arvioida toiminnan aikana normaalitilanteessa aiheutuvan. Eniten haitallisia vaikutuksia kasvillisuudelle ja luontotyypeille arvioitiin syntyvän merikaapelin hankevaihtoehdoissa MVE1 ja MVE3. Vähiten kasvillisuutta tai luontotyyppejä heikentäviä vaikutuksia syntyy merikaapelivaihtoehdon MVE2 rantautumispaikalla.

Merikaapelin MVE1 rantautumisalueella esiintyy laajasti merenrantaniittyjä, jotka ovat luonnonsuojelulain 64 §:n mukaisia luontotyyppejä. Niityillä havaittiin kasvavan rauhoitettua ja luontodirektiivin liitteen II ja IV (b) ruijannuokkuesikkoa. Lisäksi alueella on valtakunnallisesti arvokas kallioalue ja vesilain 2:11 §:n mukainen kluuvijärvi. Merikaapelin MVE3 rantautumispaikalla havaittiin upossarpion esiintymiä. Laji on vaarantunut, rauhoitettu sekä luontodirektiivin II ja IV (b) laji. Rantautumisalueilla esiintyviin tavanomaisiin luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen kohdistuvat vaikutukset jäävät vähäiseksi.

Merikaapelien rantautumispaikkojen kasvillisuuden ja luontotyyppien herkkyys muutoksille arvioitiin kokonaisuudessaan vähäiseksi reitille MVE2 ja erittäin suureksi reiteille MVE1 ja MVE3.

Merikaapelien MVE1 ja MVE3 sekä vetyputken rantautumispaikkojen vaikutukset kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin on arvioitu kokonaisuudessaan erittäin suuriksi, koska merikaapelien kaivaminen hävittää luontotyypin ja arvokkaan kasvilajiston kaivuualalta. Mikäli kaapelit tuodaan rantaan suuntaporaamalla jäävät vaikutukset luontotyypille ja arvokkaalle lajistolle vähäiseksi. Ruijannuokkuesikon ja upossarpion esiintymien hävittäminen ja heikentäminen sekä vesilain luontotyypin vaarantaminen edellyttävät poikkeusluvan hakemista. Tarkemman jatkosuunnittelun yhteydessä luontoarvokohteet tullaan huomioimaan niin ettei rakenteita sijoiteta kohteiden päälle, mikäli se on mahdollista. Tällöin vaikutukset arvokohteille ovat joko kohtalaisia tai vähäisiä. Merikaapelin MVE2 osalta muutoksien kokonaisvaikutukset arvioitiin vähäisiksi.

Taulukkoon 8-2 on koottuna Hallan merituulivoimapuiston merikaapelien (MVE1–MVE3) ja vetyputken rantautumispaikkojen arvioidut vaikutukset kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin ilman lieventämistoimenpiteitä verrattuna nykytilanteeseen ja hankkeen toteuttamatta jättämiseen (VE0).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 8-2. Vaikutusten merkittävyys kasvillisuudelle ja luontotyypeille rakentamisen aikaan eri hankevaihtoehdoissa ilman lieventämistoimenpiteitä. Toiminnan aikana vaikutuksia kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin ei arvioitu aiheutuvan.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus		Positiivinen			
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				MVE2					
	Kohtalainen					VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri	MVE1* MVE3* VVE1*								

** Luontoarvokohteet on mahdollista huomioida tarkemman reittisuunnittelun yhteydessä hankkeen jatkosuunnittelun aikana. Tällöin kohteille aiheutuvia vaikutuksia voidaan lieventää tai jopa poistaa. Mikäli herkät ja arvokkaat kohteet voidaan välttää tai kiertää, jäävät vaikutukset vähäisiksi tai kohtalaisiksi. Tämä tarkentuu hankkeen jatkoluvituksessa suunnitelmien tarkentuessa.*

8.6 Arvioinnin epävarmuudet

Kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa epävarmuustekijöitä on melko vähän, sillä lähtötietojen ja maastoinventoinnin perusteella alueen luonnonarvojen sijoittuminen tunnetaan hyvin. Epävarmuus aiheutuu merikaapelin tutkimusalueiden laajuudesta, vaikutusarviointi on tehty varovaisuusperiaatteita noudattaen suurimman mahdollisen haitan mukaan. Vaikutusarvioinnin tekijöillä on laaja kokemus erilaisista luontovaikutuksista, jonka pohjalta vaikutusarviointiin ei jää merkittäviä epävarmuuksia.

8.7 Vaikutusten lieventäminen

Haitallisia vaikutuksia voidaan ehkäistä ja lieventää tekemällä tarkempaa reittisuunnittelua luvitusvaiheessa, jolloin edellä mainitut arvokohteet otetaan huomioon sijoittamalla toiminnot kohteiden ulkopuolelle. Näillä pystytään huomioimaan uhanalaisten tai huomioitavien lajien esiintymät sekä arvokkaat luontotyypit.

Kasvillisuudelle ja luontotyypeille aiheutuvia suoria rakentamisen aikaisia vaikutuksia, kuten maanpinnan rikkoutumista ja kasvillisuuden kulumista, voidaan vähentää ajoittamalla työt talviaikaan kohteilla, jossa se on mahdollista tai käyttämällä telapohjaista kalustoa. Talvella routa vähentää huomattavasti maaperän rikkoutumista, mikä korostuu etenkin kosteikkokohteilla. Tarvittaessa arvokkaat kohteet voidaan merkitä maastoon maakaapelin rakentamisajaksi, jolloin vältytään erityisesti rakentamisalueen lähellä olevien luontoarvojen vaurioitumisesta.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

9 ELÄIMISTÖ

YHTEENVETO:

- Merituulivoimapuisto sijoittuu avomerelle, eikä tuulivoimapuiston alueella ole saaria tai luotoja, joilla voi esiintyä mantereen eläimistöä. Hankealueella esiintyy satunnaisesti hylkeitä, mutta alueella ei ole niiden lisääntymis- ja levähdyspaikkoja.
- Merituulivoimapuiston alueella lepakoiden meren yli suuntautuva muutto on todennäköisesti hyvin vähäistä, eikä sen arvioida muodostavan merkittävää törmäysriskiä vaihtoehdossa VE1 tai VE2. Lepakoiden päämuuttoreitti kulkee etelässä Saaristomeren tai Merenkurkun saaria seuraillen. Vaikutukset eläimistöön arvioitiin merituulivoimapuiston osalta vähäisiksi.
- Rantautumisalueille tehtiin maastoselvitykset viitasammakon ja liito-oravan osalta vuosina 2022–2023.
- Vetyputken rantautumispaikan eläimistöön ei arvioitu kohdistuvan vaikutuksia sen sijoittuessa Raahen teollisuusalueelle.
- Merikaapelin rantautumispaikoilla esiintyy suojelullisesti arvokkaasta lajistosta ainakin viitasammakoita ja todennäköisesti saukkoja ja suurpetoja. Liito-oravaa ei havaittu maastoselvityksissä. Merikaapelien arvioidut vaikutukset eläimistöön ovat vähäisiä–suuria toteutusvaihtoehdosta riippuen. Eniten haittavaikutuksia eläimistöön kohdistuu merikaapelin toteutusvaihtoehdossa MVE1 ja MVE3 ja vähiten MVE2.
- Keskeisimpiä ovat merikaapeleiden rantautumispaikkojen rakentamisen mahdolliset vaikutukset viitasammakoille. Viitasammakoiden osalta vaikutusten lieventäminen on mahdollista valikoimalla toteutusvaihtoehto, joka ei sijoitu lajin elinpiirille sekä sijoittamalla kaapelireitit niin ettei lajille aiheudu vaikutuksia.

9.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoimapuiston alue sijaitsee kokonaan ulkomerellä, eikä siellä ole maa-alueita kuten saaria tai luotoja. Myöskään merikaapelit tai vetyputket eivät sijoitu saariin tai luontoihin. Vaikutusten arviointi kaloihin ja merinisäkkäisiin, kuten hylkeisiin on käsitelty luvussa 5 ja linnustoon luvussa 10. Muun eläimistön vaikutusarviointi käsittää merikaapelien ja vetyputkien rantautumiskohdan arvioinnin. Mantereelle sijoittuvien sähkönsiirron reittivaihtoehtojen, sähköasema-alueiden ja vedyn varastoalueen eläimistöä on käsitelty erikseen YVA-selostuksen osassa B.

Hankkeen maa-alueiden eläimistöön kohdistuvat vaikutukset syntyvät pääasiassa elinympäristömuutoksista sekä rakentamisen ja toiminnan aikaisista häiriövaikutuksista.

Merituulivoimapuiston ja -kaapelien sekä vetyputkien ja -varaston välittömät ja välilliset luontovaikutukset sekä niiden merkittävyys arvioitiin pohjautuen olemassa olevaan tietoon sekä vuonna 2022–2023 tehtyihin luontoselvityksiin (liite 11, *AFRY Finland Oy 2023*). Arvioinnissa hyödynnettiin muun muassa alueella laadittujen luontoselvityksien tietoja, kirjallisuutta, sekä tarkistettiin Suomen Lajitietokeskuksen (*2024*) Laji.fi tietokantaan tallennetut havainnot.

Mereltä tulevat siirtokaapelit johdetaan mantereella maasähköasemalle, josta sähkönsiirtoa jatketaan ilmajohtototeutuksena aina kantaverkon liityntäpisteeseen asti. Merikaapelien ja vetyputkien rantautumiskohdilla tehtiin viitasammakko- ja liito-oravaselvityksiä vuoden 2022 ja 2023 maastokaudella kevään ja kesän aikana. Hankkeen vaikutusarvioinnit ja maastoselvitykset toteutettiin kokeneiden biologien ja asiantuntijoiden laatimana asiantuntija-arvioina, ympäristöhallinnon laatimien ohjeiden mukaisesti. Ohjeistuksena käytettiin muun muassa teosta ”Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi” (*Mäkelä & Salo 2023*). Arvioinnissa tukeuduttiin tarvittavilta osin muiden alojen asiantuntijoiden laatimiin mallinnuksiin ja vaikutusarviointeihin (mm. vesistö- ja meluvaikutukset). Luontoselvityksien tulokset ja vaikutusarvioinnit on raportoitu erillisessä luontoselvitysraportissa (Liite 11).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Viitasammakkoselvitys

Suomessa viitasammakko on määritelty elinvoimaiseksi (LC, *Hyvärinen ym. 2019*). Laji on kuitenkin rauhoitettu ja EU:n luontodirektiivin liitteen IV (a) (*92/43/ETY*) laji. Tämä velvoittaa suojelemaan lajia sekä lajin lisääntymis- ja levähdyspaikkojen hävittäminen tai heikentäminen on luonnonsuojelulailla (LSL 9/2023) 78 §:n nojalla kielletty.

Viitasammakoiden lisääntymispaikkoja selvitettiin maastossa 19.5. ja 22.–23.5.2022 sekä 15.5.2023 kartta- ja ilmakuvatarkastelun perusteella valikoiduilla lajille potentiaalisilla elinympäristöillä. Selvityspäivien sää oli hyvin viitasammakoiden kartoitukseen soveltuva tyyni ja poutainen. Selvitys toteutettiin illalla–yöllä (klo 18–01), jolloin viitasammakko on kutuaikana aktiivisimmillaan ja myös parhaiten havaittavissa. Selvitettävällä kohteella kierreltiin rauhallisesti, välillä pysähdellen kuuntelemaan mahdollista viitasammakon pulputusta.

Viitasammakoita havaittiin merikaapelin MVE1 rantautumisalueelta Järvelän ja Kuljunlahden alueelta. Merikaapelin MVE2 rantautumisalueelta Yrjänän alueella sekä merikaapelin MVE3 rantautumisalueelta Korvennokan ja Merikylän pienvenesataman alueilta. Viitasammakoita ei havaittu vetyputken rantautumispaikalla.

Liito-oravaselvitys

Liito-oravalle potentiaalisia elinympäristöjä selvitettiin maastossa 19.5, 22.–23.5 ja 30–31.5.2022 sekä muiden selvitysten yhteydessä. Selvitys toteutettiin papanakartoitusmenetelmällä (*Nieminen & Ahola 2017*). Kartta-, ilmakuva- ja puustotietojen perusteella valituilla kohteilla kierreltiin etsien puiden juurilta papanoita sekä tarkkailemalla puita mahdollisten pesäkolojen tai risupesien osalta.

Merikaapelien ja vetyputken rantautumispaikoilla tai niiden läheisyydestä ei tehty havaintoja liito-oravasta, papanoista tai pesäpuista sopivissa elinympäristöissä.

Muu eläimistö

Merikaapelin ja vetyputkien rantautumisalueella mantereella voi esiintyä rannikkoalueille tyypillisten nisäkkäiden, matelijoiden ja sammakkoeläinten reviirejä tai elinalueita.

EU:n luontodirektiivin (92/43/ETY) liitteen IV (a) eli ns. tiukan suojelun lajeista voi rantautumisalueilla levinneisyystietojen puolesta esiintyä, ainakin satunnaisesti myös saukkoja, lepakoita, susia ja ilveksiä (*Luonnonvarakeskus 2023b, Suomen Lajitietokeskus 2024*). Hankkeesta ei arvioida aiheutuvan merkittäviä tai pitkäaikaisia vaikutuksia näille lajeille, joten erillisiä maastoselvityksiä ei arvioitu tarpeelliseksi vaikutusarvioinnin tueksi.

9.2 Nykytila

9.2.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuisto sijaitsee kokonaan ulkomerellä, eikä alueella tai sen läheisyydessä ole saaria. Lähin saari on merituulivoimapuistosta noin 23 kilometrin etäisyydellä sijaitseva Hailuoto. Merituulivoimapuiston hankealueella tavataan nisäkkäistä nykytiedon valossa ainoastaan Itämeren harmaahyljettä eli hallia ja itämerennorppaa. Molemmat lajit on luokiteltu silmälläpidettäviksi (NT, *Hyvärinen ym. 2019*) ja ne kuuluvat EU:n luontodirektiivin liitteen II lajeihin. Hylkeiden ja muiden merinisäkkäisen osalta merituulivoimapuiston nykytilankuvaus löytyy luvusta 5 ja linnusto luvusta 10. Myös yksittäisten lepakoiden esiintyminen muuttoaikaan on mahdollista.

9.2.2 Merikaapelit/vetyputket

Lepakot

Lepakoiden muutto Suomen oloissa on vielä kohtuullisen vähän tunnettu ilmiö. Suomessa esiintyvistä lajeista muuttajina pidetään (esimerkiksi *Ahlén ym. 2009*) pikkulepakkoa (*Pipistrellus nathusii*), kääpiölepakkoa (*Pipistrellus pipistrellus*), vaivaislepakkoa (*Pipistrellus pygmaeus*), isolepakkoa (*Nyctalus noctula*), lampisiippaa (*Myotis dascyneme*) ja kimolepakkoa (*Vespertilio*

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

murinus). Näistä lajeista pikkulepakko on arvioitu Suomessa vaarantuneeksi (VU, *Hyvärinen ym. 2019*), muita pidetään harvinaisina ja ainakin osin satunnaisina ja ne on luokiteltu arviointiin soveltumattomiksi (NA). Lampisiippa tosin lienee vakituinen laji ainakin kaakkoisimmassa Suomessa, lajin esiintymisestä on saatu uutta tietoa aivan viime vuosina (mm. *Karri Kuitunen suull., omat havainnot*). Pikkulepakon muuttokäyttäytymisestä on saatu puolestaan uutta tietoa mm. Merenkurkusta, jossa on varmistunut pikkulepakoiden muuttoreitti Pohjanlahden yli Ruotsiin (*Metsähallitus 2018*). Yllä mainittuja lajeja pidetään lampisiippaa lukuun ottamatta kaikkein herkimpinä eurooppalaisista lepakkolajeista törmäyksille tuulivoimaloiden kanssa.

Lepakoiden muuttoreittejä Itämerellä suhteessa maatuulivoimahankkeisiin ovat tutkineet mm. Gaultier ym. *(2020*) (Kuva 9-1). Euroopan boreaalinen biomaantieteellinen alue on esitetty kartalla vaaleanharmaalla. Tutkimusalue kattoi osia Virosta, Suomesta, Latviasta, Liettuasta, Venäjästä, sekä Ruotsista siltä osin, kun alueet sijaitsevat boreaalisella alueella ja lähellä Itämerta. Lepakoiden tärkeimmät muuttoreitit on esitetty kartalla mustilla nuolilla. Katkoviivalla esitetty nuoli osoittaa epävarmuutta ko. muuttoreitin käytöstä. Muuttoreittejä käyttävien lepakoiden yksilö- ja lajimäärä kasvaa huomattavasti, mitä etelämmäs muuttoreiteillä siirrytään. Kartalla on esitetty lisäksi nykyiset maatuulivoimahankkeet (tummanharmaat kolmiot) sekä mahdolliset tulevat hankkeen tulevaisuudessa (vaaleanharmaat kolmiot). Lepakoiden on havaittu muuttavan Pohjanlahden lisäksi Ahvenanmaan saariston yli Ruotsiin (*Gaultier ym. 2020*). Tutkimuksessa ei ole esitetty vastaavaa karttaa merituulivoimahankkeiden osalta.

Kuva 9-1. Lepakoiden muuttoreitit Itämerellä. Kuvan selitteet: Euroopan boreaalinen biomaantieteellinen alue on esitetty kartalla vaaleanharmaalla. Tutkimusalue kattoi osia Virosta, Suomesta, Latviasta, Liettuasta, Venäjästä, sekä Ruotsista siltä osin, kun alueet sijaitsevat boreaalisella alueella ja lähellä Itämerta. Lepakoiden tärkeimmät muuttoreitit on esitetty kartalla mustilla nuolilla. Katkoviivalla esitetty nuoli osoittaa epävarmuutta ko. muuttoreitin käytöstä. Kartalla on esitetty lisäksi nykyiset maatuulivoimahankkeet (tummanharmaat kolmiot) sekä mahdolliset tulevat hankkeen tulevaisuudessa (vaaleanharmaat kolmiot). (Gaultier ym. 2020)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Lepakot lentävät merellä yleensä enintään 10 metrin korkeudessa vedenpinnan yläpuolella, mutta etsiessään ravintoa merellä sijaitsevien majakoiden, tuulivoimaloiden ja muiden pystysuorien rakennelmien läheisyydessä lepakot nousevat huomattavasti korkeammalle ja lentävät esimerkiksi tuulivoimaloiden lapojen ympärillä. Havaintojen perusteella mereen rakennetut tuulivoimalat voivat lisätä lepakkojen kuolleisuutta. Lepakot ruokailevat merellä pääasiassa sellaisilla alueilla, missä on runsaasti lentäviä hyönteisiä tai vedenpinnassa viihtyviä äyriäisiä. (*Lutsar 2011, Ahlén ym. 2009*)

Ainoan suomalaisen tutkimuksen mukaan myös rannikon läheisissä tuulivoimaloissa lepakoiden törmäyskuolleisuus oli vähäisten löytöjen perusteella vähäistä (*Aminoff 2014*). Kaikkiaan kyseisessä tutkimuksessa havaittiin vain kaksi törmännyttä lepakkoyksilöä 16 tutkitun voimalan alta, vaikka kyseiset voimalat sijaitsivat etelärannikolla ja siten todennäköisesti sekä lajistollisesti että yksilömääräisesti runsaampien lepakkomäärien alueella pohjoisempiin ja sisämaan alueisiin verrattuna.

Joidenkin lepakkolajien (mm. isolepakko ja kääpiölepakko) on havaittu ajoittain saalistavan myös mereisten tuulivoimaloiden läheisyydessä, luultavasti syöden voimaloiden houkuttelemia muutto- tai vaeltelumatkoillaan olevia hyönteisiä (*Ahlén ym. 2009*). Tämän käyttäytymisen mahdollisesti aiheuttamaa törmäyskuolleisuutta ei ole pystytty tutkimaan, mutta koska samanlainen saalistuskäyttäytyminen aiheuttaa törmäyksiä mantereella, oletettavasti niitä tapahtuu myös merellä (*Rydell ym. 2012*). Varsinkin merten yli muuttavat lepakkolajit luultavasti hyödyntävät merituulivoimaloiden ympärille kerääntyneitä hyönteisiä ja ovat siten suuremmassa vaarassa törmätä kuin muut lepakkolajit (*Ahlén ym. 2009*).

Merialueilla voi esiintyä ajoittain, etenkin muuttoaikaan, lepakoita. Ei ole kuitenkaan tietoa, missä määrin alueella on merkitystä lepakoiden muuttoreittinä, tai miten paljon yksilöitä merialueella liikkuu. Oletus on, että lepakot suosivat merialueella kapeampia kohtia meren ylityksessä.

Rantautumisalueilta vain merikaapelin MVE1 alueelta on aiempia havaintoja lepakoista, joista kaikki havainnot ovat pohjanlepakosta (*Suomen Lajitietokeskus 2024*). Rantautumisalueilla voi todennäköisesti liikkua lepakoita, mutta alueilla ei arvioida sijaitsevan lepakoiden kannalta merkittäviä ruokailu- tai levähdysalueita.

Viitasammakot

Merikaapelin MVE1 rantautumispaikalla Kuljunlahden kluuvilammilta ja suoalueelta on useampia aiempia viitasammakkohavaintoja (*Suomen Lajitietokeskus 2024*). Viitasammakoita havaittiin vuoden 2022 ja 2023 maastoselvityksissä merikaapelin MVE1 rantautumisalueelta Järvelän ja Kuljunlahden alueelta (Kuva 9-2, Kuva 8-1), MVE2 rantautumisalueelta Yrjänän alueella (Kuva 8-3) sekä MVE3 rantautumisalueelta Korvennokan ja Merikylän pienvenesataman alueilta (Kuva 8-5). Lisäksi viitasammakoita havaittiin MVE1 reitin välittömässä läheisyydessä Lahdenperässä. Vetyputken ja -varaston alueelta ei ole aiempia havaintoja viitasammakoista (*Suomen Lajitietokeskus 2024*), eikä niitä havaittu maastoselvitysten aikana (liite 11, *AFRY Finland Oy 2023*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 9-2. MVE1 rantautumisalueen Järvelän soistumassa oleva kluuvilampi, josta kuultiin viitasammakoita.

Liito-orava

Merikaapelien ja vetyputken rantautumisalueen rantametsissä ei ole aiempia havaintoja lajista vuosilta 2010–2023 (*Suomen Lajitietokeskus 2024*), eikä vuoden 2022 maastoselvityksissä havaittu liito-oravia (liite 11, *AFRY Finland Oy 2023*). Liito-oravan elinympäristöksi soveltuvia varttuneempia kuusivaltaisia sekametsiä havaittiin esiintyvän ainoastaan merikaapelin MVE1 rantautumisalueella mm. Kuljunniemessä. Selvitysten perusteella liito-oravaa ei esiinny alueella.

Muut eläimet

Merikaapelireitit MVE1–MVE3 ja vetyputkireitti sijoittuvat kokonaan merelle. Merikaapelireitin MVE1 loppupäässä Raahen rannikolla sijaitsee muutamia pieniä puustoisia saaria, joista suurimmat ovat Mitti, Louekari ja Kumpele, sekä kallioluotoja ja kivikoita.

Rannikon saaristossa elää todennäköisesti pieniä määriä tyypillisiä saariston nisäkkäitä, matelijoita ja sammakkoeläimiä. Tällaisia eläimiä ovat esimerkiksi minkki, *Mictorus*-suvun myyrät, piisami, kyy, rantakäärme ja ruskosammakko. Saarten ja luotojen pienestä koosta johtuen, eläinten määrät ovat todennäköisesti vähäisiä.

Merikaapelin ja vetyputken rantautumispaikoilla mantereella voi esiintyä rannikkoalueille tyypillisten nisäkkäiden, matelijoiden ja sammakkoeläinten reviirejä tai elinalueita. Tällaisia eläimiä ovat esimerkiksi hirvi- ja jäniseläimet sekä erilaiset piennisäkkäät ja -pedot. EU:n luontodirektiivin (92/43/ETY) liitteen IV (a) lajeista merikaapelin MVE1 rantautumisalueen välittömässä läheisyydessä Lapaluodon teollisuusalueen pohjoispuolella vuonna 2012 ja 2021 sekä MVE3 retillä on vuonna 2010 on havaittu saukkoja (*Suomen Lajitietokeskus 2024*). On mahdollista, että saukkoja voi esiintyä ajoittain myös muilla rantautumisalueilla. Merikaapelien MVE2 ja MVE3

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

rantautumisalueet sijoittuvat myös pieniltä osin Ruukin (Revonlahti) susireviirille (*Heikkinen ym. 2023*).

9.3 Vaikutusten arviointi

9.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston rakentamisen aikana laivaliikenne ja melu lisääntyvät hankealueella ja sen ympäristössä. Rakentamisen aikana veden laatu voi myös samentua tilapäisesti. Melu ja lisääntynyt ihmistoiminta voivat karkottaa eläimiä kauemmaksi kerääntymis- ja ruokailualueilta, ja mahdollisesti haitata eläinten ravinnon saantia. Merinisäkkäisiin ja kaloihin kohdistuvat rakentamisen aikaiset vaikutukset on esitelty luvussa 5 ja linnustoon luvussa 10.

Lepakoille tai muulle mantereen eläimistölle ei aiheudu vaikutuksia tuulivoimapuiston rakentamisen aikana.

Merikaapelit/vetyputki

Merikaapelien ja vetyputkien asennuksen aikaiset vaikutukset liittyvät rakentamisen aikaiseen häiriöön sekä elinympäristöjen muuttumiseen. Vaikutus on tilapäinen ja lyhytaikainen. Rakentamisen aikaan vaikutuksia voi aiheutua merikaapelien rantautumisalueille sijoittuville viitasammakon lisääntymis- ja levähdyspaikoille, mikäli maakaapeli sijoitetaan niiden elinpiirille. Kaapelin asentamisen kaivuutyöt muuttavat ja hävittävät osittain viitasammakoiden elinympäristöjä. Rakentamisen aikana myös alueen vesiin voi kohdistua kiintoaineskuormitusta ja samentumista. Vaikutukset ovat osittain palautuvia. Myös työkoneilla liikkuminen aiheuttaa hetkellisesti alueelle häiriövaikutusta.

On mahdollista, että rantautumispaikoilla esiintyy saukkoja, kun ne siirtyvät vesistöstä toiseen tai ruokailevat hankealueen ympäristössä. Saukot sietävät melko hyvin ihmisvaikutusta, ja saattavat oleilla ihmisvaikutteisilla alueilla tai niiden liepeillä. Lepakoille ei arvioida aiheutuvan vaikutuksia merikaapelien tai vetyputken rantautumisalueella, koska alueilta ei ole tunnistettu lepakoille merkittäviä ruokailu- tai levähdysalueita.

Vaikutukset susireviiriin ovat epätodennäköisiä, sillä MVE2 ja MVE3 rantautumispaikat sijaitsevat Ruukin (Revonlahti) susireviirin reuna-alueelle. Susien kannalta tärkeät lisääntymis- ja levähdysalueet sijoittuvat pääosin reviirin ydinosiin (*Kaartinen ym. 2010, Kaartinen 2011*).

9.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Merituulivoimapuisto

Tuulivoimapuisto voi karkottaa arimpia eläimiä kauemmaksi puistosta. Jos alueella muuttaa lepakoita, tuulivoimalat voivat aiheuttaa niille törmäysriskin. Tuulivoimaloiden valot, jotka houkuttelevat hyönteisiä, houkuttelevat lepakoita saalistamaan. Lepakoiden muutto tapahtunee useimpien maalintujen tapaan enimmäkseen suurten vesistöjen ylitystä viimeiseen asti välttäen ja saariketjuja hyväksikäyttäen. Vaikka Satakunnan rannikolta onkin havaintoja mereltä saapuvista, mahdollisesti muuttavista lepakoista, lounaaseen suuntautuvan lepakkomuuton valtaväylän todennäköisempi sijainti on merituulivoimapuistoa huomattavasti etelämpänä Suomessa, Saaristomeren kohdalla, tai Merenkurkun saariston alueella. Näin ollen ei voida pitää todennäköisenä, että suunnitellulla tuulivoimapuistolla olisi merkittäviä vaikutuksia lepakoiden kuolleisuuteen. On mahdollista, että yksittäisiä lepakoita, varsinkin pikkulepakoita, muuttaa meren yli tuulivoimapuiston kohdalta ja mahdollisesti myös jossain määrin valojen houkuttelemana törmää tuulivoimaloihin, mutta vaikutukset lepakoihin arvioitiin kaikkiaan vähäisiksi.

Merikaapelit/vetyputki

Merikaapeleilla tai vetyputkella ei arvioitu olevan toiminnan aikana eläimistöön kohdistuvia haittavaikutuksia. Hetkellisiä häiriövaikutuksia voi syntyä poikkeustilanteessa, mikäli alueella joudutaan kaivamaan kaapelia tai vetyputkea esiin niiden korjaamisen vuoksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

9.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston, merikaapelien ja vetyputken toiminnan jälkeiset vaikutukset vastaavat rakentamisenaikaisia vaikutuksia. Suurimmat haittavaikutukset eläimiin ovat häirintä- ja meluvaikutus, jotka johtuvat rakenteiden purkamistöistä ja lisääntyneestä ihmistoiminnasta sekä viitasammakoiden kohdalla elinympäristöön mahdollisesti kohdistuvasta kaivamisesta. Elinympäristöt palautuvat entiselleen purkamisen jälkeen. Positiivinen vaikutus aiheutuu estevaikutuksen poistuessa.

9.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Vaihtoehdossa VE0 meluvaikutus, lisääntyneen ihmistoiminnan aiheuttama häiriö- ja estevaikutus jäävät toteutumatta. Eläimiin vaikuttavia elinympäristön muutoksia ei tapahdu tuulivoimapuistoalueen, vetyputken tai merikaapelien rakentamisesta, jos hanketta ei toteuteta.

9.4 Yhteisvaikutukset

Merituulivoimapuiston hankealueen läheisyydessä on Ruotsin puolella suunnittelussa muun muassa merituulivoimahanke Polargrund, jolla voi olla toteutuessaan mahdollisia yhteisvaikutuksia Hallaan merituulivoimapuiston kanssa lähinnä lepakoille. Merituulivoimaloiden kasvava määrä alueella voi lisätä lepakoiden törmäysriskiä esimerkiksi muuton tai saalistuksen aikana. Lepakoiden merialueen muuttoon ja esiintymiseen alueella liittyy kuitenkin epävarmuutta. Merialueen nisäkkäisiin kohdistuvia yhteisvaikutuksia on käsitelty luvussa 5 ja linnustoon luvussa 10.

Merikaapelien ja vetyputken rantautumispaikkojen kanssa merkittävimpiä yhteisvaikutuksia voivat aiheuttaa SSAB:n tehdasalueella toiminnassa olevat Kuljunniemen ja Elkkotuulivoimalat. Lisäksi vetyputken ja merikaapelin MVE1 rantautumispaikan alueen läheisyydessä on käynnissä SSAB Raahen tehtaan 400 kV:n voimajohtohanke ja Maanahkiaisen merituulivoimahankkeen merikaapelin rantautuu SSAB:n tehdasalueen edustalle. Yhteisvaikutuksia aiheutuu myös olemassa olevien teollisuusalueiden toimintojen kanssa. Hankkeiden toteutuessa aiheuttavat ne paikallisesti mantereen eläinten elinympäristöjen muuttumista ja heikkenemistä kohti teollisuusaluemaisempaa aluetta sekä puuston ja luonnontilaisen kaltaisen alueen määrän vähenemistä. Eläimille hankkeiden yhteisvaikutuksena aiheutuva elinympäristön määrän väheneminen voi muuttaa alueen lajistoa. Vaikutuksia osittain lieventää merikaapelin MVE1 ja vetyputken rantautumispaikan sijoittuminen ennestään ihmisvaikutteiselle ja osittain luonnontilansa menettäneelle alueelle. Maanahkiaisen merikaapelin rantautumista ei suunnitella esimerkiksi viitasammakoiden elinympäristöjen alueella. Osa lajeista saattaa alkuun välttää rakennettuja alueita, mutta toisaalta rantautumispaikkojen läheisyyteen kasvava pensasmainen kasvusto voi tarjota osalla eläimistä uusia elinympäristöjä tai ravintoa.

Kokonaisuudessaan eläimistöön kohdistuvat vaikutukset arvioitiin *vähäisiksi kielteisiksi*.

9.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Taulukkoon 9-1 on koottuna Hallan merituulivoimapuiston toteutusvaihtoehtojen (VE1 ja VE2) sekä merikaapelien toteutusvaihtoehtojen (MVE1–MVE3) ja vetyputken (VVE1) arvioidut vaikutukset eläimistöön rakentamisen aikana verrattuna nykytilanteeseen ja hankkeen toteuttamatta jättämiseen (VE0).

Vaikutukset ovat vaihtoehdossa VE2 pienemmät kuin vaihtoehdossa VE1, sillä VE2 voimaloiden määrä on vähäisempi. Molempien toteutusvaihtoehtojen kohdalla alueen herkkyys ja vaikutusten merkittävyys arvioitiin varovaisuusperiaatteella *vähäiseksi*, sillä merialueella ei sijaitse saaria tai luotoja tai runsasta eläimistöä.

Merikaapelien herkkyys ja vaikutusten merkittävyys arvioitiin *vähäisestä kohtalaiseksi,* vaihtoehdosta riippuen. Suurimmat vaikutukset arvioitiin olevan vaihtoehdoilla MVE1 ja MVE3, joiden rantautumispaikoilla havaittiin useita viitasammakoiden lisääntymisalueita, joihin kohdistuu rakentamisesta eniten haittavaikutuksia. Vähäisimmät vaikutukset arvioitiin olevan vaihtoehdolla MVE2. Vaikutuksia viitasammakolle voidaan välttää tai lieventää hankkeen jatkosuunnittelussa

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

jättämällä viitasammakon elinpiirit rakennustoimien ulkopuolelle. Tällöin MVE1 ja MVE3 vaikutukset ovat *vähäisiä*.

Vetyputken herkkyys ja vaikutusten merkittävyys arvioitiin *vähäiseksi*, sillä rantatutumispaikka sijaitsee Raahen teollisuusalueen ihmisvaikutteisella alueella, jossa eläimistö on tavanomaista. Alueeseen ei arvioitu kohdistuvan merkittäviä vaikutuksia.

Taulukko 9-1. Vaikutusten merkittävyys eläimistölle eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana ilman lieventämistoimenpiteitä.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				VE1 VE2 VVE1 MVE2					
	Kohtalainen			MVE1 MVE3		VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Taulukossa 9-2 on koottuna Hallan merituulivoimapuiston toteutusvaihtoehtojen (VE1 ja VE2) sekä merikaapelien toteutusvaihtoehtojen (MVE1–MVE3) ja vetyputken (VVE1) arvioidut vaikutukset eläimistöön toiminnan aikana verrattuna nykytilanteeseen ja hankkeen toteuttamatta jättämiseen (VE0).

Laskennallisesti VE2 voimaloiden vähäisempi määrä muodostaa lepakoille pienemmän törmäysriskin verrattuna vaihtoehtoon VE1, mutta ero ei ole merkittävä.

Kaapelien ja vetyputken toiminnan aikana ei synny uusia eläimistöön kohdistuvia vaikutuksia. Häiriövaikutuksia voi syntyä vain poikkeustilanteessa, mikäli alueella joudutaan kaivamaan kaapelia tai vetyputkea esiin niiden korjaamisen vuoksi.

Taulukko 9-2. Vaikutusten merkittävyys eläimistölle eri hankevaihtoehdoissa toiminnan aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				VE1 VE2 VVE1 MVE2					
	Kohtalainen				MVE1 MVE3	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

9.6 Arvioinnin epävarmuudet

Alueen lepakoiden muuttamisesta meren yli ei ole tehty tutkimuksia, joten lepakoiden esiintymistä ei voida poissulkea, eikä vastaavasti todentaakaan. Yksittäisiä lepakoita saattaa muuttaa meren yli Hallan merituulivoimapuiston kohdalta. Kuitenkin lepakoiden päämuuttoreittien seuraillessa Saaristomeren saarilinjoja, lepakoiden merkittävän muuton esiintyminen tuulivoimapuistoalueen läpi on epätodennäköistä nykytiedon valossa.

9.7 Vaikutusten lieventäminen

Merinisäkkäisiin ja vesieläimiin kohdistuvia vaikutusten lieventämistoimia on esitelty tarkemmin luvussa 5.

Tuulivoimapuiston valaistuksessa tulisi käyttää valoja, joissa on mahdollisimman vähän UV-taajuutta, mikä houkuttelee hyönteisiä, ja sitä myöten lepakoita voimaloiden läheisyyteen.

Merikaapelien rantautumispaikkojen osalta eläimistöön kohdistuvia vaikutuksia voidaan vähentää lupavaiheessa tarkemmalla kaapelien reittisuunnittelulla sekä valikoimalla toteutusvaihtoehto, joka aiheuttaa eläimistölle vähiten haittoja. Merikaapelin ja vetyputken osalta vaikutuksia voidaan lieventää ajoittamalla rakentaminen herkimmän eläinten lisääntymiskauden (noin huhti-heinäkuu) ulkopuolelle. Mikäli rakentaminen tuona ajankohtana on kuitenkin välttämätöntä, se tulee painottaa eläimistön kannalta vähäarvoisille kohteille, esimerkiksi luonnontilaltaan muuttuneille alueille.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

10 LINNUSTO

YHTEENVETO:

- Hallan merituulivoimapuiston keskeisimmäksi linnustoon kohdistuvaksi vaikutusmekanismiksi arvioitiin este- ja häiriövaikutukset, jotka aiheutuvat voimaloiden rakentamisesta ja toiminnasta sekä rakentamisen ja toiminnan aikaisesta ihmistoiminnasta, eli alusten liikkumisesta hankkeen merialueella.
- Muuttolinnustolle voimalat aiheuttavat ensisijaisesti estevaikutuksen, jonka seurauksena muuttoreitit voivat muuttua paikallisesti lintujen kiertäessä merituulivoimapuiston.
- Yksittäisistä lajeista merkittävimmät vaikutukset arvioitiin kohdistuvan selkälokkiin ja vaikutukset arvioitiin merkittävyydeltään kohtalaisiksi kielteisiksi. Muuhun linnustoon vaikutukset arvioitiin merkittävyydeltään vähäisiksi kielteisiksi.
- Energiansiirtoreittien osalta vaikutukset arvioitiin vähäisiksi kielteisiksi ja luonteeltaan hyvin paikallisiksi ja lyhytkestoisiksi. Vaikutukset keskittyvät rakentamisaikaan ja liittyvät pohjan muokkauksesta aiheutuvaan veden samentumiseen ja ihmistoiminnasta johtuvaan häiriöön. Vaikutusta voidaan lieventää merkittävästi ajoittamalla rakennustoimet pesimäajan ulkopuolelle.

10.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Arviointityön tueksi ja toteutettujen selvitysten lähtötiedoiksi on hankittu olemassa olevia linnustotietoja ja koottu tutkimus- ja seurantaraportteja merituulivoimapuistojen vaikutuksista linnustoon, erityisesti Pohjan- ja Itämeren alueella. Hallan merituulivoimapuiston osalta paikallinen olemassa oleva linnustotieto kattaa lähinnä vuosina 2020 ja 2021 toteutettuja, energiansiirtoreittien läheisyydessä sijaitsevien pesimäluotojen ja -saarien pesimälinnustokartoitusten tuloksia (*Antti Below / Metsähallitus, kirjall. tiedonanto 2022*). Hallan merituulivoimahanketta lähin (hankkeen sijaintia ja luonnetta) vastaava selvitys on vuonna 2008 toteutettu Suurhiekan merituulivoimapuiston linnustoselvitys (*wpd Finland Oy 2009*), jonka tuloksia hyödynnetään myös soveltuvin osin. Itse merituulivoimapuiston alue sijoittuu niin etäälle ulkomerelle, että alueella liikkuvasta ja sen kautta muuttavasta linnustosta ei ole käytännössä lainkaan olemassa olevaa tietoa ennen hanketta varten tehtyjä selvityksiä.

Hanketta varten toteutettujen linnustoselvitysten yhteydessä kerätty havaintoaineisto sekä yllä mainittu olemassa oleva tieto analysoitiin ja hankkeen linnustovaikutukset arvioitiin ensisijaisesti biologien ja muiden asiantuntijoiden laatimana asiantuntija-arviona käytettävissä olevien aineistojen sallimalla tarkkuudella. Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien vaikutusten arviointi alueilla liikkuvaan linnustoon perustuu hankkeen eri vaikutustyyppeihin (merituulivoimapuiston rakentaminen ja toiminta, merikaapelien tai vetyputken asennus). Arviointi laadittiin parhaan käytettävissä olevan tiedon perusteella, jossa ensisijaisena tietolähteenä olivat toiminnassa olevien merituulivoimapuistojen seurantatiedot - erityisesti Porin Tahkoluodosta sekä Itämeren ja Pohjanmeren alueelta. Pohjanmeren alueella tehtyjä selvityksiä on pyritty huomioimaan linnuston käyttäytymisen osalta olosuhteiden sijasta, sillä Pohjameren ja Perämeren olosuhteet eroavat merkittävästi toisistaan. Lisäksi arvioinnissa on hyödynnetty vuosien 2014–2019 aikana Perämeren rannikolla toteutettujen linnustovaikutusten seurantojen tuloksia lintujen käyttäytymisestä rakennettujen tuulivoimapuistojen alueella niiden rakentamisen ja toiminnan aikana (*FCG Finnish Consulting Group Oy 2014–2019*). Vaikutusten arviointi toteutettiin sekä maastoselvitysten tulosten että olemassa olevan havaintoaineiston avulla kokeneiden linnustoasiantuntijoiden toimesta. Arvioinnissa huomioidaan sekä Suomen että Ruotsin puolelle kohdistuvat vaikutukset.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutusarvioinnissa huomioitiin vaikutuksen kohteena olevien lajien suojelullinen arvo ja niiden herkkyys eri vaikutusmekanismeihin sekä toiminnan aiheuttaman haitan voimakkuus. Lisäksi on tarkasteltu linnustolle arvokkaiden kohteiden kuten matalikoiden ja pesimäluotojen sijaintia suhteessa energiansiirtoreittien suunniteltuun sijoittumiseen. Linnustovaikutusten arvioinnissa kiinnitettiin erityistä huomiota suojelullisesti arvokkaille lajeille, tuulivoiman linnustovaikutuksille herkiksi arvioiduille lajeille sekä linnustollisesti arvokkaille kohteille mahdollisesti kohdistuviin vaikutuksiin.

Arvioinnissa on pohdittu myös hankkeen vaikutuksia lähialueen linnustollisesti arvokkaiden alueiden (mm. Natura-, IBA-, FINIBA- ja MAALI-alueet) lajistoon ja suojeluperusteisiin. Lähistön muiden tuulivoimapuistojen sekä tuulivoimahankkeiden yhteisvaikutukset linnustoon on arvioitu sillä tarkkuudella kuin se käytettävissä olevan aineiston perusteella on mahdollista.

Vaikutusten arvioinnissa pohditaan myös vaikutusten lievennys- ja kompensointikeinoja sekä esitetään ehdotus linnustovaikutusten seurantaohjelmaksi.

Törmäysmallinnus

Törmäysmallinnuksen laatimista Hallan hankkeen linnustovaikutusten yhteydessä ei katsottu tarkoituksenmukaiseksi. Oletuksiin ja todennäköisyyksiin perustuvien mallinnustulosten ei Suomen oloissa ole todettu vastaavan todellisuudessa tapahtuvien törmäysten määrää. Esimerkiksi Perämeren rannikkoalueen vilkkaalle muuttoreitille (Kalajoki, Pyhäjoki, Raahe) rakennettujen tuulivoimapuistojen YVA-menettelyiden yhteydessä laaditussa yhteisvaikutusarvioinnissa törmäysmallinnusten perusteella eri hanhilajien ja laulujoutsenen törmäyksiä arvioitiin tapahtuvan yhteensä 35–118 kpl per kevät (*FCG Finnish Consulting Group Oy 2012*). Sitä vastoin samojen tuulivoimapuistojen alueilla toteutetuissa kattavissa linnustonseurannoissa (tai muissa vastaavissa seurannoissa) ei kyseisten lajien törmäyksiä ole todettu yhtään (*FCG Finnish Consulting Group Oy 2014–2019, Suorsa 2019*).

Suomen muiden merituulivoimapuistojen YVA-menettelyiden yhteydessä Tahkoluodon merituulivoimapuiston (Porin edustalla) laajennuksen YVA:ssa ei laadittu törmäysmallinnusta (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*). Sen sijaan Suurhiekan merituulivoimapuiston (Perämeri, Haukiputaan ja Iin edustalla) YVA-selostuksen yhteydessä törmäysmallinnukset laadittiin kahdeksalle lajille (*wpd Finland Oy 2009*). Mallinnustulosten mukaiset vuosittaiset törmäysmäärät vaihtelivat 25 yksilön (mustalintu) ja 0,115 yksilön (merikotka) välillä.

Yllä mainituissa mallinnuksissa 95 % linnuista oletettiin väistävän voimalat. Laadituissa seurannoissa sekä Suomessa että laajemminkin lintujen todellisen väistöprosentin on todettu olevan muutamia yksittäisiä lajeja lukuun ottamatta vähintään 98 %. Esimerkiksi Skotlannissa merituulivoimapuistoon liittyvän linnustoselvityksen yhteydessä laaditussa törmäysmallinnuksessa väistökertoimena käytettiin eri prosentteja eri lajeille ja lajiryhmille: 98 % merilinnuille ja laulujoutsenelle, 99 % hanhille ja 99,5 % lokeille (*Moray offshore renewables Ltd 2019*). Jos yllä mainitut Suomessa tehdyt mallinnukset olisi laskettu 98–99,5 % väistökertoimella, vuosittaiset törmäysmäärät olisivat pienentyneet merkittävästi ja esimerkiksi Hallan hankkeeseen parhaiten verrattavissa olevan Suurhiekan osalta törmäysten lukumäärät olisivat korkeintaan muutamia yksilöitä vuodessa. On myös huomattava, että Suurhiekan mallinnuksessa esimerkiksi mustalinnun törmäysmallinnus laadittiin oletuksilla, että lajin Suurhiekan kautta läpimuuttava kanta on 40 000 yksilöä ja kaikki yksilöt lentäisivät törmäyskorkeudella (*wpd Finland Oy 2009*). Kuten alla selostetaan, Hallan selvitysten perusteella mustalintujen tuulivoimapuistoalueen kautta muuttava yksilömäärä on huomattavasti vähäisempi ja lisäksi mustalintujen todettiin lentävän joko aivan vedenpinnan tuntumassa tai huomattavasti törmäyskorkeuden yläpuolella.

Hallan hankealueella toteutetuissa linnustoselvityksissä törmäyskorkeudella lentäviä lintuyksilöitä todettiin lukumääräisesti hyvin vähän. Näin ollen myös törmäysmallinnus tulisi laatia pienillä yksilömäärillä, mikä väistämättä heikentäisi mallinnustuloksen luotettavuutta entisestään. Pienellä yksilömäärällä lasketun tuloksen vaihteluväli kasvaa niin suureksi, että sen luotettavuus vaikutusten arvioinnissa on heikko ja malli ei ole tilastollisesti merkitsevä.

Mikäli Hallan merituulivoimapuiston suunnittelun edetessä alueelle laaditaan täydentäviä selvityksiä ja sitä kautta mallinnusten laatimiseksi saadaan lisää aineistoa, voidaan näiden

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

mallinnusten, kuten törmäysmallinnuksen, laatimista tarkastella uudelleen yhteistyössä hanketta valvovan viranomaisen kanssa.

Vaikutuskohteen herkkyys

Arvioinnin kohteena olevan lintulajiston herkkyyteen suhteessa niihin kohdistuviin vaikutuksiin vaikuttavat monet eri tekijät. Herkkyys riippuu lajien yleisyydestä ja runsaudesta, sopeutumiskyvystä sekä toisaalta myös niiden hallinnollisesta asemasta (mm. uhanalaisuus ja/tai EU:n lintudirektiivi).

Tavanomaisen lajiston kohdalla herkkyys määrittyy alueella esiintyvien populaatioiden elinvoimaisuuden sekä niiden elinympäristöjen monimuotoisuuden, laajuuden ja ihmisvaikutteisuuden sekä lajien arvioidun sopeutumiskyvyn perusteella. Merialueilla ja rannikoilla yleisenä esiintyvän lajiston herkkyys muutoksille arvioidaan tyypillisesti pääosin vähäisiksi, sillä lajien kannat ovat yleisesti ottaen Suomessa elinvoimaisia. Herkkyys voi kuitenkin vaihdella alueittain ja lajeittain.

Eri lintulajien herkkyyteen vaikutuksille vaikuttaa merkittävästi myös populaation koko ja poikastuotto, jotka myös vaihtelevat lajien välillä paljon. Esimerkiksi suurikokoisten petolintulajien populaatiot ovat varsin pieniä ja usein pitkällä aikavälillä katsottuna populaatiokooltaan vähenevia, ja poikastuotto on alhaista ja siten lisääntyminen hidasta, jolloin niiden herkkyys vaikutuksille on merkittävästi suurempi kuin yleisillä ja kannaltaan vakailla tai runsastuvilla varpuslintulajeilla, jotka lisääntyvät nopeasti.

Uhanalaisen, erityisesti suojellun ja EU:n lintudirektiivin lajiston osalta herkkyys on suurempi, sillä arvioinnissa on huomioitava luonnonsuojelulain ja -asetuksen asettamat edellytykset lajien ja niiden elinympäristön suojelemiseksi. Uhanalaisten lajien säilyminen Suomessa katsotaan vaarantuneeksi ja erityisesti suojeltavien lajien häviämisuhka ilmeiseksi, jonka vuoksi niihin kohdistuvia vaikutuksia on tarkasteltava paikallista tai alueellista esiintymistä laaja-alaisemmin.

Selvitysmenetelmät

Hallan merituulivoimapuiston alueen ja mantereelle suuntautuvien energiansiirtoreittien linnustoa on selvitetty maastoinventoinneilla vuosien 2021–2023 aikana. Maastotöiden yhteydessä merituulivoimapuiston alueella ja energiansiirtoreiteillä käytiin selvittämässä alueen linnustoa yhteensä 35 maastopäivää. Arvioinnissa on hyödynnetty myös samanaikaisesti ja samoin menetelmin Hallan selvitysten kanssa toteutettuja, etelämpänä Perämerellä sijaitsevan Laineen merituulivoimapuiston selvityksiä, sekä osittain myös Selkämerellä sijaitsevan Tyrskyn merituulivoimapuiston selvityksiä ja niiden tuloksia.

Taulukko 10-1. Hallan merituulivoimapuiston alueella ja energiansiirtoreiteillä vuosina 2021–2023 toteutettujen linnustontarkkailuiden ajankohdat, kohteet ja menetelmät.

Pvm	Kohde	Menetelmä	Tarkkailu
10.9.2021	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Syysmuutto
20.9.2021	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Syysmuutto
13.10.2021	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Syysmuutto
12.5.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
17.5.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
19.5.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Kevätmuutto
20.5.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Kevätmuutto
23.5.2022	Energiansiirtoreitit	Tarkkailu maista	Kevätmuutto
24.5.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Kevätmuutto
27.5.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
28.5.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Kevätmuutto
31.5.2022	Energiansiirtoreitit, rantautumispaikat	Kartoituslaskenta	Pesimälinnusto
2.6.2022	Energiansiirtoreitit, rantautumispaikat	Kartoituslaskenta	Pesimälinnusto

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Pvm	Kohde	Menetelmä	Tarkkailu
4.6.2022	Energiansiirtoreitit, rantautumispaikat	Kartoituslaskenta	Pesimälinnusto
9.6.2022	Energiansiirtoreitit, rantautumispaikat	Kartoituslaskenta	Pesimälinnusto
13.6.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
25.6.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
27.6.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
29.6.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
11.7.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
12.7.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
19.7.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
20.7.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
25.7.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
31.7.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
14.8.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
24.8.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
21.9.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Syysmuutto
25.9.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Syysmuutto
20.10.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Syysmuutto
5.5.2023	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Lentolaskenta	Kevätmuutto
13.5.2023	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
16.5.2023	Energiansiirtoreitit	Laskennat maista ja venelaskennat	Kevätmuutto
23.5.2023	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
3.6.2023	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto

Merituulivoimapuiston alue

Hallan merituulivoimapuiston alueella mahdollisesti lepäileviä, ruokailevia ja muutoin liikkuvia sekä alueen kautta muuttavia lintuja selvitettiin pääasiassa venelaskentojen avulla, jossa veneellä kuljettiin ennalta määriteltyä laskentareittiä pitkin koko merituulivoima-alueen laajuudelta. Selvitykset aloitettiin syksyllä 2021 venelaskennoilla alueelle sijoittuvien syysmuuttoreittien selvittämiseksi. Valtaosa selvityksistä toteutettiin vuoden 2022 aikana, jolloin toteutettiin kevätmuuttoselvitykset sekä pesimäaikaiset ruokailulentotarkkailut ja lepäilijälaskennat. Koska sääolosuhteiden vuoksi vuoden 2021 syysmuutontarkkailuita ei pystytty toteuttamaan suunnitellusti, niitä jatkettiin vielä syksyllä 2022. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen Hallan YVA-ohjelmasta antaman lausunnon perusteella selvityksiä jatkettiin vielä keväällä 2023 kevätmuutontarkkailuilla, jolloin tarkkailut aloitettiin toukokuun alussa ja toteutettiin ensimmäisen käyntikerran osalta helikopterilla lentolaskentana ja jatkettiin myöhemmin toukokuussa ja vielä kesäkuun alussa venelaskennoilla. Vuoden 2023 venelaskennoissa keskityttiin pääasiassa tuulivoima-alueen kautta muuttavaan linnustoon, jolloin sen sijaan, että olisi ajettu läpi suunniteltu reitti, tarkkailtiin muuttavia lintuja paikallaan olevasta veneestä useammasta pisteestä

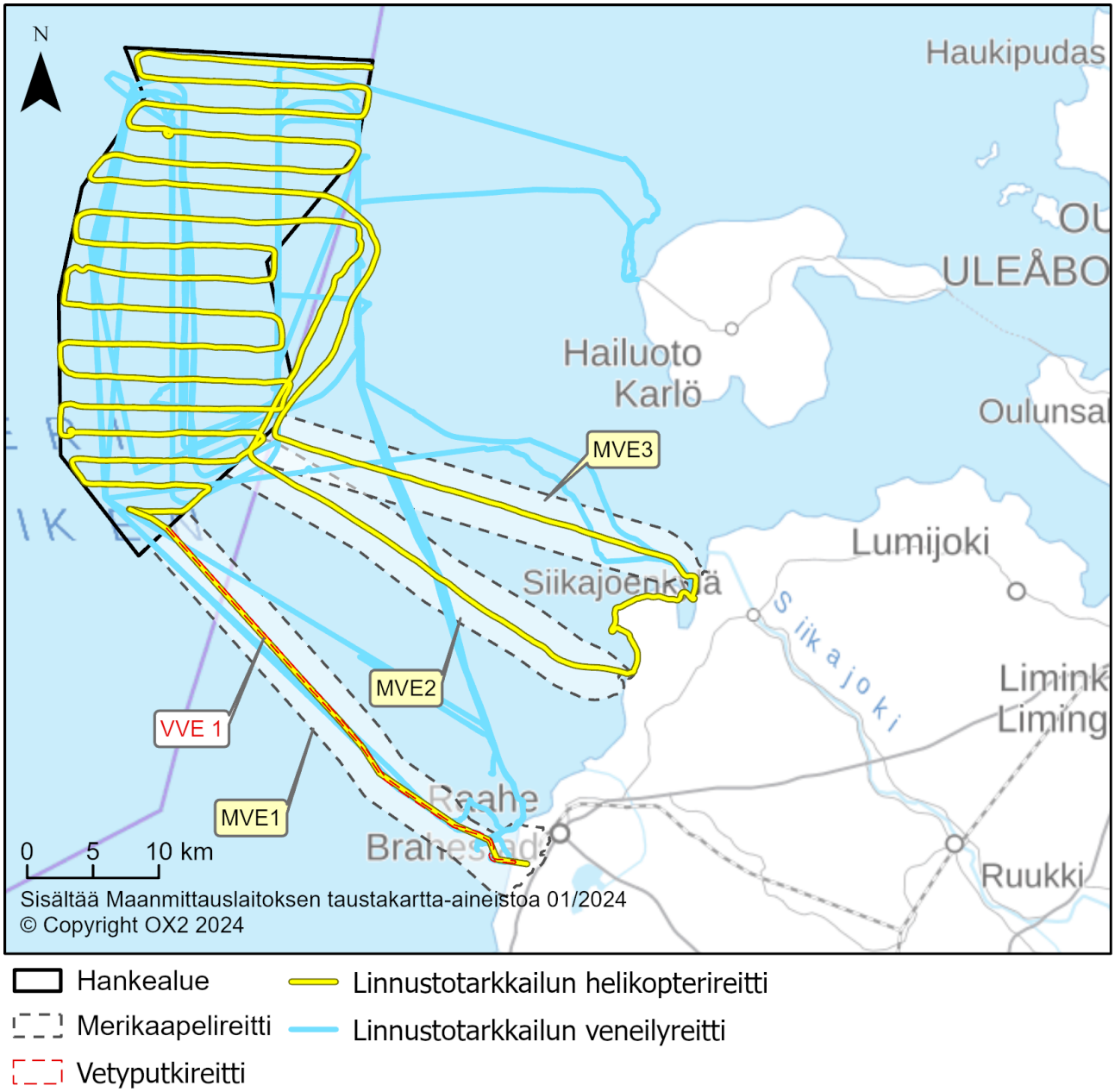
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

merituulivoimapuistoalueen reunalta. Kaikkiaan merituulivoimapuiston alueella käytiin 19 kertaa (Taulukko 10-1).

Venelaskentojen osalta laskentareitti sovitettiin alueen laajuuteen, etäisyyteen lähimmistä satamista sekä käytettävään venekalustoon siten, että laskentareitti pystyttiin suorittamaan kokonaisuudessaan yhden päivän valoisana aikana. Hallan tuulivoimahankkeessa laskentareitin kokonaispituus tuulivoima-alueella oli noin 120 kilometriä ja laskentapäivän ajomatkan kokonaispituus merellä noin 195 kilometriä. Välittömästi Hallan hankerajauksen itäpuolella sijaitsee Merikallojen Natura-alue. Ajoreitti suunniteltiin kulkemaan myös Merikallojen kautta, vaikka se sijaitseekin merituulivoimapuiston ulkopuolella, jotta muuta ympäröivää merialuetta matalamman merialueen mahdolliset erot lintujen esiintymisestä saataisiin todennettua. Veneen ajonopeus laskennan aikana oli sääolosuhteista riippuen noin 15–30 km/h. Ajoittain ja tarvittaessa tarkkailtiin myös paikallaan olevasta veneestä. Tuulivoimapuiston alueelle sijoittuvalla laskentareitillä ajolinjojen välinen etäisyys oli noin 8 kilometriä (Kuva 10-1). Laskentareitti pyrittiin optimoimaan edellä mainittujen reunaehtojen mukaisesti siten, että alueella lepäilevästä ja ruokailevasta linnustosta saataisiin otoksena riittävän kattava yleiskuva yhden laskentapäivän valoisana aikana. Toukokuussa arktisten kuikka- ja vesilintujen muuton aikaan merituulivoimapuiston alueella pyrittiin myös seuraamaan mahdollista muuttoa paikallaan olevasta veneestä. Veneessä oli aina mukana veneen kuljettaja ja linnustontarkkailija. Valtaosassa käynneistä myös veneen kuljettajana toimi kokenut lintuharrastaja, joka myös osallistui tarkkailuun, joten tarkkailijoita oli käytännössä kaksi.

Helikopterilla tehdyn lentolaskennan osalta merituulivoima-alueelle luotiin huomattavasti tiheämpi lentoreitti noin kahden kilometrin ”kammalla”. Koko merituulivoimapuistoalue ja energiansiirtoreitit lennettiin yhden lentopäivän aikana. Lentolaskennan yhteydessä helikopterin lentokorkeus oli noin 50 metriä ja lentonopeus noin 100 km/h. Merituulivoimapuistoalueen ja kaapelireittien kattavan lentoreitin kokonaispituus oli noin 495 kilometriä. Tarvittaessa poikettiin suunnitellulta lentoreitiltä, laskettiin lentokorkeutta ja hidastettiin nopeutta, jotta pystyttiin määrittämään havaitut linnut. Keväällä jäiseen aikaan tehtiin ylimääräisiä mutkia myös reitille osuneiden railojen kohdalla. Kopterin lentäjänä toimi kokenut lintuharrastaja, joten myös lentolaskentojen osalta tarkkailijoita oli käytännössä kaksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



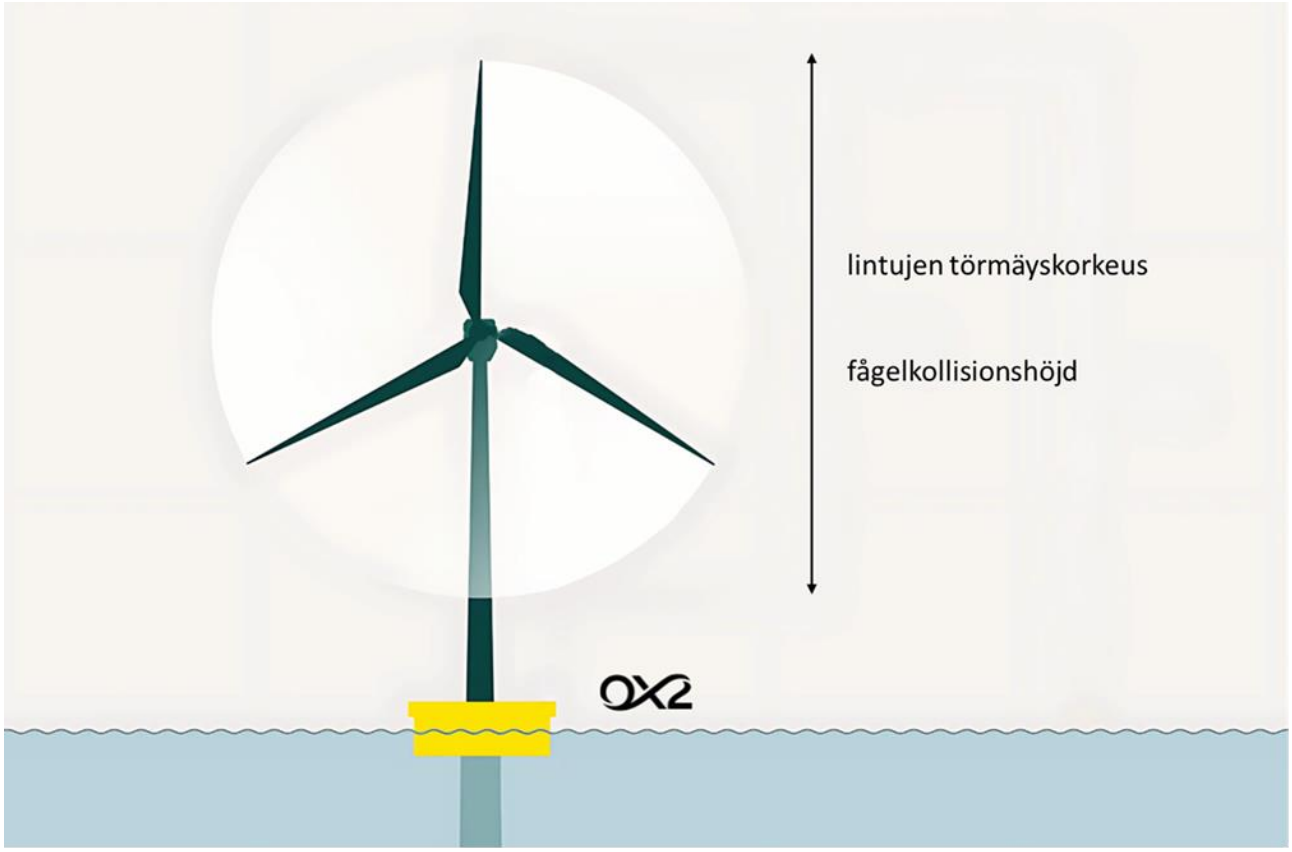
Kuva 10-1. Hallan tuulivoimapuiston alueella toteutettujen vene- ja helikopterilaskentojen reitit. Helikopterireitti (yksi lentokerta keväällä 2023) on lennon aikana tallennettu jälki. Venereitti on suunniteltu reitti, joka pyrittiin ajamaan jokaisella käyntikerralla. Itäisintä ajolinjaa on jatkettu tuulivoimapuistoalueen ulkopuolelle kulkemaan Merikallan Natura-alueen kautta.

Laskennat pyrittiin ajoittamaan riittävän heikkotuulisiin sääolosuhteisiin, jolloin laskenta olisi toteutettavissa tuulivoimapuiston alueella kokonaisuudessaan, eivätkä sääolosuhteet muuttuisi merkittävästi laskentapäivän aikana. Etenkin venelaskentojen kohdalla aallokon korkeus ja suunta ovat merkittävimmät laskentaan vaikuttavat tekijät, koska ne vaikuttavat lintujen havaittavuuteen aaltojen välistä sekä veneen ajonopeuteen ja vakauteen laskennan aikana.

Laskennat toteutettiin tarkkailemalla tai kiikaroimalla lintuja veneestä tai helikopterista ja kirjaamalla tiedot lintujen olinpaikasta ja liikkumisesta ylös. Venelaskentojen yhteydessä tarvittaessa myös pysähdyttiin tarkkailemaan lintuja. Havaituista linnuista kirjattiin ylös kellonaika, havaintopaikka (veneen sijainti koordinaatteina), laji/lajiryhmä, lukumäärä, lintujen sijainti ja suunta suhteessa havaintopaikkaan, onko lintu lennossa vai paikallisena vedessä, saalistelemassa tms. Havaituista linnuista merkittiin lisäksi lentokorkeus luokissa 0 metriä (=uivat linnut), 1–10 metriä, 10–20 metriä, 20–50 metriä, 50–400 metriä ja yli 400 metriä. Korkeusluokat 20–

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

50 metriä ja 50–400 metriä luokitellaan arvioinnissa lintujen potentiaaliseksi törmäyskorkeudeksi (Kuva 10-2). Hankkeessa suunniteltujen voimaloiden kokonaiskorkeus on korkeintaan 370 metriä. Kirjaaminen tapahtui tablettitietokoneella paikkatieto-ohjelmaan.

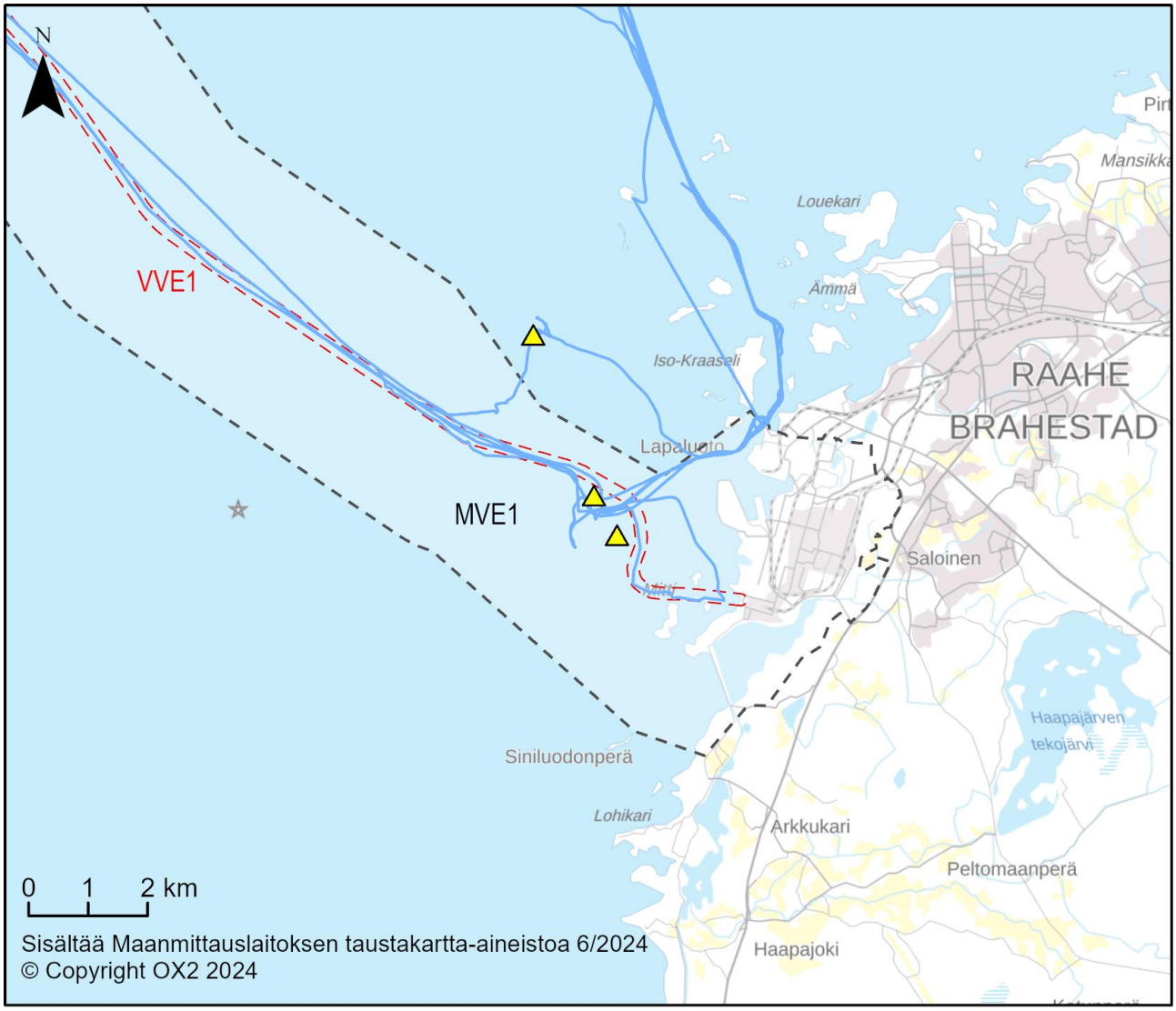


Kuva 10-2. Lintujen törmäyskorkeudella tarkoitetaan lentokorkeutta merenpinnasta, joilla linnut voivat potentiaalisesti törmätä pyöriviin lapoihin. Todellisuudessa lapa pyyhkäisee noin 30 metriä merenpinnan yläpuolelta, mutta vaikutusten arvioinnissa törmäyskorkeudeksi on luokiteltu varoivaisuusperiaatteen mukaisesti 20–400 metriä.

Energiansiirtoreittien alueet

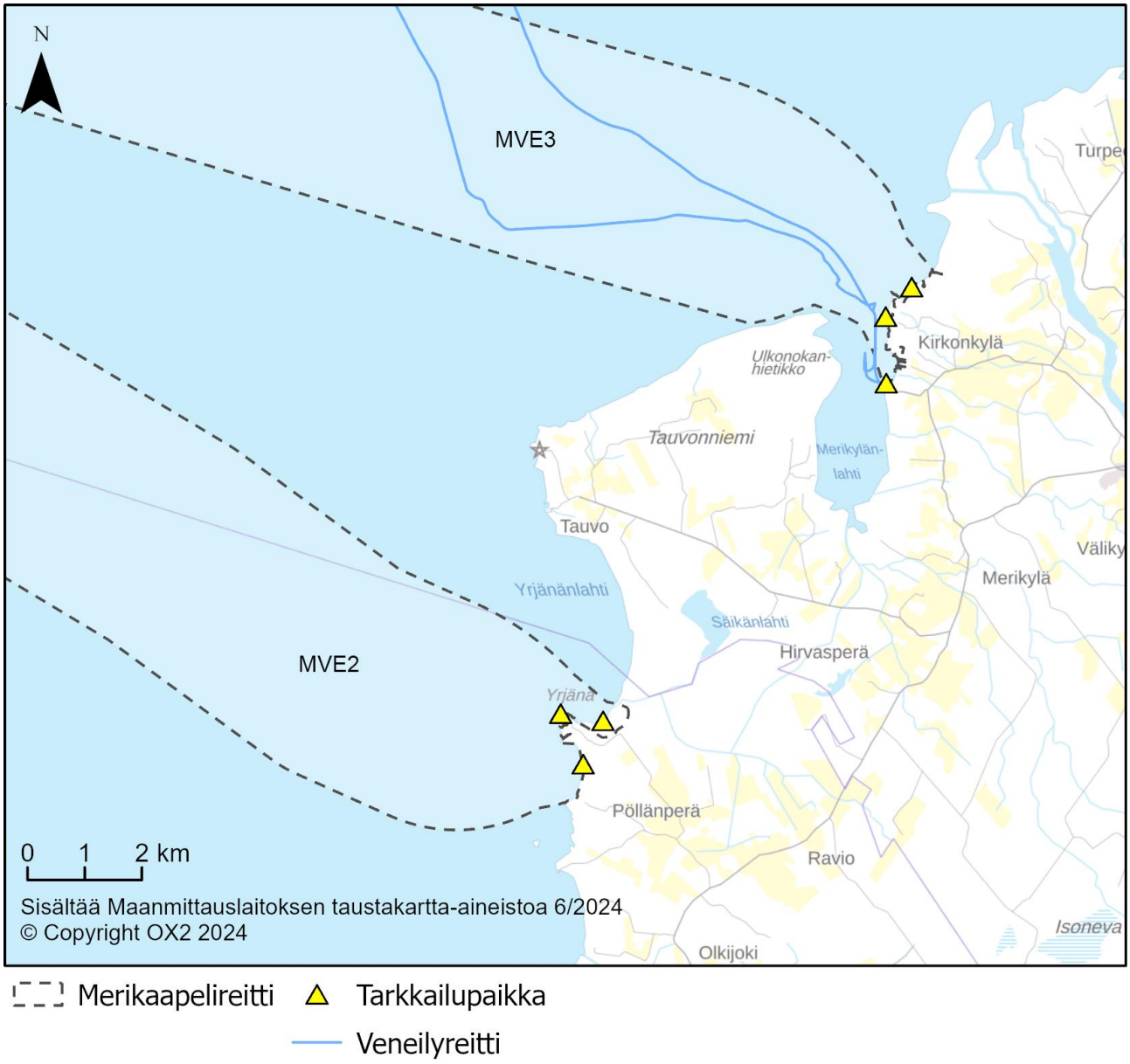
Energiansiirtoreittien alueella lepäilevää ja ruokailevaa linnustoa selvitettiin vuosien 2021–2023 aikana. Energiansiirtoreittien alueilta selvitettiin muutonaikaisia lepäilijöitä sekä pesimäaikaisten ruokailulentojen sijoittumista ja suuntautumista. Selvitysten pohjatiedoksi hankittiin olemassa olevaa tietoa alueella laadituista saaristolinnustolaskennoista (*Antti Below / Metsähallitus, kirjall. tiedonanto 2022*). Aineistosta määritettiin vaikutusten kannalta todennäköisesti merkittävimmät pesimäsaaret ja -luodot (energiansiirtoreittejä lähimmät sekä laji- ja parimääriltään suurimmat), joille tarkkailut keskitettiin (*Kuva 10-3* ja Kuva 10-4).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-3. Energiansiirtoreitin MVE1/VVE1 veneilytarkkailuiden reitit sekä ruokailulentojen tarkkailupisteet. Reitin MVE1/VVE1 osalta Raahen edustalla on linnustollisesti merkittäviä saaria, jonka vuoksi tarkkailu suoritettiin pääosin veneellä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-4. Sähkönsiirtoreittien MVE2 ja MVE3 ruokailulentojen tarkkailupisteet. Tarkkailua tehtiin vain maista, koska linnustoarvot keskittyvät näillä alueilla matalille rannikkoalueille.

Linnustollisesti arvokkaita pesimäsaaria ja -luotoja sijaitsee vain Raaheen suuntautuvan, eteläisen energiansiirtoreittivaihtoehdon (MVE1, VVE1) varrella. Pohjoisempien reittien (MVE2, MVE3) alueella ei ole saaristoa, vaan linnustolliset arvot keskittyvät alueen matalalle ranta-alueelle, kuten Tauvon Ulkonokka ja Yrjänänlahden pohjukan rantaniitty. Ulkonokan pesiville linnuille Merikylänlahti on merkittävä ravinnonhankinta-alue. Näin ollen ruokailulentotarkkailut toteutettiin näillä kohteilla pääasiassa rannoilta käsin kiikarien ja kaukoputken avulla. Lisäksi merituulivoimapuistoalueelle suuntautuvien venelaskentojen lähtösatamana käytettiin sekä Merikylänlahden kalasatamaa, että Raahen Lapaluodon kalasatamaa, joilta käsin kulku tuulivoima-alueelle ja takaisin voitiin toteuttaa energiansiirtoreittejä seuraten.

Selvityksissä keskityttiin energiansiirtoreittien alueella lepäilevien ja ruokailevien lintujen yleispiirteiseen selvittämiseen sekä mahdollisten reittien varrella sijaitsevien merkittävien pesimälinnuston ravinnonhankinta-alueiden tunnistamiseen. Selvityksiä toteutettiin sekä maista että veneestä käsin, kiikarin ja kaukoputken avulla lintuja tarkkaillen. Selvityksissä sovellettiin virallisten saaristolintulaskentojen (*Luomus 2023a*) sekä vesilintulaskentojen ohjeistusta (*Luomus 2023b*). Havaitut linnut kirjattiin lähtökohtaisesti noin 500 metrin laajuiselta alueelta reittien

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

keskilinjan molemmin puolin. Kaikkien havaittujen lintujen sijainti ja mahdollinen lentosuunta merkattiin paikkatieto-ohjelmaan tablettitietokoneella. Lisäksi pesimäaikaisten ruokailulentoselvitysten yhteydessä energiansiirtoreittien lähialueiden merkittävimmiksi tunnistettujen pesimäsaarten ja -luotojen sekä mantereella sijaitsevien linnustollisesti merkittävien kohteiden läheisyydessä seurattiin paikallaan olevasta veneestä käsin tai maista käsin pesivien lintujen ravinnonhankintalentojen suuntautumista ja kalastusalueita. Tarkkailuiden yhteydessä merkattiin kunkin linnun lentoreitti pesimäpaikalta ja sille takaisin.

Energiansiirtoreittien erillistarkkailuissa selvityksiä painotettiin rannikon ja saarten läheisyyteen, noin 5 kilometrin etäisyydelle uloimpien saarten ja luotojen tasalta avomerelle päin. Kaikkiaan vain energiansiirtoreiteille kohdistetut erillistarkkailut kattoivat 16 maastopäivää (Taulukko 10-1). Erillistarkkailuiden lisäksi siirtymät merituulivoimapuiston alueelle ja sieltä takaisin pyrittiin kulkemaan suunniteltuja energiansiirtoreittejä pitkin ja tätä ulompana energiansiirtoreittien linnustoon kiinnitettiin huomiota siirtymillä.

Vesialueiden lisäksi energiansiirtoreittien rantautumisalueiden pesimälinnustoa selvitettiin kahteen kertaan toistetuilla kartoituslaskennoilla. Selvitysten tarkoituksena oli selvittää, esiintyykö rantautumiskohteilla ja niiden lähialueilla suojelullisesti huomionarvoista pesimälajistoa ja sijaitseeko alueilla linnuston kannalta merkittäviä kohteita. Selvitykset kohdistettiin alueille, joille rantautumispaikkojen kaivuutöiden vaikutukset (suorat elinympäristömuutokset sekä häiriövaikutukset) arvioitiin ulottuvan, eli rantautumispaikan ympäristö mantereella noin 500 metrin säteellä suunnitellusta reitistä sekä rantautumispaikan lähisaaret ja -luodot, jotka olivat havainnoitavissa maista.

Energiansiirtoreittien alueella toteutetut selvitykset toimivat aineistona myös läheisille Natura-alueille kohdistuvissa vaikutusten arvioinneissa.

Merituulivoimapuiston alueella ja energiansiirtoreiteillä toteutettujen käyntien aikaiset sääolosuhteet (aallonkorkeus ja tuulen suunta) on koostettu taulukoksi (Taulukko 10-2) Ilmatieteenlaitoksen havaintojen lataus -palvelusta. Kevään osalta Perämeren aaltopoiju on ollut toiminnassa vain kesäkuun alkupuolelta alkaen, joten molempien selvityskeväiden toukokuun havainnot puuttuvat. Kuitenkin myös toukokuun käynnit pystyttiin toteuttamaan hyvissä sääolosuhteissa (tuuli ja näkyvyys) molempina selvitysvuosina (esimerkiksi ks. Kuva 10-5). Vain yhtenä selvityspäivänä (13.5.2023) ajoittaiset sumurintamat haittasivat näkyvyyttä osan hankealueella vietetyn ajan osalta. 5.5.2023 lentolaskennan aikaan hankealueen merialue oli vielä lähes kauttaaltaan jäässä.

Kuva 10-5. Venelaskennoissa tarkkailu tapahtui veneen kannelta kiikareilla tarkkailemalla. Kaikki havaitut lintuyksilöt merkattiin paikkatieto-ohjelmaan tablettitietokoneella (tässä kiinnitettynä veneen ikkunaan). Olosuhteet olivat parhaimmillaan täysin tyynet, osalla käyntikerroista aallokko (max noin 0,5 m) haittasi jossain määrin havainnointia ja etenkin uivien lintujen löytämistä. © Harri Taavetti, FCG.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 10-6. Keväällä 2022 Raahen edustan jääolosuhteet olivat haastavat. Jäät sulivat käytännössä paikalleen vasta touko-kesäkuun vaihteessa. Kuvassa jäänmurtaja 23.5.2022 Raahen edustalla energiansiirtoreitillä, missä venelaskentojen olisi pitänyt olla jo käynnissä. Osittain tämän vuoksi kevätmuuton aikaisia selvityksiä jatkettiin keväällä 2023. Kuvassa Heikinkarin linnustollisesti merkittävä pesimäluoto, missä pesii mm. riskilöitä. Kuva otettu rannalta kaukoputken läpi. © Harri Taavetti, FCG.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 10-2. Merituulivoimapuiston alueella ja energiansiirtoreiteillä toteutettujen käyntien aikaiset sää-olosuhteet.

Havaintoasema: Perämeri aaltopoiju												
Vuosi	Kk	Pv	Klo	Merkitsevä aallonkorkeus (m)	Aallokon suunta (ast.)	Vuosi	Kk	Pv	Klo	Merkitsevä aallonkorkeus (m)	Aallokon suunta (ast.)
2021	9	10	6:00	0,1	269	2022	7	12	15:00	0,1	303
2021	9	10	9:00	0,3	300	2022	7	12	18:00	0,1	293
2021	9	10	12:00	0,3	303	2022	7	19	6:00	0,7	213
2021	9	10	15:00	0,3	301	2022	7	19	9:00	0,8	255
2021	9	10	18:00	0,3	220	2022	7	19	12:00	0,7	243
2021	9	20	6:00	0,5	83	2022	7	19	15:00	0,6	267
2021	9	20	9:00	0,7	111	2022	7	19	18:00	0,5	307
2021	9	20	12:00	0,7	118	2022	7	20	6:00	0,6	328
2021	9	20	15:00	0,4	132	2022	7	20	9:00	0,6	328
2021	9	20	18:00	0,2	131	2022	7	20	12:00	0,5	335
2021	10	13	6:00	0,4	328	2022	7	20	15:00	0,4	345
2021	10	13	9:00	0,5	338	2022	7	20	18:00	0,3	235
2021	10	13	12:00	0,4	353	2022	7	25	6:00	0,1	40
2021	10	13	15:00	0,3	3	2022	7	25	9:00	0,3	132
2021	10	13	18:00	0,2	355	2022	7	25	12:00	0,3	149
2022	6	9	6:00	0,1	139	2022	7	25	15:00	0,2	173
2022	6	9	9:00	0,1	92	2022	7	25	18:00	0,3	204
2022	6	9	12:00	0,1	312	2022	7	31	6:00	0,4	276
2022	6	9	15:00	0,5	341	2022	7	31	9:00	0,3	310
2022	6	9	18:00	0,4	341	2022	7	31	12:00	0,3	33
2022	6	13	6:00	0,4	218	2022	7	31	15:00	0,2	14
2022	6	13	9:00	0,3	217	2022	7	31	18:00	0,2	231
2022	6	13	12:00	0,3	220	2022	8	14	6:00	0,2	236
2022	6	13	15:00	0,2	217	2022	8	14	9:00	0,2	270
2022	6	13	18:00	0,2	214	2022	8	14	12:00	0,2	259
2022	6	25	6:00	0,1	220	2022	8	14	15:00	0,2	259
2022	6	25	9:00	0,1	222	2022	8	14	18:00	0,1	279
2022	6	25	12:00	0,1	221	2022	8	24	6:00	0,1	274
2022	6	25	15:00	0,1	217	2022	8	24	9:00	0,1	241
2022	6	25	18:00	0,1	218	2022	8	24	12:00	0,1	123
2022	6	27	6:00	0,3	227	2022	8	24	15:00	0,1	90
2022	6	27	9:00	0,2	222	2022	8	24	18:00	0,2	69
2022	6	27	12:00	0,2	225	2022	9	21	6:00	0,4	9
2022	6	27	15:00	0,1	222	2022	9	21	9:00	0,2	18
2022	6	27	18:00	0,1	234	2022	9	21	12:00	0,2	211
2022	6	29	6:00	0,4	128	2022	9	21	15:00	0,5	200
2022	6	29	9:00	0,3	127	2022	9	21	18:00	0,6	204
2022	6	29	12:00	0,2	144	2022	9	25	6:00	0,2	236
2022	6	29	15:00	0,2	179	2022	9	25	9:00	0,3	116
2022	6	29	18:00	0,1	182	2022	9	25	12:00	0,3	131
2022	7	11	6:00	0,1	317	2022	9	25	15:00	0,2	117
2022	7	11	9:00	0,1	310	2022	9	25	18:00	0,2	118
2022	7	11	12:00	0,2	315	2022	10	20	6:00	0,8	294
2022	7	11	15:00	0,2	305	2022	10	20	9:00	0,7	324
2022	7	11	18:00	0,1	304	2022	10	20	12:00	0,5	329
2022	7	12	6:00	0,1	249	2022	10	20	15:00	0,3	329
2022	7	12	9:00	0,1	256	2022	10	20	18:00	0,3	201
2022	7	12	12:00	0,1	295						

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

10.2 Nykytila

10.2.1 Merituulivoimapuiston alue

Etenkin keväällä Pohjanlahden ja Perämeren rannikko muodostaa yhden merkittävimmistä muuttoväylistä useille Suomen ja muun Pohjois-Euroopan sekä arktisen tundran alueella pesiville lintulajeille (esimerkiksi *Toivanen ym. 2014*). Vallitseva käsitys on, että muutto seurailee valtaosin rannikkoa, yksilömäärien laskiessa nopeasti rannikolta ulkomerelle ja toisaalta sisämaahan edetessä.

Syksyllä Perämeren muuttoreitit eivät ole yhtä selväpiirteisiä kuin keväällä. Lajit voivat jossain olosuhteissa, kuten itätuulella, kulkea myös tuulivoimapuistoalueen kautta.

Vuosien 2021–2023 selvitysten yhteydessä merituulivoimapuiston alueella havaittiin kaikkiaan 3 863 lintuyksilöä ja 42 lajia. Näistä ylivoimainen enemmistö, 2 634 yksilöä havaittiin kevätmuuton aikaisten käyntien yhteydessä (Taulukko 10-3). Käyntikertojakin keväällä oli eniten, mutta tulos kuitenkin osoittaa selkeästi sen, että lintujen määrä merituulivoima-alueella on suurimmillaan kevätmuuton aikaan. Keväällä toukokuussa 2022 lintuja havaittiin selvästi enemmän kuin keväällä 2023. Tämä johtuu osittain vuosien välisestä vaihtelusta; kevätmuutto 2023 oli Pohjanlahdella yleisesti yksilömäärältään vähäisempää kuin vuonna 2022 (*H. Taavetti, henk. koht. havainnot*), osittain tarkkailupäiviin sattuneen muuton voimakkuudesta. Tarkkailujen tulokset kuitenkin osoittavat, että hankealueen kautta muuttavassa linnustossa on vuosien välistä vaihtelua. Syksyjen 2021 ja 2022 välinen vaihtelu oli vähäisempää, sillä molempina syksyinä hankealueella havaittujen lintujen yksilömäärät olivat alhaisia.

Taulukko 10-3. Koontitaulukko kaikista hankealueen selvityksissä vuosina 2021–2023 havaituista linnuista. Kevät = toukokuu, kesä = kesä-, heinä- ja elokuu, syksy = syys- ja lokakuu.

Laji	Yht	Syksy 2021	Kevät 2022	Kesä 2022	Syksy 2022	Kevät 2023
Alli	78	11	48		3	16
Etelänkiisla	1		1			
Haahka	6		4			2
Haapana	20	5			15	
Haara-pääsky	8		1			7
Harmaahan-hilaji	4		0			4
Harmaalokki	244	18	63	105	15	43
Isokoskelo	43	4	20	10	6	3
Joutsen	1		1			
Järripeippo	1		1			
Kaakkuri	66		36	26	3	1
Kahlaajalaji	11					11

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Laji	Yht	Syksy 2021	Kevät 2022	Kesä 2022	Syksy 2022	Kevät 2023
Kala/lapin-tiira	286		181	76		29
Kalalokki	95	20	11	51	11	3
Kalatiira	12		11			1
Keltavästä-räkki	1					1
Kuikka	352		210	66	5	71
Kuikkalintu-laji	659	10	502	63	9	75
Kyhmyjout-sen	7		7			
Lapintiira	143		86	11		46
Liro	1		1			
Lokkilaji	214	17	75	101	5	16
Meriharakka	5		5			
Merikihu	36		11	20		5
Merilokki	9		5	1	3	
Merimetso	8		5		3	
Mustalintu	119	12	60		9	37
Naurulokki	6		6			
Pikkukajava	1			1		
Pikkulintulaji	30		10			20
Pikkulokki	7		5			2
Pilkkasiipi	122	8	58	27	6	23
Pulmussirri	2		2			
Riskilä	49	12	4	21	8	4
Ruokki	280	42	98	54	69	17
Ruokkilintu-laji	71	4	30	26	10	1
Selkälokki	257		68	182	1	6

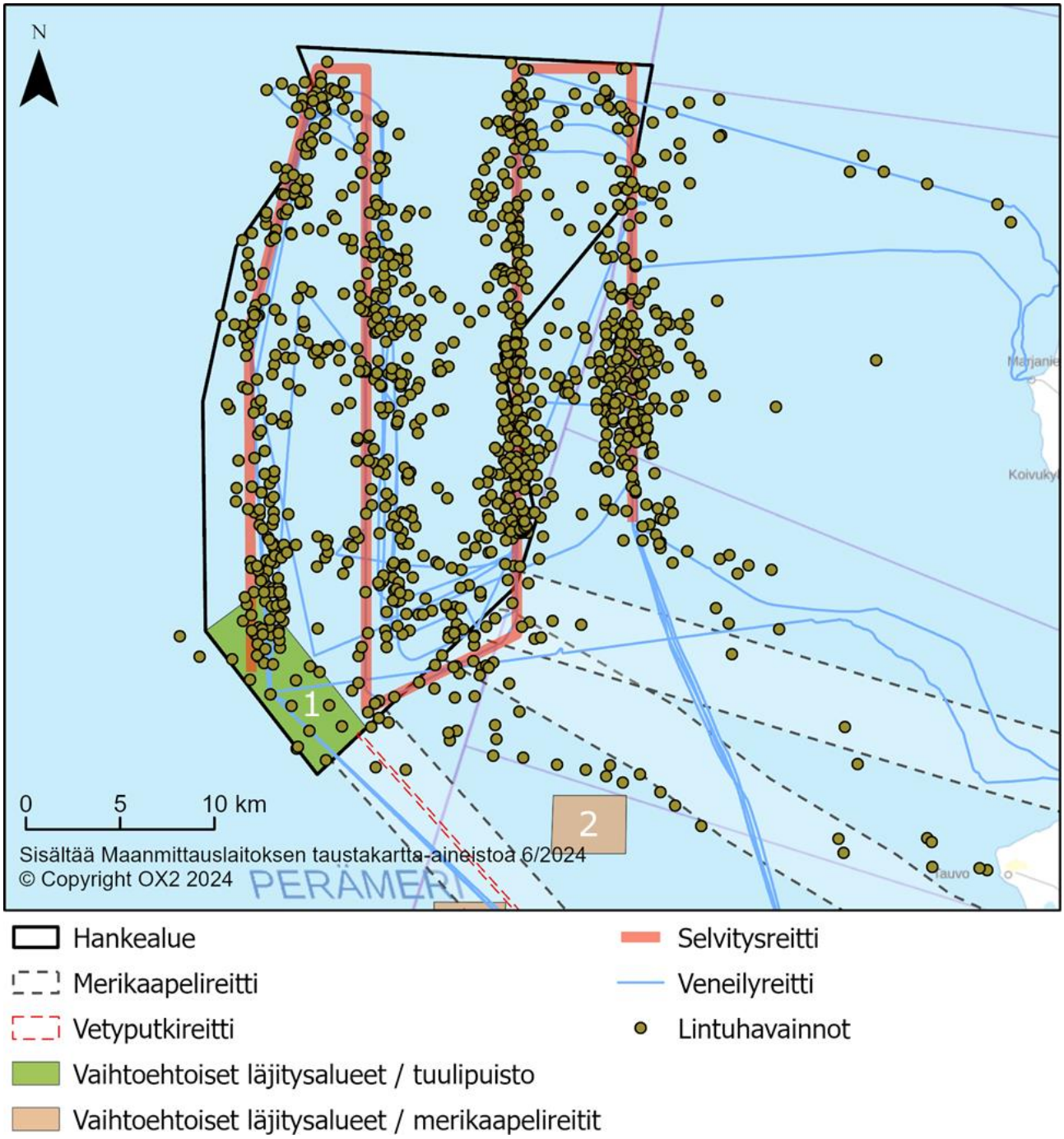
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Laji	Yht	Syksy 2021	Kevät 2022	Kesä 2022	Syksy 2022	Kevät 2023
Sinisorsa	2		2			
Sirrilaji	1		1			
Suosirri	11		0			11
Tavi	1		0			1
Telkkä	10			4		6
Tervapääsky	1		1			
Tukkakoskelo	54		22	15	3	14
Tukkasotka	3		3			
Tundrahanhi	1		1			
Urpiainen	3		0			3
Vesilintulaji	512	10	309	19	23	151
Vesipääsky	7		7			
Vihervarpunen	1		0			1
Västäräkki	1		1			
Kaikki yhteensä	**3863**	**173**	**1973**	**879**	**207**	**631**

Ruotsin puolella olevassa Polargrund merituulivoimahankkeessa tehdyssä linnustoselvityksessä on todettu, että Pohjanlahdella muuttavat linnut seuraavat pääasiassa rantaviivaa sen sijaan, että muuttaisivat suorempaa mutta riskialttiimpaa reittiä avomeren ylitse. Kevätmuutossa havaittiin eniten muuttavista linnuista vihervarpusta (*grönsiska*), kuikkaa (*storlom*), tukkakoskeloa (*småskrake*), mustalintua (*sjöorre*) ja naurulokkia (*skrattmås*). Syysmuutossa havaittiin eniten muuttavista linnuista keltavästäräkki (*gulärla*), järripeippo (*bergfink*), västäräkki (*sädesärla*), metsäkirvinen (*trädpiplärka*) ja niittykirvinen (*ängspiplärka*). Edellä olevat havainnot koskevat ulkomerellä tehtyä tarkkailua hankealueella. Kesäaikaiset linnustomäärät olivat samansuuntaisia Hallan havaintojen kanssa, eli määrät olivat pieniä kaikilla havaituilla lajeilla. Polargrundin linnustoselvityksen tulokset tukevat Hallan merituulivoimahankkeen linnustoselvityksen tuloksia. (wpd 2022)

Sekä muutonaikaisten (kevät ja syksy) että kesänaikaisten selvitysten aikana havaitut linnut jakautuivat varsin tasaisesti koko merituulivoimapuiston ja selvitettyjen reittien alueelle ilman havaittavia ympäröivästä merialueesta erottuvia alueita, joilla olisi ollut enemmän lintuyksilöitä. Jossain määrin oli todettavissa, että aivan tuulivoimapuistoalueen etelä- ja itäosassa keskimääräinen lintutiheys oli muuta tuulivoima-aluetta hieman korkeampi. Myös merituulivoimapuiston itäpuolisella Merikallan Natura-alueella, joka on syvyydeltään matalampaa kuin merituulivoimapuistoalueen vesialue, todettiin jossain määrin enemmän lintuja, mutta ero ei ollut merkittävä (Kuva 10-7).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

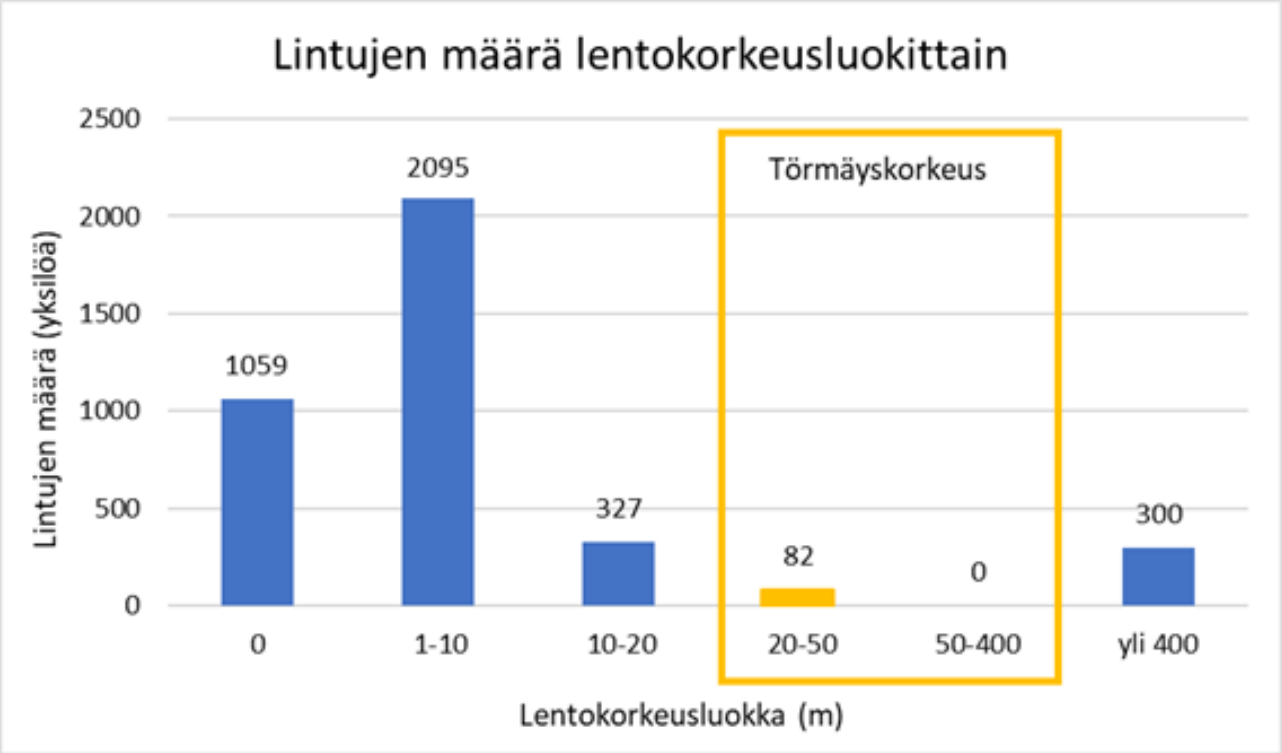


Kuva 10-7. Koontikartta kaikista vuosina 2021–2023 toteutetuissa Hallan merituulivoima-alueen selvityksissä merkatuista lintuhavainnoista sekä esimerkkejä kulkureiteistä. Punainen viiva kuvaa suunniteltua selvitysreittiä, ohuet siniset viivat kuvaavat veneellä kuljettuja reittejä. Muutamat suorat viivat/kulmat reitissä johtuvat paikannuslaitteen pätkimisestä.

Lentäviä lintuja havaittiin kaikkiaan 2 804 yksilöä (Kuva 10-8). Näistä 74,7 % lensi korkeusluokassa 1–10 metriä. Törmäyskorkeudella (20–400 metriä) todettiin lentävän vain 2,9 % (82 yksilöä) linnuista, jotka kaikki havaittiin korkeusluokassa 20–50 metriä. Korkeusluokassa 50–400 metriä ei siis havaittu yhtään lintuyksilöä. Havaintojen perusteella avomeriolosuhteissa sekä muuttavat että alueella muuten liikkuvat linnut siis lentävät pääasiassa matalalla pinnan tuntumassa. Lokit olivat ainoa lajiryhmä, joiden yksilöitä havaittiin säännöllisesti lentävän korkeammalla, tosin niistäkin valtaosa lensi törmäyskorkeuden alapuolella. Yksi todennäköinen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

mustalintuparvi (300 yksilöä) havaittiin lentävän tuulivoimapuistoalueen kautta korkealla, selvästi yli 400 metrin korkeudessa, eli törmäyskorkeuden yläpuolella.



Kuva 10-8. Kaavio kaikkien havaittujen lintujen (n=3 863 yksilöä) lentokorkeuksista. Korkeusluokat 20–50 metriä ja 50–400 metriä luokitellaan varovaisuusperiaatteen mukaisesti törmäyskorkeudeksi (kaaviossa merkitty keltaisilla palkeilla ja keltaisella rajauksella). Korkeusluokassa 50–400 metriä ei havaittu yhtään lintua.

Vuoden 2023 osalta samaan aikaan ja usein Perämerelle sijoittuvien Hallan ja Laineen merituulivoimahankkeiden kanssa peräkkäisinä päivinä toteutetuissa Selkämeren talousvyöhykkeelle sijoittuvan Tyrskyn merituulivoimahankkeen (OX2) linnustoselvityksissä todettiin merkittävä ero nimenomaan muuton aikaan lepäilevän linnuston yksilömäärissä verrattuna Perämeren yksilömääriin. Merenkurkun eteläpuolella laskettiin enimmillään 20 000 alueella lepäilevää mustalintua sekä tuhansia haahkoja ja pilkkasiipiä. Siirryttäessä Perämerelle Merenkurkun pohjoispuolelle, paikalliset linnut käytännössä loppuivat kokonaan. Aiemmin keväällä tämä johtui pääasiassa siitä, että Perämeri oli vielä ainakin osittain jäässä, mutta ilmiö oli todettavissa vielä koko Perämeren vapauduttua jäistä. Havaintojen perusteella arktiset vesilinnut kerääntyvät odottelemaan Merenkurkun eteläpuolelle otollisia muuttosäitä ja -olosuhteita ja lähtiessään muutolle ne eivät enää juuri pysähdy Perämeren alueella.

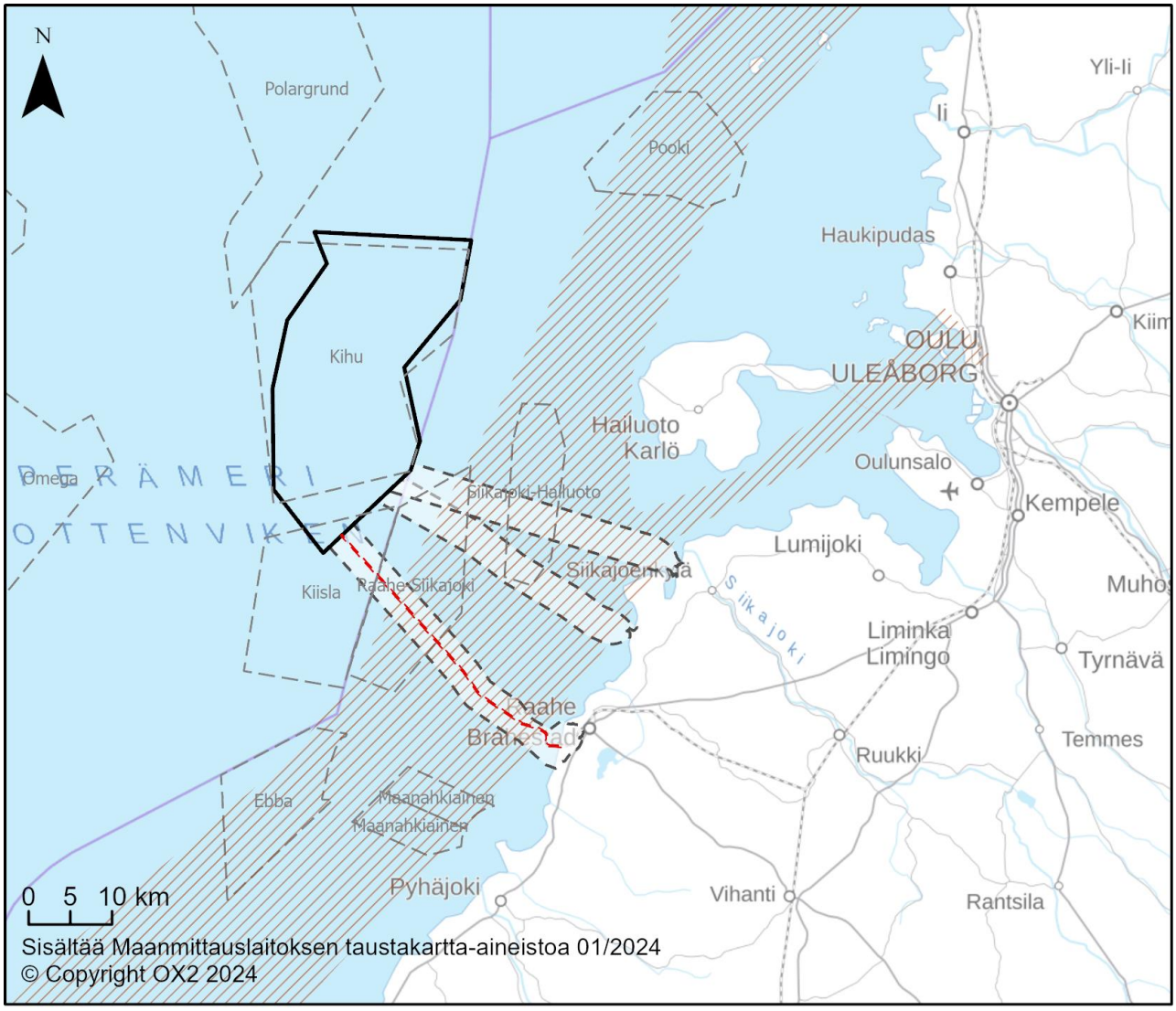
Selkämerellä lepäilevien runsaiden arktisten vesilintumäärien kohdallakin oli todettavissa selkeästi, että käytännössä ne kaikki havaittiin korkeintaan 20 kilometrin etäisyydellä rannikosta alueella, missä vedensyvyys ei ylitä 20 metriä. Talousvyöhykkeellä sijaitsevalla Tyrskyn hankealueella arktisia vesilintuja ei havaittu sen enempää kuin Hallan alueellakaan.

Alla on esitetty lajikohtainen tarkastelu keskeisimpien havaintojen ja merituulivoimapuiston vaikutusten kannalta keskeisimpien lajien osalta. Muita kuin alla mainittuja lajeja havaittiin vain yksittäisiä yksilöitä, eikä niitä käsitellä erikseen.

Kuikkalinnut (kuikka ja kaakkuri) / Lommar (storlom & smålom)

Hankkeen energiansiirtoreitit sijoittuvat kuikkalintujen valtakunnallisesti merkittävälle kevätmuuttoreitille (*Toivanen ym. 2023*) (Kuva 10-9).

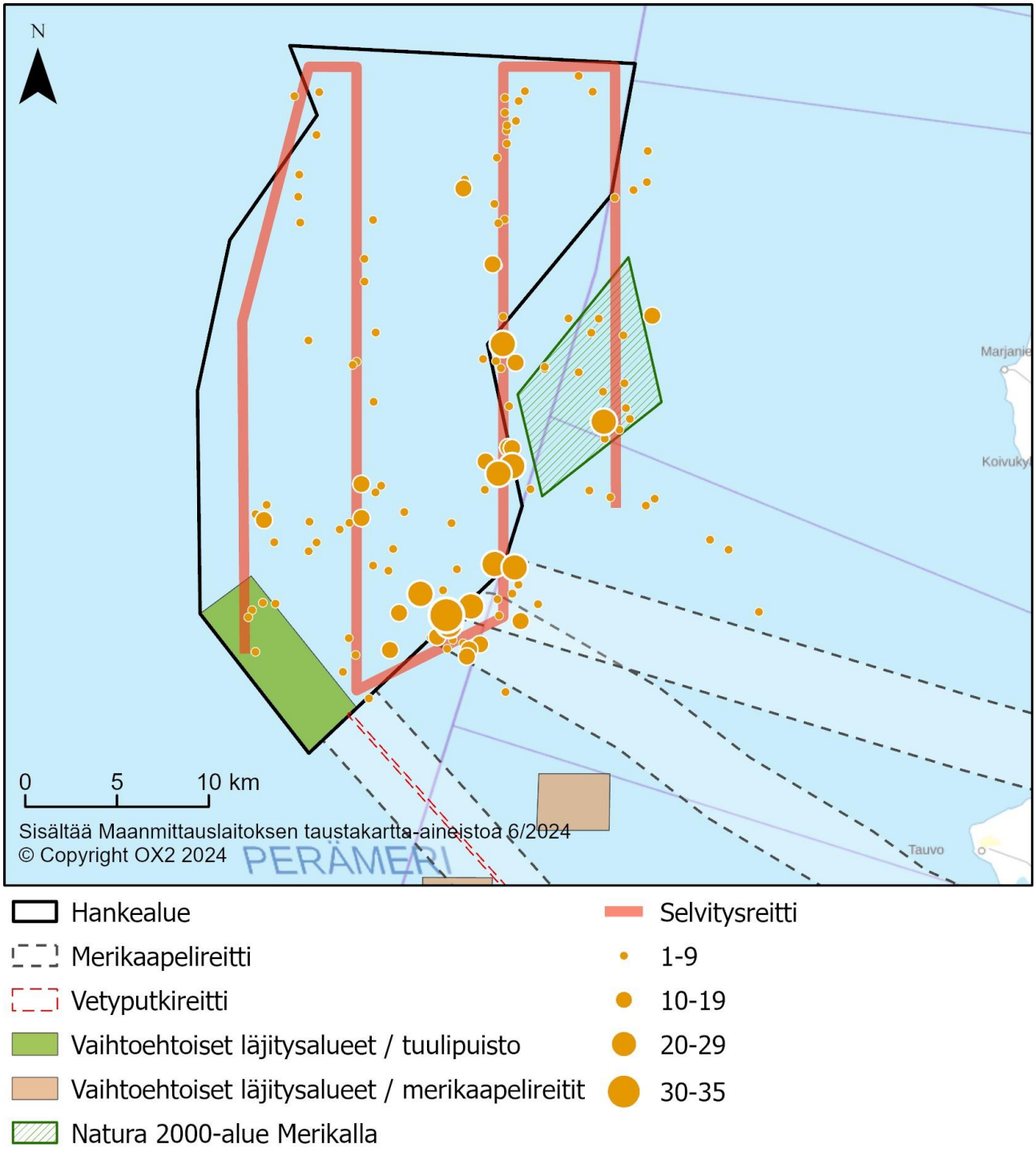
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-9. Kuikkalintujen valtakunnallisesti merkittävä kevätmuuttoreitti suhteessa Hallan merituulivoimapuistoalueeseen ja sen energiansiirtoreitteihin sekä muihin lähialueen merituulivoimahankkeisiin.

Vaikka merituulivoimapuisto sijoittuu määritellyn valtakunnallisesti merkittävän muuttoreitin ulkopuolelle, selvityksissä tuulivoimapuiston alueella ja sen lähiympäristössä todettiin varsin huomattavaa kuikkalintumuuttoa (Kuva 10-10). Kaikkiaan kuikkalintuja havaittiin selvitysten aikana 1 077 yksilöä, mikä on yli kaksinkertainen määrä verrattuna etelämpänä Perämerellä sijaitsevan Laineen merituulivoimapuiston alueeseen (413 yksilöä). Lähes kaikki lajilleen määritetyt kuikkalinnut olivat kuikkia, kaakkureita määritettiin vain 65 yksilöä. Myös olemassa olevan tiedon mukaan (mm. *wpd Finland Oy 2009*) kaakkurin päämuuttoreitti kulkee lähempänä rannikkoa kuin kuikalla.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-10. Koontikartta selvitysten aikana kevätmuutolla havaituista kuikkalinnuista. Käytännössä kaikki havaitut kuikat muuttivat koilliseen lähellä veden pintaa. Kartasta käy selkeästi ilmi, että havaittu kuikkalintujen muutto painottui hanke- ja selvitysalueen eteläosaan siten, että koilliseen muuttaessaan ne lentävät pääosin tuulivoimapuiston itäpuolelta.

Hallan ja Laineen selvitysten tulosten sekä olemassa olevan aineiston (*www.artportalen.se, wpd Finland Oy 2009*) kuikkien muuttoreitti kulkee karkeasti siten, että se painottuu Pohjanlahden eteläosissa Ruotsin puolelle aina Merenkurkkuun saakka. Merenkurkusta muutto jatkuu suoraan ulkomeren kautta leveänä rintamana siten, että se suuntautuu Suomen puolelle ja Hailuodon ja Ulkokrunnin länsipuolelta edelleen Iin-Simon rannikolle ja sieltä edelleen sisämaahan. Hallan tuulivoimapuistoalue sijoittuu osittain tälle reitille. Tämä todettiin myös selvityksissä, sillä vuoden 2022 toukokuun kaikilla käyntikerroilla havaittiin merituulivoimapuistoalueen kautta

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

muuttavia kuikkaparvia. Muutto painottui jossain määrin merituulivoima-alueen eteläosiin, jonka kautta parvet muuttivat lähinnä koilliseen, mikä tukee yllä olevaa arviota kuikkien muuttoreitin sijoittumisesta.

Havaituista kuikista 82 % havaittiin toukokuussa eli kevätmuuton aikaan tuulivoima-alueen kautta muuttavina tai muuton aikana lepäilevinä. Muuttolennossa havaituista 897 kuikkalinnusta vain 13 yksilöä neljässä parvessa todettiin lentävän korkeusluokassa 20–50 m, eli mahdollisella törmäyskorkeudella. Näitä yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta kaikki havaitut kuikkalinnut siis lensivät törmäyskorkeuden alapuolella, suurelta osin lähes pinnassa, eli alle 10 metrin korkeudessa. Kun arktisten vesilintujen kohdalla havainto oli saman suuntainen, tämä on yksi merkittävimmistä linnustoselvitysten havainnoista arvioitaessa linnustoon kohdistuvia törmäysvaikutuksia. Havainto myös poikkeaa silmiinpistävästi rannikon läheisyydessä havaittavasta kuikkalintumuutosta, sillä rannikon tuntumassa muuttavat parvet lentävät yleensä korkeusluokassa 20–50 metriä. Mantereen ylle noustessaan kuikkalintuparvet nousevat yleensä satojen metrien korkeuteen. Ulkomerellä, missä ei ole esteitä näköpiirissä, parvet pääsääntöisesti siis muuttavat aivan pinnan tuntumassa.

Havaitussa kuikkalintumuutossa oli merkittävä ero keväiden 2022 ja 2023 välillä. Vuonna 2022 kuikkalintuja muutti huomattavia määriä merituulivoimapuiston kautta, mutta vuonna 2023 kuikkalintuja havaittiin vain 77 muuttavaa yksilöä. Tähän voivat vaikuttaa useat tekijät. Vuoden 2023 ”kuikkalintukevät” Pohjanlahdella oli yleisestikin vaisu eli kuikkalintuja yksinkertaisesti muutti vähemmän Pohjanlahden kautta kuin yleensä. Tämä on pitkällä aikavälillä yleisesti tiedossa oleva ilmiö, jonka syytä ei tosin yksiselitteisesti tiedetä. On mahdollista, että Itämeren alueella muuton aikana vallitsevien olosuhteiden myötä suurempi osa kuikkalinnuista ohjautuu Suomenlahdelle, jota kautta suurin osa Suomen kautta muuttavista kuikkalinnuista muuttaa joka tapauksessa. Myös tuulen suunnalla on merkittävä paikallinen vaikutus muuttoreittien sijoittumiseen. On mahdollista, että parvet muuttivat lähempänä Ruotsin rannikkoa, jolloin ne eivät ole havaittavissa Hallan tuulivoima-alueelta. Myös sattumalla voi olla merkitystä eli vuoden 2023 tarkkailukäynnit osuivat hetkiin, jolloin kuikkalintujen muutto oli vähäistä.

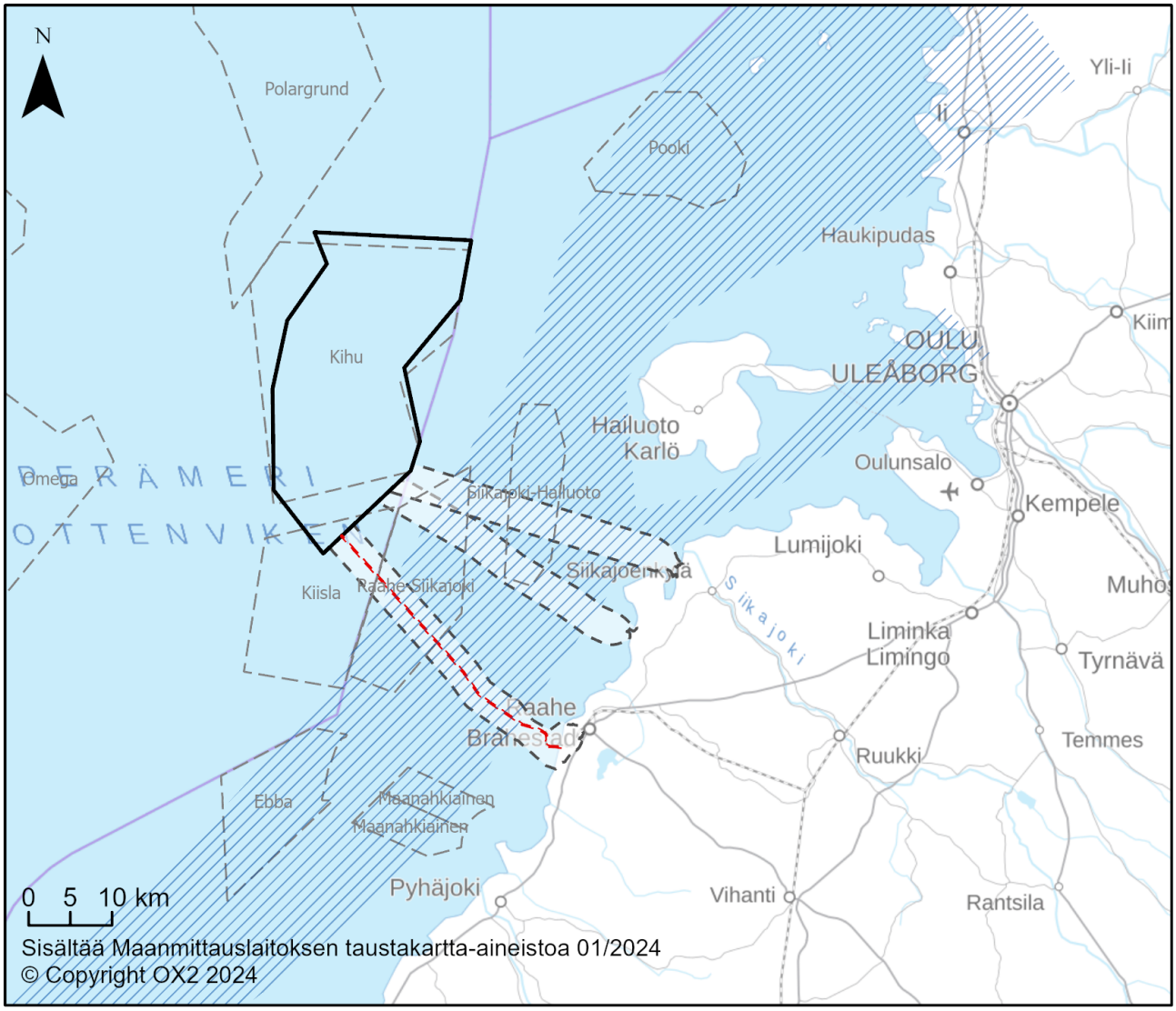
Kesäaikana (kesä–elokuu 2022) pesimättömiä kuikkalintuja havaittiin yksittäin ja pikkuparvina yhteensä 158 yksilöä. Tyypillisesti etenkin kuikkia kertyy parviksi merelle ja järvien selille ennen syysmuuttoa, mutta Hallan merituulivoima-alueella tämä ei vaikuta olevan merkittävä ilmiö.

Myös syksyllä havaittu kuikkalintujen muutto ja muutonaikainen lepäily Hallan tuulivoimapuiston alueella oli lähes olematonta: kuikkalintuja havaittiin lepäilemässä alueella yhteensä vain 22 yksilöä.

Arktiset vesilinnut (mustalintu, pilkkasiipi, alli) / Arktiska sjöfåglar (sjöorre, svärta, alfågel)

Hankkeen energiansiirtoreitit sijoittuvat mustalinnun ja muiden arktisten vesilintujen valtakunnallisesti merkittävälle kevätmuuttoreitille (*Toivanen ym. 2023*) (Kuva 10-11).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-11. Mustalinnun ja muiden arktisten vesilintujen valtakunnallisesti merkittävä kevätmuuttoreitti suhteessa Hallan merituulivoimapuiston alueeseen ja sen energiansiirtoreitteihin sekä muihin lähialueen merituulivoimahankkeisiin.

Kaikkiaan vuosien 2021–2023 selvitysten aikaan merituulivoimapuiston alueella havaittiin 967 vesilintua (sjöfåglar). Osa määrittämättömistä vesilinnuista voi koskea myös muita kuin otsikon lajeja. Tämä on merkittävästi vähäisempi määrä kuin Laineen merituulivoimapuiston alueella vastaavissa selvityksissä havaittu vesilintumäärä (6 579 yksilöä).

Olemassa olevan tiedon (mm. *www.artportalen.se*, *wpd Finland Oy 2009*) mukaan Merenkurkusta pohjoiseen jatkaessaan vesilintuparvet, kuikista poiketen, jossain määrin seuraavat jompaakumpaa rannikkolinjaa joko Ruotsin tai Suomen puolella. Ne eivät siis muuta ainakaan samoissa määrin suoraan ulkomeren kautta kuin kuikkalinnut. Suomen puolella Perämeren pohjoisosissa arktiset vesilinnut muuttavat Hailuodon molemmin puolin, jonka jälkeen osa jatkaa koilliseen sisämaahan, osan jatkaessa pohjoiseen rannikkolinjan mukaisesti kohti Perämeren pohjukkaa. Näin ollen Suomen puolta muuttavat vesilinnut ohittavat Hallan tuulivoima-alueen suurelta osin itäpuolelta, kuten yllä olevassa kartassa esitetään. Tämä havaittiin myös

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

käytännössä 19.5.2022 illalla toteutetun maastokäynnin aikana. Perämerellä vesilintumuutto on yleensä vilkkainta illalla. Vesilinnut lähtevät muutolle alkuillasta ja jatkavat muuttoaan yön yli. 19.5. illalla Raahen edustalla haastavien jääolosuhteiden vuoksi merituulivoimapuiston alueelle lähdettiin Hailuodon Marjaniemestä, missä meni varsin voimakasta vesilintumuuttoa (lähinnä mustalintuja) heti Marjaniemen kärjen länsipuolella. Illan aikana havaittiin yli 12 000 muuttavaa mustalintua ja veneestäkin satamasta lähtiessä havaittiin pari tuhatta yksilöä. Länteen päin kuljettaessa muuttoparvet loppuivat käytännössä kokonaan, vaikka Marjaniemen länsipuolella muutto jatkui voimakkaana, ja itse merituulivoimapuiston alueella havaittiin vain yksi noin 300 yksilön parvi sekä muutamia satunnaisia pikkuparvia.

Vastaavasti edellisenä iltana 18.5.2022 Laineen tuulivoima-alueella (Merenkurkun pohjoispuolella) toteutetun maastokäynnin yhteydessä havaittiin voimakasta vesilintumuuttoa, joka suurelta osin kulki Ruotsin puolella selvästi Laineen tuulivoima-alueen länsipuolella. Kaikkiaan tuon yhden illan aikana havaittiin 4 797 yksilöä eli yli 70 % Laineen selvityksessä havaituista vesilintujen yhteismäärästä.

Kuten kuikkalintujenkin kohdalla, merkittävä ja silmiinpistävä havainto oli Hallan tuulivoimapuistoalueen kautta muuttavien vesilintuparvien matala lentokorkeus. Havaituista vesilinnuista jo mainittua 300 mustalinnun parvea lukuun ottamatta kaikki havaitut vesilinnut lensivät törmäyskorkeuden alapuolella eli käytännössä lähes meren pinnassa. Kuikkalintujen tapaan lähempänä rannikkoa ja etenkin mantereen yllä muuttavat vesilintuparvet lentävät usein satojen metrien korkeudella, mutta ulkomerellä ne havaintojen perusteella lentävät pääasiassa matalalla pinnan tuntumassa.

Kesäaikana arktisia vesilintuja ei merituulivoimapuiston alueella havaittu lainkaan.

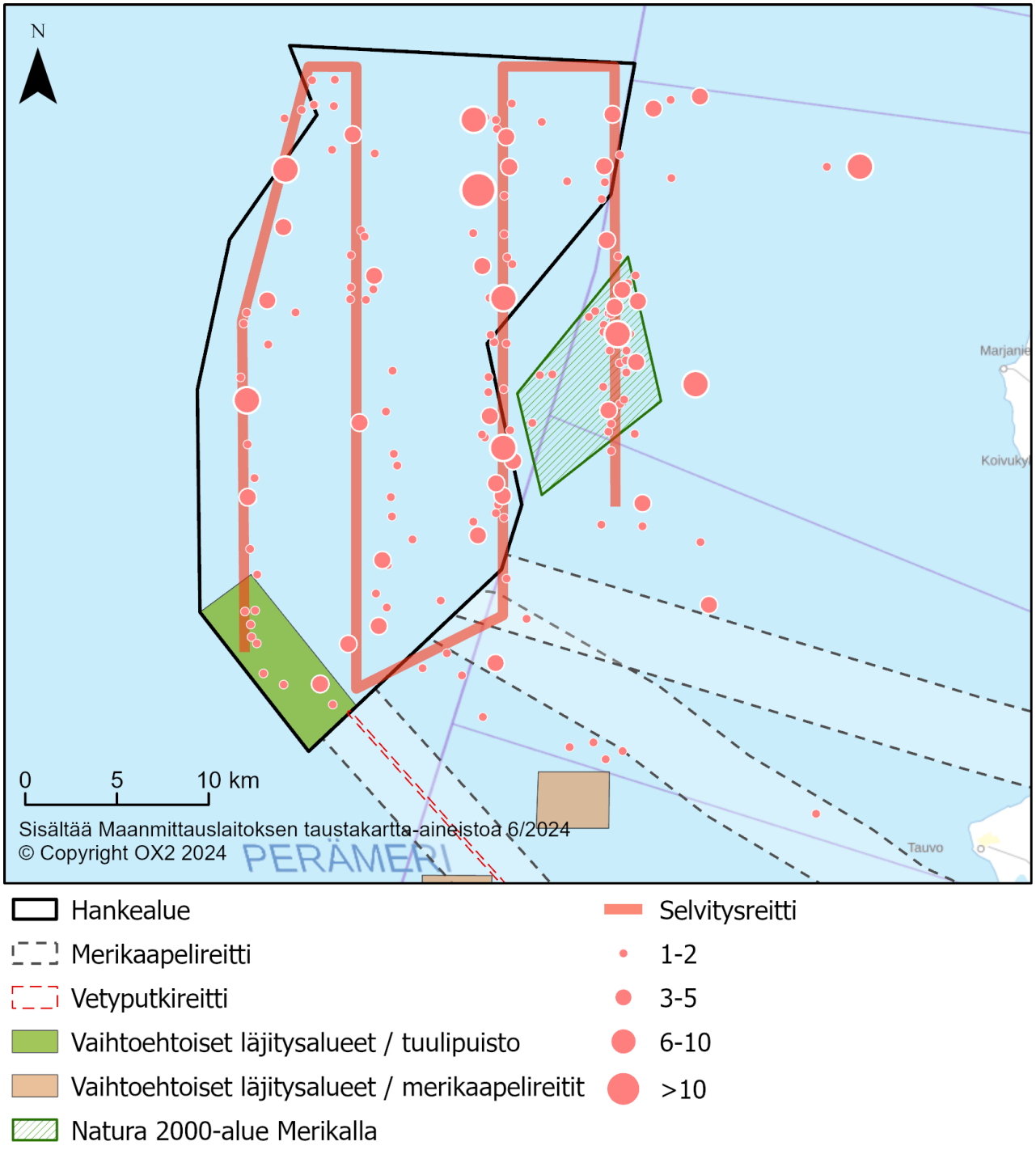
Myös syksyllä arktisten vesilintujen esiintyminen tuulivoimapuistoalueella oli lähes olematonta. Mustalintuja havaittiin 15 yksilöä, pilkkasiipiä 6 yksilöä ja alleja 3 yksilöä.

Ruokkilinnut (alkor)

Hallan merituulivoima-alueella esiintyvistä ruokkilinnuista ylivoimaisesti runsain on ruokki (tordmule) (Kuva 10-12). Kaikkiaan ruokkeja havaittiin 350 yksilöä, mitä voidaan pitää merkittävänä määränä. Toukokuussa ruokkeja havaittiin kaikkiaan noin 146 yksilöä, jotka tulkitaan kevätmuutolla olleiksi. Kesäaikaisia ruokkeja, joiden tulkitaan olleen joko pesimättömiä tai rannikon pesimäyhdyskunnista lähtöisein olevia, ruokailulennolla olleita yksilöitä, havaittiin yhteensä 80 yksilöä. Suomen puolella Hallan tuulivoima-aluetta lähin ja merkittävin ruokkiyhdyskunta on Iin Krunneilla, missä ruokkeja pesii neljässä yhdyskunnassa noin 450 paria (2019 tilanne) (*H. Tuohimaa / Metsähallitus, kirjall. tiedonanto*).

Ruokkeja havaittiin lähes kaikilla kevätmuuton sekä kesän ja syksyn käyntikerroilla. Suurimmillaan yksilömäärät olivat toukokuun lopulla, jolloin havaittiin enimmillään 71 ruokkia yhden päivän/ käyntikerran aikana. Myös 31.7. havaittiin 46 ruokkia, jolloin havaittiin myös yksi pesästä emon kanssa merelle lähtenyt poikanen. Myös loppusyksystä havaittiin vielä ruokkeja: 20.10. 49 yksilöä ja 27.10. 45 yksilöä. Mainitut yksilömäärät sisältävät määrittämättömät ruokki/etelänkiislat.

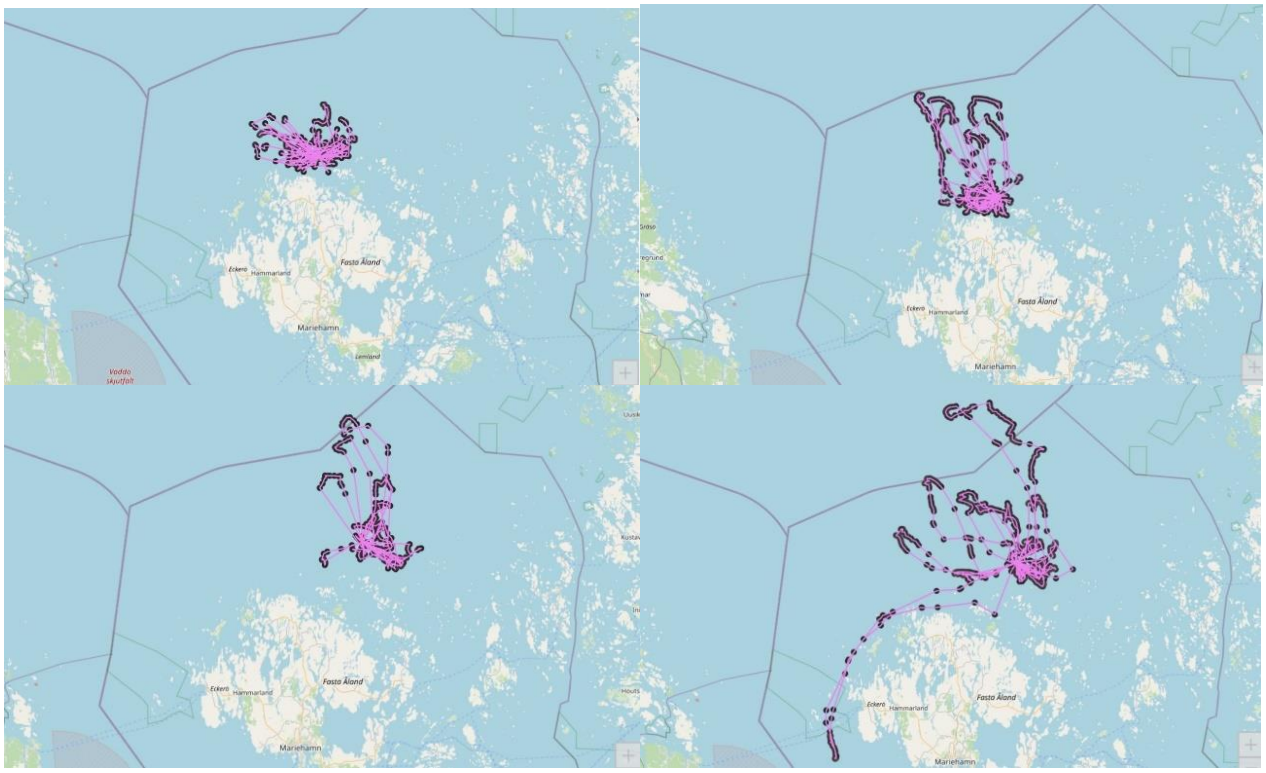
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-12. Selvitysten aikana havaitut ruokit. Ruokkihavainnot jakautuivat varsin tasaisesti koko hanke- ja selvitysalueelle.

Ahvenanmaan pohjoispuolella sijaitsevaan OX2:n Noatun Nord -hankkeeseen liittyvässä, Avescapes Oy:n vuonna 2023 toteuttamassa ruokkien satelliittiseurannassa ruokkien todettiin pääasiassa ruokailevan muutaman kilometrin säteellä pesimäkoloniasta, mutta yksittäisten ruokailulentojen todettiin ulottuvan useiden kymmenien kilometrien etäisyydelle (Kuva 10-13Kuva 10-2). Näin ollen on mahdollista, että Krunnien lisäksi ruokkeja saapuu Hallan tuulivoimapuiston alueelle myös Ruotsin puolen pesimäyhdyskunnista.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-13. Kooste Noatun Nord -hankkeen yhteydessä toteutetun ruokkien satelliittiseurannan paikannuksista. Paikannusaineistosta voidaan todeta, että valtaosa liikkumisesta sijoittuu pesimäyhdyskunnan läheisyyteen, mutta yksittäiset lennot voivat ulottua kauaskin pesimäkoloniasta. Pesimäyhdyskunta ja merkkauspaikka sijaitsevat Ahvenanmaan pohjoispuolella Norrskäretin saarella. Kuvat: Avescapes Oy.

Muista ruokkilinnuista riskilöitä (tobisgrissla) havaittiin 49 ja yksi Perämerellä harvinainen etelänkiisla (sillgrissla). Riskilöistä 21 havaittiin kesällä ja niiden tulkitaan olleen joko pesimättömiä tai jostain rannikon / saariston pesimäpaikoilta lähtöisin olevia, ruokailulennoilla olleita yksilöitä.

Ruokkilinnuille on tyypillistä, että ne lentävät käytännössä aina matalalla lähellä meren pintaa.

Muut vesilinnut

Tässä yhteydessä ”muiksi vesilinnuiksi” (sjöfåglar) luokitellaan sorsalinnut (andfåglar), hanhet (gäss), joutsenet (svanar) ja merimetso (storskarv). Yhteensä näitä lajeja havaittiin merituulivoimapuiston alueella 149 yksilöä. Näistä ainoa yksilö, joka lensi tuulivoimapuiston alueella törmäyskorkeudella (20–50 metriä), oli tundrahanhi (blåsgås), joka lensi toukokuussa kevätmuuton tarkkailuiden yhteydessä tuulivoimapuistoalueen kautta kaakkoon. Muut joko lensivät törmäyskorkeuden alapuolella tai havaittiin uimassa. Muista hanhista havaittiin vain yksi neljän hanhilajin parvi toukokuussa 2023. Tosin on huomattava, että selvitykset alkoivat vasta toukokuussa hanhimuuton ollessa jo pääosin ohi.

Valtaosa havaituista ”muista vesilinnuista” oli koskeloita (iso- ja tukkakoskelo) (skrakar, storskrake & småskrake), joita havaittiin kaikkiaan 97 yksilöä. Havainnot jakautuivat varsin tasaisesti keväästä syksyyn. Toukokuussa ja kesällä koiraat sekä pesimättömät ja pesinnässään epäonnistuneet yksilöt liikkuvat laajalti ja syysmuuttoa tapahtuu ulkomerellä vähäisissä määrin.

Muita lajeja havaittiin hyvin niukasti. Muiden vesilintujen yksilömääriä voidaan pitää varsin vähäisenä, kun huomioidaan, että mainitut yksilömäärät jakautuvat sekä muutonaikaisiin että kesän aikaisiin havaintoihin.

Lokkilinnut ja tiirat (måsar, trutar och tärnor)

Lokkeja havaittiin merituulivoimapuiston alueella kaikkiaan 832 yksilöä. Lajilleen määritetyistä lokeista selkälokkeja (silltrut) havaittiin 257, harmaalokkeja (gråtrut) 244 ja kalalokkeja (fiskmås) 95 yksilöä. Muita lokkilajeja (meri- (havstrut), nauru- (skrattmås) ja pikkulokki

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

(dvärgmås)) havaittiin vain yksittäisiä. Lisäksi havaittiin yksi Suomessa harvalukuisena läpimuuttajana esiintyvä pikkukajava (tretåig mås).

Havaituista lokeista noin 8,1 % lensi törmäyskorkeudella (20–50 metriä) muiden lentäessä matalalla törmäyskorkeuden alapuolella tai ne havaittiin uimassa. Lajiryhmänä lokit olivat siis keskimäärin korkeimmalla lentäviä, eli suurin osa kaikista havaituista törmäyskorkeudella lentävistä linnuista oli lokkeja.

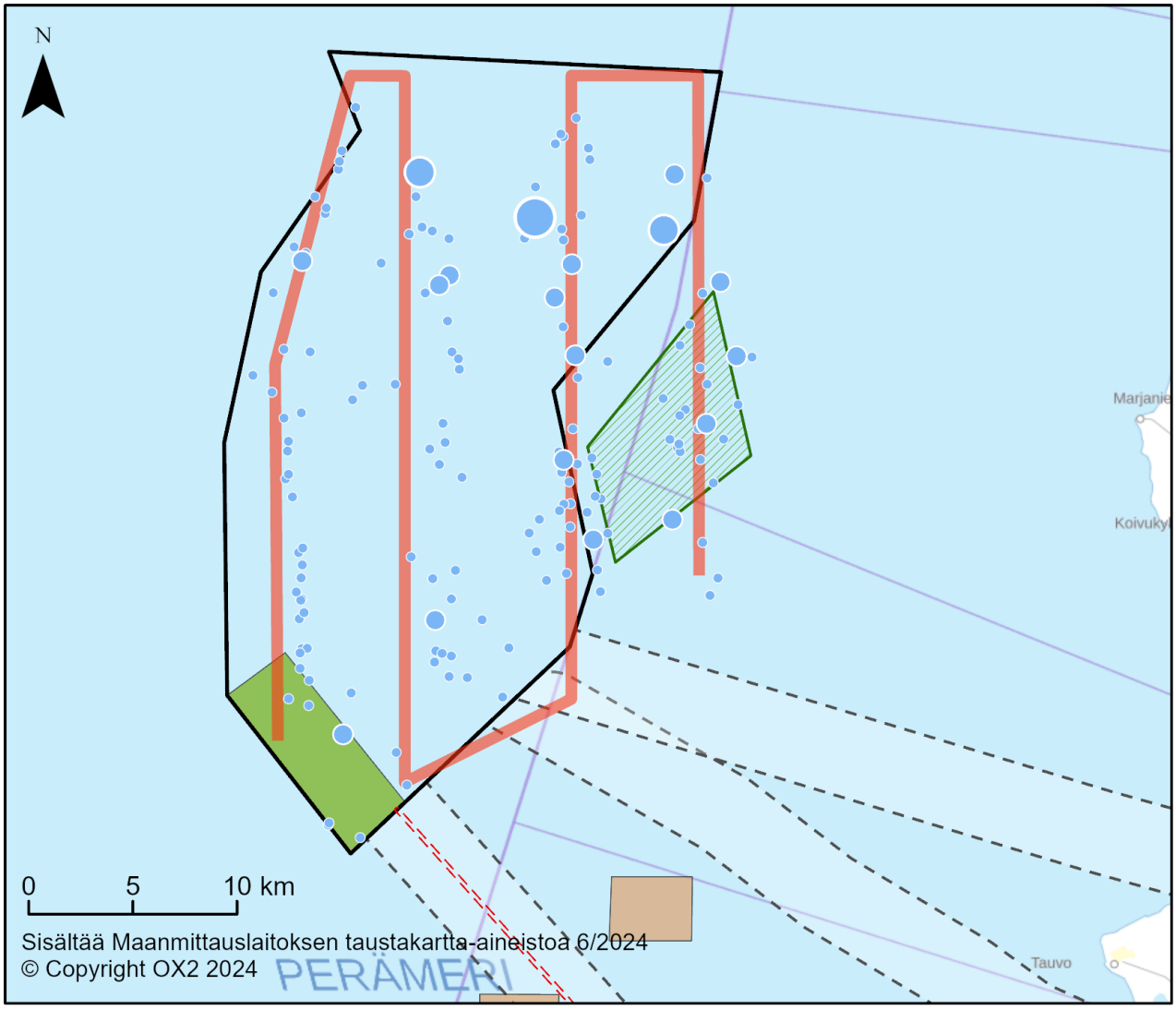
Lokkeja esiintyi varsin tasaisesti sekä ajallisesti koko selvityskauden ajan, että alueellisesti koko tuulivoimapuiston alueella ja sen ympäristössä. Havaintojen perusteella hankealueella liikkuu lokkeja muuttoaikoina ja lisäksi hankealueella on merkitystä myös lokkien pesimäaikaisena ruokailualueena. Selvitysten aikaan todettiin siellä täällä ilmeisesti pikkukalaparvia, jotka keräsivät lähialueen lokkeja tiiviiksi, korkeintaan muutaman kymmenen yksilön parviksi. Isohko lokkiparvi seurasi myös tuulivoima-alueen reunalla kalastanutta troolivenettä. Muutoin lokkeja havaittiin satunnaisesti ja tasaisesti, yleisvaikutelmaltaan harvakseltaan koko tuulivoimapuiston alueella.

Tiiroja havaittiin Hallan merituulivoimapuiston alueella 441 yksilöä. Tässä raportissa kala- (fisktärna) ja lapintiira (silvertärna) käsitellään yhdessä, mutta valtaosa lajilleen määritetyistä tiiroista oli lapintiiroja. Kaikki havaitut tiirat lensivät matalalla 1–10 tai 10–20 metrin korkeudella ja niitä esiintyi tasaisesti koko tuulivoimapuiston alueella keväällä ja kesällä.

Selkälokki

Alueella havaittujen selkälokkien määrää voidaan pitää merkittävänä. Laji on uhanalaisluokitukseltaan erittäin uhanalainen (EN) (*Hyvärinen ym. 2019*). Suurimmat päiväsummat (eli merituulivoimapuiston alueella havaittuja selkälokkeja per käyntikerta) olivat 61 (25.6.) ja 68 (14.8.) yksilöä. Jälkimmäisenä päivänä havaittiin myös muutamia selviä poikueita, eli juuri lentämään oppineet nuoret yksilöt seurailivat emojaan. Selvityksissä ei havaittu, mistä päin selkälokit merituulivoima-alueelle olivat tulleet, tai havaittu niiden poistumista mihinkään suuntaan. Hallan merituulivoimapuistoa lähimmät selkälokkien pesimäyhdyskunnat sijaitsevat Iin Krunneilla ja lähisaarissa, missä pesii kaikkiaan noin 100 paria (122 paria vuonna 2008 ja 88 paria vuonna 2019) (*H. Tuohimaa / Metsähallitus, kirjall. tiedonanto*) Myös Raahen-Pyhäjoen rannikolla ja saaristossa pesii selkälokkeja, mutta vähemmän kuin Iin saaristossa. Etäisyyttä Krunnien saaristoon on merituulivoimapuiston lähimmästä nurkasta noin 40 kilometriä ja Raahen edustan saariin, missä selkälokkeja pesii (Jyry, Kallanriutta) vähimmillään noin 30 kilometriä. Ruotsin puolen tarkkoja parimääriä ei ole tiedossa, mutta yhdyskuntia on koko pohjoisen Perämeren rannikon alueella. Parimäärät lienevät Ruotsin puolella suuremmat kuin Suomessa Perämeren pohjoisosan osalta (*Länsstyrelserna 2020*). Lähimmät mahdolliset pesimäpaikat Ruotsin puolella ovat Malörenin ja Sandskärin (Sanskeri) saaret pohjoisessa, etäisyyttä Hallan merituulivoima-alueen pohjoisreunaan on noin 40 kilometriä. Luoteessa Luulajan saariston uloimpiin saariin matkaa kertyy noin 60 kilometriä.

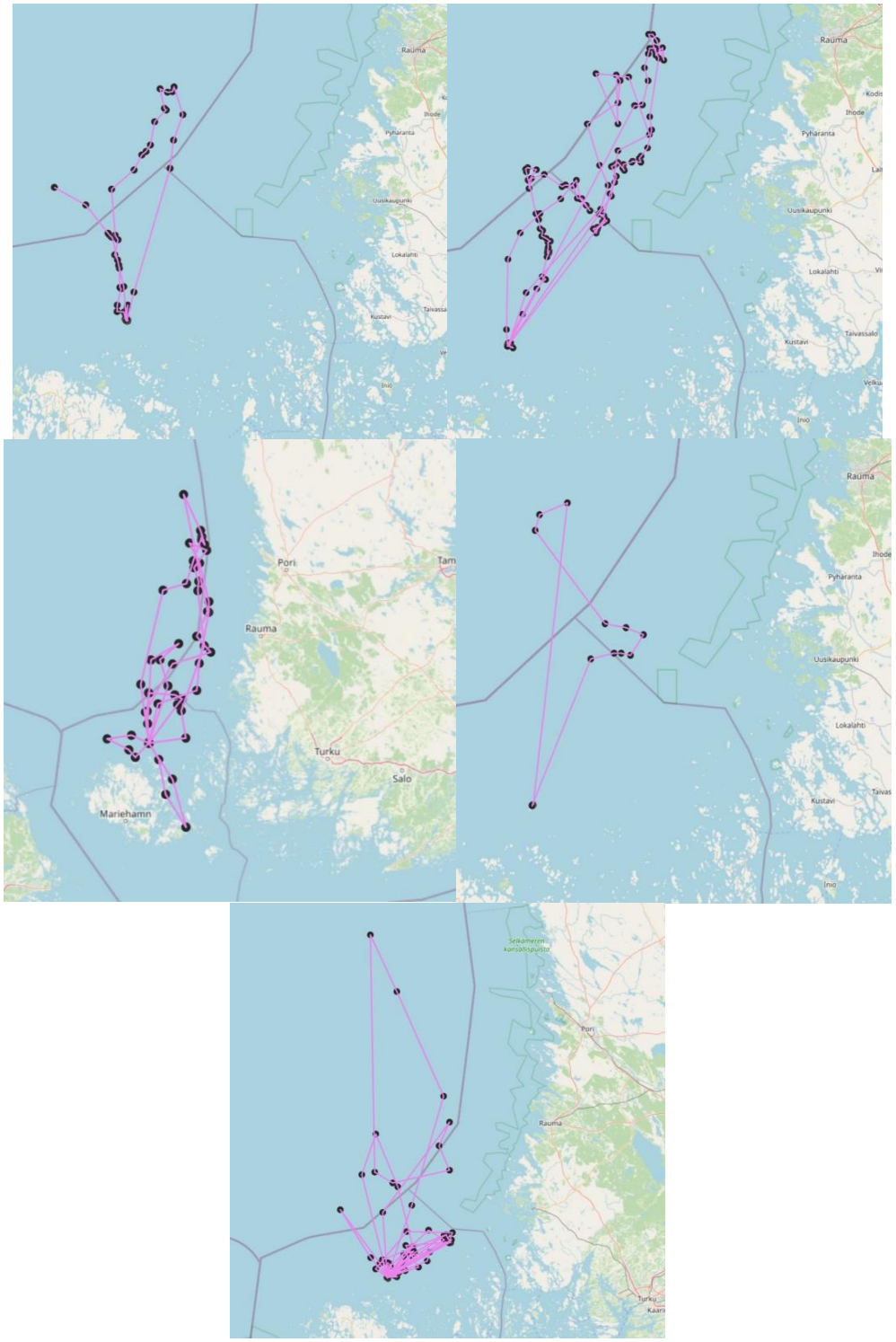
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-14. Hallan merituulivoimapuistoalueen selvityksissä havaitut selkälokit. Havainnot jakautuivat varsin tasaisesti koko hanke- ja selvitysalueelle, mutta suurimmat parvet / kerääntymät painottuivat jossain määrin alueen pohjoisosaan.

Ahvenanmaan pohjoispuolella sijaitsevaan OX2:n Noatun Nord -hankkeeseen liittyvässä, Avescapes Oy:n vuonna 2023 toteuttamassa selkälokkien satelliittiseurannassa selkälokkien ruokailulentojen todettiin ulottuvan jopa 150 kilometrin etäisyydelle pesimäyhdyskunnasta. Seurannassa viiden lähetinlinnun lähettimet toimivat riittävän hyvin, että niistä voitiin laatia liikkumiskartat (Kuva 10-15). Ruokailulennot ulottuivat karkeasti 50–150 kilometrin etäisyydelle pesimäkoloniasta ja suuntautuivat pääasiassa Selkämeren avomerelle.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

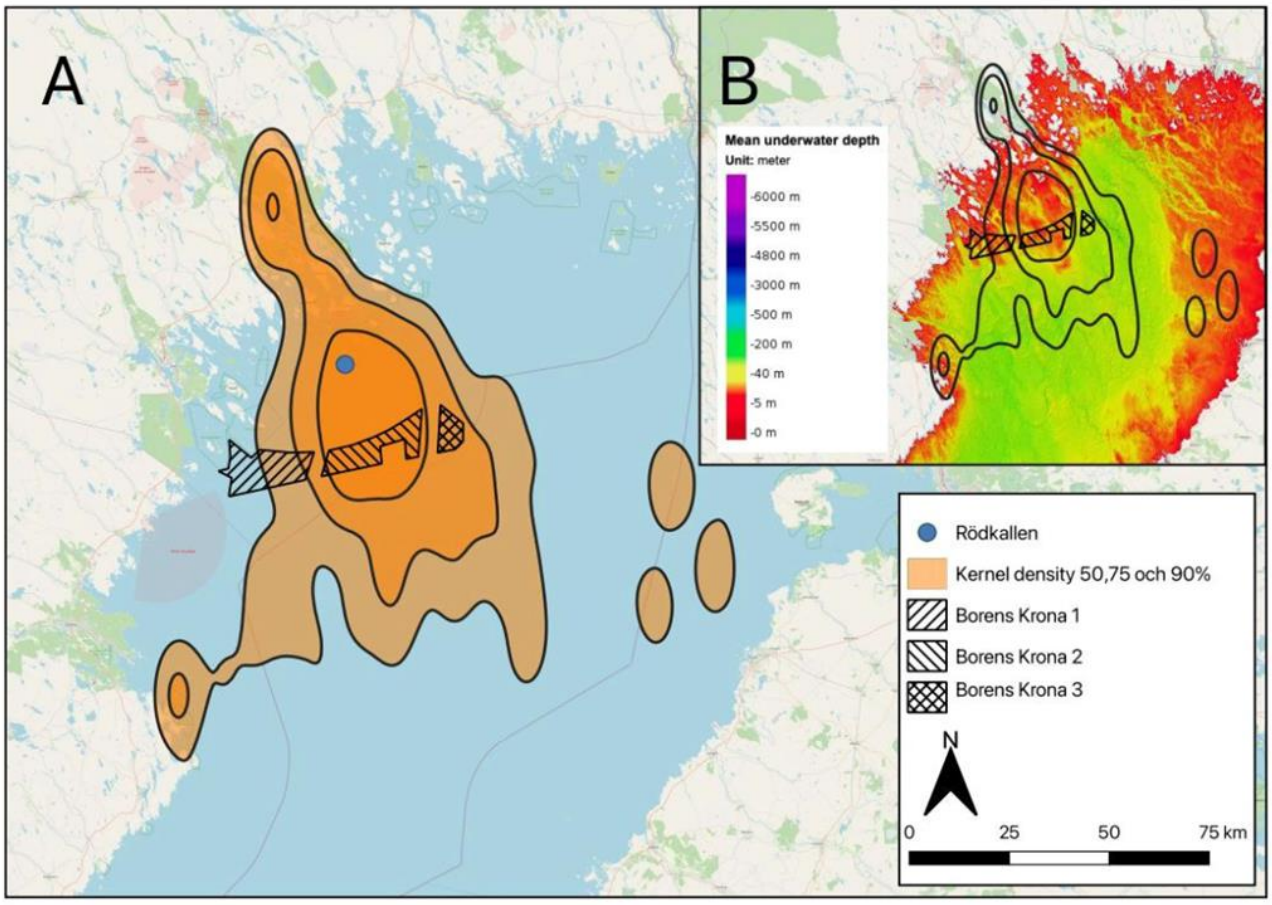


Kuva 10-15. Kooste Noatun Nord -hankkeen yhteydessä toteutetun selkälokkien satelliittiseurannan paikannuksista. Paikannusaineistosta voidaan todeta, että valtaosa liikkumisesta suuntautuu ulkomerelle ja voi ulottua jopa 150 kilometrin etäisyydelle pesimäyhdyskunnasta. Pesimäyhdyskunta ja merkkauspaikka sijaitsevat Ahvenanmaan pohjoispuolella Norrskäretin saarella. Kuvat: Avescapes Oy.

Juvasteen ym. (*2017*) seurantatutkimuksessa Kokkolan ja Uusikaarlepyyn rannikolla satelliittilähettimillä merkatut selkälokit ruokailivat pääasiassa mantereella ja kaukanakin sisämaassa sijaitsevilla turkistarhoilla. Tässä seurannassa ruokailulennot ulottuivat yli 60 kilometrin etäisyydelle pesimäyhdyskunnasta. Keskiarvo ruokailulentojen pituudessa vaihteli 11,2 kilometrin ja 34,9 kilometrin välillä (n=5).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ruotsin puolella sijaitsevaan Bores krona -merituulipuistoon liittyvien linnustoselvitysten yhteydessä seurattiin kuutta Rödkallenin pesimäyhdyskunnassa pesivää selkälokkiyksilöä satelliittilähettimillä vuosina 2018–2022. Kahta yksilöä voitiin seurata kahden pesimäkauden ajan (*Ottvall Consulting Ab 2024*). Paikannusaineiston perusteella myös Rödkallenin selkälokit hankkivat ravintonsa laajalta alueelta. Yksi kuudesta yksilöstä hyödynsi Luulajan kaatopaikkaa (Kuva 10-16, luoteeseen suuntautuvat paikannukset). Liikkumista tapahtui kuitenkin myös laajalle alueelle avomerelle ulottuen myös selvästi Suomen puolelle saakka (Kuva 10-16).



Kuva 10-16. Ruotsin Rödkallenin selkälokkiyhdyskunnassa pesivien kuuden selkälokkiyksilön ruokailulentojen suuntautuminen pesimäaikana (24.5.–30.8.). Kuvassa liikkumisen jakaantuminen on esitetty 90 %, 75 % ja 50 % luokissa oranssista vaaleanruskeaan. Kuva ©: (Ottvall Consulting Ab 2024).

Yllä mainittujen seurantojen tulosten perusteella 30–40 kilometrin etäisyydellä Raahen saaristosta, Iin saaristosta ja Ruotsin puolen Malörenin ja Sandskärin saaristosta sekä yli 60 kilometrin etäisyydellä sijaitsevasta Luulajan saaristosta sijaitseva Hallan merituulivoima-alue voi lentomatkan puolesta hyvin kuulua kaikkien mainittujen alueiden selkälokkien ruokailualueisiin. Ruotsin puolen pesimäyhdyskunnista ei ole vastaavaa satellittidataan perustuvaa tietoa ruokailulentojen suuntautumisesta, mutta oletettavaa on, että selkälokkeja saapuu Suomen ja Ruotsin talousvyöhykkeille ruokailemaan myös sieltä.

Ruotsin talousvyöhykkeellä olevassa Polargrund merituulivoimahankkeessa tehdyssä linnustoselvityksessä havaittiin 13 selkälokkia kesällä pesimäaikaan ruokailevia yksilöitä vuosien 2022 ja 2023 aikana (wpd 2022).

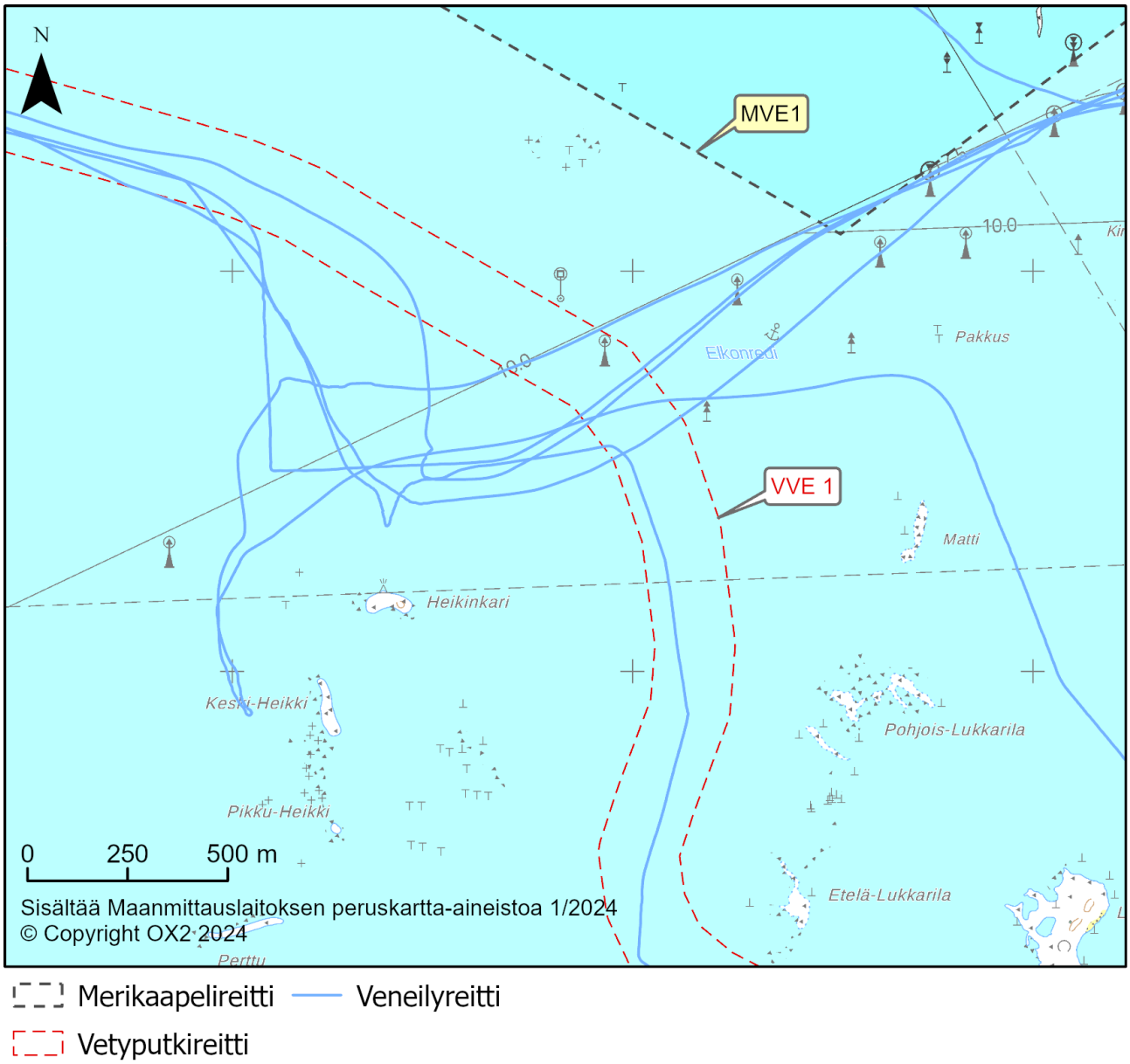
10.2.2 Energiansiirtoreitit

Hallan hankkeen energiansiirtoreittien ja niiden lähialueiden linnustollisesti merkittävät kohteet sijoittuvat rannikon ja Raahen saariston läheisyyteen. Linnuston kannalta merkittäviä saaria ja luotoja sijaitsee vain Raaheen suuntautuvan eteläisen energiansiirtoreitin varrella, pohjoisten

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

reittien varrella linnustolliset arvot keskittyvät alueen matalille rannikkoalueille. Havaintojen perusteella ulommas merelle edetessä linnuston yleiskuva muuttuu nopeasti tuulivoimapuistoalueen kaltaiseksi eli lintuja on alueella harvakseltaan ilman havaittavia tiivistymiä.

Eteläisimmän energiansiirtoreitin MVE1, VVE1 alueella sijaitsee linnustollisesti merkittävä pesimäluoto Heikinkari (Kuva 10-17). Lisäksi reitin läheisyydessä sijaitsee muutamia muita luotoja, joilla lintuja pesii, mutta jotka eivät ole linnustollisesti yhtä merkittäviä esimerkiksi Jyry.



Kuva 10-17. Linnustollisesti merkittävän Heikinkarin sijainti suhteessa energiansiirtoreittiin. Myös Pohjois-Lukkarilan luodolla pesii vesi- ja rantalintuja, mutta sen linnustollinen merkitys ei ole yhtä suuri.

Selvitysten ruokailulentotarkkailut painotettiin näiden luotojen ja rannikkokohteiden läheisyyteen sekä niillä pesivien lintujen ravinnonhankintalentojen suuntautumiseen.

Rannikon merialueella on luonnollisesti suuri merkitys pesivien lintujen ruokailu- ja ravinnonhankinta-alueena, mutta selvitysten tulosten perusteella ei pystytty osoittamaan muita ympäröiviä merialueita merkittävämpiä yksittäisiä alueita, joilla olisi erityistä merkitystä lintujen ravinnonhankinnassa. Näin ollen myöskään energiansiirtoreittien alueet eivät ravinnonhankinnan kannalta erottuneet muusta ympäröivästä merialueesta. Havaitut ruokailulennot suuntautuivat tasaisesti pesimäsaaria ympäröiville merialueille ja hyvin vaihteleville etäisyyksille. Kalastavien/

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

saalistavien lintujen yksilömäärät vähenivät nopeasti kauemmas rannikosta edetessä, vaikka osa lajeista, kuten tiirat ja selkälokki, lentävät ravinnonhakuun myös kauemmas ulkomerelle.

Yksittäisistä merialueista Merikylänlahdella, jonka kautta pohjoisin merikaapelireitti (MVE3) on suunniteltu vedettäväksi, on merkitystä etenkin Tauvon Ulkonokan pesimälajistolle. Ulkonokka yhdessä Merikylänlahden pohjoispuolella sijaitsevan Siikajokisuun kanssa muodostavat linnustollisesti merkittävän kokonaisuuden, missä pesii parimäärältään runsas linnusto ja useita suojelullisesti huomionarvoisia lajeja. Merikylänlahdella sekä merialueella lahden suun molemmin puolin todettiin varsin vilkasta lintujen ruokailulentoa. Meren yllä lentävät linnut (lähinnä tiirat ja lokit) ja vesilinnut jakaantuivat kuitenkin varsin tasaisesti koko havaitulle alueelle. Vain aivan Ulkonokan rantavedessä todettiin suurempia ja tiiviimpiä parvia mm. pikkulokkeja ja naurulokkeja. Myös puolisukeltajasorsien (simänder) määrät olivat suurimpia aivan Ulkonokan rantaviivassa. Pikkutiira (småtärna) (erittäin uhanalainen, EN) havaittiin säännöllisesti kalastamassa Merikylänlahden suun molemmin puolin.

Raahen saariston osalta energiansiirtoreitin vaikutusten kannalta selvästi merkittävin pesimäluoto on Heikinkari, joka sijaitsee MVE1 reitillä. Luodolla pesii mm. useita pareja Perämerellä harvalukuisia riskilöitä. Enimmillään riskilöitä havaittiin luodon rantakivillä ja -vedessä 20 yksilöä kerrallaan. Vuoden 2024 kesällä luodon ympärillä havaittiin enimmillään 21 riskilää (*Varpenius, K. kirjall. tiedonanto*). Lisäksi luodolla pesii kymmenien parien suuruinen tiira- (lapin- ja kalatiiroja ei eroteltu) ja pikkulokkiyhdyskunta sekä kaksi paria merikihuja. Myös ulompana merellä sijaitseva Jyry on linnustollisesti merkittävä luoto, jolla pesii mm. useita pareja selkälokkeja, mutta luoto on jo selvästi kauempana MVE1/VVE1 energiansiirtoreitistä. Kaikkiaan Raahen saariston selkälokkien pesimäkannaksi arvioidaan noin 30 paria (*H. Tuohimaa / Metsähallitus, kirjall. tiedonanto*). Lähempänä rannikkoa sijaitsevilla Etelä- ja Pohjois-Lukkarilan luodoilla sekä Mitin ja Louekarin saarilla pesii mm. tiiroja, pilkkasiipiä, meri- ja valkoposkihanhia, mutta yhdenkään lajin parimäärät eivät ole erityisen merkittäviä. Metsähallituksen (2022) laskenta-aineistossa on havaintoja vain Heikinkarilta (4 paria riskilöitä, mutta kesän 2022 tarkkailuissa riskilöitä havaittiin vähintään 10 paria, kaksi paria merikihuja ja yksi pari merilokkeja) ja Pohjois-Lukkarilalta (1 pari selkälokkeja, vuoden 2022 tarkkailussa selkälokkia ei havaittu luodolla). Muut Metsähallituksen laskenta-aineistoissa mukana olevat saaret tai luodot sijoittuvat niin kauas energiansiirtoreiteistä, että niiden nykytilan esittäminen ei ole tarpeellista.

Pesimälinnuston ravinnonhankinnan lisäksi energiansiirtoreiteillä ja niitä ympäröivillä vesialueilla voi olla merkitystä muutonaikaisina lepäilyalueina, joille linnut pysähtyvät lepäilemään ja tankkaamaan muuttomatkoillaan. Selvitystulosten ja olemassa olevan aineiston mukaan keväällä Raahen Lapaluodon edusta sekä toisaalta Siikajoen Merikylänlahden suun alue vapautuvat jäistä usein muuta merialuetta aiemmin, jolloin niille kerääntyy huomattava määrä vesi- ja lokkilintuja. Esimerkiksi Merikylänlahden suulla havaittiin 27.4.2023 mm. lähes 600 hanhea (useita lajeja) ja 500 muuta vesilintua, ml. 50 tukkasotkaa (vigg) (EN) ja 45 jouhisorsaa (stjärtand) (EN) (*K. Varpenius, kirjall. tiedonanto*). Aiempia suuria keväisiä (huhti-toukokuu) kerääntymiä Merikylänlahdella ovat mm. 350 tukkasotkaa, 650 isokoskeloa, 460 telkkää (knipa) ja 140 jouhisorsaa (*Varpenius, K. kirjall. tiedonanto*). Myös syksyllä Ulkonokan metsästysrauhoitusalue kerää huomattavia vesilintukerääntymiä, mm. 1400 tavia (kricka), 550 sinisorsaa (gräsand) ja 480 haapanaa (bläsand) (*K. Varpenius, kirjall. tiedonanto*). Suurimmat syksyiset kerääntymät tosin pysyvät Tauvon Ulkonokan rauhoitusalueen sisällä aivan rantaviivan tuntumassa, eivätkä ne ruokaile kaapelireitin alueella, toisin kuin keväällä.

Energiansiirtoreittien ja niitä ympäröivien vesialueiden lisäksi selvitettiin reittien rantautumispaikkojen pesimälinnustoa ja mahdollisia linnustollisesti arvokkaita kohteita.

- MVE1/ VVE1: Rantautumisalue sijaitsee SSAB:n terästehtaan ympäristössä siten, että alue, jonka sisään rantautumispaikka sijoittuu, kattaa terästehtaan tehdasalueen sekä sen lähialueita pohjois- ja eteläpuolella. Vuoden 2022 selvityksissä kartoitettiin terästehtaan tehdasalueen rantoja koksaamon kohdalla siten että pohjoisreuna sijaitsi noin Kallioniemen kohdalla ja eteläreuna Kuljunniemellä Täikarin kohdalla. Selvitysten laatimisen jälkeen vaihtoehtoinen rantautumisalue laajeni etelään siten, että alue kattaa myös Kuljunniemen makeavesialtaan padon ja Salmikarvon venesataman

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ympäristöineen. Ranta-alueiden pesimälinnustokartoitukset eivät kattaneet tätä aluetta, mutta sen edustalla käytiin veneellä kahtena päivänä. Rajatulla rantautumisalueella sijaitsee suojelullisesti huomionarvoisen petolintulajin pesäpaikka, joka on saatettu hanketoimijan ja yhteysviranomaisen tietoon. Muutoin kartoitetulla alueella ei todettu linnustollisesti merkittäviä kohteita. Koksaamon alueen ja rannan välissä on vain kapea lepikko- ja rantaniittyvyöhyke, jolla ei ole merkitystä suojelullisesti huomionarvoisen lajiston pesimäympäristönä. Selvityksissä havaittu lajisto koostui lähinnä tavanomaisista varpuslinnuista ja parimäärät olivat alhaisia.

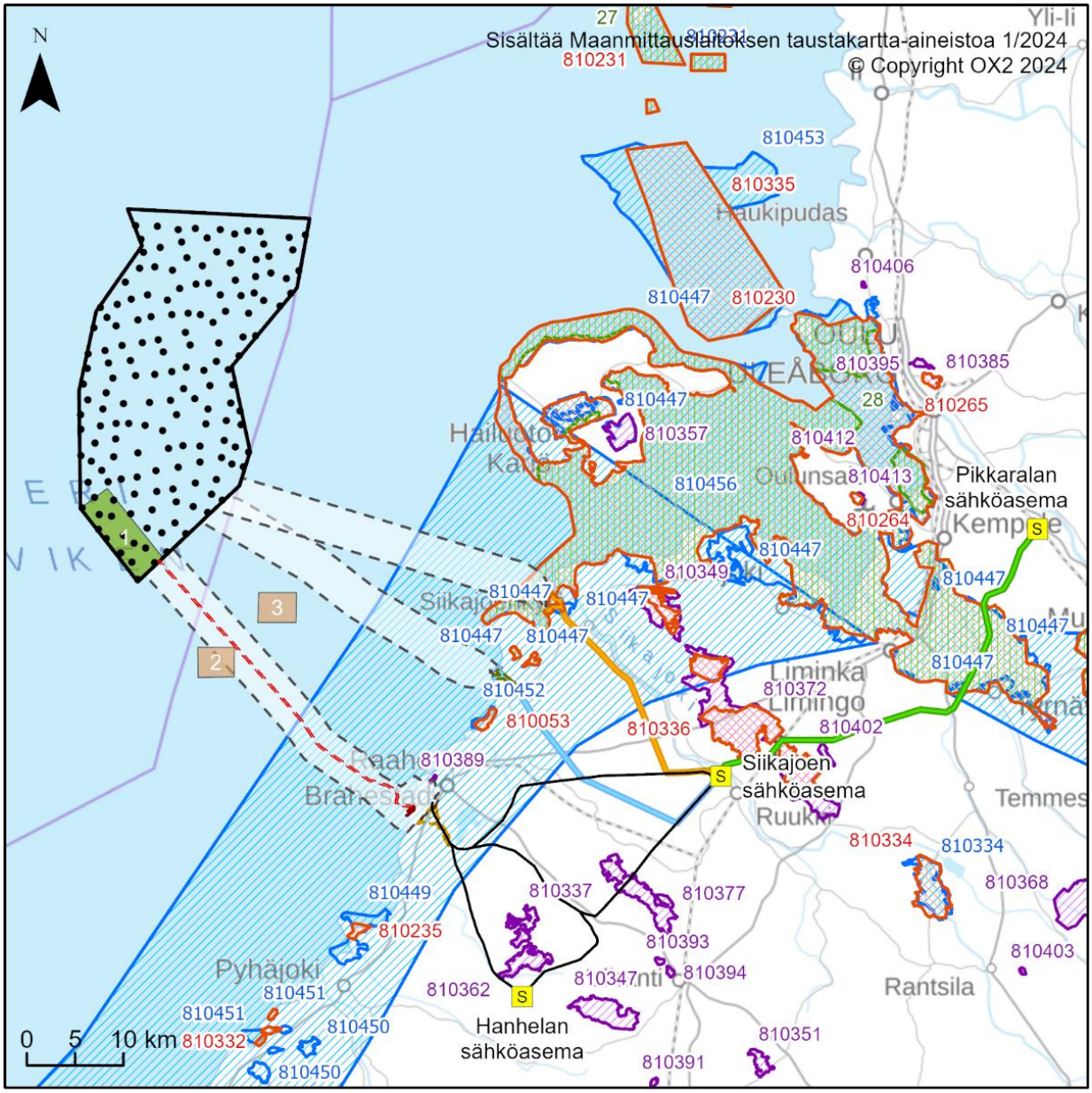
- MVE2: Alue, jonka sisään rantautumispaikka sijoittuu, kattaa Yrjänän niemen molemmin puolin sijaitsevat lahdet, Yrjänänlahden ja Välimatalan. Etenkin Yrjänänlahden pohjukassa, Yrjänän niemen ja Kurkunojan suun välissä sijaitseva rantaniitty on alueellisesti merkittävä kahlaajien pesimäniitty. Lajistoon kuuluu punajalkaviklo, taivaanvuohi, valkoviklo ja liro. Lisäksi 17.5. niityllä havaittiin 12 soivaa suokukkokoirasta, mutta on mahdollista, että kyse oli muutolla pysähtyneistä yksilöistä, jotka vasta virittelivät soidintaan. Suokukko on luokiteltu viimeisimmässä uhanalaisluokituksessa (Hyvärinen ym. 2019) äärimmäisen uhanalaiseksi (CR) lajiksi. Rantaniityn pensaissa lauloi kaksi pensastaskua (vaarantunut, VU). Rantaniityn lisäksi edustan merialueelle kerääntyy ajoittain runsaasti vesilintuja. 23.5.2022 havaittiin mm. noin 400 isokoskeloa, jotka olivat kerääntyneet Kurkunojan suiston edustalle ilmeisesti kalastamaan ojaan kudulle nousevia kaloja. Tuolloin lahden perukka oli vapautunut jäistä muun ympäröivän merialueen ollessa vielä enimmäkseen jään peitossa. Lisäksi tuolloin havaittiin mm. 65 harmaalokkia ja kolme merikotkaa. Välimatalan ranta-alue ei ole linnustollisesti yhtä merkittävä. Kapean hiekkaranta-alueen jälkeen alkaa tiheä pensaikko ja lepikko, eikä alueella ole merkitystä suojelullisesti huomionarvoisen lajiston pesimäalueena. Yrjänän niemen molemmin puolin merialueella havaittiin saalisteleva pikkutiira (EN), jonka pesimäpaikka sijaitsee todennäköisemmin eteläpuolella Ahvenassa tai pohjoispuolella Tauvon Munahiedalla. Muita havaittuja, pesiviksi tulkittuja lajeja olivat mm. pajusirkku, ruokokerttunen ja punavarpunen. Välimatalan rantahietikolla havaittiin pesiviksi tulkitut rantasipi, tylli ja pikkutylli. Sisempänä Välimatalan pensaikkovyöhykkeen ja metsän rajassa havaittiin yksi varoitteleva hömötiainen.
- MVE 3: Alue, jonka sisään rantautumispaikka sijoittuu, kattaa Merikylänlahden kalasataman ja Merikylänlahden suulla Korvennokan alueet. Itse rantautumispaikkojen ympäristössä ei todettu linnustollisesti merkittäviä kohteita, mutta kuten aiemmin on todettu, alue on laajemmin tarkastellen linnustollisesti hyvin arvokasta. Korvennokalla todettiin mahdollinen karikukon (roskarl) (EN) pesintä. Pikkutiira havaittiin säännöllisesti kalastamassa Merikylänlahden suun molemmin puolin, mutta lajin pesäpaikka sijaitsee muualla kuin merikaapelireitillä. Muita havaittuja, pesiviksi tulkittuja lajeja olivat mm. kalalokki, punajalkaviklo, rantasipi, pajusirkku, kivitasku, västäräkki, sataman rakennuksissa pesivät haara- ja räystäspääsky sekä ruskosuohaukka ja nuolihaukka, joiden saalistusreviiriin alue kuuluu, mutta joiden pesäpaikka sijainnee muualla).

10.2.3 Linnustollisesti arvokkaat alueet

Hallan hankealueella rannikon läheisyydessä sijaitsee useita linnuston kannalta arvokkaita alueita. Kansainvälisesti tärkeä lintualue (IBA-alue) Oulun seudun kerääntymisalue (aluekoodi 28) sijaitsee osittain merikaapelin MVE3 reitillä. Oulun seudun kerääntymisalue kuuluu myös osaksi Suomen kansallisesti tärkeisiin lintualueisiin (FINIBA 810230) sekä maakunnallisesti tärkeisiin lintualueisiin (MAALI 810447). (BirdLife Suomi ry 2024, 2023)

Maakunnallisesti tärkeistä lintualueista (MAALI) Kalajoki-Siikajoki muuttoreitti (810456) sijoittuu kaikkien merikaapelivaihtojen reiteille. Linnustollisesti arvokkaat alueet on esitetty kartalla (Kuva 10-18).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-18. Hallan hankealueelle sijoittuvat linnustollisesti arvokkaat alueet. Mantereelle sijoittuvia alueita on käsitelty YVA-selostuksen B-osassa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

10.3 Vaikutusten arviointi

10.3.1 Yleistä

Tuulivoiman yleisistä vaikutuksista linnustoon on olemassa melko paljon ulkomailla laadittuja julkaisuja. Tutkimukset ovat kuitenkin alueellisesti ja lajistollisesti vaikeasti yleistettävissä Suomen olosuhteisiin ja tässä selvityksessä käsiteltävään lajistoon. Useat julkaisut ovat keskittyneet tiettyihin lajiryhmiin, eri pesimäkierron vaiheisiin ja maantieteellisesti laajalle alueelle. Marques ym. (*2021*) laajan koontitutkimuksen mukaan tutkimustuloksissa on myös hyvin paljon vaihtelua. Useissa tutkimuksissa on tietyillä lajeilla todettu selkeää välttämiskäyttäytymistä, kun taas toisissa tutkimuksissa välttämistä ei ole havaittu, tai voimaloiden on jopa havaittu houkuttelevan lintuja. Selkeiden ja johdonmukaisten tulosten puuttuminen lajiryhmien välillä ja niiden sisällä viittaa siihen, että välttämiskäyttäytyminen on todennäköisesti yksilöllistä ja riippuu myös paikallisista oloista ja voimaloiden ominaisuuksista. Tutkimustulosten laaja vaihtelu voi osin johtua myös tutkimuksissa käytettyjen menetelmien laajasta vaihtelusta. Lisäksi Perämeri ja sen linnusto ovat luonteeltaan hyvin erilaisia kuin merialueet, joilla ulkomaalaiset tutkimukset on tehty, ja siten tutkimustulosten yleistettävyyteen Hallan hankkeeseen tulee suhtautua varauksella.

Suomen merialueella on tällä hetkellä toiminnassa vain yksi merituulivoimapuisto Porin Tahkoluodon edustalla. Tahkoluodon toiminnassa olevan merituulivoimapuiston seurannoissa on saatu tietoa lintujen käyttäytymisestä voimaloiden vaikutusalueella. Tahkoluodon seurannoissa on hyödynnetty myös lintututkajärjestelmää yhdistettynä maastohavainnointiin (*Suomen Hyötytuuli Oy 2023a*).

10.3.2 Vaikutusmekanismit

Merituulivoimapuistojen vaikutusmekanismit linnustoon voidaan yleisellä tasolla jakaa seuraavasti:

Haitalliset vaikutukset:

- Estevaikutus: nykytietämyksen mukaan linnut ensisijaisesti väistävät tuulivoimapuistoja ja yksittäisiä voimaloita. Tämä toisaalta pienentää törmäysriskiä, mutta toisaalta tuulivoimapuistot voivat luoda fyysisiä esteitä, jotka voivat haitata lintujen liikkumista esimerkiksi pesän ja tärkeiden ravinnonhankinta- ja ruokailualueiden välillä sekä paikallisesti ohjata muuttoreittejä. Estevaikutusten seurauksena lintujen on mahdollisesti muutettava lentoreittejään, millä voi etenkin kumuloituessaan olla kielteisiä seurauksia lintujen energiankulutukseen ja sitä kautta esimerkiksi pesimämenestykseen. Mikäli voimalat sijaitsevat merkittävällä ravinnonhankinta-alueella / -kohteella, estevaikutuksen myötä linnut voivat joutua hankkimaan ravintonsa muilta, heikommilta alueilta.
- Törmäysriski: linnut voivat törmätä voimaloiden lapoihin, erityisesti alueilla, joilla lintujen määrä on suuri (vilkkaat muuttoreitit ja muuton aikaiset lepäilyalueet, tärkeät ruokailualueet). Vaikuttaa suoraan lintujen kuolleisuutta lisäävästi. Yleisesti tuulivoimaloiden törmäysriski on vähäinen, mutta ei merkityksetön: etenkin uhanalaisille tai muutoin suojelullisesti huomionarvoisille lajeille sekä suurille ja pitkäikäisille lajeille, joiden populaatiokoko ja lisääntymistuotto ovat pieniä ja joiden sukukypsyysikä on korkea, lukumääräisesti pienilläkin törmäysmäärillä voi olla myös populaatiotason vaikutuksia. Törmäysriskiin vaikuttavat mm. sääolosuhteet (sade, sumu yms. näkyvyyteen aiheuttavat tekijät), tuulen voimakkuus, voimaloiden valaistus (voimakas valaistus voi houkutella etenkin yömuuttajia, jolloin lentäessään valoa kohti ne voivat törmätä lapoihin tai muihin voimalan rakenteisiin), voimaloiden koko ja sijoittelu.
- Häiriövaikutukset: merituulivoimapuistot voivat aiheuttaa häiriövaikutuksia merilintujen, vesilintujen ja muiden alueella liikkuvien lintulajien elinympäristöihin. Häiriövaikutukset ovat suurimmillaan hankkeen rakennusvaiheessa ja pienenevät selvästi voimaloiden toiminnan aikana. Vaikutukset aiheutuvat voimaloiden pyörimisliikkeestä ja melusta sekä rakentamisen (voimalat, energiansiirto) aikana ja huoltokäyntien

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

yhteydessä tapahtuvasta alusten liikkumisesta alueella. Tämä voi aiheuttaa välttämiskäyttäytymistä, joka on erityisen merkittävää tärkeillä ruokailu- ja lepäilyalueilla.

- Veden samentuminen: rakentamisaikana (voimalat, energiansiirto) meren pohjaa joudutaan kaivamaan, mikä aiheuttaa veden samentumista. Vaikutus on luonteeltaan paikallinen ja lyhytkestoinen. Mikäli samentuminen tapahtuu poikasten ruokinta-aikana ja kohdistuu merkittäville ruokailualueille, tällä voi olla vaikutuksia lintujen pesimämenestykseen. Samentumisen aiheuttamaa vaikutusta voidaan lieventää merkittävästi ajoittamalla rakennustoimet pesimäajan ulkopuolelle etenkin mahdollisilla tunnistetuilla merkittävillä lintujen ravinnonhankinta- ja ruokailualueilla.

Jokaisen merituulivoimapuiston kohdalla täytyy erikseen arvioida, mitkä edellä mainituista seikoista muodostuvat alueen linnuston kannalta merkittävimmiksi vaikutusmekanismeiksi, ja mitä vaikutuksia niillä on alueen linnustoon sekä mahdollisesti lajien populaatioihin laajemmin.

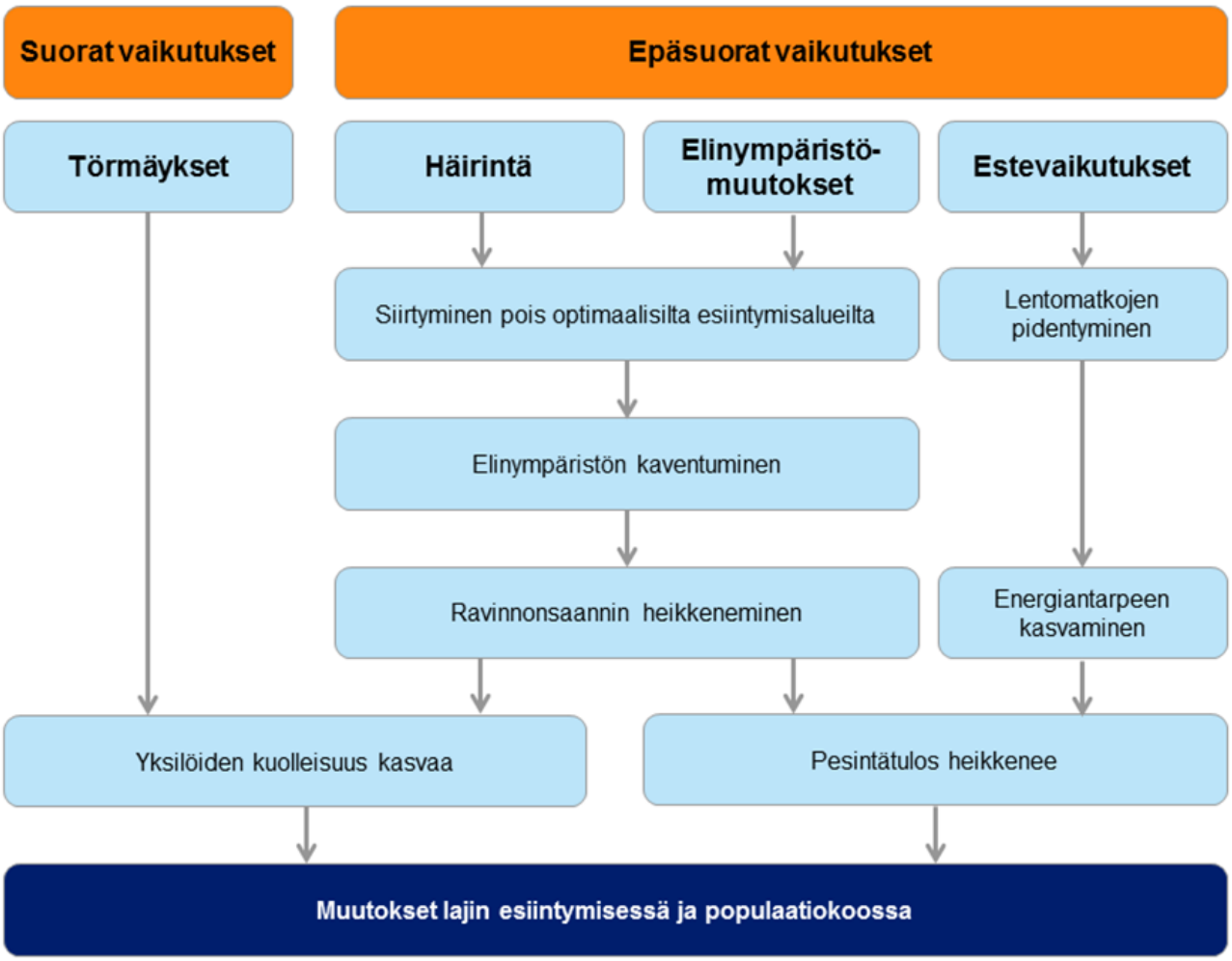
Kaikki vaikutukset eivät välttämättä ole negatiivisia. Tuulivoimarakentamisesta seuraavia positiivisia vaikutuksia linnustoon voivat olla esimerkiksi:

- Kasvihuonekaasupäästöjen vähentyminen: merituulivoimapuistot vähentävät osaltaan kasvihuonekaasupäästöjä ja hillitsevät ilmastonmuutosta, millä voi olla epäsuoria positiivisia vaikutuksia lintukantoihin säilyttämällä elinympäristöjä ja vähentämällä ilmastonmuutokseen liittyviä uhkia.
- Keinotekoiset riutat: voimaloiden perustukset voivat toimia keinotekoisina riuttoina, jotka tarjoavat uusia elinympäristöjä kaloille ja muille merieliöille, joita merilinnut voivat hyödyntää ravintonaan.
- Tutkimusmahdollisuudet: merituulivoimapuistot voivat toimia tutkimusalueina mm. lintujen käyttäytymisen, muuttomallien ja lintupopulaatioiden sekä ihmistoiminnasta niihin kohdistuvien vaikutusten tutkimiseen.

Lintuihin kohdistuvien vaikutusten suuruus, merkittävyys ja laajuus riippuvat ensisijaisesti merituulivoimapuiston sijainnista sekä voimaloiden lukumäärästä ja ominaisuuksista. Merkittäviä tekijöitä vaikutuksia arvioitaessa ovat ainakin (mm. *Kingsley & Whittam 2007* mukaan):

- Lintujen tiheys alueella
- Saarivaikutus, (joka talousvyöhykkeellä sijaitsevan Hallan tapauksessa on olematon)
- Kohdealueella pesivien, ruokailevien tai sen kautta muuttavien lintupopulaatioiden koko ja populaatiodynaamiset ominaisuudet (populaation kasvu/väheneminen, eri ikäluokkien säilyvyys ja mahdolliset vaikutukset siihen jne.)
- Voimaloiden koko ja lukumäärä
- Voimalan rakenne, pyörimisnopeus jne.
- Käyttöaika ja -ajoitus vuodessa
- Voimalayksiköiden sijoittelu tiheään tai muurimaisesti voi ohjata lintuja koko rivistön ohi tai toisaalta toimia tarpeellisen liikkumisen (esimerkiksi ruokailulennot) rajoittajana
- Useilla tuulivoimapuistoilla voi olla kumulatiivisia vaikutuksia, jotka pitää koota yhteen lopullista arviota tehtäessä

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



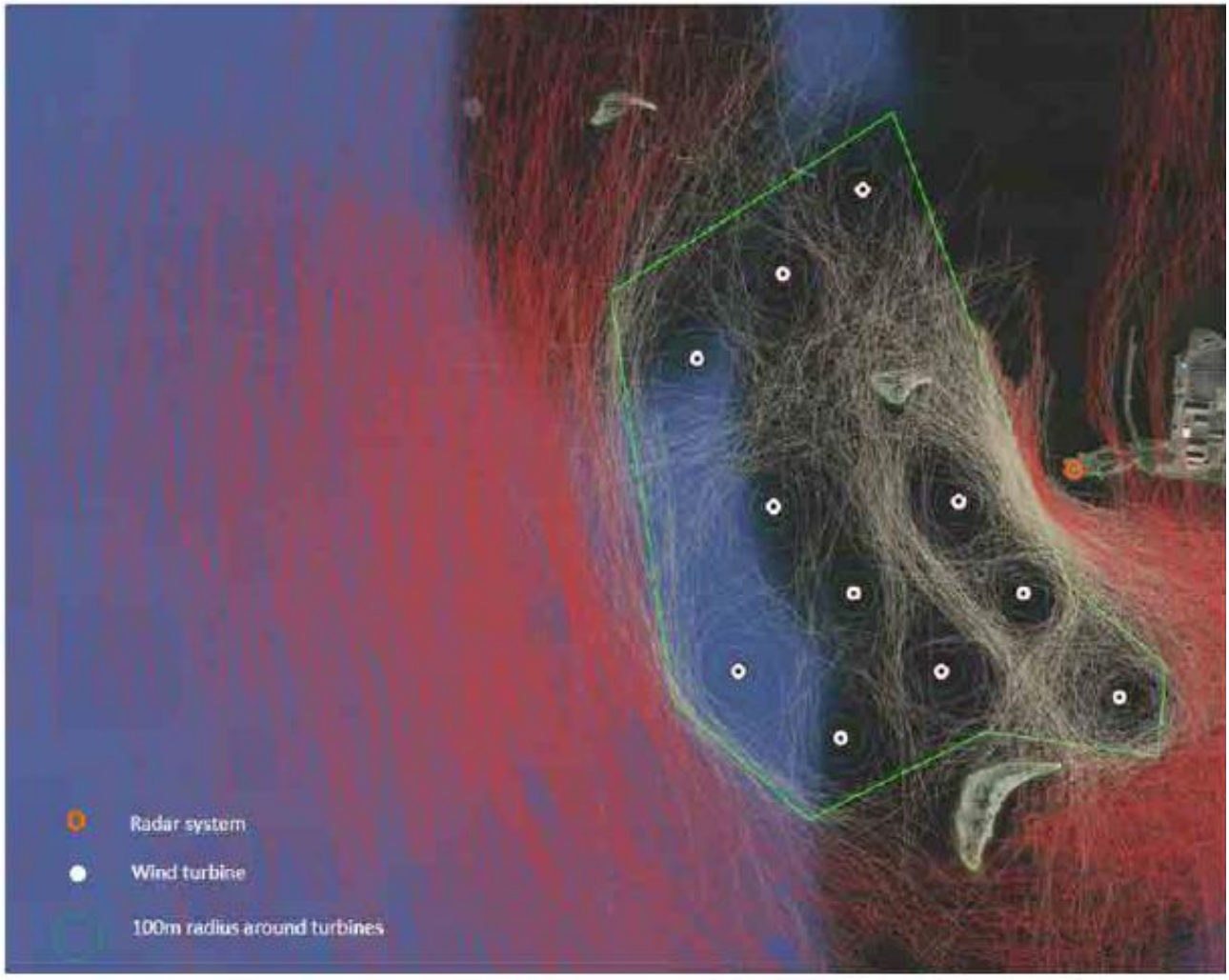
Kuva 10-19. Yleistetty kaavio tuulivoimatuotannon linnustovaikutuksista.

Tutkimusalueesta ja -menetelmistä riippumatta ja tutkimustulosten laajasta vaihtelusta huolimatta keskeisin toiminnassa olevien merituulivoimapuistojen linnustonseurantojen tulos on, että linnut ensisijaisesti väistävät ja välttävät tuulivoimapuistoalueita ja yksittäisiä voimaloita. Näin ollen merkittävimmät merellä liikkuviin lintuihin kohdistuvat vaikutusmekanismit ovat este- ja häiriövaikutus. Estevaikutuksen myötä lentävät linnut muuttavat lentoreittiään paikallisesti joko niin, että ne kiertävät koko merituulivoimapuistoalueen tai yksittäiset voimalat. Esimerkiksi Tahkoluodon linnustonseurannoissa oli selkeästi havaittavissa, että linnut ohittavat Tahkoluodon merituulivoimapuiston pääasiassa joko itä- tai länsipuolelta. Linnut, jotka lentävät tuulivoimapuistoalueelle, väistävät tehokkaasti voimaloita (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*).

Vielä Suurhiekan merituulivoimapuiston linnustoon kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa merkittävimmäksi vaikutusmekanismiksi arvioitiin törmäykset voimaloihin ja sitä kautta aiheutuvat populaatiotason vaikutukset useille lajeille (*Pöyry Finland Oy 2009*). Kyseisessä arvioinnissa törmäysten määrä arvioitiin korkeaksi ensisijaisesti siksi, että varovaisuusperiaatteen mukaisesti 95 % linnuista oletettiin väistävän voimalat. Tämän jälkeen kertyneen kattavan seuranta-aineiston perusteella väistöprosentin on todellisuudessa osoitettu olevan merkittävästi suurempi, 98–99,5 %. Lisäksi arvioinnissa lintujen oletettiin lentävän törmäyskorkeudella, mikä edelleen lisäsi laskennallisia törmäysmääriä. Hallan (sekä Laineen ja Tyrskyn) linnustoselvityksissä ulkomerellä lentävien lintujen todettiin lentävän yli 90 %:sti törmäyskorkeuden alapuolella. Todennäköisesti tämä on vielä suurempi osuus kuin Tahkoluodossa, missä merituulivoimapuisto sijaitsee suhteellisen lähellä mannerta ja saaristoa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuvassa (Kuva 10-20) on selkeästi havaittavissa, kuinka lentoreittien tiheys on suurimmillaan toiminnassa olevan Tahkoluodon merituulivoimapuiston molemmin puolin ja toisaalta tuulivoima-alueen sisällä lentoreitit kiertävät yksittäiset voimalat (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*). Myös haahkoilla on todettu samansuuntaisia tuloksia (*Suomen Hyötytuuli Oy 2023a*). Sen sijaan samassa tutkimuksessa lokkilintujen kohdalla välttämis- ja väistämiskäyttäytyminen oli vähäisempää eikä merituulivoimapuiston vaikutusta voinut erottaa muista mahdollisista vaikuttavista tekijöistä (*Ketonen 2022*). Vastaavia havaintoja on tehty myös muissa, ulkomaalaisissa tutkimuksissa.



Kuva 10-20. Kuvassa on esitetty Porin edustalla sijaitsevassa Tahkoluodon merituulivoimapuistossa kaikki lintututkan tallentamat yli 2 000 metrin mittaiset kuikkalintujen, nopeasti lentävien vesilintujen ja kahlaajien lennot toukokuussa 2019. Vaaleat viivat esittävät lentoja, jotka ovat käyneet tuulivoimapuistoalueella ja punaiset tuulivoimapuiston ulkopuolella. © Suomen Hyötytuuli Oy 2020.

Häiriövaikutusten osalta useiden ulkomaalaisten tutkimusten mukaan monien vesilintujen (mm. hanhet, kuikkalinnut, uikut ja joissain tutkimuksissa myös arktiset vesilinnut) on todettu välttävän ruokailua merituulivoimapuistojen alueella, eli ruokailevien vesilintujen määrä on laskenut merialueilla tuulivoimapuiston rakentamisen jälkeen (*Petersen ym. 2006, Larsen & Guillemette 2007; Dierschke ym. 2016*). Häiriötä aiheuttavat voimaloiden melu ja pyörimisliikkeen aiheuttama välke ja pimeän aikana lentoestevalot sekä rakentamisen ja toiminnan aikaisten huoltokäyntien yhteydessä tapahtuva alusten liikkuminen alueella. Etäisyys, jolle tuulivoimaloiden häirintävaikutus ulottuu, riippuu mm. vuodenajasta, alueesta ja lajista, sekä lajin eri populaatioista. Viimeaikaisten tutkimusten mukaan merituulivoimapuistojen häirintävaikutuksen on havaittu ulottuvan lokki- ja ruokkilinnuilla jopa yli kymmenen kilometrin päähän voimaloista (mm.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Peschko ym. 2020). Häiriövaikutusten osalta erityisen altis laji on kaakkuri. Heinänen ym. (*2020*) havaitsivat tutkimuksessaan kaakkureiden välttävän merituulivoimapuistoja voimakkaasti vielä viiden kilometrin etäisyydellä ja selvä vaikutus oli todettavissa vielä 10–15 kilometrin etäisyydellä. Tuloksen ja etenkin vaikutuksen merkittävyyden vertailukelpoisuus Suomen ja Hallan oloihin on kuitenkin rajallinen, sillä tutkimuksessa seurattiin talvehtivia kaakkureita, joita Suomen merialueella ei käytännössä ole. Esimerkiksi Hallan kohdalla kaakkurit muuttavat alueen läpi tai korkeintaan lepäilevät lyhyitä aikoja muuttoetappien välillä. Lisäksi kesällä Hallan alueella havaittiin yksittäisiä pesimättömiksi tulkittuja yksilöitä.

Häiriövaikutuksia aiheuttaa myös merituulivoimapuiston rakentamisen aikainen sekä myös toiminnan aikana huoltotöiden ym. käyntien edellyttämä alusliikenne merituulivoimapuiston sekä sen ja sataman välisellä alueella. Esimerkiksi Mendel ym. (*2019*) ovat todenneet kuikkalinnuilla (lommar) merituulipuiston yhteydessä tapahtuvan lisääntyneen alusliikenteen aiheuttamaa välttämiskäyttäytymistä. Myös Laineen hankkeen yhteydessä tehdyissä selvityksissä kuikkalinnuilla, lähinnä kuikalla, todettiin olevan usein hyvinkin pitkä pakoetäisyys veneen lähestyessä.

Suomessa Tahkoluodon olemassa olevan merituulivoimapuiston merialuilla tehdyissä levähtäjälaskennoissa vuosien 2008 ja 2018 välillä levähtäjämäärissä ei ole havaittu lintumäärien vähentymistä. Esimerkiksi alueella keväällä levähtävien haahkojen määrä oli vuonna 2018 suurempi kuin vuonna 2008 ennen tuulivoimapuiston rakentamista, ja haahkan kohdalla arvioitiinkin, että kerääntymiin vaikuttaa enemmän ravinnon saatavuus kuin tuulivoimapuiston aiheuttama häiriö (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*). Lintujen kohdalla ravinnon saatavuus voikin vaikuttaa enemmän alueiden käyttöön kuin tuulivoimaloiden olemassaolo. Esimerkiksi tiirat saalistavat myös tuulivoima-alueilla, jos ravintoa on tarjolla (*Krijgsveld 2014*). Tahkoluodon olemassa olevan tuulivoimapuiston alueella maastoseurantojen ja tutkan keräämän aineiston perusteella on myös todettu, että monet lintulajit lentävät sujuvasti voimaloiden välistä tai vieritse (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*).

10.3.3 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

10.3.3.1 Merituulivoimapuiston vaikutukset linnustoon

Merituulivoimapuiston rakentamisen aikana laivojen ja muiden alusten liikkuminen ja rakentamisen aiheuttama melu lisääntyvät alueella. Lisääntynyt ihmistoiminta ja melu todennäköisesti karkottavat lintuja kauemmas alueelta. Lisäksi osana rakentamistoimia tapahtuva merenpohjan muokkaaminen voi tilapäisesti samentaa vettä ja paikallisesti heikentää lintujen ravinnon saantia. Muokkaamisen tarve vaihtelee eri perustusratkaisuiden välillä (Kappale 1.5). Voimalaperustusten lisäksi pohjaa joudutaan muokkaamaan merituulivoimapuiston sisäisen sähkönsiirron kaapeleiden asentamisen yhteydessä. Merituulivoimapuiston sisäinen kaapeli voidaan merenpohjan olosuhteista riippuen laskea merenpohjan päälle tai asentaa eri tavoilla (Kappale 1.6). Edellä mainitut vaikutukset voivat kohdistua myös lintujen ravintona käyttämiin kaloihin ja muihin eliöihin, mikä myös voi vaikeuttaa lintujen ravinnon saantia.

Rakentamisen aikaiset vaikutukset kohdistuvat paikalliseen tai alueelle muuton aikana pysähtyneeseen, ruokailevaan ja levähtävään linnustoon. Linnustoselvityksissä Hallan merituulivoimapuiston alueella havaitut ruokailevien ja levähtävien lintujen määrät olivat kuitenkin vähäisiä, joten rakentamistoimien vaikutukset kohdistuvat vain vähäiseen määrään lintuja. Alueella ei todettu merkittäviä lintujen kerääntymiä tai ruokailualueita. Alueella havaittiin käytännössä vain kalaa ravintonaan käyttäviä lajeja, kuten lokkeja ja tiiroja sekä kuikka- ja ruokkilintuja. Hallan merituulivoimapuiston alue on kauttaaltaan liian syvää pohjaeläimiä ravintonaan käyttäville linnuille, kuten sukeltajasorsille (dykänder). Esimerkiksi haahkan, joka sukeltaa suomalaisista sukeltajasorsista syvimmälle, on todettu viihtyvän alle 20 metrin syvyisillä matalikkoalueilla (*Ahtiainen 2022*). Tahkoluodon merituulivoimapuiston laajennuksen ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*) pohjaeliöstöä ravintonaan käyttäviin lintuihin kohdistuvat vaikutukset on todettu vähäisiksi kielteisiksi, kun rakennetaan yli 15 metrin syvyisille vesialueille. Merituulivoima-alueella ei ole tällaisia matalikkoalueita tai muita ympäröivästä merialueesta erottuvia piirteitä, jotka houkuttelisivat lintuja. Siten myös alueelta väistymään joutuville linnuille on tarjolla laajasti saman tyyppistä vesialuetta, minne siirtyä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Sen sijaan lokeille, tiiroille, kuikka- ja ruokkilinnuille meren syvyyden merkitys on vähäisempi, vaikka merenpohjan muodot vaikuttavat myös kalojen esiintymiseen alueella. Hankkeen kalastovaikutukset on selostettu luvussa 6. Merituulivoimapuiston kalasto on harvalukuista koostuen pelagisista parvikaloista, alueen läpi kulkevista vaelluskaloista sekä pohjakaloista. Juuri pelagiset parvikalat ovat merituulipuiston alueella kalastavien lintujen ravintoa. Niiden arvioidaan esiintyvän hankealueella satunnaisesti ilman erityisiä, muusta merialueesta poikkeavia keskittymiä. Selvityksissä todettiin muutamia yksittäisiä pikkukalaparvien houkuttelemia lokkiparvia ja muutamien yksilöiden kuikkalintuparvia, mutta ne esiintyivät tuulivoimapuistoalueella satunnaisesti ja vähäisissä määrin. Selvitysten yhteydessä todettiin vain yksi tuulivoima-aluerajauksen tuntumassa liikkunut troolialus, jota seurasi monikymmenpäinen lokkiparvi.

Edellä esitetyn perusteella Hallan merituulivoimapuiston rakentamisesta linnustolle aiheuttamat vaikutukset arvioitiin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään vähäisiksi kielteisiksi.

10.3.3.2 Energiansiirtoreittien vaikutukset linnustoon

Energiansiirtorakenteiden rakentamisen ja asentamisen edellyttämän pohjan muokkauksen (ruoppaus ja läjitys tai vesipainepuhallus) seurauksena liikkeelle lähtevä kiintoaines aiheuttaa veden samentumista ja ympäröivän alueen merenpohjan sedimentoitumista / liettymistä sekä melua ja muuta lisääntyneen ihmistoiminnan aiheuttamaa häiriötä. Näillä mekanismeilla voi olla paikallisia ja kestoltaan hyvin lyhytaikaisia vaikutuksia lintujen ravinnon hankintaan. Häiriövaikutusten ei arvioida ulottuvan muutamia satoja metrejä kauemmaksi energiansiirtoreittien rakenteiden laskuun ja asentamiseen käytettävästä aluksesta. Myöskään samentumisvaikutusten ei arvioida leviävän merkittävinä asennuskohteen välitöntä lähialuetta kauemmas. Samentumavaikutus on myös kestoltaan hyvin lyhytaikainen, vaihdellen kestoltaan muutamasta tunnista korkeintaan pariin päivään per kohde. Kokonaisuutena vaikutukset ovat pitkäkestoisempia, mutta niiden kohdistuminen siirtyy uusille vesialueille asentamisen edetessä, joten tietyn vesialueen osalta vaikutuksen kesto on hyvin lyhytaikainen. Samentumisvaikutuksen laajuuteen vaikuttaa valittu rakenteiden asennustapa (luku 1.6). Perämeren kohdalla on huomattava, että etenkin rannikon läheisyydessä veden normaali näkösyvyyskin on varsin alhainen, jolloin samentumisella on vähäisempi merkitys kuin täysin kirkkaissa vesissä.

Merkittävin vaikutus kohdistuu energiansiirtoreittien läheisyydessä sijaitsevien pesimäluotojen pesimälinnustoon, mikäli energiasiirtorakenteiden asentaminen ajoittuu poikasten ruokinta-aikaan. Häiriö ja veden samentuminen voivat karkottaa lintuja niiden normaaleilta ravinnonhankinta-alueilta. Tällä voi olla vaikutuksia ruokailulentojen pituuteen ja ajalliseen kestoon ja siten lintujen energiankulutukseen ja -saantiin.

Myös alueille, joille vaikutuksen kohteena olevat linnut siirtyvät, kohdistuu suurempi saalistuspaine, jolloin vaikutusten voidaan katsoa ulottuvan myös niille alueille.

Selvityksissä ei todettu energiansiirtoreiteille tai niiden läheisyyteen sijoittuvia merkittäviä ruokailualueita, vaan pesivät linnut lensivät kalastamaan ja saalistamaan laajoille alueille. Kuten yllä on todettu, vaikutus on lisäksi hyvin lyhytaikainen. Näin ollen energiansiirtorakenteiden asentamisen veden samentumisesta ja häiriöstä aiheutuvien vaikutusten merkittävyys arvioitiin korkeintaan vähäiseksi kielteisiksi.

Mikäli energiansiirtorakenteiden asentaminen ajoittuu kevääseen tai syksyyn, pesimälinnuston sijaan edellä mainitut vaikutusmekanismit kohdistuvat energiansiirtoreittien varrella lepäilevään muuttolinnustoon. Vaikutuksen merkittävyys on suurimmillaan keväällä pohjoisen reittivaihtoehdon MVE3 rantautumispaikan edustalla, mikäli asentaminen ajoittuu ajankohtaan, kun muu merialue on jäässä, mutta Merikylänlahden suun alue on jo sulana. Toinen muuta merialuetta aiemmin sulava alue on usein Lapaluodon edusta ja sula alue saattaa joinain keväinä ulottua energiansiirtoreitille (MVE1 / VVE1) saakka. Tällöin alueet keräävät merkittäviä määriä lepäileviä muuttolintuja. Jos tuolloin alueella toteutetaan häiriötä aiheuttavia ja merivettä samentavia toimenpiteitä, sillä voi olla hetkellisesti jo vähäistä suurempi vaikutus alueella levähtäviin lintuihin.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Syksyllä Merikylänlahden – Tauvon Ulkonokan alueelle kerääntyy merkittäviä määriä sorsalintuja, sillä alue on rauhoitettu metsästykseltä. Sorsalinnut ruokailevat kuitenkin lähinnä aivan Ulkonokan rannan tuntumassa, minne kaapelireittien asennuksen tai käytön aikaisten vaikutusten ei arvioitu ulottuvan niin voimakkaina, että se karkottaisi lintuja ruokailualueiltaan.

Energiansiirtoreittien rantautumispaikoilla putki tai kaapelit tuodaan rantaan sopivaksi katsotulla rantautumisalueella esitettyjen kaapelikäytävien sisällä. Rantaan tuotavat merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, jolta puusto poistetaan ja kaapeliojat kaivetaan. Kaapeliojan viereen on lisäksi tarve rakentaa huoltotie. Ranta-alueelta sähkö siirretään tarvittavalta matkalta maahan kaivettuina kaapeleina sähköasemalle. Sähköasemien sijainti tarkentuu myöhemmässä vaiheessa, mutta ne tulevat sijaitsemaan noin 200 metriä – 3 kilometriä rannasta valitusta sähkönsiirtoreitistä riippuen.

Kaapelien kaivaminen maahan siis edellyttää noin 80 metriä leveän käytävän (vetyputken rakentaminen noin 20 metriä leveän käytävän), jolta nykyinen elinympäristö muuttuu. Rantaviivan ja rantaniittyjen kohdalla arvioidaan, että muutos ei ole pysyvä, vaan heinikko, ruovikko ja pensaikko valtaavat kohteen varsin pian ja se palaa ympäröivän alueen kaltaiseksi. Sen sijaan nykytilassa puustoisen elinympäristön osalta maakaapelien lunastusalue pidetään puuttomana, mutta kaapelikadun reuna-alueilla erilliselle puuston kasvun rajoittamiselle ei ole tarvetta.

Puuston raivaus ja kaapeliojien kaivaminen sekä energiansiirtorakenteiden asentaminen aiheuttaa häiriövaikutuksia, jotka ovat kuitenkin lyhytaikaisia, eikä niiden arvioida leviävän muutamaa sataa metriä kauemmas häiriön lähteestä.

Energiansiirtoreittien rantautumispaikkojen pesimälajisto koostuu lähinnä tavanomaisesta merenrantalajistosta ja metsäisten kohteiden osalta metsän yleislajeista. Rantautumispaikoilla tai niiden välittömässä lähiympäristössä ei todettu linnustollisesti merkittäviä elinympäristöjä. Lisäksi kaapeliojan kaivamisesta aiheutuvat elinympäristömuutokset ovat hyvin paikallisia ja suurelta osin luonteeltaan palautuvia. Myös häiriövaikutukset ovat hyvin lyhytaikaisia ja niin ikään paikallisia. Näin ollen energiansiirtoreittien rakentamisesta tai asentamisesta linnustolle aiheutuvat vaikutukset arvioitiin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään vähäisiksi. YVA-selostuksen B-osassa on arvioitu hankkeen vaikutukset mantereen linnustolle.

10.3.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset

10.3.4.1 Merituulivoimapuiston vaikutukset linnustoon

Merituulivoimapuiston toiminnan aikana merkittävimpien vaikutusten arvioitiin aiheutuvan voimaloista, niiden välkkeen ja melun aiheuttamasta häiriö- ja estevaikutuksesta sekä huoltoliikenteen myötä lisääntyvästä alusten liikkumisesta alueella. Rakentamisajan vaikutuksista poiketen, toiminnanaikaisten vaikutusten arvioitiin kohdistuvan merkittävimmin alueen kautta muuttavaan linnustoon. Muuttavaan linnustoon kohdistuvien vaikutusten merkittävyyttä verrattuna pesivään linnustoon vähentää se, että ne liikkuvat alueen lävitse enintään kahdesti vuodessa.

Sekä Suomessa (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020, FCG Finnish Consulting Group Oy 2014–2019, Suorsa 2019*) että ulkomailla tehdyissä tutkimuksissa muuttavien lintujen on todettu väistävän kokonaisia tuulivoima-alueita ja yksittäisiä voimaloita. Havainnot ovat samansuuntaiset sekä meri- että maatuulivoimapuistojen kohdalla. Tämän seurauksena Hallan alueen kautta muuttavien lintujen muuttoreitti voi muuttua paikallisesti lintujen kiertäessä tuulivoimapuistoaluetta.

Hallan merituulivoimapuisto muodostaa lintujen päämuuttosuuntaan nähden leveimmillään noin 20 kilometriä leveän tuulivoima-alueen. Avomeriolosuhteissa hyvän näkyvyyden vallitessa merituulivoimapuistot voi havaita riittävän kaukaa, että lintujen on helppo alkaa niiden kiertämisen jo hyvissä ajoin. Toisaalta voimaloiden väliset etäisyydet ovat suuret, joten on vaikea arvioida sitä, lähtevätkö linnut kiertämään koko tuulivoima-alueen vai hakevatko ne lentoreittinsä voimaloiden välisiltä alueilta. Esimerkiksi Tahkoluodon merituulivoimapuiston seurannoissa muuttavien haahkojen on todettu ensisijaisesti kiertävän alueen, mutta lentävän myös voimaloiden väleistä (Kuva 10-20. Kuvassa on esitetty Porin edustalla sijaitsevassa Tahkoluodon merituulivoimapuistossa kaikki lintututkan tallentamat yli 2 000 metrin mittaiset kuikkalintujen, nopeasti

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

lentävien vesilintujen ja kahlaajien lennot toukokuussa 2019. Vaaleat viivat esittävät lentoja, jotka ovat käyneet tuulivoimapuistoalueella ja punaiset tuulivoimapuiston ulkopuolella. © Suomen Hyötytuuli Oy 2020.Kuva 10-20). Mikäli linnut kuitenkin lentävät merituulivoimapuiston alueelle, Hallan merituulivoimapuistossa voimaloiden väliset etäisyydet ovat vielä suuremmat kuin Tahkoluodossa, joten linnuilla on runsaasti tilaa lentää myös tuulivoima-alueen sisällä.

Kaikista havaituista linnuista vain noin 2,9 % lensi törmäyskorkeudella. Toimivan tuulivoimalan roottorialan läpi lentäminenkään ei suoraan tarkoita linnulle kuolettavaa osumaa, vaan laskennallisesti keskimäärin noin 5–15 % roottorialan läpi lentävistä linnuista osuisi tuulivoimalan lapoihin (*Band ym. 2007*). FCG:n toimivien maatuulivoimapuistojen linnustonseurannoissa onkin havaittu useita pyörivien lapojen välistä lentäviä lintuja. Hallan voimalat ovat huomattavasti suurempia kuin voimalat, joiden ominaisuuksilla törmäystodennäköisyyksiä on laskettu. Tämä toisaalta suurentaa roottorialaa, mutta toisaalta sillä kestää pidempään pyöriä akselinsa ympäri, minkä ansiosta osumatodennäköisyys lapoihin pienenee.

Perämerellä esiintyy usein sumuja, mikä heikentää näkyvyyttä ja voi ajoittain lisätä lintujen törmäysriskiä. Myös sateisilla ja tuulisilla olosuhteilla voi olla törmäysriskiä lisäävä vaikutus. Lintujen tiedetään kuitenkin mahdollisuuksien mukaan suosivan hyviä sääolosuhteita etenkin muuttolennossa, minkä ansiosta heikon näkyvyyden tms. törmäysriskiä lisäävän olosuhteen vallitessa alueella lentävien lintujen määrä on vähäisempi kuin hyvän näkyvyyden vallitessa.

Yleisesti törmäysriskin arvioidaan olevan suurimmillaan yömuuttajien kohdalla, jolloin linnut eivät näe voimaloiden rakenteita. Lisäksi lentoestevalot voivat houkutella niitä lentämään voimaloita kohti. Yömuuton todentaminen edellyttäisi tutkan tms. teknisen laitteen käyttöä. Yleisesti lintujen yömuutosta tiedetään, että muuttokorkeus vaihtelee suuresti useista tekijöistä johtuen:

- Tuuliolosuhteet: Linnut säätelevät usein lentokorkeuttaan hyödyntääkseen suotuisia tuulia, lentävät korkeammalla hyödyntääkseen maksimaalisesti myötätuulen tai alempana välttääkseen vastatuulen. Myös heikkotuulisissa olosuhteissa muuttokorkeus on yleensä korkea.
- Lämpötila: Korkeat lämpötilat ja muutoin suotuisat lämpötilaolosuhteet voivat vaikuttaa lintuihin lentämään korkeammalla.
- Maantieteelliset ja topografiset ominaisuudet: Linnut voivat lentää eri korkeuksissa esimerkiksi ylittääkseen korkeita vuoria tai toisaalta lentävät alempana avoimen veden yllä.
- Lajikohtaiset erot: Eri lintulajit ja lajiryhmät voivat muuttaa hyvinkin eri korkeuksissa
- Vuorokaudenaika: Muuttokorkeus on yleensä matalampi auringonlaskun ja -nousun aikaan, johtuen ensisijaisesti siitä, että yömuuttajat lähtevät muutolle auringon laskiessa ja toisaalta valmistautuvat laskeutumaan auringon noustessa.

Etenkin hyvissä olosuhteissa tapahtuvan vilkkaan yömuuton aikaan muuttokorkeus on keskimäärin korkeampi kuin heikommissa olosuhteissa tapahtuva, yksilömäärältään vähäisempi muutto. Myös keväällä tapahtuva yömuutto tapahtuu keskimäärin korkeammalla kuin syksyllä. (esimerkiksi *Bradaric ym. 2024*) Eri lähteissä mainitut, hyvissä olosuhteissa tapahtuvan yömuuton keskimääräiset lentokorkeudet vaihtelevat 700–1 200 metrin välillä. Toisaalta Pohjanmerellä toteutetussa tuoreessa tutkaseurannassa yömuuton keskimääräiseksi (mediaani) lentokorkeudeksi todettiin kahdessa seurantapisteessä 285,5 metriä (mpy) ja 133,8 metriä keväällä. Syksyllä vastaavat korkeudet olivat 169,2 metriä ja 126,0 metriä (*Bradaric ym. 2024*). Mainitut lentokorkeudet ovat tässä raportissa käytetyn törmäyskorkeuden sisällä.

Kevätmuuton osalta Perämerellä lintujen määrät ovat kuitenkin suurimmillaan toukokuussa, jolloin täysin pimeää aikaa ei ole käytännössä ollenkaan. Tällä on todennäköisesti törmäysriskiä merkittävästi laskeva vaikutus, koska linnut voivat nähdä voimalat läpi vuorokauden.

Näkyvän muuton osalta havainnot ulkomerellä liikkuvien lintujen lentokorkeuksista olivat samansuuntaisia Hallan lisäksi myös muissa Perämeren ja Selkämeren ulkomerellä tehdyissä vastaavissa linnustoselvityksissä (OX2 Laineen ja Tyrskyn merituulivoimapuistot). Lintujen törmäykset avomerialueelle sijoitettuihin tuulivoimaloihin ovat tutkimustenkin mukaan olleet harvinaisia ja vähälukuisempia kuin ennen seurantoja yleensä oletettiin (*Desholm & Kahlert 2005,*

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Petersen ym. 2006, Plonczkier & Simms 2012). Esimerkiksi ruotsalaiseen merellä sijaitsevaan viiden tuulivoimalan yksikköön on arvioitu törmäävän vain noin yksi lintu vuodessa (*Pettersson 2005*).

Yleisesti voidaan sanoa, että pääosa muuttavista linnuista muuttaa lähellä rannikkoa niin Suomen kuin Ruotsin puolella. Tämä on havaittavissa sekä Hallan että Ruotsin puolella olevan Polargrundin merituulivoimahankkeiden yhteydessä tehdyistä linnustoselvityksistä. Kesäaikaan alueella liikkuvien lintujen määrät olivat myös vähäisiä molempien hankkeiden selvityksissä. (wpd 2022)

Yksittäisistä lajeista vaikutusten herkkyyden (ks. Vaikutuskohteen herkkyys) osalta merkittävimpiä ovat pesimälajien osalta selkälokki ja ruokki sekä alueen kautta muuttavien lajien osalta kuikka. Kaikki lajit ovat pitkäikäisiä ja niiden poikastuotto on hidasta. Lisäksi selkälokki on uhanalaisluokitukseltaan erittäin uhanalainen (EN).

Selkälokki

Selkälokin herkkyys vaikutuksille on erittäin suuri, sillä laji on Suomessa luokiteltu erittäin uhanalaiseksi (EN) ja laji on taantunut voimakkaasti Suomessa ja Pohjanlahdella. Ruotsissa Pohjanlahden rantalintujen inventoinnit vuosina 2010–2020 osoittavat kannan puolittuneen Norrbottenin ja Västerbottenin lääneissä kyseisen ajanjakson aikana (*Ottvall Consulting Ab 2024*, *Länsstyrelserna 2020*). Lisäksi laji on pitkäikäinen ja hitaasti lisääntyvä, jolloin yhdenkin lisääntyvän yksilön lisäkuolleisuudella voi olla merkittävä vaikutus alueen populaatioon.

Selkälokin osalta merituulivoimapuiston alueella havaitut yksilöt ovat todennäköisesti Suomen tai Ruotsin puolen pesimäyhdyskunnissa pesiviä yksilöitä.

Kokkolan-Uusikaarlepyyn rannikon satelliittilähetintutkimuksessa kaikki yksilöt ruokailivat yksinomaan mantereen turkistarhoilla, mutta pohjoisen Perämeren rannikkoalueella ei ole turkistarhoja. Myös kaatopaikat, joita selkälokit hyödynsivät aiemmin ainakin Oulussa, jätteet käsitellään nykyään suljetussa prosessissa, jolloin lokeille on vähemmän ravintoa tarjolla, joten kaatopaikoilla vierailevat lokkimäärät ovat vähentyneet dramaattisesti. Näin ollen selkälokkienkin on hankittava ravintonsa mereltä, toisin kuin esimerkiksi etelämpänä Pohjanmaan rannikolla. Samaan aikaan toteutetuissa Laineen merituulivoimapuiston selvityksissä Laineen hankealueella havaittiin selkälokkeja myös, mutta vähemmän, vaikka sekä Suomen että Ruotsin puolen pesimäkanta Laineen korkeudella on runsaampi. Tämä viittaa siihen, että Perämeren pohjukan selkälokit hankkivat ravintonsa pääasiassa mereltä ja niiden lentomatkat ruokailualueiden ja pesäpaikan välillä voivat olla pitkiäkin.

Satelliittilähettimillä varustettujen selkälokkien ruokailulentojen on todettu suuntautuvan kauas avomerelle, ja Ruotsin Rödkallenilla pesivien selkälokkien ruokailulentojen on todettu ulottuvan Suomen puolelle saakka (*Ottvall Consulting Ab 2024*).

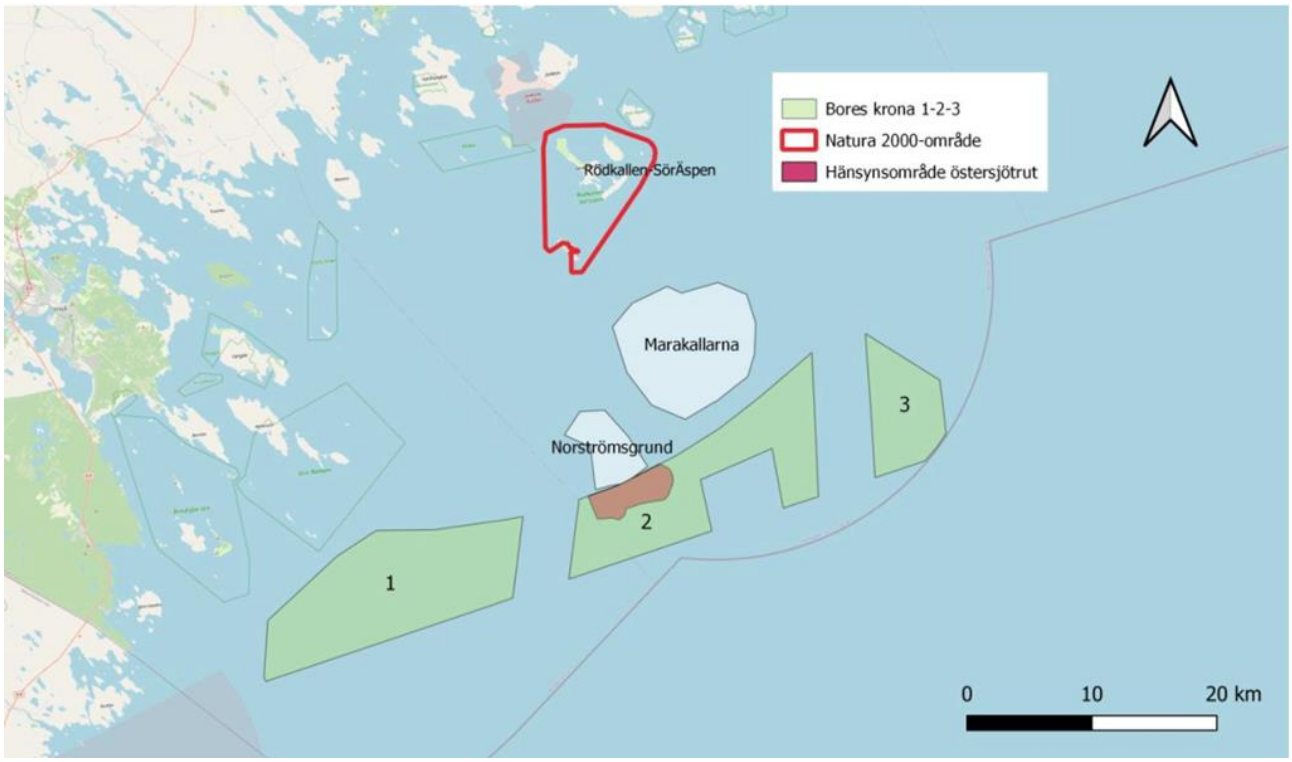
Vaikutuksia arvioitaessa on kuitenkin huomattava, että tuulivoimapuiston alueella havaitut 257 selkälokkia on kaikkien käyntien yhteismäärä ja yksilöitä/ käyntikerta oli enimmillään 68. Merituulivoimapuiston hankealue on hyvin laaja, joten käytännössä selkälokkeja havaittiin yksittäisiä tai muutaman yksilön ryhmissä hyvin harvakseltaan ja varsin tasaisesti koko alueella.

Hallan selvityksissä törmäyskorkeudella lentäviä selkälokkeja havaittiin 21 yksilöä (8,3 % kaikista havaituista selkälokeista). Yleisesti selkälokin törmäysriskiä merituulivoimapuistojen voimaloihin pidetään korkeana (*Vanermen ym. 2019*). Toisaalta Skotlannissa merituulivoimapuiston törmäysvaikutuksia arvioitaessa lokeille suositeltiin käytettäväksi väistökerrointa 99,5 %, eli lokit lajiryhmänä eivät ole herkkiä törmäämään pyöriviin lapoihin. Muutoinkin selkälokkia ja merituulivoimapuistoja koskevissa tutkimuksissa tulokset ovat olleet hyvin ristiriitaisia: selkälokin on havaittu sekä välttelevän merituulivoimapuistoja että hakeutuneen niiden läheisyyteen (*Vanermen ym. 2019*). Belgialaistutkimuksessa satelliittilähettimellä varustettujen selkälokkien havaittiin selkeästi välttelevän merituulivoimapuiston keskiosia, kun taas paikannusten määrä oli suurimmillaan aivan merituulivoimapuiston reunalla. Tämän osoitettiin johtuvan siitä, että lokit lepäilivät puiston reunimmaisten voimaloiden perustuksilla (*Vanermen ym. 2019*). Riippuu voimala- ja perustustyypin valinnasta, onko tämä mahdollista Hallan merituulivoimapuiston

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kohdalla. Itse merituulivoimapuiston alueen välttely kuitenkin entisestään pienentää selkälokkiin kohdistuvaa törmäysriskiä, mutta toisaalta aiheuttaa estevaikutuksen, jonka seurauksena nykytilanteessa merituulivoimapuiston alueella ruokailevat selkälokit joutuvat väistämään muille alueille. Hallan merituulivoimapuiston kohdalla vastaavaa vesialuetta on runsaasti ympäröivällä merialueella, minne selkälokit voivat siirtyä, mikäli niiden ruokailu alueella estyy merituulivoimapuiston rakentamisen tai toiminnan aikana.

Ruotsin Rödkallenin paikannusaineiston perusteella selkälokit suosivat matalia alueita. Kuvan Kuva 10-16 mukaiselta selkälokkien keskeiseltä liikkumisalueelta 50 % ruokailupaikoista (eli kun linnut olivat paikallaan tai samalla alueella, eikä lennossa alueelta toiselle) sijoittui alueille, joilla vedensyvyys on 5–20 metriä. Datan perusteella pystyttiin rajaamaan kaksi matalikkoaluetta, joilla oli muuta ympäristöä suurempi merkitys ravinnonhankinta-alueina (Kuva 10-21) (*Ottvall Consulting Ab 2024*).



Kuva 10-21 Ruotsin Rödkallenilla pesivien selkälokkien tärkeät ruokailumatalikot Marakallarnassa ja Norströmsgrundissa (vaaleat rajaukset) sekä Norströmsgrundin osassa, joka sijoittuu osittain Bores krona 2-merituulipuiston alueelle (ruskea rajaus). Kuva: Ottvall Consulting Ab 2024.

Verrattuna Bores kronan alueeseen ja yllä esitettyihin rajattuihin ruokailualueisiin, Hallan hankealueen läheisyydessä vastaavan tyyppinen selkälokkien muuta ympäristöä matalampi ruokailualue voisi mahdollisesti olla hankealueen itäpuolella sijoittuvalla Merikallat Natura-alueella. Toteutetuissa selvityksissä Merikallojen alueella todettiin selkälokkeja, mutta niiden tiheydet eivät olleet muuta merialuetta suurempia. Näin ollen ei ole syytä olettaa, että Hallan alueella tai sen vaikutusalueella sijaitsisi muuta merialuetta merkittävämpää selkälokkien ruokailualuetta, vaan selkälokkien liikkuminen alueella jakaantuu tasaisesti koko laajalle merialueelle.

Edellä esitetyn perusteella selkälokkiin kohdistuva törmäysriski arvioitiin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään vähäiseksi. Sen sijaan **voimaloiden aiheuttaman häiriön seurauksena aiheutuva karkotusvaikutus (displacement) arvioitiin varovaisuusperiaatteen mukaisesti suuruudeltaan ja merkittävyydeltään korkeintaan kohtalaiseksi kielteiseksi.** On todennäköistä, että Hallan alueelle saapuu ruokailevia selkälokkeja useasta eri yhdyskunnasta ja Perämeren ulkomerialue kokonaisuutena on lajille merkittävä ravinnonhankinta-alue sekä Suomen että Ruotsin pesimäkannan osalta. Merkitys korostuu, kun Perämeren pohjoisosan rannikkoalueella ei ole turkistarhoja, kuten etelämpänä Pohjanmaan rannikolla, eikä lokit enää voi

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

hyödyntää kaatopaikkoja, kuten ennen. Vaikka Hallan merituulivoima-alue kattaa Perämeren ulkomeren aluekokonaisuudesta vain pienen osan, alueelta väistyvien lintujen on hankittava ravintonsa muilta alueilta, mikä taas kasvattaa kyseisten alueiden saalistuspainetta, eli vaikutukset ulottuvat myös Hallan alueelta väistyvien yksilöiden tuloalueille.

Ruokki

Ruokkeja Hallan merituulivoimapuiston alueella esiintyi sekä kevät- ja syysmuuton aikaan että kesällä pesintäaikana. Enimmillään ruokkeja havaittiin yhdellä käyntikerralla 58 yksilöä. Käytännössä laajalla tuulivoima-alueella ruokkeja havaittiin yksittäin ja pikkuparvissa harvakseltaan ja satunnaisesti koko tuulivoima-alueella. Ruokki on merellinen laji ja se hankkii ravintonsa ulkomereltä. Sen ruokailulentojen tiedetään ulottuvan kauaskin pesimäpaikoilta, vaikka valtaosa ruokailulennoista tapahtuu pesimäluodon lähiympäristössä. Lähimmille pesimäluodoille Hallan tuulivoimapuiston alueelta on matkaa noin 40 kilometriä. On epävarmaa, kuinka suurelta osin kesällä pesintäaikana havaitut ruokit olivat pesiviä yksilöitä, jotka olivat lentäneet Hallan alueelle saakka ravinnonhankintaan ja kuinka suurelta osin pesimättömiä tai pesinnässään epäonnistuneita yksilöitä.

Ruokille, kuten muillekin ruokkilinnuille, on tyypillistä, että ne lentävät käytännössä aina matalalla meren pinnassa. Hallan selvityksissä havaittiin vain yksi yksilö, joka lensi korkeusluokassa 10–20 metriä. Näin ollen törmäysvaikutuksia ruokille ei arvioitu aiheutuvan, vaan ainoat vaikutusmekanismit ovat voimaloiden ja oheisrakenteiden rakentamisen aikaan aiheutuva veden hetkellinen samentuminen sekä rakentamisen ja toiminnan aikaiset häiriövaikutukset, joiden seurauksena ruokit voivat välttää merituulivoimapuiston aluetta ravinnonhankinnassaan (displacement). On todennäköistä, että Hallan alueelle saapuu ruokkeja useasta eri yhdyskunnasta ja Perämeren ulkomerialue kokonaisuutena on lajille merkittävä ravinnonhankinta-alue sekä Suomen että Ruotsin pesimäkannan osalta. Kokonaisuutena Perämeren pohjoisosassa pesii vain pieni osa Suomen ja etenkin Ruotsin pesimäkannasta, suurempien pesimäyhdyskuntien sijaitessa etelämpänä lähellä Merenkurkkua sekä siitä etelään. Lisäksi Hallan merituulivoimapuiston alue kattaa Perämeren ulkomeren aluekokonaisuudesta vain pienen osan, mutta alueelta väistyvien lintujen on hankittava ravintonsa muilta alueilta, mikä taas kasvattaa kyseisten alueiden saalistuspainetta, eli vaikutukset ulottuvat tätä kautta myös Hallan alueelta väistyvien yksilöiden tuloalueille.

Kokonaisuutena ruokkiin kohdistuvat vaikutukset arvioitiin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään vähäisiksi kielteisiksi.

Kuikka

Selkälokista ja ruokista poiketen kuikan kohdalla vaikutukset kohdistuvat ensisijaisesti alueen kautta keväällä muuttaviin yksilöihin. Pesivät kuikat hankkivat ravintonsa pesimäpaikoiltaan ja Hallan alueen yksilömäärältään vähäiset pesimäaikaiset havainnot koskevat pesimättömiä tai pesinnässään epäonnistuneita yksilöitä. Muista kuikkalinnuista kaakkureita havaittiin niin vähän, että kuikkalinnuista tässä yhteydessä käsitellään vain kuikka.

Arvioitaessa kuikkaan kohdistuvia vaikutuksia, merkittävin selvitysten tulos ja havainto oli muuttavien kuikkaparvien matala lentokorkeus. Lähes kaikki havaitut kuikat lensivät törmäyskorkeuden alapuolella, suurelta osin korkeusluokassa 1–10 metriä. Tämä poikkeaa selkeästi rannikon läheisyydessä havaittavasta kuikka(lintu)muutosta, sillä rannikon tuntumassa muuttavat parvet lentävät yleensä korkeusluokassa 20–50 metriä. Myös Iin Ulkokrunnissa toteutetuissa Suurhiekan merituulivoimapuistoon liittyneissä linnustoselvityksissä kuikkien todettiin lentävän saaren ohi pääasiassa korkeusluokassa 20–50 metriä eli törmäyskorkeudella (*wpd Finland Oy 2009*). Onkin ilmeistä, että ulkomeriolosuhteissa, missä ei ole näkyviä esteitä, kuikat lentävät lähellä veden pintaa ja nostavat korkeutta, kun alkavat nähdä rannikon ja saaria. Havaintoa tukee myös etelämpänä Laineen merituulivoimapuiston selvityksissä tehdyt havainnot, myös siellä kuikkalinnut lensivät lähes yksinomaan lähellä pintaa. Tästä ilmiöstä ei ollut ennen Hallan ja Laineen linnustoselvitysten yhteydessä toteutettuja, ulkomerelle suuntautuvia venelaskentoja empiirisiä havaintoja. Oletettavasti myös Suurhiekan kohdalla tuulivoimapuiston kautta muuttavat kuikkalinnut ovat vielä lentäneet matalalla ja nostaneet korkeutta vasta Ulkokrunnin

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

läheisyydessä, mistä käsin tarkkailu tapahtui. Näin ollen myös Suurhiekan vaikutusarvioinnissa esitetyt varsin korkeat törmäysluvut ovat todennäköisesti selkeästi yliarvioita. Kun niin ikään Perämeren kautta runsaslukuisena muuttavien arktisten vesilintujen kohdalla havainto on saman suuntainen, tämä on yksi merkittävimmistä linnustoselvitysten havainnoista arvioitaessa linnustoon kohdistuvia törmäysvaikutuksia kokonaisuutena.

Näin ollen kuikan kohdalla merkittävimmäksi vaikutusmekanismiksi arvioidaan voimaloiden aiheuttama estevaikutus ja sen seurauksena tapahtuva paikallinen muuttoreitin siirtyminen kuikkien väistäessä tuulivoimapuistoa. Avomeriolosuhteissa voimalat näkyvät kauas, joten todennäköisesti kuikat pystyvät näkemään voimalat riittävän kaukaa väistääkseen koko puiston. On myös mahdollista, että osa kuikista ajautuu merituulivoimapuiston alueelle. Voimaloiden väliset etäisyydet ovat kuitenkin pitkiä, joten kuikilla on runsaasti tilaa lentää myös voimaloiden välisellä alueella ja löytää turvallisesti tiensä puiston läpi. Kun suhteutetaan tuulivoimapuiston kiertämisen aiheuttama lisämatka kuikan koko muuttoreittiin, joka voi ulottua jopa Mustaltamereltä Itämeren kautta aina Siperian tundralle saakka, merkitys arvioitiin hyvin vähäiseksi.

Estevaikutuksen lisäksi muuton aikana lepäilemään pysähtyneiden ja pesimättömien yksilöiden kohdalla voimaloiden ja oheisrakenteiden rakennustoimista aiheutuva paikallinen veden samentuminen voi karkottaa alueella ruokailevia lintuja kauemmas alueesta. Kuikat ovat myös herkkiä alueella liikkuvien veneiden ja alusten aiheuttamalle häiriölle ja niiden pakoetäisyys on pitkä. Tämä todettiin myös venelaskentojen yhteydessä, havaitut kuikat väistivät venettä jopa satojen metrien matkalta. Etenkin merituulivoimapuiston rakentamisen aikana, mutta myös toiminnan aikana huoltokäyntien myötä lisääntynyt veneiden ja alusten liikkuminen alueella lisää kuikkiin kohdistuvia häiriövaikutuksia.

Kokonaisuutena kuikkaan kohdistuvien vaikutusten suuruus ja merkittävyys arvioitiin vähäiseksi kielteiseksi.

Edellä esitetyn perusteella Hallan merituulivoimapuiston toiminnan aikaiset vaikutukset linnustoon arvioitiin kokonaisuutena suuruudeltaan ja merkittävyydeltään vähäisiksi kielteisiksi. Yhteen lajiin, selkälokkiin, kohdistuvat kohtalaiset vaikutukset eivät nosta linnustoon kohdistuvaa *kokonaisvaikutusta* vähäistä suuremmaksi.

10.3.4.2 Energiansiirtoreittien vaikutukset linnustoon

Tuulivoimapuiston toiminnan aikana sähkönsiirtokaapeleiden ympäristöön muodostuu sähkömagneettikenttiä, joiden vaikutuksia kalastoon on käsitelty YVA-selostuksen kappaleessa 6.3.2. Tiivistetysti, sähkömagneettinen kenttä ulottuu useiden metrien päähän merenpohjaan kaivetusta merikaapelista ja sen intensiteetti vähenee etäisyyden kasvaessa. Sedimenttikerros kaapelin päällä vaimentaa, mutta ei täysin estä säteilyn pääsyä kaapeleista ympäristöön ja vesipatsaaseen. Sähkönsiirron aiheuttamaa sähkömagneettista kenttää on pidetty mahdollisena kaloihin kohdistuvana käytönaikaisena vaikutuksena. Staattisen magneettikentän vaikutuksia vesiorganismeihin on kuitenkin toistaiseksi tutkittu vain vähän ja tulokset ovat myös keskenään ristiriitaisia, mikä vaikeuttaa arviointia. Kalojen herkkyys tuntea sähkömagneettista säteilyä vaihtelee lajeittain. Kaapelien tyypillä ja suunnittelulla on suuri merkitys niiden sähkömagneettiseen vaikutukseen ja erilaisilla teknisillä ratkaisuilla voidaan mahdollisesti vähentää vaikutuksia kaloihin. Sähkömagneettisen säteilyn laajuutta on vaikea arvioida tässä vaiheessa hanketta, mutta kirjallisuustietojen perusteella mahdollinen vaikutus kohdistuu aivan kaapeleiden lähialueelle. Pinta-alan mukaan laskettuna teoreettinen vaikutus voisi kohdistua maksimissaan muutaman kymmenen hehtaarin alueelle.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että vaikka kalat aistivatkin magneettisia kenttiä, eivät sähkönsiirtokaapeleiden aiheuttamat magneettikentät ole välttämättä niin voimakkaita, että ne aiheuttaisivat kalojen poikkeavaa käyttäytymistä tai muuta muutoksia, myöskään vaihtoehdossa MVE1, jossa 10 kaapelia sijoitetaan yhdelle reitille (ns. worst case).

Kaapeleiden mahdollisesti aiheuttamalla sähkömagneettisella kentällä voi periaatteessa olla vaikutuksia myös pohjaeläimistöön. Joissain tutkimuksissa sähkömagneettisella säteilyllä on havaittu laboratoriokokeissa muutoksia pohjaeläinten suunnistamiskyvyssä, mutta Suomen oloissa

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tutkimustietoa ei ole saatavilla. Vaikutus arvioitiin kuitenkin korkeintaan vähäiseksi kielteiseksi (luku 6.3.2).

Edellä mainituin perustein arvioitiin, että merikaapeleiden aiheuttamalla sähkömagneettisella säteilyllä ei ole vähäistä suurempia vaikutuksia myöskään kaloja ja pohjaeläimiä ravintonaan käyttäviin, energiansiirtoreittien varrella pesiviin tai levähtäviin ja aluetta ravinnon hankintaan käyttäviin lintulajeihin.

10.3.4.3 Vaikutukset suojelualueisiin

Linnuston osalta hankkeen vaikutukset suojelualueisiin aiheutuvat vain energiansiirtorakenteiden (merikaapelit, vetyputki) asentamisesta ja toiminnasta. Itse merituulivoimapuiston läheisyydessä ei sijaitse linnuston perusteella suojeltuja alueita tai kohteita.

MVE1/VVE1

Energiansiirtoreittivaihtoehdon MVE1/VVE1 läheisyydessä sijaitsee *Raahen saariston Natura-alue* (FI1104600). Natura-alue on liitetty Natura-alueverkostoon luontodirektiivin mukaisena erityisten suojelutoimien alueena (SAC-alue) ja lintudirektiivin mukaisena erityissuojelualueena (SPA-alue). Alueen suojeluperusteina on Natura-tietolomakkeen mukaan 15 luontodirektiivin luontotyyppiä, yksi kasvilaji ja 64 lintulajia. Hankkeen vaikutuksista Natura-alueeseen on laadittu erillinen Luonnonsuojelulain mukainen Natura-arviointi (Liite 12).

Kaikki merituulivoimapuistoon liittyvät rakenteet (merituulivoimalat, merisähköasemat, merikaapelit, vedyntuotantoasemat, vetyputki) on sijoitettu Natura-alueeseen kuuluvien rajausten ulkopuolelle. Natura-alue sijoittuu Hallan merituulivoimapuiston rakenteista lähimmäksi energiansiirtoreitin vaihtoehtoa MVE1/VVE1. Natura-alue sijoittuu reitin välittömään läheisyyteen sen pohjoispuolelle. Koska merikaapelireitit ovat neljän kilometrin levyisiä alueita, joiden sisälle lopulliset rakenteet sijoitetaan tarkentuneen suunnittelun myötä, voi merikaapelin tai vetyputken todellinen etäisyys olla etäämmällä Natura-alueen rajauksesta. Energiansiirtorakenteista ei näin ollen aiheudu suoria vaikutuksia (pohjan muokkausta tai rakentamista) Raahen saaristo Natura-alueelle, mutta rakentamisesta voi kohdistua alueeseen epäsuoria vaikutuksia.

Linnuston osalta merkittävin vaikutus aiheutuu energiansiirtorakenteiden asentamisen edellyttämästä pohjan muokkauksesta (ruoppaus ja läjitys, sedimentin leviäminen) aiheutuvasta veden samentumisesta. Raahen edustan Natura-alueelle ulottuu mallinnusten mukaan lyhytkestoista samentuma vaikutusta, joka voi olla luokkaa 100 mg/l. Kaapelireiteillä yli 1 mm pohjan sedimentaatiota ulottuu mallinnuksen mukaan enintään noin 400 metrin etäisyydelle reitin molemmin puolin eikä sedimentaatiovaikutusta todennäköisesti ulotu Natura-alueelle. Samentumavaikutuksen ajallinen kesto on hyvin lyhyt, vain muutamasta tunnista korkeintaan pariin päivään per alue. Kokonaisuutena Natura-aluetta ympäröivälle vesialueelle kohdistuvan vaikutuksen kesto voi olla tätä pidempi, mutta samentumavaikutuksen sijainti muuttuu asennuksen edetessä.

Asentamisen aiheuttamat samentumavaikutukset kohdistuvat siis merkittävimpinä Natura-alueen ulkopuolelle. Natura-alueella pesivät ja/tai muuton aikaan levähtävät linnut voivat kuitenkin hyödyntää ravinnon hankinnassaan myös Natura-alueen ulkopuolisia alueita, joille asentamisen samentuma- ja sedimentoitumisvaikutukset sekä häiriövaikutukset kohdistuvat. Vaikutukset ovat kuitenkin hyvin lyhytaikaisia ja paikallisia, eikä niillä arvioida olevan vähäistä suurempia vaikutuksia pesivän tai levähtävän linnuston ravinnon hankintaan. Lisäksi vaikutukset kohdistuvat Natura-alueen suojeluperustelajistoon pääosin vain niiden liikkuessa Natura-alueen ulkopuolella.

Tuulivoimapuiston toiminnan aikana sähkönsiirtokaapeleiden ympäristöön muodostuu sähkömagneettikenttiä, jolla voi olla vaikutuksia kaloihin ja pohjaeläimiin. Vaikutuksia on käsitelty aiemmissa luvuissa 6.3.2 (kalat) ja 5.3.2 (pohjaeläimet). Kokonaisuutena voidaan todeta, että vaikka kalat aistivatkin magneettisia kenttiä, eivät sähkönsiirtokaapeleiden aiheuttamat magneettikentät ole välttämättä niin voimakkaita, että ne aiheuttaisivat kalojen poikkeavaa käyttäytymistä tai muuta muutoksia, myöskään vaihtoehdossa MVE1, jossa 10 kaapelia sijoitetaan yhdelle reitille (ns. worst case). Myös pohjaeläimiin kohdistuva vaikutus arvioitiin korkeintaan

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vähäiseksi. Näin ollen myös kaloja ja pohjaeläimiä ravintonaan käyttäviin lintuihin kohdistuvat vaikutukset arvioitiin korkeintaan vähäisiksi kielteisiksi.

Kokonaisuutena energiansiirtoreittivaihtoehdosta MVE1/VVE1 aiheutuvat, Raahen saariston Natura-alueen suojeluperusteena esitettyyn lintulajistoon kohdistuvat vaikutukset arvioitiin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään korkeintaan vähäisiksi kielteisiksi.

MVE2

Linnuston kannalta vähiten vaikutuksia aiheuttava reittivaihtoehto on MVE2, jonka läheisyyteen ei sijoitu suojelualueita. Lisäksi, jos Hallan merituulivoimapuiston tuottama energia muunnetaan vedyksi ja vety kuljetetaan putkea pitkin rantaan, kohdistuu hankkeen vaikutukset ainoastaan VVE1 reitille 25 kilometrin päähän Natura-alueesta ja 20 kilometrin päähän Oulun seudun kerääntymisalueesta. Tällöin hankkeella ei ole vaikutuksia Natura-alueelle tai lintualueelle.

MVE3

Merikaapelireittivaihtoehdon MVE3 alueella ja läheisyydessä sijaitsee linnustollisesti merkittäviä kohteita. Reittivaihtoehto rajautuu *Siikajoen lintuvedet ja suot (FI1105202) Natura-alueeseen*, joka on liitetty Natura-alueverkostoon luontodirektiivin mukaisena erityisten suojelutoimien alueena (SAC-alue) ja lintudirektiivin mukaisena erityissuojelualueena (SPA-alue). Alueen suojeluperusteina on Natura-tietolomakkeen mukaan 22 luontodirektiivin luontotyyppiä, seitsemän luontodirektiivin kasvilajia ja 81 lintudirektiivin lajia. Hankkeen vaikutuksista Natura-alueeseen on laadittu erillinen luonnonsuojelulain (9/2023) mukainen Natura-arviointi (Liite 12).

Kaikki merituulivoimapuistoon liittyvät rakenteet (merituulivoimalat, merisähköasemat, merikaapelit, vedyntuotantoasemat, vetyputki) on sijoitettu Natura-alueeseen kuuluvien rajausten ulkopuolelle. Natura-alue Siikajoen lintuvedet ja suot sijoittuu Hallan merituulivoimapuiston rakenteista lähimmäksi merikaapelireitin vaihtoehtoa MVE3 ja sen rantautumisaluetta. Natura-alue sijoittuu reitin välittömään läheisyyteen sen etelä- ja pohjoispuolelle. Koska merikaapelireitit ovat neljän kilometrin levyisiä alueita, joiden sisälle lopulliset suunnittelun myötä tarkentuneet merikaapelilinjaukset sijoittuvat, voi merikaapelin todellinen etäisyys olla etäämmällä Natura-alueen rajauksesta. Tuulivoimahankkeesta ei näin ollen aiheudu suoria vaikutuksia (pohjan muokkaus, rakentaminen) Siikajoen lintuvedet ja suot Natura-alueelle, mutta rakentamisesta voi kohdistua alueeseen epäsuoria vaikutuksia.

Linnuston osalta merkittävin vaikutus aiheutuu merikaapeleiden asentamisen edellyttämästä pohjan muokkauksesta (ruoppaus ja läjitys, sedimentin leviäminen) ja sen aiheuttamasta veden samentumisesta. Natura-alueelle ulottuu mallinnusten mukaan lyhytkestoista samentuma vaikutusta, joka voi olla luokkaa 100 mg/l. Kaapelireiteillä yli 1 mm pohjan sedimentaatiota ulottuu mallinnuksen mukaan enintään noin 400 metrin etäisyydelle reitin molemmin puolin eikä sedimentaatiovaikutusta todennäköisesti ulotu Natura-alueelle.

Asentamisen aiheuttamat samentumavaikutukset kohdistuvat siis merkittävimpinä Natura-alueen ulkopuolelle. Natura-alueella pesivät / muuton aikaan levähtävät linnut voivat kuitenkin hyödyntää ravinnon hankinnassaan myös Natura-alueen ulkopuolisia alueita, joille asentamisen samentuma- ja sedimentoitumisvaikutukset sekä häiriövaikutukset kohdistuvat. Vaikutukset ovat kuitenkin hyvin lyhytaikaisia ja paikallisia, eikä niillä arvioida olevan vähäistä suurempia vaikutuksia pesivän / levähtävän linnuston ravinnon hankintaan ja ne kohdistuvat Natura-alueen suojeluperustelajistoon pääosin vain niiden liikkuessa Natura-alueen ulkopuolella.

Kokonaisuutena Siikajoen lintuvedet ja -suot -Natura-alueen suojeluperusteena esitettyyn lintulajistoon kohdistuvat vaikutukset arvioitiin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään korkeintaan vähäisiksi kielteisiksi.

Lisäksi merikaapelivaihtoehto MVE3 sijoittuu *Oulun seudun kerääntymisalueelle*, joka on kansainvälisesti (IBA), valtakunnallisesti (FINIBA) ja maakunnallisesti (MAALI) tärkeä lintualue. Oulun seudun kerääntymisalue on hyvin laaja kokonaisuus, johon kuuluu karkeasti Hailuodon ja mantereen välinen merialue ja muita Hailuodon ranta-alueita sekä Siikajoen-Lumijoen rantoja ja Liminganlahti kokonaisuudessaan. Lisäksi rajaus ulottuu laajalti sisämaahan Limingan-Tyrnävän peltoalueille. Näin ollen Hallan hankkeen merikaapelireitit ja niiden rakentamisen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

aiheuttamat vaikutukset kohdistuvat hyvin pieneen osaan laajaa kokonaisuutta. Lisäksi, samoin kuin yllä on selostettu, vaikutuksen ajallinen kesto on hyvin lyhyt.

Oulun seudun kerääntymisalueelle kohdistuvat vaikutusmekanismit ovat samat kuin yllä on selostettu, poikkeuksena se, että merikaapelireitti sijoittuu rajauksen sisään, jolloin alueelle kohdistuu myös suoria vaikutuksia. Suorat vaikutukset aiheutuvat merikaapelien asentamisesta pohjaan, joka tapahtuu joko ruoppaamalla tai vesipainepuhalluksella. Tämä aiheuttaa muutoksia pohjassa itse kaapelireitin kohdalla, mutta myös sen lähiympäristössä liikkeelle lähteneen kiintoaineksen ja pohjasedimentin laskeutuessa takaisin pohjaan ympäröiville alueille, mikä ilmenee pohjan sedimentoitumisena / liettymisenä. Yli 1 mm sedimentoitumisvaikutuksen arvioidaan rajoittuvan asennuskohdan välittömään lähiympäristöön noin 400 metrin etäisyydelle reitin molemmin puolin.

Alueen linnustollinen merkitys merikaapelireitin vaikutusalueella perustuu alueen matalikoihin ja mataliin ranta-alueisiin, ja kun merikaapelin suunniteltu reitti sijaitsee Merikylänlahden keskellä ja lahden suulta suoraan ulkomerelle päin, suorat vaikutukset eivät kohdistu linnustollisesti merkittävimmille kohteille.

Yllä esitetyn perusteella lintualueelle kohdistuvien suorien vaikutusten suuruus ja merkittävyys arvioitiin korkeintaan vähäiseksi kielteiseksi.

Kuva 10-22. Pilkkasiipi (svärta) on yksi Hallan hankealueen kautta keväällä muuttavista arktisista vesilinnuista. Selvityksissä hankealueen kautta muuttavien ja muutoinkin alueella liikkuvien lintujen lentokorkeudet todettiin mataliksi.

10.3.5 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston ja energiansiirron toiminnan jälkeiset vaikutukset riippuvat purkamistoimenpiteistä, esimerkiksi jätetäänkö perustukset paikoilleen vai puretaanko ne pois. Vaikutusmekanismit vastaavat rakentamisenaikaisia vaikutuksia. Suurimmat haittavaikutukset linnustoon ovat rakenteiden purkamistöistä ja lisääntyneestä ihmistoiminnasta aiheutuva häiriövaikutus. Lisäksi mahdollinen perustusten purkaminen aiheuttaa veden hetkellistä samentumista sekä vaikutuksia purkualueen pohjaeläimistölle ja kalastolle, joka vaikeuttaisi tilapäisesti ja paikallisesti pohjaeläimiä ja kaloja syövien lintulajien ravinnonsaantia. Purkamistöiden jälkeen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

elinympäristö palautuu entiselleen. Voimaloiden poistumisen myötä aiheutunut estevaikutus ja törmäysriski poistuvat.

10.3.6 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Vaihtoehdossa VE0, jossa merituulivoimapuistoa ei rakenneta, hankkeen johdosta aiheutuvat vaikutukset, kuten häiriö- ja estevaikutus tai törmäysriski, eivät toteudu eikä linnustoon kohdistu tässä raportissa esitettyjä vaikutuksia. Sen sijaan toteuttamatta jättäminen voi aiheuttaa linnustoon vaikutuksia, mikäli korvaavaa ja mittaluokaltaan suurta energiamäärää tuotetaan esimerkiksi fossiilisilla polttoaineilla, uudella vesivoimalla tai muille alueille rakennettavalla tuulivoimalla.

10.4 Yhteisvaikutukset

Pohjoisella Perämerellä sijaitsee Hallan hankkeen lisäksi useita muitakin merituulivoimahankkeita, joilla voi yhdessä Hallan kanssa olla yhteisvaikutuksia alueella liikkuvaan linnustoon. Muut hankkeet on kuvattu luvussa 21.1. Linnuston osalta yhteisvaikutuksia arvioitaessa huomioitiin seuraavat merituulivoimahankkeet:

- Polargrund: välittömästi Hallan hankealueen luoteispuolella Ruotsin puolella
- Suurhiekka / Pooki: Hallan koillispuolella lähimmillään noin 13 kilometrin etäisyydellä
- Omega: Hallan länsi-lounaispuolella Ruotsin puolella lähimmillään noin 19 kilometrin etäisyydellä
- Ebba: Hallan eteläpuolella lähimmillään noin 22 kilometrin etäisyydellä
- Maanahkiainen: Hallan etelä-kaakkoispuolella noin 28 kilometrin etäisyydellä, Ebban itäpuolella

Hallan länsi-luoteispuolella Ruotsin puolella sijaitsevan Polargrundin ja Hallan hankealuerajausten etäisyys on vähimmillään noin 3 kilometriä, mutta voimaloista vapaa alue on käytännössä leveämpi, arviolta yli 5 kilometriä. Hankealueiden välinen voimaloista vapaa sektori on lounais-koillis-suuntainen, eli käytännössä havaitun lintujen päämuuttosuunnan mukainen. Näin ollen arvioidaan, että mikäli lounaasta Hallan hankealuetta kohti muuttavat linnut lähtevät kiertämään Hallan kokonaisuutta länsipuolelta, hankealueiden välinen käytävä olisi riittävä sille, että linnut voivat muuttaa sitä kautta, eivätkä ne näin ollen lähtisi kiertämään myös Polargrundin voimaloita, mikä aiheuttaisi jo huomattavasti pidemmän kiertomatkan. Kuvissa (Kuva 10-9 ja Kuva 10-11) on esitetty merituulihankkeiden sijoittuminen kuikkalintujen sekä mustalinnun ja muiden arktisten vesilintujen valtakunnallisesti merkittäviin kevätmuuttoreitteihin nähden.

Hallan lounaispuolella sijaitseva merituulivoimapuisto Omega sijoittuu myös osittain samalle lounais-koillis-suuntaiselle lintujen muuttoreitille, mutta todennäköisesti valtaosa Hallan tuulivoimapuiston kautta muuttavista linnuista lentää kuitenkin Omegan kaakkois- ja itäpuolelta.

Hallan koillispuolella sijaitseva Suurhiekan/Pookin merituulivoimapuiston hankealue sijoittuu suurelta osin samalle muuttoreitille, kun Hallan kautta tai sen vieritse lentäneet linnut jatkavat muuttoaan koilliseen (Kuva 10-9 ja Kuva 10-11).

Laajassa mittakaavassa muuttolinnuston osalta yllä mainittujen hankkeiden lisäksi periaatteessa kaikki samalle muuttoreitille sijoittuvat hankkeet aiheuttavat yhteisvaikutuksia. Vaikutuksen merkittävyyttä on kuitenkin hyvin vaikea, ellei mahdoton, arvioida tarkasti. Todennäköisesti useammallakaan tuulivoimapuistolla ei kuitenkaan ole estevaikutuksesta johtuvaa muuttoreitin paikallista muuttumista merkittävämpi vaikutus. Suhteessa muuttolintujen pitkiin muuttoreitteihin paikallisella muuttoreitin vähäisellä muutoksella ei useammankaan tuulivoimapuiston osalta arvioida olevan merkittävyydeltään vähäistä suurempaa vaikutusta.

Pesimälinnuston osalta Hallan lähialueiden merituulivoimahankkeet voivat aiheuttaa yhteisvaikutuksia, jotka kohdistuvat avomerellä ruokaileviin lintuihin, etenkin ruokkiin ja selkälokkiin.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Molempien lajien osalta lähimmät merkittävimmät pesimäyhdyskunnat sijaitsevat Krunnien saaristossa sekä Haukiputaan saaristossa. Mikäli näillä alueilla pesivät linnut käyttävät Hallan tuulivoimapuistoaluetta ravinnonhankintaan, suunniteltu Suurhiekan/Pookin hanke sijoittuu käytännössä kokonaan lähtöalueiden ja Hallan merituulivoimapuiston väliin. Mikäli Suurhiekan/Pookin hanke toteutuu, voi se estää lintujen liikkumisen Hallan suuntaan, mikäli ne välttävät tuulivoima-alueiden läpi lentämistä. Näin ollen on siis epätodennäköistä, että Suurhiekan/Pookin hankkeen takana sijaitseva Hallan hanke aiheuttaisi yhteisvaikutuksia. Vastaavan tilanteen arvioidaan olevan myös muiden mainittujen merituulivoimahankkeiden osalta eli edellä todetun perusteella on epätodennäköistä, että yksittäiset linnut joutuisivat useamman merituulivoima-alueen vaikutuspiiriin ravinnonhankintalennoillaan. Arvio pätee myös Ruotsin puolen hankkeisiin ja Ruotsin puolen pesimäyhdyskunnista mahdollisesti alueelle ravinnonhankintaan lentäviin lintuihin.

Mikäli linnut eivät ravinnonhankintalennoillaan ennakkoarvioista poiketen vältä merituulivoima-alueita, vaan lentävät niiden alueille ja läpi, arvioidaan, että myös niiden ravinnonhankinta onnistuu tuulivoima-alueen sisälläkin, jolloin yhteisvaikutusten merkittävyys olisi vähäinen. Matalalla lentäviin ruokkeihin ei arvioitu kohdistuvan törmäysvaikutuksia, mutta keskimäärin korkeammalla, osin myös törmäyskorkeudella lentäviin selkälokkeihin voidaan arvioida yhteisvaikutuksen myötä kohdistuvan kohonnut törmäysriski. Tällöin yhteisvaikutuksia voi aiheutua myös hankkeiden rakennusaikana, jolloin veden samentumisella voi olla paikallista vaikutusta lintujen ravinnonhankintaan tuulivoimapuistojen sisällä sekä niiden lähiympäristöissä. Mikäli hankkeet rakennetaan samaan aikaan, rakennustoimien aiheuttama häiriövaikutus ja veden samentuminen leviävät laajemmalle alueelle samanaikaisesti. Mikäli hankkeet rakennetaan eri aikoina, muiden puistojen rakentamisen myötä kyseisten vaikutusten ajallinen kesto pitenee.

Kokonaisuutena linnustoon kohdistuvien vaikutusten merkittävyyden ei arvioitu kohoavan yhteisvaikutusten myötä, eli ne ovat selkälokin osalta merkittävyydeltään korkeintaan kohtalaisia kielteisiä ja muun linnuston osalta vähäisiä kielteisiä.

10.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Maailmalta ja Suomesta saatujen seurantatulosten perusteella linnut ensisijaisesti välttävät merituulivoimapuistoja kokonaisuutena. Koska hankevaihtoehdot eroavat toisistaan vain saman alueen sisälle sijoittuvien voimaloiden lukumäärän osalta, erot elinympäristömuutosten ja estevaikutuksen laajuuden osalta ovat vähäisiä. Samasta syystä myös törmäysvaikutusten osalta, vaikka voimalamäärän kasvaessa myös törmäysvaikutukset kasvavat, erot hankevaihtoehtojen välillä ovat vähäisiä. Eroja syntyy rakentamisaikaisten häiriövaikutusten ja veden samentumisen osalta, kun hankevaihtoehdossa VE2 voimaloita rakennetaan lukumääräisesti vähemmän ja rakentamistoimet kestävät lyhyemmän ajan.

Hallan merituulivoimapuiston toiminnan aikaiset vaikutukset linnustoon arvioitiin kokonaisuutena suuruudeltaan ja merkittävyydeltään vähäisiksi kielteisiksi. Yhteen lajiin, selkälokkiin, kohdistuvat kohtalaiset vaikutukset eivät nosta linnustoon kohdistuvaa kokonaisvaikutusta vähäistä suuremmaksi. Myös energiansiirtoreittivaihtoehtojen osalta erot ovat vähäiset. Eri reittivaihtoehdoilla vaikutukset kohdistuvat eri alueille, mutta reitistä riippumatta vaikutusten merkittävyys arvioitiin vähäiseksi. Kuitenkin linnuston kannalta pienimmät vaikutukset aiheuttaisi reittivaihtoehto MVE2, koska sen varrella tai läheisyydessä ei sijaitse linnuston pesinnän tai muuton aikaisen lepäilyn kannalta merkittäviä kohteita eikä linnuston perusteella rajattuja suojelualueita.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 10-4. Vaikutusten merkittävyys linnustolle eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen				VE1 VE2 MVE2					
	Kohta-lainen				MVE1 MVE3 VVE1	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Taulukko 10-5. Vaikutusten merkittävyys linnustolle eri hankevaihtoehdoissa merituulivoimapuiston toiminnan aikana. Vaikutuksen merkittävyyttä nostaa selkälokkiin kohdistuvat vaikutukset. Muuhun linnustoon kohdistuva vaikutusten merkittävyys arvioitiin vähäiseksi.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen				MVE2 MVE1 MVE3 VVE1 VE1** VE2**					
	Kohta-lainen			VE1* VE2*		VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

*vaikutukset selkälokkiin, ** vaikutukset muulle linnustolle

10.6 Arvioinnin epävarmuudet

Käytössä oleviin ympäristötietoihin ja vaikutusten arviointiin liittyy aina oletuksia ja yleistyksiä. Olemassa olevaa tietoa merituulivoimapuistojen vaikutuksista lintuihin on jo paljon, mutta tutkimukset on toteutettu pääasiassa muualla kuin Suomessa, jolloin sen sovellettavuus Hallan merituulivoimapuiston alueelle paikallisesti voi aiheuttaa epävarmuutta ja epätarkkuutta arviointityössä.

Luontovaikutusten arviointiin liittyy aina epävarmuutta, sillä luonnon eri osatekijät muodostavat monimuotoisen verkoston, jossa yksittäisessä tekijässä tapahtuva muutos voi aiheuttaa vaikutuksia muuhun luontoon. Biologiset prosessit ovat monimutkaisia eikä niiden ennustaminen ole kaikilta osin mahdollista. Tapahtumien ennustettavuus luonnossa vaihtelee huomattavasti

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

useista eri tekijöistä johtuen ja myös sattumalla on usein huomattava merkitys. Tästä hyvänä esimerkkinä ja tämän vaikutusarvioinnin osalta merkittävimpänä epävarmuutena on lintujen muutto ja siinä tapahtuva vuosittaisvaihtelu. Merituulivoimapuiston alueen saavutettavuus on erittäin haastavaa, minkä seurauksena aiempaa olemassa olevaa tietoa alueelta ei ole ja tarkkailukäyntien määrä oli rajallinen. Tätä epävarmuutta kuitenkin lieventää se, että sekä kevät- että syysmuutonseurannat kattoivat kaksi muuttokautta. Merkittävin tekijä lintumuuton sijoittumiseen ja ajoittumiseen paikallisesti on sääolosuhteilla, etenkin tuulen suunnalla. Ulkomerellä tämä vaikutus todennäköisesti vielä korostuu, kun linnuilla ei ole esimerkiksi meren rannikon muodostamaa johtolinjaa, jota seurata tuulen suunnasta riippumatta.

Rannikoilla sijaitsevista lintujen päämuuttoreiteistä poiketen, missä eri lajiryhmien muutot tapahtuvat ajallisesti hyvinkin eri aikoina, Perämeren ulkomerellä tapahtuvan kevätmuuton ajallinen kesto on varsin lyhyt. Tämä johtuu ensisijaisesti siitä, että meri on jäässä pitkälle kevääseen, eivätkä ulkomerellä runsaimpina esiintyvät lajiryhmät, eli vesi-, kuikka- ja lokkilinnut mielellään liiku jääkentän yllä. Jäiden sulamisen jälkeen alueen kautta muuttavien lintujen muutto tapahtuu varsin nopeasti. Toteutetut tarkkailukäynnit pyrittiin ajoittamaan mahdollisimman kattavasti juuri tähän ajanjaksoon ja siinä onnistuttiin varsin hyvin. Veneellä toteutetut tarkkailukäynnit tuli kuitenkin ajoittaa heikkotuulisiin tai täysin tuulettomiin hetkiin, minkä vuoksi selvityksissä ei ole voitu havainnoida muuttavaa tai muuten alueella liikkuvaa linnustoa tuulisissa olosuhteissa. On todennäköistä, että lintujen muuttoa ja liikkumista tuulivoimapuiston alueella tapahtuu myös etenkin muuton kannalta suotuisan tuulen suunnan aikana myös tuulisissa olosuhteissa. Koska aineistoa ei ole, ei voida myöskään arvioida esimerkiksi mahdollista tuulen vaikutusta lintujen lentokorkeuteen. Myös lajeja, joiden *päämuuttoreitit* sijaitsevat ulkomerellä, on rannikon muuttoreittejä vähemmän. Näin ollen laadituissa selvityksissä arvioidaan saadun vaikutusten arvioinnin kannalta riittävä kuva alueen kautta kulkevan lintumuuton yleisestä luonteesta ja lintujen muuttokorkeuksista.

Osa keväällä ja syksyllä tapahtuvasta lintujen muutosta tapahtuu yöllä ja yömuuton todentaminen edellyttäisi tutkien tms. teknisten menetelmien käyttöä. Tutkaseurantaa ei tässä hankkeessa ole toteutettu, mikä aiheuttaa epävarmuutta yöllä muuttaviin lintuihin mahdollisesti aiheutuvan törmäysriskin arviointiin.

Linnuston osalta selvityksiä tulisi täydentää seuraavissa lupavaiheissa sekä rakentamisen ja toiminnan aikaisissa linnustonseurannoissa. Selvitysten täydentämisellä ja seurannoilla pyritään varmistamaan, että hankkeen toteuttaminen ei aiheuta merkittäviä vaikutuksia muuttaviin, ruokaileviin tai levähtäviin lintuihin. Täydentäviä tarkkailuita ja seurantoja tulee kohdentaa mahdollisuuksien mukaan myös yömuuton havaitsemiseen lintututkan tai muun vastaavan tekniikan avulla. Teknisten menetelmien, kuten lintutukien, osalta tapahtuu jatkuvaa kehitystä, ja käytettävät menetelmät ja tekniikat valitaan myöhemmin yhteistyössä asiantuntijoiden ja hanketta valvovan viranomaisen kanssa.

Pesimäaikaista lintujen liikkumista seurattiin merituulivoimapuiston alueella yhden maastokauden ajan. Näin ollen mahdollista vuosittaisvaihtelua alueen käytössä ei voitu todeta. Sen arvioitiin kuitenkin olevan vähäisempää kuin muuttolinnuston kohdalla. Merituulivoimapuiston alueella ei sijaitse linnuston kannalta merkittäviä ruokailualueita, koska alue on kauttaaltaan liian syvää pohjaeliöstöä ravintonaan käyttäville lajeille, joita yksilömäärältään runsaimmat lajit ovat. Kalaa ravintonaan käyttävien lajien osalta mahdolliset muutokset ruokailualueista riippuvat mahdollisista muutoksista paikallisissa kalakannoissa ja niiden liikkeistä. Niitäkin on vaikeaa, ellei mahdotonta tarkasti ennustaa tai arvioida etukäteen. Selvityksissä saatiin kuitenkin hyvä yleiskuva lintujen pesimäaikaisesta liikkumisesta alueella, eikä selvitysten tai olemassa olevan aineiston perusteella alueella ole mitään ennustettavissa olevaa tekijää, mikä aiheuttaisi merkittäviä muutoksia eri vuosien välillä.

Kokonaisuutena, mainituista tiedostetuista ja myöhemmin täydennettävistä puutteista ja epävarmuuksista huolimatta, YVA-menettelyn aikana linnustotietoja on kerätty monipuolisesti olemassa olevasta aineistosta sekä eri selvitysmenetelmiä yhdistellen, ja aineiston perusteella on voitu laatia riittävän luotettava arviointi YVA-menettelyä varten.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Energiansiirtoreittien osalta ei vaikutusten arvioinnissa ole merkittäviä epävarmuuksia. Linnustoon kohdistuvat vaikutukset ovat vähäisiä ja lyhytaikaisia, ja selvityksissä saatiin hyvä kuva pesivän linnuston esiintymisestä ja liikkumisesta sekä merkittävimpien muutonaikaisten lepäilyalueiden sijoittumisesta reittien alueilla.

Vaikutusarviointi on tehty varovaisuusperiaatteen mukaisesti, millä pyritään varmistamaan, ettei vaikutuksia aliarvioida. Suomen oloissa laaditun tutkimusnäytön perusteella (esimerkiksi *Suorsa 2019*) tuulivoimahankkeiden vaikutusarvioinneissa arvioidut vaikutukset ovat olleet etenkin törmäysvaikutusten osalta pääsääntöisesti suuremmat kuin toteutuneet vaikutukset.

10.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Hallan hankkeen kohdalla merkittävin vaikutusten lieventämiskeino on vaikutusten kattava ja asianmukainen seuranta ja sen tulosten perusteella mahdollisesti esitettävien suositusten toteuttaminen. Tällaisia voivat olla esimerkiksi puiston uloimpien voimaloiden varustaminen voimalat pysäyttävällä lintututkajärjestelmällä, mikäli vaikutusarvioinnista poiketen todetaan lintujen törmäyksiä. Lisäksi tutkimuksissa on todettu, että maalaamalla roottorin yksi lapa mustaksi on voitu vähentää lintutörmäyksiä merkittävästi (*May ym. 2020*).

Koska pääasiallinen tuulen suunta on sama kuin lintujen päämuuttosuunta, ei voimaloita ole teknis-taloudellisesti kannattavaa sijoittaa peräkkäin niin, että rinnakkain olevien voimalajonojen väliin jäisi vapaat lentokäytävät koko puiston läpi. Siksi laaja merituulivoimapuisto aiheuttaa periaatteessa laajan yhtenäisen esteen lintujen muuttoreitille. Mikäli tuulivoimapuiston keskelle olisi mahdollista jättää yhden muuta puistoa leveämmän voimaloista vapaan lounas-koillinensuuntaisen käytävän, voisivat linnut hyödyntää sitä, jolloin sekä estevaikutus että törmäysriski pienenisivät.

Merituulivoimapuiston lentoestevaloina tulisi käyttää valoja, joissa on mahdollisimman vähän UV-taajuutta, mikä houkuttelee hyönteisiä, ja siten lintuja voimaloiden läheisyyteen. Myös mahdollisimman himmeillä valoilla voidaan vähentää erityisesti yöllä muuttavien lintujen törmäysriskiä, sillä kirkkaat valot houkuttelevat lintuja voimaloita kohti. Myös esimerkiksi lepäilevien kaakkureiden todettiin pimeän aikana välttävän merituulivoimapuistoa vähemmän sumun tms. huonon näkyvyyden vallitessa, minkä pääteltiin johtuvan voimaloiden lentoestevaloista (*Heinänen ym. 2020*).

Energiansiirtoreittien osalta merkittävin vaikutusten lievennyskeino on ajoittaa kaapelien ym. rakenteiden asentaminen jäidenlähdön ulkopuolelle, jolloin kevätmuutolla lepäilevien lintujen määrä on runsaimmillaan, sekä vilkkaimman poikasten ruokinta-ajan, eli kesä-heinäkuun ulkopuolelle. Merialueiden ja saariston osalta häiriötä ja veden samentumista aiheuttavien toimenpiteiden ajoittamisella voidaan laskea linnustoon kohdistuvat vaikutukset vähäisistä lähes olemattomalle tasolle. Mikäli myös kaapeliojien kaivaminen maissa voidaan ajoittaa lintujen pesimäajan ulkopuolelle, voidaan välttää käytännössä lähes kaikki linnustoon kohdistuvat vaikutukset. Energiansiirtoreittivaihtoehdoista linnuston kannalta pienimmät vaikutukset aiheuttaisi reittivaihtoehto MVE2, koska sen varrella tai läheisyydessä ei sijaitse linnuston pesinnän tai muuton aikaisen lepäilyn kannalta merkittäviä kohteita eikä linnuston perusteella rajattuja suojelualueita

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

11 SUOJELUALUEET

YHTEENVETO:

- Hallan merituulivoimapuistosta noin kilometrin etäisyydellä sijaitsee Merikalla Natura 2000 -alue (FI1100207, SAC). Muut luonnonsuojelu- ja Natura-alueet sijaitsevat yli 30 kilometrin etäisyydellä Hallan merituulivoimapuistosta.
- Merikaapelien ja vetyputken reitit sijoittuvat Raahen saariston (FI1104600, SAC/SPA) ja Siikajoen lintuvedet ja suot (FI1105202, SAC/SPA) Natura-alueiden välittömään läheisyyteen. Lisäksi MVE1 rantautumisalueelle sijoittuu Kuljunmäen niitty Natura-alue (FI1104602, SAC). Kymmenen kilometrin säteellä sijaitsee seitsemän muuta Natura-aluetta. Kahden kilometrin säteellä sijaitsee myös valtion muu suojelualue, yksityismaan luonnonsuojelualue, soidensuojelun täydennysehdotuskohde ja kaksi valtakunnallisesti arvokasta geologista muodostumaa.
- Vaikutukset aluemaisiin suojelukohteisiin liittyvät pääosin hankkeen rakennustöistä aiheutuviin vesistövaikutuksiin.
- Laaditun Natura-arvioinnin mukaan hanke ei aiheuta kielteisiä vaikutuksia Merikalla Natura-alueen suojeluperusteisiin.
- Raahen saariston Natura-alueelle ei arvioitu aiheutuvan vähäistä suurempia heikentäviä rakentamisen aikaisia vaikutuksia.
- Siikajoen lintuvedet ja suot Natura-alueen suojeluperusteena olevalle upossarpiolle arvioitiin syntyvän kohtalaisia heikentäviä vaikutuksia rakentamisen aikana. Muille suojeluperusteena oleville luontotyypeille ja lajeille kohdistuu korkeintaan vähäisiä heikentäviä vaikutuksia.
- Merikaapelien toteutusvaihtoehdoista eniten haittavaikutuksia suojelukohteille on vaihtoehdolla MVE1 ja vähiten MVE2.

11.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Hankkeen vaikutukset Natura-alueverkoston kohteisiin, luonnonsuojelualueisiin, luonnonsuojeluohjelmakohteisiin sekä muihin suojelullisesti huomioitaviin alueisiin on arvioitu asiantuntijatyönä olemassa oleviin aineistoihin ja hanketta varten tehtyihin kenttäselvityksiin perustuen. Vaikutusarvioinnin lähtötietoina on käytetty Suomen ympäristökeskuksen (*2023a*) ja muiden karttapalveluiden tietoja Natura-alueiden ja muiden suojelukohteiden rajauksista sekä Natura-alueiden tietolomakkeita. Vaikutusarvioinnit on laadittu kokeneiden biologien toimesta.

Suojelualuevaikutuksia arvioitaessa on huomioitu erityisesti kohteiden etäisyydet hankesuunnitelmiin (mm. tuulivoimalat, merikaapelit ja vetyputki). Lisäksi on huomioitu suojelualueiden suojeluperusteet, ja niihin hankkeesta mahdollisesti kohdistuvat vaikutukset. Hankkeen vaikutusmekanismeina on huomioitu sekä suorat että epäsuorat vaikutuskanavat.

Vaikutusarvioinnissa on huomioitu merituulivoimaloiden ja sähkönsiirtoon liittyvien rakenteiden (merikaapelit ja mahdollinen merisähköasema) ja vedyntuotannon (vetyputket) sekä käytön aikaiset suorat ja välilliset vaikutukset. Lisäksi on arvioitu merituulivoimapuiston toiminnan jälkeiset vaikutukset. Hankkeen luontovaikutukset kohdistuvat pääosin linnustoon ja vedenalaiseen luontoon. Suojelualueiden vaikutusarvioinnit liittyvätkin kiinteästi hankkeen linnustovaikutusten ja vesistövaikutusten arviointeihin.

Suojelualueisen osalta arvioinnin kannalta merkityksellistä on tunnistaa kunkin alueen osalta ne luontoarvot, joiden perusteella alue on sisällytetty suojelualueiden verkostoon. Tällaisia arvoja voivat olla kohteella esiintyvät luontotyypit, huomionarvoinen lajisto, linnusto tai alueen huomattava merkitys luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen edustavana kokonaisuutena. Näin ollen myös vaikutusmekanismit vaihtelevat aluekohtaisesti. Luontotyyppien tai kasvillisuuden perusteella suojelluille alueille suoria vaikutuksia muodostuu hyvin harvoin, sillä tyypillisesti suojelualueet pyritään huomioimaan hankesuunnittelussa siten, että niille ei osoiteta

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

rakentamistoimia eikä alueiden suojelu vaarannu hankkeen toteuttamisen myötä. Epäsuoria vaikutuksia merellä sijaitsevien suojelualueiden luontotyypeille tai kasvillisuudelle voi aiheutua tietyissä tapauksissa esimerkiksi veden samentumisen tai kiintoaineskuorman ja ravinteiden lisääntymisen kautta.

Epäsuoria vaikutuksia rantautumispaikkoja läheisien suojelualueiden luontotyypeille tai kasvillisuudelle voi aiheutua tietyissä tapauksissa esimerkiksi reunavyöhykevaikutuksen kautta, jos hankkeen edellyttämiä rakenteita perustetaan suojelualuerajauksen välittömään läheisyyteen. Reunavyöhykevaikutukselle alttiin vyöhykkeen leveys riippuu tilanteesta ja tapahtuvan muutoksen suuruudesta. Esimerkiksi olemassa olevan avoimen alueen leventäminen jää vaikutuksiltaan vähäisemmäksi kuin täysin uuden hakkuun toteuttaminen. Maanmuokkausta edellyttävien alueiden läheisyydessä hakkuut sekä maa-ainesten käsittely muuttavat tyypillisesti alueen vesitaloutta. Vaikutusalueen laajuus vaihtelee tapauskohtaisesti, mutta hydrologiset muutokset voivat muokatun alueen ympäristössä muuttaa paikallisesti esimerkiksi pintavesivalunnasta riippuvaisten luontotyyppien vesitaloutta ja vaikuttaa siten kyseiseen luontotyyppiin joko kuivattamalla tai tuomalla siihen lisääntyneen valunnan kautta lisää kosteutta. Vesitalouden muutokset voivat ilmetä myös lajistollisina muutoksina, joiden ilmeneminen vie tyypillisesti hieman pidemmän ajan.

Mikäli merikaapelien tai vetyputken rantautumisalueiden rakentaminen sijoittuu mantereella sijaitsevien suojelualueiden lähelle ja alueiden välissä ei ole joko topografian tai kasvillisuuden vuoksi pölyn leviämistä ehkäisevää vyöhykettä, voi maanrakentamisen yhteydessä alueelta nousevaa pölyä päätyä suojelualueelle. Pölyn aiheuttamat haittavaikutukset riippuvat vastaanottavan luontotyypin/kasvilajien herkkyydestä, ilman kosteudesta (sateella leviämistä tapahtuu vähemmän ja toisaalta kasveille päätynyt pöly huuhtoutuu lehdiltä sateen mukana tukkimasta ilmarakoja) sekä syntyvän ja suojelualueelle päätyvän pölyn määrästä. Maanmuokkaamisen yhteydessä kiintoainesta voi päätyä suojelualueelle myös pintavesien mukana riippuen pinnanmuodoista ja pintavesiuomissa kulkevien vesien purkusuunnista. Kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin kohdistuu suojelualueilla vaikutuksia tyypillisesti vain niissä tapauksissa, joissa hankealue tai sen rakenteet sijoittuvat suojelualueiden välittömään läheisyyteen; mitä etäämmälle suojelualueesta hankkeen rakenteita toteutetaan, sen epätodennäköisemmiksi tai vähäisemmiksi kasvillisuus- ja luontotyyppivaikutukset muodostuvat. Laajimmalle ulottuviksi voidaan arvioida pintavesien tai reunavyöhykevaikutuksen kautta aiheutuvat vaikutukset.

Mikäli alueiden suojelu perustuu esimerkiksi kohteen linnustollisiin arvoihin, voi tuulivoimahanke aiheuttaa etäämpänä sijaitsevillekin suojelualueille jopa merkittäviä haitallisia vaikutuksia, sillä linnut liikkuvat varsin laajalla alueella varsinaisen suojelualuerajauksen ulkopuolelle. Näissä tapauksissa tulee arvioida tuulivoimapuistoalueen merkitys kyseisten alueiden linnustolle. Mikäli tuulivoimapuiston alue itsessään on merkittävä ruokailualue tai se sijoittuu ruokailualueiden ja pesimäalueen välillä, voi siitä aiheutuvat haitat nousta hyvinkin merkittäviksi. Haitat linnustolle muodostuvat luvussa 10 kuvatun mukaisesti elinympäristöjen häviämisestä, saalistusalueiden vähenemisestä, estevaikutuksesta, lisääntyneestä törmäysriskistä sekä rakentamisen- ja toiminnanaikaisesta meluhaitasta. Vaikutusten muodostumiseen ja niiden merkittävyyteen vaikuttaa myös se, onko alue merkittävä muuttavan (levähdysalueet) vai alueella pesivän linnuston kannalta. Lintujen ohella Natura-suojelun perusteena voi olla myös laajoilla alueilla liikkuva maa- tai merieläimistö, joille Natura-alue saattaa toimia esimerkiksi lisääntymis- ja levähdysalueena tai talvehtimisalueena, mutta lajin ekologialle on ominaista vuodenaikaiskierto, jonka vuoksi laji ei välttämättä esiinny ympäri vuoden Natura-alueella. Esimerkkejä tällaisista laajojen reviirien lajeista ovat muun muassa luontodirektiivin liitteen II lajit saukko (*Lutra lutra*), itämerennorppa (*Pusa hispida botnica*) ja halli eli harmaahylje (*Halichoerus grypus*). Merinisäkkäisiin kohdistuvia vaikutuksia on käsitelty tarkemmin luvussa 5.

Suojelualueiden osalta oma kokonaisuutensa on Natura 2000 -alueverkosto, joka kattaa Suomessa noin viisi miljoonaa hehtaaria. Natura-alueverkoston tavoitteena on pyrkiä pysäyttämään luonnon monimuotoisuuden kato Euroopan Unionin jäsenvaltioiden alueella. Natura-verkosto turvaa luontodirektiivissä määriteltyjen luontotyyppien (noin 200 luontotyyppiä) ja lajien (noin 700 lajia) elinympäristöjä. Lisäksi verkostoon kuuluu lintudirektiivin mukaisia suojelualueita. Natura 2000 -verkoston alueiden suojelua on toteutettu alueesta riippuen esimerkiksi

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

luonnonsuojelulain, erämaalain, maa-aineslain, koskiensuojelulain tai metsälain mukaan siten, että lain säätämät suojelutavoitteet kyseisen alueen osalta toteutuvat. Hankkeiden vaikutusten osalta Natura -alueita koskee luonnonsuojelulain 35 §:n mukainen arviointivelvoite.

Hallan merituulivoimapuiston ja merikaapelien sekä vetyputken osalta katsottiin tarpeelliseksi laatia luonnonsuojelulain 35 §:n mukainen Natura-arviointi kolmelle (3) Natura-alueelle. **Merikalla** (FI1100207, SAC), joka sijaitsee noin kilometrin etäisyydellä Hallan merituulivoimapuistosta. **Raahen saaristo** (FI1104600, SAC/SPA), joka sijaitsee merikaapeli MVE1 välittömässä läheisyydessä. **Siikajoen lintuvedet ja suot** (FI1105202, SAC/SPA), joka sijaitsee merikaapeli MVE3 välittömässä läheisyydessä.

Lisäksi Natura-arvion tarveharkinta on laadittu kahdelle Natura-alueelle: Olkijokisuu-Pattijoen pohjoishaara (FI1103400 SAC/SPA) sekä Puntarinmäki (FI1104603, SAC). Mantereen sähkönsiirron osalta on laadittu Natura-arviointi Revonneva-Ruonneva (FI1105001, SAC/SPA) Natura-alueelle, jota käsitellään YVA-selostuksen B-osassa.

Natura-arvioinnit ja Natura tarveharkinnat on laadittu kokeneiden biologien asiantuntijatyönä. Molemmista on laadittu oma dokumentti, jotka ovat YVA-selostuksen liitteenä (liite 12 ja liite 13). Tiivistelmä Natura-arvioinnin tuloksista on esitetty luvussa 11.3.1.

11.2 Nykytila

Hallan merituulivoimapuiston, -kaapelireittien (MVE1–MVE3) ja vetyputken (VVE1) ympäristössä sijaitsevat Natura 2000 -alueet sekä luonnonsuojelualueet ja -suojeluohjelmiin kuuluvat aluerajaukset ovat koottuna seuraaviin taulukoihin (Taulukko 11-1 ja Taulukko 11-2) ja niiden sijainnit on esitetty kartalla (Kuva 11-1). Hallan merituulivoimapuiston, merikaapelien ja vetyputken alueista noin kymmenen kilometrin säteellä sijaitsee kymmenen Natura-aluetta (*Suomen ympäristökeskus 2023b, Ympäristöhallinto 2023*).

Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston hankealueen itäpuolella sijaitsee noin kilometrin etäisyydellä yksi Natura 2000 -alue, *Merikalla*. Muut luonnonsuojelu- ja Natura-alueet sijaitsevat yli 30 kilometrin etäisyydellä Hallan merituulivoimapuistosta.

Merikaapelit ja vetyputki

Merikaapelin MVE1 suunnitellulle rantautumisalueelle sijoittuu *Kuljunmäen niitty* (FI1104602, SAC, 2,1 ha) Natura-alue. Merikaapeli tuodaan rantaan todennäköisesti Raahen SSAB:n tehdasalueella, jolloin todellinen etäisyys mantereella sijaitsevaan Kuljunmäen niityn Natura-alueeseen on lähimmillään noin 1,6 km, eikä alueelle ole laadittu tästä syystä Natura-arviota. *Raahen saaristo* (FI1104600, SAC/SPA, 2 240 ha) Natura-alue rajautuu merikaapelireitin MVE1 pohjoisreunaan ja noin 760 metrin etäisyydelle vetyputkireitistä. MVE1 itäpuolelle sijoittuu 940 metrin päähän *Rytilammen alue ja Arkkukari* (FI1104605, SAC, 19 ha). Merikaapelin MVE3 reitti rajautuu *Siikajoen lintuvedet ja suot* (FI1105202, SAC/SPA, 2 067 ha) Natura-alueen kahden rajauksen välittömään läheisyyteen etelä- ja pohjoispuolelta. Muut Natura-alueet sijoittuvat yli kahden kilometrin etäisyydelle merikaapelien ja vetyputken reiteistä.

Merikaapeli- ja vetyputkireiteistä kahden kilometrin säteelle sijoittuu yksi Natura-alueiden rajaukselle kuulumaton luonnonsuojelualue, yksi valtion suojeluun varaama kiinteistö (*Suomen ympäristökeskus 2023b*, *Ympäristöhallinto 2023*), yksi soidensuojelun täydennysehdotuksen kohde (*Metsähallitus 2023*) sekä kaksi valtakunnallisesti arvokasta geologista muodostumaa (*Geologian tutkimuskeskus 2023*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 11-1. Merituulivoimapuiston, merikaapelien (MVE1–MVE3) ja vetyputken (VVE1) ympäristössä (10 km säde) sijaitsevat Natura 2000 -alueverkoston kohteet, ja niille sijoittuvat luonnonsuojelualueet ja luonnonsuojeluohjelmien kohteet sekä niiden suunta ja etäisyys hanketoiminnoista. Useilla kohteilla on päällekkäisiä aluerajauksia.

Kohde	Tyyppi	Minimietäisyys ja suunta lähimmästä hanketoiminnosta
Kuljunmäen niitty (FI1104602, SAC, 2,1 ha)	Natura-alue	merituulivoimapuisto: 37,5 km kaakko MVE1: sijoittuu merikaapelireitin tutkimusvyöhykkeelle, mutta merikaapelin rantautuminen tapahtuu tn. lähimmillään noin 1,6 km etäisyydellä VVE1: 1,5 km itä
Raahen saaristo (FI1104600, SAC/SPA, 2 240 ha) Valtionmaan luonnonsuojelualue: Jyryn saaren luonnonsuojelualue (ESA110018) Yksityismaan luonnonsuojelualue: Raahen saaristo (YSA118317) ja Rääpäkän luonnonsuojelualue (YSA111439) Rantojensuojeluohjelma: Raahen saaristo (RSO110099) Valtion muu suojelualue: Raahen saaristo (MLO352033)	Natura-alue, yksityismaan ja valtionmaan luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelma, valtion muu suojelualue	merituulivoimapuisto: 30 km kaakko MVE1: 0 m pohjoinen VVE1: 760 m pohjoinen
Siikajoen lintuvedet ja suot (FI1105202, SAC/SPA, 2 067 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue (31 kpl) Lintuvesien suojeluohjelma: Merikylänlahti-Ulkonokka-Siikajokisuu-Säikänlahti-Hietaniitynlahti (LVO110257) Valtion muu suojelualue: Siikajoen lintuvedet ja suot (MLO351678), Merikylänlahti-Ulkonokka (MLO352055), Vitikko-tila (MMO355492), Tauvo (MSM353560, MMO354603), Niemi-tila (MMO353279) Valtakunnallisesti arvokas tuulirantakerrostuma: Ulkonokanhietikko (TUU-11-027), Munahiedanranta (TUU-11-025), Ahtastenkankaat (TUU-11-019), Muuraiskankaat (TUU-11-020)	Natura-alue, yksityismaan suojelualue, luonnonsuojeluohjelma, valtakunnallisesti arvokas tuulirantakerrostuma, valtion muu suojelualue	merituulivoimapuisto: 31 km itä MVE3: 0 m etelä ja pohjoinen VVE1: 17,5 km koillinen
Rytilammen alue ja Arkkukari (FI1104605, SAC, 19 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue (7 kpl)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualue	merituulivoimapuisto: 39 km kaakko MVE1: 940 m itä VVE1: 2,5 km kaakko
Merikalla (FI1100207, SAC, 5 210 ha) Valtion muu suojelualue: Merikalla (MMS353235)	Natura-alue, valtion muu suojelualue	merituulivoimapuisto: 1 km itä MVE3: 3,6 km pohjoinen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

		VVE1: 15,7 km pohjoinen
Olkijokisuu-Pattijoen pohjoishaara (FI1103400, SAC/SPA, 202 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue: Harvakivikon (YSA206469) ja Uimarannan luonnonsuojelualue (YSA204935) Lintuvesien suojeluohjelma: Olkijoen suu (Maakalla-Kaijankivikko) (LVO110248) Valtion muu suojelualue: Olkijokisuu-Pattijoen pohjoishaara (MLO351897)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelma, valtion muu suojelualue	merituulivoimapuisto: 35 km kaakko MVE2: 2,6 km etelä VVE1: 10,5 km koillinen
Puntarinmäki (FI1104603, SAC, 4 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue: Puntarinkankaan luonnonsuojelualue (YSA204936), Puntarinmäen luonnonsuojelualue I (YSA201319) ja II (YSA201320)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualue	merituulivoimapuisto: 41 km kaakko MVE1: 2,8 km kaakko VVE1: 4,4 km kaakko
Viitajärven alue (FI1104601, SAC, 25 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue (6 kpl) Valtion muu suojelualue: Viitajärven alue (MLO351500) Soidensuojeluohjelma: Viitajärven alue (SSO110338)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualue, valtion muu suojelualue, luonnonsuojeluohjelma	merituulivoimapuisto: 41 km kaakko MVE1: 3,7 km itä VVE1: 6 km itä
Isomatala – Maasyvän lahti (FI1100203, SAC/SPA, 1 531 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue (46 kpl) Valtion muu suojelualue: Hailuodon ranta-alueet (MLO350606) Maisemakokonaisuus: Hailuoto (MAO110117) Lintuvesien suojeluohjelma: Hailuodon ranta-alueet, Isomatala (LVO110231)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualue, valtion muu suojelualue, luonnonsuojeluohjelma	merituulivoimapuisto: 34,5 km itä MVE3: 7,6 km pohjoinen VVE1: 36 km koillinen
Kirkkosalmi (FI1100202, SAC/SPA, 1 019 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue (75 kpl) Valtion muu suojelualue: Hailuodon ranta-alueet (MLO350606) Lintuvesien suojeluohjelma: Hailuodon ranta-alueet (LVO110231) Maisemakokonaisuus: Hailuoto (MAO110117)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualue, valtion muu suojelualue, luonnonsuojeluohjelma	merituulivoimapuisto: 30 km itä MVE3: 8,4 km pohjoinen VVE1: 35 km koillinen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 11-2. Kahden kilometrin (2 km) säteelle Hallan merituulivoimapuistosta, merikaapelien ja vetyputkien reiteistä sijaitsevat Natura 2000 -alueiden rajauksille kuulumattomat luonnonsuojelualueet ja -suojeluohjelmien kohteet sekä niiden etäisyydet ja suunta hanketoimintoihin nähden.

Kohde	Tyyppi	Minimietäisyys ja suunta lähimmästä hanketoiminnosta
Kallioniemi (KAO110023)	Valtakunnallisesti arvokas kalliomuodostelma	MVE1: kokonaan alueella VVE1: 220 m pohjoinen
Metso-Kytölä-tila (MMO354601)	Valtion muu suojelualue	MVE2: osittain alueella (0,01 ha)
Tauvon Munahiedanrannan hiekka-ranta ja dyynialue (LTA201776)	Yksityismaan luonnonsuojelu-alue	MVE3: 730 m etelä
Annansuo (13038)	Soidensuojelun täydennysehdotuskohde	MVE1: 895 m kaakko
Hietapakka (TUU-11-026)	Valtakunnallisesti arvokas tuulirantamuodostelma	MVE3: 1,5 km etelä

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 11-1. Hankealueen ympäristössä sijaitsevat Natura 2000 -alueverkoston kohteet, luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelmien kohteet, soidensuojelun täydennysehdotuksen kohteet ja valtakunnallisesti arvokkaat geologiset muodostelmat.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

11.3 Vaikutusten arviointi

Hallan merituulivoimapuiston, merikaapelien ja vetyputkien rakentamisen aikaiset vaikutuskanavat suojelualueille liittyvät pitkälti rakentamisen vesistövaikutuksiin sekä eläimistölle aiheutuviin melu- ja häiriövaikutuksiin. Tuulivoimaloiden perustustöihin ja merikaapeleiden sekä vetyputken asentamiseen liittyvästä pohjan muokkauksesta ja läjityksistä aiheutuu samentumia, myös veden ravinnepitoisuudet saattavat nousta. Rakentamistoimet kohdistuvat aina pienelle alueelle kerrallaan, joten vaikutukset ovat paikallisia. Samennusten vaikutusalue vaihtelee riippuen mm. työkohteesta, työmenetelmästä, pohjanlaadusta sekä kulloisistakin sää- ja virtausolosuhteista. Yleisesti ottaen samennusvaikutukset ovat tilapäisiä ja paikallisia rajoittuen korkeintaan muutamien satojen metrien etäisyydelle työkohteista. Pohjan ravinteet ovat yleensä vain pieneltä osin suoraan perustuottajille käyttökelpoisessa muodossa. Sedimenttitutkimusten perusteella haitta-ainepitoisuudet ovat hankealueella pieniä.

Merituulivoimapuiston toiminnan aikaiset vaikutukset liittyvät lähinnä linnustoon kohdistuvaan törmäysriskiin ja estevaikutukseen. Linnusto- ja eläimistövaikutuksia on käsitelty edeltävissä luvuissa ja Natura-arvioinnissa. Merituulivoimapuiston, -kaapelien ja vetyputken toiminnan aikaiset vesistövaikutukset liittyvät lähinnä paikallisiin muutoksiin pohjassa, virtauksissa ja aallonmuodostuksessa. Tuulivoimaloiden aiheuttamat virtausmuutokset ovat kuitenkin hyvin paikallisia, eikä niillä ole vaikutusta merialueen päävirtauksiin tai ympäröiville suojelualuille saakka.

Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ovat pitkälle vastaavia kuin rakennustöiden vaikutukset. Vaikutusten voimakkuus riippuu siitä mitä rakenteita poistetaan ja kauanko purkuvaihe kestää. Kokonaisuudessaan purkamisen vaikutukset ovat kuitenkin lievempiä ja lyhytkestoisempia kuin rakentamisen vaikutukset.

Seuraavissa luvuissa on kuvattu hankkeen vaikutukset muille suojelukohteille sekä kerrottu Natura-arviointien tiivistelmät.

Kuljumäen niityn Natura-alueelle ei kohdistu hankkeesta vaikutuksia, vaikka se sijaitsee merikaapelin MVE1 rantautumisalueen tutkimusalueella. Merikaapelin rantautuminen tapahtuu tn. lähimmillään noin 1,6 kilometrin etäisyydellä Natura-alueelta.

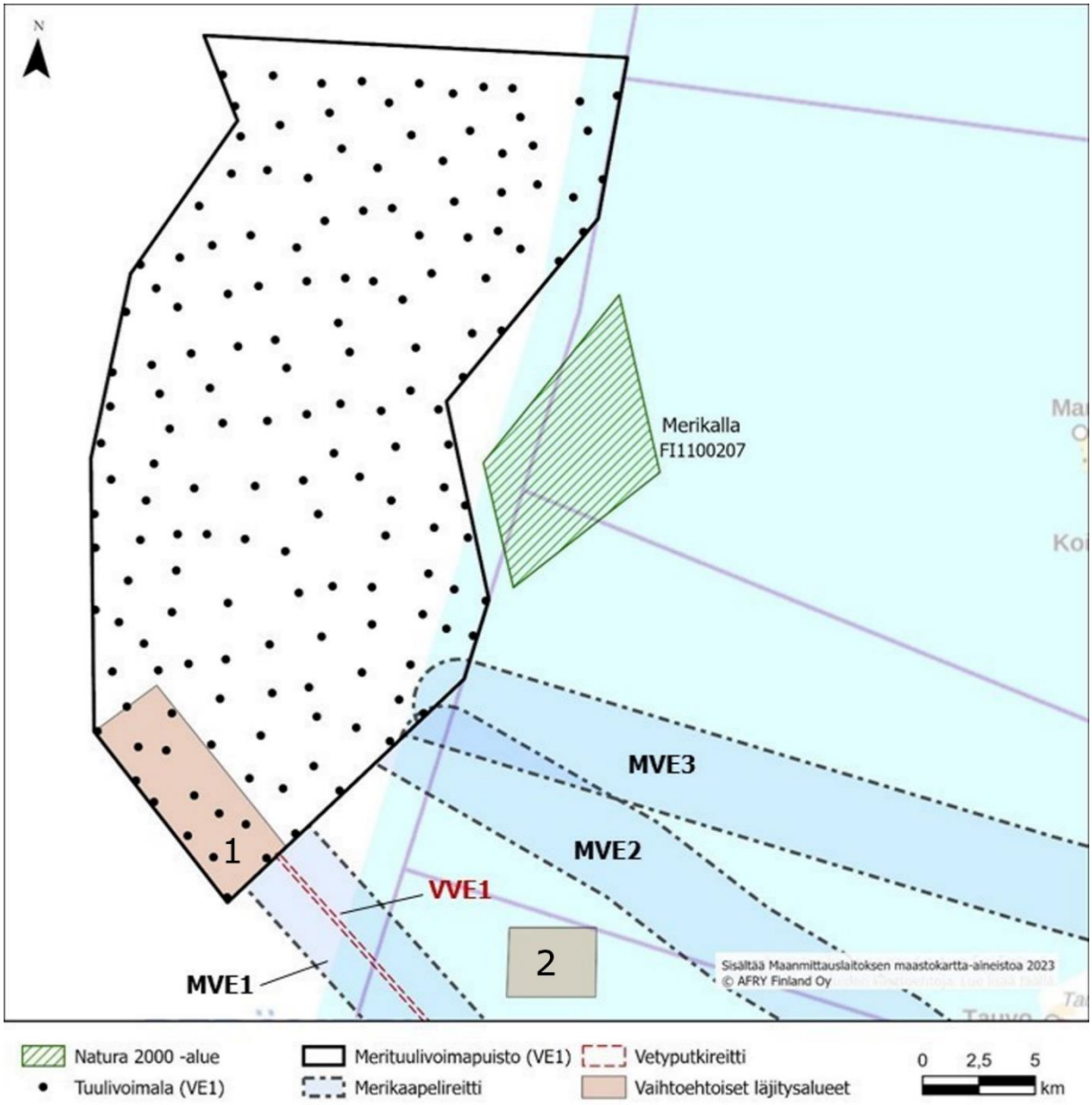
11.3.1 Natura-arvioinnin tiivistelmä

11.3.1.1 Merikalla

Alue sijaitsee Perämerellä Hailuodon länsipuolella avomerellä. Natura-alue Merikalla (FI1100207) on liitetty Natura-alueverkostoon luontodirektiivin mukaisena erityisten suojelutoimien alueena (SAC-alue). Natura-alueen pinta-ala on 5 210 hehtaaria (*Natura-tietolomake 2018*). Natura-alue sijaitsee Siikajoen ja Hailuodon kuntien alueella. Merikallan Natura-alueen sijoittuminen Hallan merituulivoimapuistoon, merikaapeleihin ja vetyputkeen nähden on esitetty kartalla (Kuva 11-2.).

Natura-alueen etäisyys merituulivoimapuistoon sekä merikaapelien ja vetyputken toteutusvaihtoehtoihin sekä alueen suojeluperusteisiin kuuluvat luontotyypit ja lajit on esitelty alla (Taulukko 11-3).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 11-2. Merikalla Natura-alueen sijainti Hallan merituulivoimapuiston alueeseen ja lähimpiin merikaapeleihin ja vetyputkeen nähden.

Taulukko 11-3. Merikalla Natura-alue, jonka osalta hankkeessa on toteutettu erillinen Natura-arviointi. Suojeluperusteet: Ympäristöhallinto 2023. Priorisoidut luontotyypit on merkitty tähdellä (*).

Natura-alue	Etäisyys ja suunta hankkeen toiminnoista	Natura-alueen suojeluperusteet (pinta-ala, ha)
FI1100207 **Merikalla** SAC 5 210 ha	Merituulivoimapuisto: 1 km itä MVE1: 14 km pohjoinen MVE2: 5,9 km pohjoinen MVE3: 3,7 km pohjoinen Vetyputki: 16 km pohjoinen	1110 Vedenalaiset hiekkasärkät (2 800)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Natura-alue Merikalla sijoittuu noin kilometrin etäisyydelle Hallan merituulivoimapuiston itäpuolelle molemmissa hankevaihtoehdossa. Kaikki merituulivoimapuistoon liittyvät rakenteet (merituulivoimalat, sähköasemat, merikaapelit, läjitysalueet) on sijoitettu Natura-alueeseen kuuluvien rajausten ulkopuolelle. Voimaloiden sijoituksessa on eroja vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä, mutta lähimmät voimalat sijoittuvat molemmissa vaihtoehdoissa noin 1,2 kilometrin etäisyydelle. Merikaapelivaihtoehdoista MVE3 sijoittuu lähimmäksi noin 3,7 kilometrin päähän alueen eteläpuolelle. Muut vaihtoehdot ja vetyputkireitti sijoittuvat yli viiden kilometrin päähän. Tuulivoimahankkeesta ei näin ollen aiheudu suoria vaikutuksia (pohjan muokkaus, rakentaminen) Merikallan Natura-alueelle. Rakentamisesta voi kohditua alueeseen epäsuoria vaikutuksia.

Mallinnuksen mukaan merituulivoimapuiston voimaloiden ja muiden rakenteiden rakentamisen aiheuttama sedimentaatio ei ulotu Merikallan Natura 2000 -alueelle (*Niras 2023a*, liite 3). Rakentamisen aiheuttama samentuma on tilapäistä ja voi levitä merituulivoimapuistosta Merikallan Natura 2000 -alueelle 15 MW:n skenaariossa (Kuva 5-25). Kiintoainepitoisuus on tällöin 10 mg/l suuruista 0–5 metriä merenpohjan yläpuolella sekä 10–20 metrin syvyydellä kestäen enintään kuusi tuntia. 25 MW:n skenaariossa samentuma kestää Natura 2000 -alueella alle kolme tuntia sijoittuen hyvin rajatulle alueelle. Kaapeli- tai vetyputkireittien asentamisesta aiheutuva sameus ja sedimentaatio ei leviä Merikallan Natura-alueelle. Merikallan Natura-alueella ei esiinny makrofyyttistä kasvillisuutta, joka voisi häiriintyä samentumisesta ja sedimentaatiosta. Alueella esiintyy harvalukuisesti hiekkapohjien pohjaeläinlajistoa (mm. *Metsähallitus 2008*), lisäksi alueella harjoitetaan jossain määrin kalastusta ja alueella on merkitystä kutualueena. Tuulivoimapuiston rakentamisella ei kuitenkaan ole vaikutusta luontotyypillä eläviin pohjaeläinlajeihin tai kaloihin. Tuulivoimapuiston rakentamisen ja kaapelien/vetyputkien asentamisen vaikutukset Merikallan Natura 2000 -alueen **vedenalaisiin hiekkasärkkiin (1110)** sekä **riuttoihin (1170)** arvioitiin vähäisiksi.

Merituulivoimapuiston itäpuolella virtaukset nopeutuvat mallinnuksen mukaan (*Niras 2023a*, liite 3). Muutoksen suuruus riippuu veden syvyydestä ja vuodenajasta. Erityisesti merituulivoimapuiston koillispuolella veden syvyys on alhainen ja osa mallinnetuista särkistä sijaitsee 3–5 metrin syvyydellä. Etenkin alkukesän pintaveden virtaus on tällä alueella nopeaa (paikoin 12–14 cm/s) ja mallin mukaan nopeudet tulevat entisestään kasvamaan (joillakin alueilla > 0,8 cm/s) tuulivoimapuiston rakentamisen myötä. Vedenalaisille hiekkasärkille on tyypillistä partikkelien jatkuva liike ja särkät voivat liikkua virtausten mukana. Vedenalaiset hiekkasärkät koostuvat erikokoisesta materiaalista: hiekasta, sorasta, hiesusta ja liejusta. Virtausnopeuden kasvaessa virta pystyy liikuttamaan aiempaa suurempia rakeita, jolloin särkät saattavat liikkua aiempaa enemmän. Virtaus puhdistaa särkkiä mahdolliselta sedimentaatiolta, jota mm. rehevöityminen aiheuttaa. Alueen riuttoihin ei virtausnopeuksien lisääntymisen arvioida vaikuttavan negatiivisesti. Virtausmuutoksilla ei arvioida olevan merkittävää negatiivista vaikutusta alueen luontotyyppeihin ja paikoin vaikutus voi olla positiivista. Virtausten muutoksilla ei arvioida olevan vaikutusta alueen vesieliöstöön ja kalastoon.

Vedyntuotannosta aiheutuva suola- ja lämpökuormitus on siinä määrin pientä, ettei sillä ole vaikutusta pohjaeliöstöön tai luontotyyppeihin Natura-alueella.

Tuulivoimalat ja merisähköasemat poistetaan tarvittaessa kokonaan (perustusten osalta osittain tai jätetään paikoilleen) käyttäen vastaavanlaisia menetelmiä kuin asennuksessa, mutta käänteisessä järjestyksessä. Vaikutukset vesikasvillisuuteen ja luontotyyppeihin ovat siten samanlaisia kuin rakennusvaiheessa. Kaapelit poistetaan tai jätetään paikalleen. Jos kaapelien poisto on tarpeen, prosessi on olennaisilta osin sama kuin kaapelia laskettaessa, mutta tapahtuu käänteisessä järjestyksessä. Tällöin vaikutukset luontotyyppeihin ja vesikasvillisuuteen sekä pohjaeliöstöön arvioitiin olevan samanlaisia kuin putkia asennettaessa.

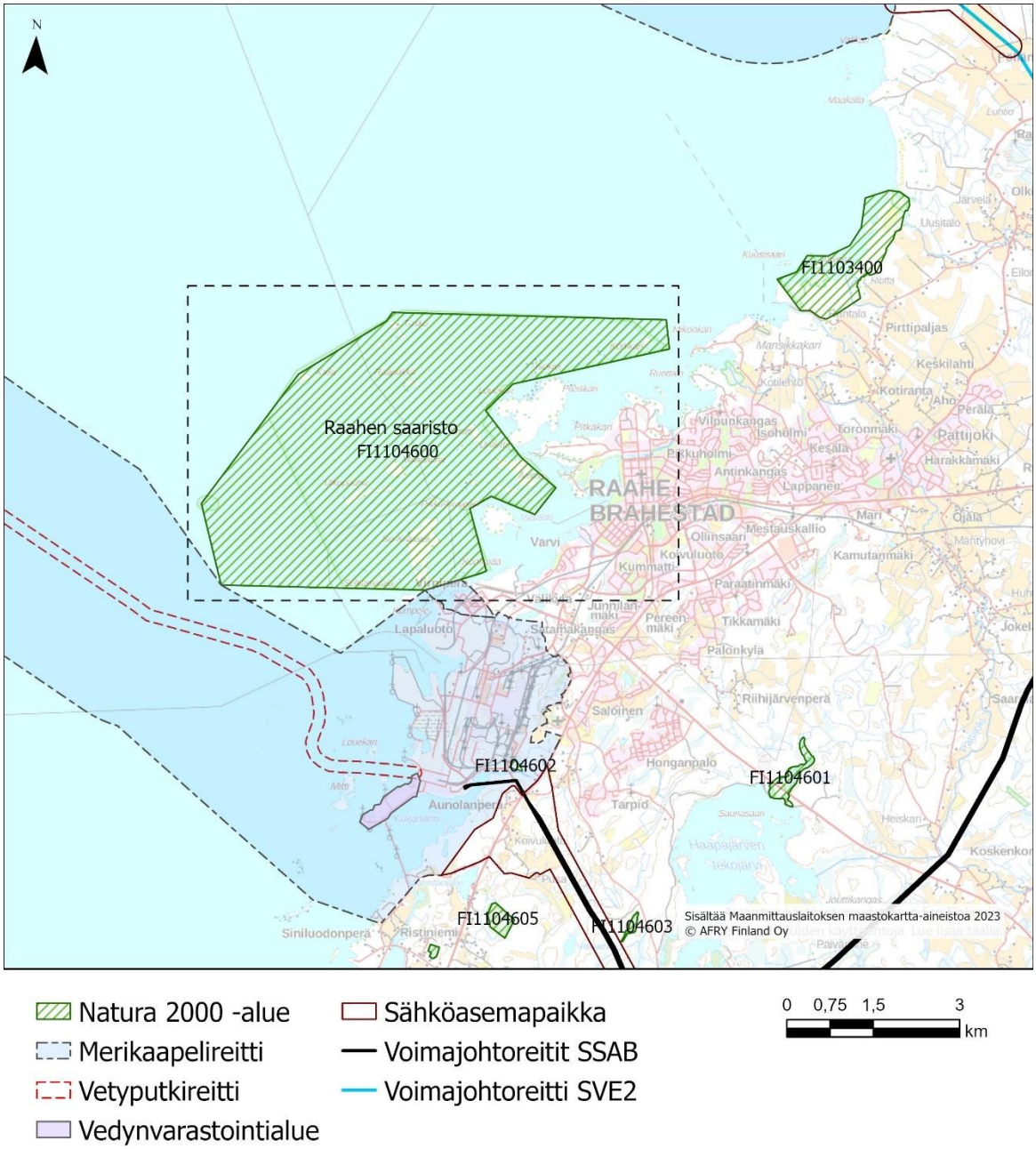
Hallan merituulivoimahankkeesta ei arvioitu varovaisuusperiaate huomioiden aiheutuvan heikentäviä vaikutuksia Merikallan Natura-alueen suojeluperusteena olevalle luontotyypille tai Natura-alueelle kokonaisuutena.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

11.3.1.2 Raahen saaristo

Raahen saaristo on Pohjanlahdella ainoa huomattava saaristo Rahjan ja Oulunsalon välisellä alueella. Natura-alue Raahen saaristo (FI1104600) on liitetty Natura-alueverkostoon luontodirektiivin mukaisena erityisten suojelutoimien alueena (SAC-alue) ja erityissuojelualueena (SPA-alue). Natura-alueen pinta-ala on 2 240 hehtaaria (*Natura-tietolomake 2018*). Natura-alue sijaitsee Raahen kaupungin alueella. Raahen saaristo Natura-alueen sijoittuminen Hallan merituulivoimapuistoon, merikaapeleihin ja vetyputkeen nähden on esitetty kartalla (Kuva 11-3).

Natura-alueen etäisyys merituulivoimapuistoon sekä merikaapelien ja vetyputken toteutusvaihtoehtoihin sekä alueen suojeluperusteisiin kuuluvat luontotyypit ja lajit on esitelty alla (Taulukko 11-4).



Kuva 11-3. Raahen saaristo Natura-alueen sijainti Hallan merituulivoimapuiston hankealueen lähimpiin suunniteltuihin rakenteisiin nähden: merikaapeli- ja vetyputkireitit sekä vetyvaraston ja sähköaseman sijoitusalueet.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 11-4. Raahen saaristo Natura-alue, jonka osalta hankkeessa on toteutettu erillinen Natura-arviointi. Suojeluperusteet: Ympäristöhallinto 2023. Priorisoidut luontotyypit on merkitty tähdellä (*).

Natura-alue	Etäisyys ja suunta hankkeen toiminnosta	Natura-alueen suojeluperusteet (pinta-ala, ha)
FI1104600 **Raahen saaristo** SAC/SPA 2 240 ha	Merituulivoimapuisto: 30 km kaakko MVE1: 0 m (rajautuu Natura-alueen reunaan) MVE2: 4,5 km etelä MVE3: 14,7 km etelä Vetyputki: 745 m pohjoinen Vetyvarasto: 3,1 km pohjoinen	1150 Rannikon laguunit* (4,3) 1170 Riutat (101) 1220 Kivikkorannat (23) 1620 Ulkosaariston luodot ja saaret (3) 1630 Merenrantaniityt* (23) 1640 Itämeren hiekkarannat (0,1) 2110 Liikkuvat alkiovaiheen dyynit (0,87) 2120 Liikkuvat rantakauradyynit (0,7) 4030 Kuivat nummet (2,5) 6270 Runsaslajiset kuivat ja tuoreet niityt* (10,2) 7140 Vaihettumissuot ja rantasuot (1,4) 7160 Lähteet ja lähdesuot (0,01) 9030 Maankohoamisrannikon primäärisukkessiovaiheiden luonnontilaiset metsät* (81) 9050 Lehdot (75) 9070 Hakamaat ja kaskilaitumet (5) ruijannuokkuesikko 64 lintudirektiivin lajia

Kaikki merituulivoimapuistoon liittyvät rakenteet (merituulivoimalat, sähköasemat, merikaapelit) on sijoitettu Natura-alueeseen kuuluvien rajausten ulkopuolelle, jolloin Raahen saaristo Natura-alueelle ei näin ollen aiheudu suoria vaikutuksia (pohjan muokkaus, rakentaminen). Hallan merituulivoimapuiston rakenteista lähimmäksi Natura-aluetta sijoittuu merikaapelireitin vaihtoehto MVE1. Natura-alue sijoittuu reitin välittömään läheisyyteen sen pohjoispuolelle. Muut merikaapelivaihtoehdot sijoittuvat 4,5–14,5 kilometrin etäisyydelle alueen pohjoispuolelle vaihtoehdosta riippuen. Koska merikaapelireitit ovat neljän kilometrin levyisiä alueita, joiden sisälle lopulliset suunnittelun myötä tarkentuneet merikaapelilinjaukset sijoittuvat, voi merikaapelin todellinen etäisyys olla etäämmällä Natura-alueen rajauksesta. Vetyputkireitti sijoittuu noin 745 metrin etäisyydelle Natura-alueen rajauksesta.

Natura-alueelle ulottuu mallinnusten mukaan lyhytkestoista samentumavaikutusta, joka voi olla luokkaa 100 mg/l. Kaapelireiteillä yli 1 mm sedimentaatiota ulottuu mallinnuksen mukaan

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

enintään noin 400 metrin etäisyydelle reitin molemmin puolin eikä sedimentaatiovaikutusta todennäköisesti ulotu Natura-alueelle (Kuva 5-31, *Niras 2023a,* liite 3).

Vesipainepuhalluksen aiheuttamat samentumavaikutukset Natura-alueeseen ovat vähäisemmät kuin ruoppauksen ja läjityksen aiheuttamat vaikutukset. MVE1/VVE1 reitillä vesipainepuhalluksen aiheuttama 3–6 tuntia kestävä 10 mg/l suuruinen samentuminen leviää hieman (noin 100 metriä) Natura-alueen puolelle. Näillä alueilla ei kuitenkaan sijaitse suojeluperusteina olevia luontotyyppejä. Vesipainepuhalluksen aiheuttama sameus leviää etelämmäksi kuin ruoppauksen aiheuttama sameus ja siten vaikutukset kohdistuvat sataman eteläpuolisiin alueisiin, eikä Natura-alueeseen. Vesipainepuhalluksen aiheuttaman samentuman vaikutukset Natura-alueeseen arvioitiin kokonaisuudessaan vähäisiksi.

Ruoppaus ja läjitys aiheuttaa vesipainepuhallusta laajemmalle leviävää samentumista. 6–12 tuntia kestävä 100 mg/l:n suuruinen samentuminen leviää Natura-alueelle noin 2 km^2:n alueelle ja mallinnetuille **riutoille (1170)**. 10 mg/l suuruinen samentuminen leviää laajemmalle alueelle kuin 100 mg/l suuruinen samentuminen. 24–48 tuntia kestävä 10 mg/l suuruinen samentuminen leviää noin 1 km^2:n alueelle Natura-alueella ja osalle mallinnetuista riutoista. 12–24 tuntia kestävä 10 mg/l suuruinen samentuminen levittäytyy noin 6 km^2:n alueelle Natura-alueella ja suuremmalle osalle alueen mallinnetuista riutoista sekä **vedenalaisille hiekkasärkille (1110)**. **Rannikon laguuneihin (1150)** ei samentuma vaikuta. Ruopatessa samentuma leviää myös yksityiselle suojelualueelle (YSA118317, Raahen saariston luonnonsuojelualue). Ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama sameus leviää pohjoisemmaksi kuin vesipainepuhalluksen aiheuttama sameus ja siten vaikutukset kohdistuvat sataman pohjoispuolisiin alueisiin, ja Natura-alueeseen. Kiintoaineksen lisääntyminen vesipatsaassa muuttaa pinnanalaisia valo-olosuhteita. Vesikasvit ja levät tarvitsevat valoa yhteyttämiseen. Perämeren riutoilla ei kuitenkaan esiinny muihin Suomen merialueisiin verrattuna kovinkaan monipuolista levälajistoa, ja kartoituksissa havaittiin vedenalaisen luonnon olevan Perämerelle tyypillisesti hyvin karu. Samentumalla ei siten arvioida olevan suurta haitallista vaikutusta riuttojen lajistoon ml. kalat. Myöskään itse riuttoihin ei paikallisella ja väliaikaisella samentumalla ja valo-olosuhteiden muuttumisella ole vaikutusta. Ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama samentuman leviämisen vaikutukset Natura-alueen suojeluperustana oleviin luontotyyppeihin arvioitiin olevan vähäisiä.

Jos energia muunnetaan vedyksi ja vety kuljetetaan putkella rantaan, jäävät samentumavaikutukset vähäisemmiksi kuin merikaapeleiden asentamisella, sillä yhden vetyputken asentaminen aiheuttaa vähäisemmät kiintoainepitoisuudet veteen kuin 10 merikaapelia.

Toiminnan aikaisia vaikutuksia kaapeli-/vetyputkireiteillä ovat muuttuneet pohjat sekä sähkömagneettinen säteily, joiden vaikutukset eivät ulotu Natura-alueelle. Myöskään tuulivoimapuiston aiheuttamat virtausten, lämpötilan ja suolaisuuden muutokset eivät ulotu Natura-alueelle.

Natura-alueen osittain merellisistä luontotyypeistä **kivikkorannat (1220), ulkosaariston luodot (1620)** ja **merenrantaniityt (1630)**, sijoittuvat lähimmäksi merikaapelin MVE1 aluetta. Luontotyypit sijoittuvat pääosin veden pinnan yläpuolelle maa-alueille. Rakentamisenaikaisista samentumista saaria ympäröiville vedenalaisille pohjille mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset arvioitiin hyvin vähäisiksi ja tilapäisiksi sekä vaikutuksiltaan palautuviksi. Maarannan puolella samentumiin liittyvät rehevöittävät vaikutukset ovat hyvin epätodennäköisiä, ja voisivat kohdistua lähinnä alavien merenrantaniittyjen luontotyyppiin, joka voisi kärsiä lisääntyvästä umpeenkasvusta. Kyseistä Raahen saaristo Natura-alueen suojeluperusteena esitettyä luontotyyppiä sijaitsee lähtötietojen mukaan Natura-alueen eteläosissa, mutta vaikutukset arvioitiin varovaisuusperiaatteen mukaan korkeintaan vähäisiksi. Muille maarannan puoleisille luontotyypeille havaittavia vaikutuksia ei arvioitu aiheutuvan.

Natura-alueella kokonaan maalla sijaitseviin luontotyyppeihin ei arvioitu kohdistuvan merkittäviä heikentäviä vaikutuksia minkään tunnetun suoran tai epäsuoran vaikutusmekanismin kautta, koska rakentaminen Natura-alueen läheisyydessä kohdistuu ainoastaan vesialueille eikä ulotu saarien maa-alueille. Hallan hankkeen mantereen sähkönsiirtoon liittyvällä rakentamisella ei ole vaikutusta Raahen saariston suojeluperusteisiin, koska rakentaminen tapahtuu etäällä Natura-alueesta. Mantereella tapahtuvaa rakentamista käsitellään YVA-selostuksen B-osassa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Koska merikaapelien rakentaminen ei kohdistu Raahen saaristo Natura-alueen maa-alueille, eikä Natura-alueen rajaukselle, ei rakentamisesta tai toiminnasta kohdistu suoria negatiivisia vaikutuksia suojeluperusteena olevalla ruijannuokkuesikolle. Rakentamisen aikainen hetkellinen veden samentuminen ja veden ravinnekuorman lisääntyminen voi epäsuorasti vaikuttaa merikaapelireittiä MVE1 lähimpien saarten Iso-Kraaseli ja Koninpää rantojen rehevöitymiseen. Vaikutukset arvioitiin kuitenkin lyhytkestoisiksi ja *vähäisiksi* varovaisuusperiaate huomioiden.

Natura-alueen suojeluperusteena esitettyyn lintulajistoon kohdistuvat mahdolliset vaikutukset kohdistuvat lajeihin, jotka hankkivat ravintonsa Natura-alueen sekä sitä ympäröiviltä vesialueilta. Natura-alueen saaret, joilla linnut pesivät, sijaitsevat riittävän kaukana suunnitelluilta energiansiirtoreiteiltä, että rakenteiden asentamisen (tai hankealueelle tapahtuvan lisääntyneen alusten liikkumisen) aiheuttamien häiriövaikutusten ei arvioida ulottuvan niille saakka. Sen sijaan rakenteiden asentaminen voi hetkellisesti karkottaa kyseisellä vesialueella asennushetkellä olevia lintuja kauemmas. Vaikutuksen ei kuitenkaan arvioida ulottuvan muutamia satoja metrejä kauemmas ja vaikutuksen kesto on hyvin lyhytaikainen, vain muutamia tunteja. Lisäksi on mahdollista, että jotkut Natura-alueella pesivät tai levähtävät linnut liikkuvat myös vesialueilla, joita pitkin hankealueelle tapahtuva alusten liikkuminen tapahtuu. Energiansiirtoreiteillä laadituissa linnustoselvityksissä suunniteltujen reittien alueilla ei todettu muuta merialuetta merkittävämpiä ruokailualueita, joten joko häiriön tai veden samentumisen vuoksi väistymään joutuvat lintuyksilöt voivat hakeutua muille alueille ilman, että niiden ravinnonhankinta merkittävästi vaikeutuu. Hankealueelle tapahtuvan alusliikenteen karkottavan vaikutuksen merkittävyys arvioitiin vähäiseksi, sillä vastaavaa vesialuetta on alueella runsaasti, mikäli linnut joutuvat siirtymään alusliikenteen tieltä etäämmälle.

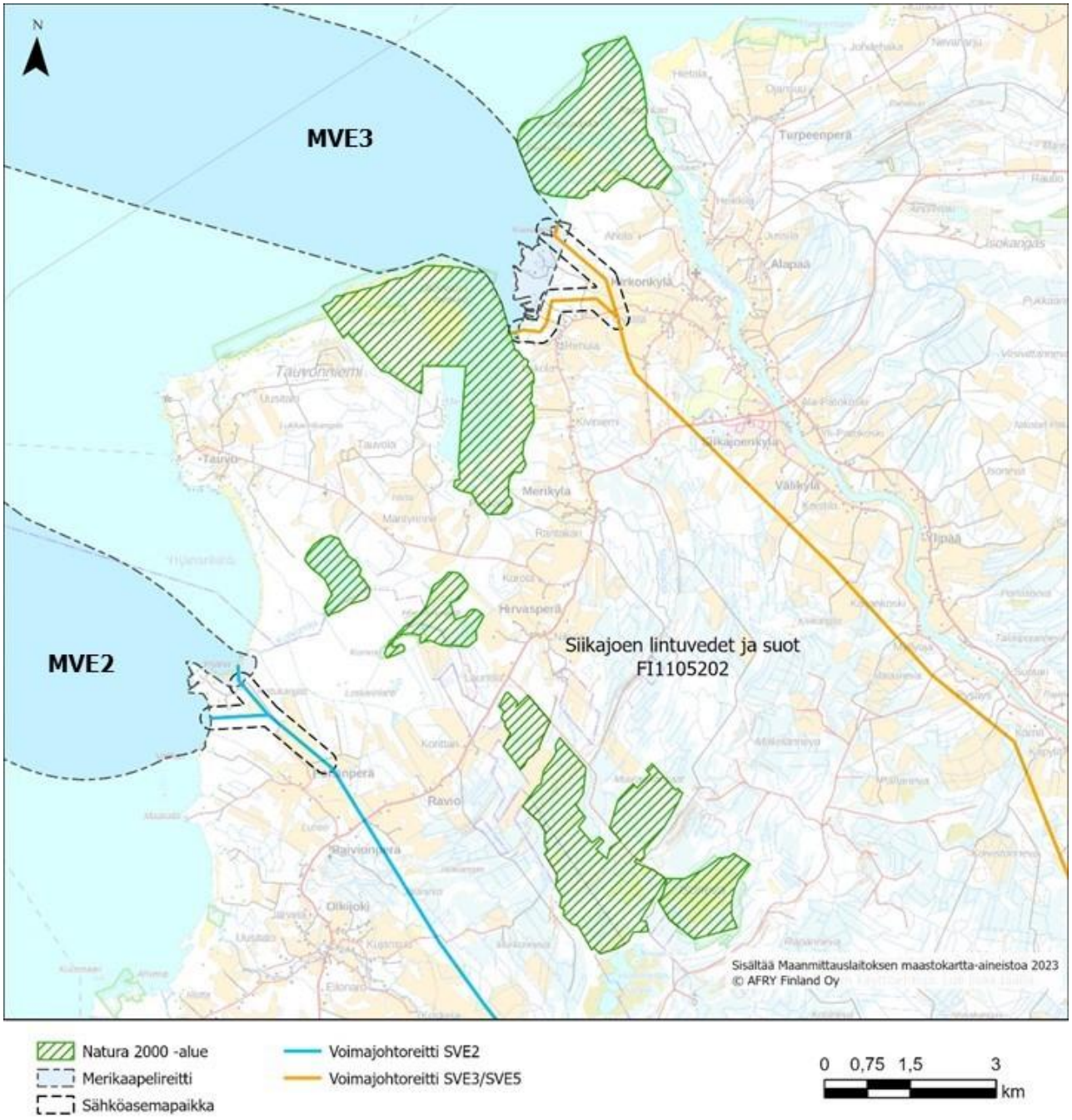
Hallan tuulivoimahankkeesta ei arvioitu varovaisuusperiaate huomioiden aiheutuvan vähäistä suurempia heikentäviä vaikutuksia Raahen saariston Natura-alueen suojeluperusteena oleville luontotyypeille tai lajeille. Edellä esitetyn perusteella hankkeesta ei aiheudu kielteisiä vaikutuksia Natura-alueen eheyteen missään hankevaihtoehdossa.

11.3.1.3 Siikajoen lintuvedet ja suot

Siikajoen lintuvedet ja suot muodostavat monimuotoisen maankohoamisrannikon luontotyyppien kokonaisuuden. Alue koostuu Siikajokisuun, Tauvon-Merikylänlahden, Hietaniitynlahden, Säikänlahden ja Hummastinjärvien osa-alueista. Siikajoen lintuvedet ja suot muodostavat monimuotoisen maankohoamisrannikon luontotyyppien kokonaisuuden. Natura-alue Siikajoen lintuvedet ja suot (FI1105202) on liitetty Natura-alueverkostoon luontodirektiivin mukaisena erityisten suojelutoimien alueena (SAC-alue) ja lintudirektiivin mukaisena erityissuojelualueena (SPA-alue). Natura-alueen pinta-ala on 2 067 hehtaaria (*Natura-tietolomake 2018*). Natura-alue sijaitsee Siikajoen ja Raahen kuntien alueella. Siikajoen lintuvedet ja suot Natura-alueen sijoittuminen Hallan merituulivoimapuistoon, merikaapeleihin ja vetyputkeen nähden on esitetty kartalla (Kuva 11-4).

Natura-alueen etäisyys merituulivoimapuistoon sekä merikaapelien ja vetyputken toteutusvaihtoehtoihin sekä alueen suojeluperusteisiin kuuluvat luontotyypit ja lajit on esitelty alla (Taulukko 11-5).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 11-4. Siikajoen lintuvedet ja suot Natura-alueen sijainti Hallan merituulivoimapuiston hankealueen lähimpiin suunniteltuihin rakenteisiin nähden: merikaapelireitit sekä mantereen sähkönsiirtoreitit ja sähköasemien sijoitusalueet.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 11-5. Siikajoen lintuvedet ja suot Natura-alue, jonka osalta hankkeessa on toteutettu erillinen Natura-arviointi. Suojeluperusteet: Ympäristöhallinto 2023. Priorisoidut luontotyypit on merkitty tähdellä (*).

Natura-alue	Etäisyys ja suunta hankkeen toiminnosta	Natura-alueen suojeluperusteet (pinta-ala, ha)
FI1105202 **Siikajoen lintuvedet ja suot** SAC/SPA 2 069 ha	merituulivoimapuisto: 31 km itä MVE1: 14,5 km koillinen MVE2: 1,5 km koillinen MVE3: 0 m vetyputki: 18,3 km koillinen	1110 Vedenalaiset hiekkasärkät (31) 1130 Jokisuistot (540) 1150 Rannikon laguunit* (80) 1160 Laajat matalat lahdet (210) 1210 Rantavallit (0,1) 1630 Merenrantaniityt* (243,7) 1640 Itämeren hiekkarannat (10,9) 2110 Liikkuvat alkiovaiheen dyynit (0,4) 2120 Liikkuvat rantakauradyynit (2,1) 2130 Kiinteät, ruohokasvillisuuden peittämät dyynit* (16,8) 2140 Variksenmarjadyynit* (3,9) 2180 Variksenmarjadyynit* (3,9) 2180 Metsäiset dyynit (2) 219 Dyynien kosteat soistuneet painanteet (8) 3160 Humuspitoiset järvet ja lammet (20) 7140 Vaihettumissuot ja rantasuot (116,1) 7230 Letot (116,5) 7310 Aapasuot* (307,3) 9010 Luonnonmetsät* (72,7) 9030 Maankohoamisrannikon primäärisukkessiovaiheiden luonnontilaiset metsät* (84) 9050 Lehdot (16,4) 9080 Metsäluhdat* (6,048) 91D0 Puustoiset suot* (154) 7 kpl luontodirektiivin kasvilajia 81 lintudirektiivin lajia

Tässä on kuvattu tiiviisti vaikutukset Natura-alueen suojeluperusteisiin merialueelle sijoittuvien rakenteiden osalta. Vaikutukset mantereen sähkönsiirtoreittien osalta on kuvattu YVA-selostuksen B-osassa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kaikki merituulivoimapuistoon liittyvät rakenteet (merituulivoimalat, sähköasemat, merikaapelit, vetyputki) on sijoitettu Natura-alueeseen kuuluvien rajausten ulkopuolelle. Natura-alue Siikajoen lintuvedet ja suot sijoittuu Hallan merituulivoimapuiston rakenteista lähimmäksi merikaapelireitin vaihtoehtoa MVE3. Natura-alue sijoittuu reitin välittömään läheisyyteen sen etelä- ja pohjoispuolelle (Kuva 11-4). Muut merikaapelivaihtoehdot sijoittuvat vaihtoehdosta riippuen noin 1,5–14,5 kilometrin etäisyydelle Natura-alueen lounaspuolelle. Koska merikaapelireitit ovat neljän kilometrin levyisiä alueita, joiden sisälle lopulliset suunnittelun myötä tarkentuneet merikaapelilinjaukset sijoittuvat, voi merikaapelin todellinen etäisyys olla etäämmällä Natura-alueen rajauksesta. Vetyputkireitti sijoittuu noin 18,3 kilometrin etäisyydelle Natura-alueen rajauksesta.

Merikaapelin MVE3 rakentaminen ei sijoitu Natura-alueelle, jolloin suojeluperusteisiin ei kohdistu suoria vaikutuksia. Merikaapelin rakentamisesta voi syntyä samentumisesta ja sedimentaatiosta aiheutuvua vaikutuksia vesiluontotyypeille sekä lajistolle. Natura-alueen suojeluperusteena olevista luontotyypeistä vaikutuksia voi aiheutua lähimmäksi sijoittuville luontotyypeille: vedenalaiset hiekkasärkät, jokisuistot ja laajat matalat lahdet. Vedenlaatumallinnuksen mukaan vesipainepuhalluksen aiheuttamat samentumavaikutukset Natura-alueeseen ovat vähäisemmät kuin ruoppauksen ja läjityksen aiheuttamat vaikutukset (*Niras 2023a*, liite 3). Jos energia muunnetaan vedyksi ja vety kuljetetaan putkea pitkin rantaan suunnitellusti SSAB:n tehdasalueella, ei hankkeella ole vaikutuksia Siikajoen lintuvedet ja suot Natura-alueelle.

Pohjan muokkauksesta aiheutuva samentuminen ulottuu eteläisen Natura-alueen osa-alueen luontotyypille vedenalaiset hiekkasärkät (1110). Ruoppauksella ja läjityksellä eteläisemmän Natura-alueen osa-alueen vedenalaisiin hiekkasärkkiin kohdistuu enintään kaksi päivää kestävää 10 mg/l suuruista samentumista (Kuva 5-31). Samentumavaikutukset ovat kuitenkin vähäisiä, sillä sameuden leviäminen kohdistuu pääasiassa Natura-alueen ulkopuolelle ja ulottuu hyvin rajatulle alueelle Natura-alueen vedenalaisille hiekkasärkille. Pohjoisen Natura-alueen osa-alueen vedenalaisille hiekkasärkille samentumavaikutuksia ei kohdistu.

Natura-alueen vedenalaisilla hiekkasärkillä sedimentaatio on ruoppaamalla ja läjittämällä enintään 1–2 cm, rajoittuen yhden hehtaarin alueelle. Sedimentaatio leviää kokonaisuudessaan kahden hehtaarin alueelle Natura-alueen vedenalaisille hiekkasärkille. Sedimentaatio ei ulotu mallinnettuihin suojaisiin näkinpartaispohjiin, mutta on päällekkäinen mallinnettujen avoimien näkinpartaispohjien kanssa. Sedimentaation vaikutukset vedenalaisiin hiekkasärkkiin arvioitiin vähäisiksi, koska ne rajoittuvat ainoastaan vedenalaisten hiekkasärkkien reunaan ja ovat luonteeltaan ohimeneviä.

Natura-alueella sijaitsee kaksi **jokisuistot luontotyypiksi (1130)** rajattua aluetta. Toinen on Natura-alueen pohjoisosassa sijaitseva Siikajoen jokisuisto ja toinen Natura-alueen eteläosan Merikylänlahden suulla sijaitseva jokisuisto. Molemmat ulottuvat Natura-aluerajausten ulkopuolelle. MVE3 on päällekkäinen eteläisen jokisuistorajauksen kanssa. Pohjoinen jokisuistorajaus ja merikaapelireitti eivät ole päällekkäisiä.

Sameuden mallinnuksessa merikaapelien rantautumiskohdiksi on määritetty Natura-alueen ulkopuolelle sijoittuva Lintukarin ja Kuusiniemen välinen ranta-alue tai Merikylän pienvenesatama. Sameusvaikutuksia ulottuu luontotyyppiin jokisuistot, jos rantautuminen on Merikylän satamassa. Vaikutukset jäävät vähäisiksi, jos kaikki kaapelit rantautuvat Lintukarin ja Kuusiniemen väliin. Vesipainepuhalluksesta ei aiheudu eteläisen ja pohjoisen Natura-alueen osa-alueiden jokisuistot luontotyypille samentumavaikutuksia. 10 mg/l suuruinen samentuminen kestää ruoppauksella ja läjityksellä eteläisen Natura-alueen osa-alueen jokisuistoalueella enintään yhden päivän. Pohjoisen Natura-alueen osa-alueen jokisuistoalueelle samentumavaikutuksia ei tälläkään menetelmällä ulotu. Sedimentaatio ei ulotu Natura-alueen jokisuistot luontotyypille.

Merikylänlahti on luontotyyppiä **laajat matalat lahdet (1160)**, jonka rannoilla esiintyy uhanalaista upossarpiota. MVE3 reitti on osittain päällekkäinen laajan matalan lahden kanssa, joten kaapelien asentamisesta voi koitua pohjan elinympäristöjen menettämistä ja pohjan muutoksia, jos kaapelit asennetaan tälle alueelle. Sameusvaikutuksia ulottuu suojeluperusteena olevaan luontotyyppiin, jos rantautuminen on Merikylän satamassa. Natura-alueella sijaitsevalla

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

laajalla matalalla lahdella vesipainepuhalluksen aiheuttamat samentumavaikutukset kestävät enintään 12 tuntia (10 mg/l) ja ruoppauksella ja läjityksellä kaksi päivää (10 mg/l). 100 mg/l suuruinen ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama samentuma kestää Natura-alueen sisäpuolella olevalla laajalla matalalla lahdella enintään 24 tuntia. Samentumavaikutukset ulottuvat 40 hehtaarin alueelle Natura-alueen sisällä. Sameusvaikutuksia laajaan matalaan lahteen ei arvioida tulevan, jos rantautuminen sijoittuu Lintukarin ja Kuusiniemen väliin. Vesipainepuhalluksen aiheuttama sedimentaatio on laajalla matalalla lahdella enintään 2 cm ja ruoppauksella ja läjityksellä 2,5 cm. Vaikutukset rajoittuvat lahden pohjoisosiin, eli eivät ulotu koko lahden alueelle. Sedimentaatio ulottuu sekä vesipainepuhalluksella että ruoppauksella ja läjityksellä noin 20 hehtaarin alueelle. Hankkeen vaikutukset Natura-alueen suojeluperusteena olevaan luontotyyppiin arvioitiin kohtalaisiksi, sillä kohde on herkkä, mutta hankkeen aiheuttamat vaikutukset esiintyvät pienellä osalla koko luontotyypin rajausta ja ovat väliaikaisia.

Vaikutukset suojeluperusteena oleville vesikasvilajeille (upossarpio ja nelilehtivesikuusi) voi kohdistua epäsuoria vaikutuksia rakentamisen aikaina vesistövaikutuksien kautta. Merikaapelin asentamiseen liittyvästä pohjan muokkauksesta ja läjityksistä aiheutuu samentumia ja veden ravinnepitoisuudet saattavat nousta. Rakentamistoimet kohdistuvat aina pienelle alueelle kerrallaan, joten vaikutukset ovat paikallisia. Samennusten vaikutusalue vaihtelee riippuen mm. työkohteesta, työmenetelmästä, pohjanlaadusta sekä kulloisistakin sää- ja virtausolosuhteista. Yleisesti ottaen samennusvaikutukset ovat tilapäisiä ja paikallisia rajoittuen korkeintaan muutamien satojen metrien etäisyydelle työkohteista. Pohjan ravinteet ovat yleensä vain pieneltä osin suoraan perustuottajille käyttökelpoisessa muodossa.

Upossarpioon ja nelilehtivesikuuseen arvioitiin voivan kohdistua *kohtalaisia* haitallisia vaikutuksia, sillä kasvupaikat sijaitsevat rakennusalueen välittömässä läheisyydessä, ja on todennäköistä, että vaikutukset ulottuvat alueelle. Vaikutukset ovat kuitenkin hetkellisiä ja palautuvia.

Ranta-alueelle sijoittuville luontotyypeille tai kasvilajeille ei arvioitu aiheutuvan vaikutuksia merikaapelin asentamisesta.

Toiminnan aikainen vaikutus, joka voi ulottua Natura-alueelle, on kaapelien sähkönsiirron aiheuttama sähkömagneettinen säteily. Sähkömagneettisen kentän voimakkuus riippuu käytetystä kaapelityypistä (tasavirta tai vaihtovirta), kaapelissa ajettavan sähkövirran tehosta ja kaapelissa käytetyistä erityismateriaaleista (*Vehanen ym. 2010, CMACS 2003*). Sähkömagneettinen kenttä ulottuu useiden metrien päähän merenpohjaan kaivetusta merikaapelista ja sen intensiteetti vähenee etäisyyden kasvaessa (*Hutchison ym. 2020a*). Sedimenttikerros kaapelin päällä vaimentaa, mutta ei täysin estä, säteilyn pääsyä vesipatsaaseen (*CMACS 2003*). Sähkömagneettinen säteily voi mahdollisesti vaikuttaa pohjaeläinten ja kalojen käyttäytymiseen. Itse luontotyyppiin sähkömagneettisella säteilyllä ei ole vaikutusta. Jos kaapelit sijoitetaan aivan Natura-alueen rajalle, voi vaikutus ulottua Natura-alueen puolelle, mutta vaikutuksen ei arvioida olevan merkittävä.

Linnuston osalta keskeisin vaikutus on pohjan muokkaamisesta aiheutuva veden samentuminen, millä voi olla vaikutusta lintujen ravinnon hankintaan. Pohjan muokkaamisesta ympäristöön leviävä kiintoaines voi aiheuttaa myös pohjan sedimentoitumista tai liettymistä, millä voi olla vaikutusta meren pohjasta ravintonsa hankkiviin lajeihin. Natura-alueen suojeluperusteena esitettyyn lintulajistoon kohdistuvat mahdolliset vaikutukset kohdistuvat lajeihin, jotka hankkivat ravintonsa Natura-alueen sekä sitä ympäröiviltä vesialueilta. Tauvon Ulkonokka on hyvin merkittävä lintujen pesimäalue, mutta myös Merikylänlahden itärannalla pesii suojeluperusteena esitettyjä lajeja. On mahdollista, että kaapelien asentamisesta aiheutuvat häiriöt ulottuvat lintujen pesimäpaikoille, mutta vaikutuksen suuruus ja merkittävyys arvioitiin vähäiseksi. Kyseisillä kohteilla pesivät linnut ovat tottuneet Merikylänlahdella tapahtuvaan veneiden liikkumiseen, eikä asentamiseen käytettävien alusten arvioida aiheuttavan merkittävästi suurempaa häiriötä. Merikaapelien asennuksen ei arvioida karkottavan lintuja Ulkonokan rannan tuntumasta. Joko häiriön tai veden samentumisen vuoksi väistymään joutuvat lintuyksilöt voivat hakeutua muille Merikylänlahden ja sen edustan alueille ilman, että niiden

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ravinnonhankinta merkittävästi vaikeutuu. Kokonaisuutena suojeluperusteena oleviin lintulajeihin ei kohdistu vähäistä suurempia vaikutuksia.

11.3.2 Vaikutukset luonnonsuojelualueisiin ja muihin suojelukohteisiin

Merituulivoimapuisto

Hallan merituulivoimapuiston alueelle (VE1 ja VE2) tai sen läheisyyteen ei sijoitu Natura-alueiden rajauksien ulkopuolisia luonnonsuojelualueita. Lähimmät luonnonsuojelualueet tai muut suojelukohteet sijaitsevat mantereella noin 30 kilometrin etäisyydellä. Pitkän etäisyyden vuoksi merituulivoimapuiston rakentamisella tai käytönaikaisella toiminnalla ei ole tunnettujen vaikutusmekanismien kautta suojelluille alueille saakka ulottuvia vaikutuksia.

Merikaapelit ja vetyputki

Merikaapelien (MVE1–MVE3) ja vetyputken reiteille sekä vetyvaraston alueelle tai niiden läheisyyteen ei sijoitu Natura-alueiden rajauksien ulkopuolisia luonnonsuojelualueita tai -ohjelman kohteita. Epäsuorat vaikutukset liittyvät pitkälti rakentamisen vesistövaikutuksiin sekä eläimistölle aiheutuviin melu- ja häiriövaikutuksiin. Merikaapelit ja vetyputket sekä vetyvarasto sijoittuvat kaikissa hankevaihtoehdoissa vähintään 500 metrin suojaetäisyyden päähän, jolloin alueisiin ei kohdistu suoria tai epäsuoria vaikutuksia.

Merikaapeli MVE1 ja vetyputki reitin varrelle sijoittuu kolme Raahen Saariston Natura-alueen rajauksen ulkopuolelle sijoittuvaa suojelukohdetta. Valtionmaan luonnonsuojelualue Jyryn saaren luonnonsuojelualue (ESA110018), jonka etäisyys on noin 450 metriä MVE1 tutkimusalueelta, sijaitsee pääosin Raahen Saariston Natura-alueella. Rakentamisajan samentuma tai sedimentaatiovaikutukset eivät ulotu Jyryn saaren luonnonsuojelualueelle.

Rantojensuojeluohjelman Raahen saaristo (RSO110099) ja valtion muu suojelualue Raahen saaristo (MLO352033) sijoittuvat MVE1/VVE1 reitille. Suojelualueelle on mallinnettu riuttoja. Riuttamaisille kohoumille kohdistetuissa kartoituksissa havaittiin niitä kaapeli- ja vetyputkireitillä. Vedenalainen luonto ei kuitenkaan kartoituksissa vaikuttanut kaapeli- ja vetyputkireiteillä monimuotoiselta, monimuotoisimpien alueiden sijaitessa aivan rannan tuntumassa. Samentuma (10 mg/l ja 100 mg/l) leviää vedenlaatumallinnuksen mukaan suojelualueelle kestäen enintään kaksi päivää (*Niras 2023a,* liite 3). Ruoppauksella ja läjityksellä on suuremmat samentumavaikutukset kuin vesipainepuhalluksella. Sedimentaatio on vedenlaatumallin mukaan paikoin yli 4 cm noin 100 metrin leveydeltä, jos kaapelien asennusmenetelmä on ruoppaus ja läjitys. Vesipainepuhalluksella sedimentaatio jää puolet vähäisemmäksi (2 cm) 100 metrin leveydellä. Toiminnanaikaisia vaikutuksia on mahdollisesti muuttuneet pohjat ja sähkömagneettinen säteily. Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ovat samanlaisia kuin rakentamisen aikaiset vaikutukset, mutta hieman vähäisemmät. Samentumisella ja sedimentaatiolla on kohtalaisia vaikutuksia alueen vedenalaiseen luontoon. Vaikka sedimentaatiomäärät ovat suuria, on vaikutukset väliaikaisia. Alue on avoin ja virtauksille altis, jolloin kasvillisuuden päälle laskeutunut sedimentaatio pääsee kulkeutumaan virtausten mukana pois. Mallissa on arvioitu 10 kaapelin skenaario, joten vaikutukset voivat jäädä tätä vähäisemmiksi, jos kaapeleita asennetaan MVE1 reitille vähemmän. Myös vetyputken asentamisella arvioitiin olevan vähäisemmät samentuma- ja sedimentaatiovaikutukset. Rakentamisaikana voi syntyä myös epäsuoria haittavaikutuksia, kuten melua ja häiriötä, jotka voivat hetkellisesti karkottaa läheisten suojelualueiden linnustoa ja eläimistöä alueelta. Vaikutukset ovat kuitenkin lyhytkestoisia ja palautuvia.

Valtakunnallisesti arvokas kallioalue *Kallioniemi* (KAO110023) sijoittuu merikaapelin MVE1 rantautumisalueelle ja noin 220 metrin päähän vetyputken pohjoispuolelle. Suojelualueisiin kohdistuvia mahdollisia suoria vaikutuksia voidaan ehkäistä suunnittelemalla rakentaminen siten, ettei alueelle kohdistu merikaapelin rantautumispaikkoja ja maakaapelien kaivantoja tai työkoneilla liikkumista.

Merikaapelin MVE2 rantautumispaikalle sijoittuu pieniltä osin, noin 0,01 hehtaarin alalta, valtion suojeluun varaama kiinteistö *Metso-Kytölä-tila* (MMO354601). Vaikutukset kohteelle voidaan välttää, suunnittelemalla merikaapelien rantautuminen kohteen ulkopuolelle ja riittävän etäälle. Muut suojelukohteet sijaitsevat etäällä merikaapelireitistä MVE2.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapeli MVE3 reitin varrelle ja rantautumiskohdan läheisyyteen sijoittuu Siikajoen lintuvedet ja suot Natura-alueen rajauksen sisälle sijoittuvia luonnonsuojelualueita ja suojelukohteita. Näistä merikaapeliin rajautuu: Merikylänlahden luonnonsuojelualue (YSA200207), Tauvon jakokunnan luonnonsuojelualue (YSA203258), Merikylänlahdenrannan luonnonsuojelualue (YSA201756), Siikajokisuun luonnonsuojelualue (YSA200209) sekä lintuvesien suojeluohjelma-alue Merikylänlahti-Ulkonokka-Siikajokisuu-Säikänlahti-Hietaniitynlahti (LVO110257). Merikylänlahden luonnonsuojelualueelle ja lintuvesien suojeluohjelma-alueelle kohdistuu rakentamisen aikana samentuma- ja sedimentaatiovaikutuksia, jos merikaapelin rantautuminen on Merikylän satamassa. Vesipainepuhalluksen aiheuttamat samentumavaikutukset kestävät enintään 12 tuntia (10 mg/l) ja ruoppauksella ja läjityksellä kaksi päivää (10 mg/l). 100 mg/l suuruinen ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama samentuma kestää Merikylänlahdella enintään 24 tuntia (Kuva 5-31). Sameusvaikutuksia suojelualueille ei arvioida tulevan, jos rantautuminen sijoittuu Lintukarin ja Kuusiniemen väliin. Vesipainepuhalluksen aiheuttama sedimentaatio on alueella enintään 2 cm ja ruoppauksella ja läjityksellä 2,5 cm. Vaikutukset rajoittuvat Merikylänlahden pohjoisosiin, eli eivät ulotu koko lahden alueelle. Rakentamisen aikainen häiriö voi periaatteessa aiheuttaa vaikutuksia alueen linnustolle ja eläimistölle, erityisesti jos häiriö tapahtuu pesimäaikaan. Kaapelin asentaminen on kuitenkin lyhytaikainen toimenpide, kesto muutamia tunteja, joten vaikutus ei ole merkittävä. Vaikutukset suojelukohteille arvioitiin kokonaisuudessaan vähäisiksi, koska vaikutukset ovat väliaikaisia. Muille suojelukohteille (Tauvon jakokunnan luonnonsuojelualue, Merikylänlahdenrannan luonnonsuojelualue ja Siikajokisuun luonnonsuojelualue) ei kohdistu vaikutuksia hankkeesta.

11.3.3 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli Hallan merituulivoimapuistoa ja siihen liittyvää sähkön- ja vedynsiirtoa ei toteuteta, ei aiemmin esiteltyjä vaikutuksia suojelualueille aiheudu. Lähimmille suojelualueille kohdistuu vaikutuksia olemassa olevista toiminnoista kuten meriliikenteen ja satama-alueen häiriöiden osalta.

11.4 Yhteisvaikutukset

Perämerelle on suunnitteilla useita merituulivoimahankkeita. Hallaa lähimmät ovat Suomen puolella ovat Kiisla, Kihu, Siikajoki-Hailuoto, Raahe-Siikajoki, Ebba, Pooki ja Maanahkiainen. Yhteisvaikutukset muiden Suomen puolella sijaitsevien, suunnittelun alkuvaiheessa olevien hankkeiden kanssa voidaan arvioida tarkemmin vasta, kun hankkeet ovat pidemmällä. YVA-menettelyssä hankkeiden yhteisvaikutusten arvioinnin vastuu on sillä hankkeella, jonka YVA-menettely seuraa jäljessä eli edellä mainittujen Suomen puolen hankkeiden vastuulle jää huomioida Hallan hanke omissa YVA-menettelyissään.

Hallan merituulivoimapuistoa lähimmät hankkeet Ruotsin puolella ovat Polargrund Offshore ja Bothnia Offshore Omega. Alustavien aikataulujen mukaan Hallan merituulivoimapuiston rakentamisen aikaan (2029–2031) samanaikaisesti rakenteilla voivat olla myös Polargrund Offshore (2028–2029) ja Bothnia Offshore Omega (2031–2033).

Hallan hanketta lähimmälle suojelukohteelle, Merikalla Natura-alue, ei kohdistu merkittäviä haitallisia vaikutuksia Hallan hankkeesta. Alueen suojeluperusteena on vesiluontotyyppi vedenalaiset hiekkasärkät. Sameuden leviämisen ja sedimentaation mallinnuksessa havaittiin, että kiintoaines ei leviä kovin kauas merituulivoimapuiston hankealueen ulkopuolelle, joten myös yhteisvaikutukset jäävät todennäköisesti hyvin vähäisiksi.

Tuulivoimapuiston läheisyydessä ei sijaitse linnuston tai muun eläimistön suojelualueita, joihin voisi kohdistua yhteisvaikutuksia rakentamisen tai toiminnan aikana.

Maanahkiaisen merikaapelien yksi rantautumisvaihtoehto on SSAB:n tehdasalueen eteläpuolella, alueelle suunnitellaan myös Hallan merikaapelin MVE1 ja vetyputken VVE1 rantautumista. Rantautumisalueiden lähimmälle Natura-alueelle (Raahen saaristo) ei mallinnusten mukaan ulotu vähäistä suurempia rakentamisen aikaisia samentumavaikutuksia, joten myös mahdolliset yhteisvaikutukset jäävät hyvin vähäiseksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

11.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Merituulivoimapuisto

Seuraavaan taulukkoon (Taulukko 11-6) on koottuna Hallan merituulivoimapuiston toteutusvaihtoehtojen (VE1 ja VE2) arvioidut vaikutukset rakentamisen ja toiminnan aikana suojelualueisiin ja muihin luontoarvoiltaan merkittäviin kohteisiin verrattuna nykytilanteeseen ja hankkeen toteuttamatta jättämiseen (VE0). Merituulivoimapuiston läheisyyteen sijoittuu vain yksi Natura-alue (Merikalla), muut suojelukohteet sijoittuvat etäälle. Natura-alueen herkkyys arvioitiin molempia vaihtoehtojen kohdalla *suureksi* ja vaikutusten merkittävyys *vähäiseksi*. Vaihtoehtojen välillä ei ole juurikaan eroa vaikutuksissa. Vaikutukset keskittyvät rakentamisaikaan.

Taulukko 11-6. Vaikutusten merkittävyys suojelualueisiin ja muihin luontoarvoiltaan merkittäviin kohteisiin eri hankevaihtoehdoissa merituulivoimapuiston osalta.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen									
	Kohtalainen					VE0				
	Suuri				VE1 VE2					
	Erittäin suuri									

Merikaapelit/vetyputket

Seuraavaan taulukkoon (Taulukko 11-7) on koottuna Hallan merituulivoimapuiston merikaapelien (MVE1–MVE3) ja vetyputken (VVE1) toteutusvaihtoehtojen arvioidut vaikutukset rakentamisen ja toiminnan aikana suojelualueisiin ja muihin luontoarvoiltaan merkittäviin kohteisiin verrattuna nykytilanteeseen ja hankkeen toteuttamatta jättämiseen (VE0).

Merikaapelien osalta eniten haittavaikutuksia suojelualueille on vaihtoehdolla MVE1, koska sen lähisyyteen sijoittuu eniten suojelukohteita. MVE1 sijoittuu myös suojeluun varatulle alueelle sekä rantojensuojeluohjelma-alueelle. Merikaapelin MVE2 läheisyyteen ei sijoitu suojelukohteita. MVE3 reitti sivuaa Natura-aluetta ja sen sisällä olevia suojelualueita.

Merikaapelien ja vetyputken toteutusvaihtoehtojen kohdalla alueen herkkyys arvioitiin *suureksi* ja vaikutusten merkittävyys *vähäiseksi*. Vaikutukset keskittyvät rakentamisaikaan.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 11-7. Vaikutusten merkittävyys suojelualueisiin ja muihin luontoarvoiltaan merkittäviin kohteisiin eri hankevaihtoehdoissa energiansiirron osalta.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen					MVE2				
	Kohta-lainen					VE0				
	Suuri				MVE1 MVE3 VVE1					
	Erittäin suuri									

11.6 Arvioinnin epävarmuudet

Mahdollisesti vähäistä epävarmuutta vaikutusten arviointiin luo se, että hankesuunnitelmassa esitetyt tuulivoimalapaikat, läjitysalueet ja merikaapeleiden rantautumispaikat ovat alustavia ja voivat muuttua. Näin ollen vesistövaikutusten arviointiin liittyy epävarmuutta. Meriympäristössä vaikuttavat aina myös luonnonvoimat, kuten myrskyt ja jääolot. Lisäksi on huomioitava, että merituulivoimasta on vasta vähän käytännön kokemuksia Suomen olosuhteissa

Vaikutusarvioinnin tekijöillä on kuitenkin laaja kokemus erilaisista tuulivoimahankkeista ja niiden luontovaikutuksista. Merituulivoimahankkeen vaikutuskanavat ympäröiville suojelualueille ovat hyvin tunnistettavissa.

11.7 Vaikutusten lieventäminen

Merikaapelien osalta suojelualueille kohdistuvat suorat vaikutukset voidaan poistaa sijoittamalla merikaapelit Natura-alueiden ja/tai suojelualueiden ulkopuolelle.

Valittavan merikaapelin rantautumispaikan lähiympäristössä sijaitsevat suojelukohteet on syytä huomioida hankkeen rakennustöiden sijoittelun yhteydessä, jottei kohteille kohdisteta epä-huomiossa kulkemista tai muita toimintoja, kuten tarvikkeiden varastointia. Rakentamistöiden ajoittaminen herkimmän lintujen pesimäajan ja eläinten lisääntymiskauden (noin huhti-heinä-kuu) ulkopuolelle lieventää eläimistöön kohdistuvia häiriövaikutuksia. Suojelualueiden ve-sieläimistön osalta vaikutusten lieventämismahdollisuudet on esitelty tarkemmin luvussa 6.7 ja linnuston osalta luvussa 10.7.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

12 ILMANLAATU

YHTEENVETO:

- Tässä YVA-selostuksen osassa A esitetty vaikutusarvio koskee YVA-menettelyssä käsiteltäviä merellä sijaitsevia toimintoja ja niihin liittyvää elinkaaren aikaista materiaalikäsittelyä myös mantereella. Erityisesti mantereen toiminnoista aiheutuvia ja mantereelle kohdistuvia ilmanlaadunvaikutuksia on käsitelty erillisessä YVA-selostuksen osassa B.
- Merituulivoimapuiston ja vedyntuotannon rakentamiseen liittyviä mantereelle kohdistuvia ilmanlaadun vaikutuksia syntyy liikkumisesta rannikolle ja rakentamisen esivalmisteluista, esimerkiksi betonin tuotannosta. Merellä vaikutuksia aiheuttavat laivat ja työkoneet, mutta merialueen avonaisuus laimentaa syntyviä ilmanlaatuvaikutuksia.
- Rakentamisen aikaiset vaikutukset ilmanlaatuun muodostuvat pääosin hankkeen rakentamiseen liittyvistä kuljetuksista, työalusten liikenteestä ja käytöstä sekä satamissa että merellä. Vaikutukset koostuvat ajoneuvojen polttoaineiden pakokaasupäästöistä. Lisäksi mantereella hankkeen merelle suunniteltavien rakenteiden liikennöinnistä voi olosuhteista riippuen aiheutua pölyämistä, mikä voi heikentää ilmanlaatua paikallisesti ja väliaikaisesti.
- Käytön aikaisten ilmanlaatua heikentävien vaikutusten arvioitiin muodostuvan huolto- ja kunnossapitoliikenteestä.
- Käytöstä poiston vaikutukset ilmanlaatuun arvioitiin olevan hieman vähäisemmät kuin rakentamisen aikana, sillä voi olla, että esimerkiksi kaikkea rakentamiseen käytettyä ei välttämättä poisteta tai saada poistettua.
- Vaikutukset ilmanlaatuun arvioitiin kokonaisuudessaan vähäisiksi kielteisiksi.

12.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoimapuiston ja vedyntuotannon rakentamisen ja käytöstä poiston aikana hankkeesta voi aiheutua paikallisia vaikutuksia ilmanlaatuun pölyämisestä ja päästöistä ilmaan, joita aiheutuu työkoneista ja alusliikenteestä. Käytön aikana huoltoliikenteestä aiheutuu vähäisiä päästöjä ilmaan. Mantereella tapahtuu pölyämistä maansiirrosta ja kulkuvälineiden nostattamasta tiepölystä, kun matkustetaan rannikolle ja tehdään merirakentamisen esivalmisteluja, esimerkiksi betonin tuotantoa. Merellä ilmanpäästöjä aiheuttavat laivat ja työkoneet, mutta vähäpäästöisemmät polttoaineet ja meren ilmanpäästöjä laimentava vaikutus pienentävät vaikutusta ilmanlaatuun.

Rakentamistöissä ja huoltoliikenteessä voi muodostua sekä hengitettäviä hiukkasia (PM_{10}) että pienhiukkasia ($PM_{2,5}$). Pienempien kokoluokkien hiukkaspäästöt ovat peräisin liikenteen ja työalusten pakokaasuista, ja niihin kiinnitetään huomiota ilmanlaadun seurannoissa, koska ne tunkeutuvat hengitysilman mukana hengitystiehyihin. (*Ilmatieteen laitos 2024a*). Pakokaasupäästöt sisältävät myös mm. typen oksideja ja rikkidioksidia, jotka ovat terveydelle haitallisia ja aiheuttavat ekosysteemien happamoitumista (*Ilmatieteen laitos 2024b, Ilmatieteen laitos 2024c*).

Ilman typen päästöjen osuus Itämeren kokonaistypestä on noin 24 %. Typpipäästöt voivat kulkeutua kaukaa ja suurin vaikutus niillä on mataliin ja pieniin vesistöihin. Happamien sateiden vaikutuksia on onnistuttu pienentämään vuosien aikana. Kuitenkin esimerkiksi Itämeren typpikuorma on silti liian suuri tavoitetasoon verrattuna ja sitä pyritään monipuolisesti pienentämään myös poliittisin keinoin (esimerkiksi Baltic Sea Action Plan: ”Minimoidaan haitalliset ilmanpäästöt”) (*HELCOM 2023c*).

Vaikutusarvio koskee YVA-menettelyssä käsiteltäviä merellä sijaitsevia toimintoja. Käsiteltäviä toimintoja ovat merituulivoimalat, sähkönsiirto merikaapeleilla, vedyntuotanto, vedyn siirto sekä

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

sedimenttien ruoppaus ja läjitys. Merituulivoimaloita koskevat vaikutukset arvioitiin näistä merkittävimmiksi.

Hankkeen vaikutuksia ilmanlaatuun on tässä arvioitu sanallisesti perustuen luvussa 13 esitettyyn päästölaskentaan sekä asiantuntija-arvioon. Arvioinnin on suorittanut ilmanlaatuvaikutuksiin perehtynyt asiantuntija

12.2 Nykytila

12.2.1 Ilmanlaatu

Ilmanlaatu on alueella enimmäkseen hyvä. Hankealuetta etäisyydeltään lähimpänä olevista, keskusta-alueiden ulkopuolella sijaitsevista havaintoasemista Oulun Pyykösjärven asemalla vuoden 2023 ilmanlaatuindeksi oli hyvä noin 91 % ajasta. Eniten poikkeamia oli keväällä ja kesällä, ja huonoimpana kuukautena huhtikuussa indeksi oli hyvä noin 60 % ja tyydyttävä noin 34 % ajasta. Raahen Lapaluodon havaintoasemalla vuoden 2023 ilmanlaatuindeksi oli hyvä noin 90 % ajasta, ja huonoimpana kuukautena toukokuussa indeksi oli hyvä noin 84 % ja tyydyttävä noin 15 % ajasta. (*Ilmatieteen laitos 2024d*)

Vuoden 2023 keskimääräinen rikkidioksidipitoisuus oli Raahen Lapaluodon asemalla noin 4,1 µg/m^3. Suurin mitattu arvo oli 196,8 µg/m^3, mikä pysyi alle tuntikohtaisen raja-arvon 350 µg/m^3. Hengitettävien hiukkasten vuoden keskiarvo oli noin 9,2 µg/m^3 ja siten selvästi alle vuosiraja-arvon 40 µg/m^3. (*Ilmatieteen laitos 2024d ja Ilmatieteen laitos 2024e*) Rikkidioksidipäästöjä aiheuttavat esimerkiksi teollisuusprosessit ja polttamiseen perustuva energiantuotanto (*Ilmatieteen laitos 2024c*). Laivojen päästöjä on vähentänyt vuonna 2015 voimaan tullut rikkidirektiivi, joka vähensi Itämerellä käytettävien polttoaineiden rikkipitoisuuden rajaa 1 %:sta 0,1 %:iin (*Norden 2013*). Hankealueella ilmanlaatu on meren laimentavasta vaikutuksesta johtuen todennäköisesti manneralueita parempi, joten käytetyt havaintoarvot eivät täysin kuvaa todellista tilannetta.

12.3 Vaikutusten arviointi

12.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Rakentamisen aikaiset vaikutukset ilmanlaatuun muodostuvat pääosin hankkeen rakentamiseen liittyvistä kuljetuksista, työalusliikenteestä sekä työkoneiden käytöstä. Rakentamisen aikaisia vaikutuksia ilmanlaatuun aiheuttavat kuljetukset, jotka liittyvät seuraaviin rakenteisiin ja toimintoihin: merituulivoimalat, sähkönsiirto merikaapeleilla, vedyntuotanto, vedyn siirto sekä sedimenttien läjitys. Merituulivoimaloita koskevat vaikutukset arvioitiin näistä merkittävimmiksi sen suuren materiaali- ja kuljetustarpeen vuoksi.

Hajautetussa vedyntuotannossa vetylaitokset olisivat integroituina merituulivoimaloihin, minkä voidaan arvioida puolestaan lisäävän jonkin verran rakentamisen aikaisia ilmanlaatuvaikutuksia verrattuna tilanteeseen, missä rakennettaisi vain perinteisiä merituulivoimaloita. Suunnittelun alkuvaiheesta johtuen arviointi jää kuitenkin suuntaa-antavalle tasolle ja lopullinen ratkaisu voi olla sellainen, ettei eroja voida havaita.

Keskitetyssä vedyntuotantovaihtoehdossa rakennettaisiin 3–8 vetylaitosta merisähköasemien yhteyteen, mutta rakenteiden kokoluokkaa ei vielä ole päätetty, joten vertailua hajautettuun vedyntuotantoon on tässä vaiheessa vaikea tehdä. Keskitetty vetyasema on samaa kokoluokkaa kuin sähköasema, joten niiden rakentamisen vaikutukset ovat myös samaa tasoa.

Rakentamisen vaikutukset koostuvat ajoneuvojen ja työkoneiden polttoaineiden pakokaasupäästöistä. Vesistörakentamisen tietyissä vaiheissa käytetään todennäköisesti apuna myös helikopteria. Lisäksi liikenteestä voi olosuhteista riippuen aiheutua myös mantereella pölyämistä, mikä voi heikentää ilmanlaatua paikallisesti ja väliaikaisesti. Tuulivoimarakentaminen vaatii runsaasti maa- ja kiviaineksia ja näitä merirakentamisessa hyödynnettäviä maa- ja kiviaineksia joudutaan todennäköisesti käsittelemään mantereella. Kiviaineksista muodostuva kiviainespöly

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

on partikkelikooltaan suhteellisen suurikokoista ja hengitettävien hiukkasten sekä pienhiukkasten (PM_{10}, $PM_{2,5}$) osuus kiviainespölystä on pienempi. Suurikokoiset hiukkaset kulkeutuvat ilmassa vain lyhyitä matkoja. Pölyämisen vaikutukset ja suurimmat pitoisuudet rajoittuvat toiminnallisen alueen välittömään läheisyyteen, eli työmaa-alueelle mantereella tai rakentamisalueelle merellä. Maa- ja kiviainesten pölypäästöjen aiheuttama haitta on luonteeltaan ympäristön likaantumista ja viihtyvyyshaittaa.

Näiden tekijöiden vaikutusten arvioitiin olevan mantereella paikallisia ja väliaikaisia, eikä niillä ole merkittävää vaikutusta ilmanlaatuun. Merellä vaikutukset ovat paikallisia ja väliaikaisia sekä laimenemisen myötä vähäisiä.

12.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Toiminnan aikaisia suoria vaikutuksia ilmanlaatuun ei arvioitu aiheutuvan, sillä tuulivoimalla tuotettu energia ei aiheuta ilmapäästöjä. Vedyntuotannossa elektrolyysiprosessissa syntyy happea, joka todennäköisesti johdetaan ilmaan. Vedyntuotannolla ei siten arvioitu olevan suoria kielteisiä vaikutuksia merialueella liittyen ilmapäästöihin.

Toiminnan aikaisten ilmanlaatua heikentävien välillisten vaikutusten arvioitiin koostuvan huoltoja kunnossapitoliikenteestä. Ilmanlaatua heikentävät merelle sijoittuviin toimintoihin liittyvät vaikutukset arvioitiin mantereella ja merellä hyvin vähäisiksi, paikallisiksi ja väliaikaisiksi. Lisäksi jotkut merellä kulkevat alukset joutuvat kiertämään tuulivoimapuiston pidempää reittiä pitkin, mikä aiheuttaa enemmän polttoaineen kulutusta ja mahdollisia ilmanlaatua heikentäviä päästöjä. Näiden ei kuitenkaan arvioida olevan merkittäviä ilmanlaadulle vaikutuksien laimentuessa.

Jos tuotettavalla energialla korvataan polttamiseen perustuvaa energiantuotantoa, vältetään savukaasupäästöjen syntymistä muualla, esimerkiksi polttolaitoksilla tai liikenteessä. Energiantuotantolaitoksien ilmapäästöt riippuvat pitkälti tuotantomäärän tarpeesta ja laitteistojen kehityksestä ja niiden päivityksistä. Yleisesti energiantuotannon ilmanlaatuun vaikuttaville päästöille on kuitenkin suhteellisen tiukat raja-arvot. Liikenteessä vetyä tai siitä valmistettavia ns. sähköpolttoaineita voidaan hyödyntää niin meri-, ilma- kuin maaliikenteessä, ja sähköä ainakin maaliikenteessä.

12.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ilmanlaatuun arvioitiin olevan hieman vähäisemmät kuin rakentamisen aikana, sillä voi olla, että esimerkiksi kaikkea rakentamiseen käytettyä materiaalia ei välttämättä voida poistaa, saada poistettua tai ei ole esimerkiksi ympäristön kannalta järkevää poistaa, esimerkkinä mahdolliset eroosiosuojaukset ja perustukset. Tällöin jätemateriaalikuljetuksia tarvitaan vähemmän ja kuljetuksista aiheutuvia pakokaasupäästöjä muodostuu vähemmän. Vähäisemmästä liikennöinnistä johtuen olosuhteista aiheutuva pölyäminen on tällöin myös vähäisempää. Ilmanlaatua heikentävät vaikutukset arvioitiin melko vähäisiksi, paikallisiksi ja väliaikaisiksi. Merituulivoimaloita koskevat vaikutukset arvioitiin hankkeen rakenteiden purkamiseen liittyen kaikista osa-alueista merkittävimmiksi niiden suuren materiaali- ja kuljetustarpeen vuoksi.

12.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Hankkeen toteuttamatta jättäminen ei vaikuta alueen ilmanlaatuun tai muuta sitä. Toisaalta tällöin ei myöskään saavuteta mahdollista muualla saavutettavaa ilmanlaadun paranemista, sillä puhtaampi energiantuotanto jää rakentamatta.

12.4 Yhteisvaikutukset

Ruotsin puolelle sijoittuva Polargrundin merituulivoimahanke saattaa ajoittua rakentamisen osalta osittain tässä arvioitavan hankkeen kanssa samalle ajankohdalle. Tämä saattaa aiheuttaa yhteisvaikutuksia, jotka kuitenkin laimenevat merituulen ansiosta sekä jäävät paikallisiksi. Vaikutukset voivat huonontaa paikallisesti ilmanlaatua, mutta ne arvioitiin vähäisiksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Toiminnan aikana huoltoliikenteestä voi aiheutua yhteisvaikutuksia, jotka kuitenkin arvioitiin vähäisiksi.

12.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Merellä ilmanlaadun vaikutukset ovat pienemmät, koska siellä avonainen merialue laimentaa ilmanlaadun vaikutuksia mantereeseen verrattuna. Mantereella paikallisesti ilmanlaatuun vaikuttaa eniten mahdollinen maa- ja kiviaineksen murskaus merellä tapahtuvaa rakentamista varten. Lisäksi merirakentamiseen liittyvien materiaalien kuljetuksista aiheutuu pölyämistä ja pakokaasupäästöjä. Merituulivoimaloita koskevat vaikutukset arvioitiin kaikista osa-alueista merkittävimmiksi, sen suuren materiaali- ja kuljetustarpeen vuoksi.

Rakentamisen aikana kohteen herkkyys arvioitiin kokonaisuudessaan vähäiseksi, johtuen avoimen merialueen ilmapäästöjä laimentavasta vaikutuksesta ja siten pienemmästä vaikutuksesta ihmisiin (Taulukko 12-1). Muutoksen suuruus arvioitiin tuulivoimaloiden osalta kohtalaiseksi, koska liikenteen määrän arvioitiin olevan rakentamisen aikana suurta ja vaikutus voi olla massiivisen rakentamisen vuoksi paikoin pidempää kuin hetkellistä. Sähkönsiirto merikaapeleilla (MVEt), vedyntuotanto, vedyn siirto (VVE1) sekä sedimenttien läjitys arvioitiin vaikutuksen suuruudeltaan vähäisiksi. Kokonaisuudessaan kaikkien vaikutusten merkittävyys rakentamisen aikana arvioitiin vähäisiksi. Merituulivoimapuiston hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 väliset erot ilmanlaatuun kohdistuvien vaikutusten osalta arvioitiin huomaamattomiksi johtuen merialueen hyvistä tuuliolosuhteista ja ilmapäästöjen tehokkaasta laimenemisesta.

Taulukko 12-1. Rakentamisen aikaisten vaikutusten merkittävyys ilmanlaadun osalta eri hankevaihtoehdoissa.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen			VE1 VE2	MVE1 MVE2 MVE3 VVE1	VE0				
	Kohtalainen									
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Toiminnan aikainen kohteen herkkyys arvioitiin vähäiseksi, johtuen meren ilmapäästöjä laimentavasta vaikutuksesta (Taulukko 12-2). Muutoksen suuruus arvioitiin hankevaihtoehdoissa (VE1 ja VE2), sähkönsiirrossa (MVEt), vedyn tuotannossa ja vedynsiirrossa (VVE1) vähäiseksi, koska ilmanlaatua heikentävän liikenteen määrä arvioitiin tuottavan vain hetkellisiä ja vähäisiä paikallisia vaikutuksia. Merituulivoima on toimintavaiheessa päästötöntä ja vedyntuotannosta aiheutuu ainoastaan happipäästöä ilmakehään, mikä ei levitessään vaikuta ilmanlaatuun. Sedimenttien läjityksestä ei arvioida tulevan toiminnan aikaisia päästöjä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 12-2. Käytön aikaisten vaikutusten merkittävyys ilmanlaadun osalta eri hankevaihtoehdoissa.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyysm	Vähäinen				VE1 VE2 MVE1 MVE2 MVE3 VVE1	VE0				
	Kohtalainen									
	Suuri									
	Erittäin suuri									

12.6 Arvioinnin epävarmuudet

Hiukkaspäästöjen leviämiseen vaikuttavat vuodenajat ja sääolosuhteet. Esimerkiksi kova tuuli levittää hiukkasia kauemmaksi hankealueelta. Kuivina ajanjaksoina maa pölisee herkemmin mantereella.

Arvioinnin tekovaiheessa tarkempi rakentamisen suunnittelu on vielä yleistasoinen.

12.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Merellä syntyviä ilmanlaatuhaittoja lieventää merituuli. Muuten mm. rakentamisen vaiheistuksella voidaan vaikuttaa paikallisten ilmapäästöjen suuruuteen.

Merelle rakentamista varten kuljetetaan materiaaleja mantereella, jossa ilmanlaadusta aiheutuu merialuetta enemmän haittaa johtuen vähäisemmästä ilmapäästöjen laimenemisesta sekä vaikutuksista ihmisiin ja eliöstöön. Mantereella teiden pölyämistä on mahdollista vähentää kastelulla kuivina ajanjaksoina ja käyttämällä alueella olevia päällystettyjä teitä silloin kuin se on mahdollista. Maa-aineskuljetusten pölypäästöjä voidaan vähentää esimerkiksi hiljentämällä asutuksen kohdalla ajonopeutta. Ympäröivä suuri kasvillisuus tai muut fyysiset esteet estävät tehokkaasti hiukkasten leviämistä, mutta toisaalta fyysiset esteet estävät hiukkasten laimenemista ympäröivään ilmaan.

Sekä merellä että mantereella pakokaasujen ilmapäästöjen syntymistä voidaan lieventää optimoimalla käytettävät kuljetusreitit mahdollisimman lyhyiksi, hyödyntämällä taloudellista ajotapaa tai käyttämällä sähköisiä kulkuvälineitä tai vähäpäästöisiä polttoaineita. Rakentamisen ja purkamisen aikaisia päästöjä saadaan vähennettyä valitsemalla vähäpäästöistä, asianmukaisesti huollettua kalustoa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

13 ILMASTO

YHTEENVETO:

- Ilmastoarviointi on esitetty kokonaisuudessaan ilmastovaikutusten arvioinnin erillisliitteessä (liite 14).
- Hankkeen ilmastohyötyjen saavuttaminen edellyttää hankkeen kaikkien toimintojen toteuttamista (sähkön tai vedyn osalta). Sen vuoksi hankkeen toimintojen aiheuttamia ilmastovaikutuksia ei voida jakaa maantieteellisen sijoittumisen perusteella.
- Tässä YVA-selostuksen A-osiossa esitetään tiiviisti erillisen ilmastolaskennan tulokset sekä hankkeen kokonaisvaikutusten arviointi, mikä tarkoittaa kaikkia hankkeen merelle ja mantereelle sijoittuvien toimintojen vaikutusten arviointia. YVA-selostuksen B-osassa on keskitytty enemmän mantereelle sijoittuvien toimintojen päästöjen esittämiseen, mutta niiden vaikutusarviointi sisältyy tähän asiakirjaan A.
- Merituulivoimahanke aiheuttaa sekä suoria ilmastopäästöjä että hiilinielujen ja -varastojen pienemistä elinkaarensa aikana. Suurimmat negatiiviset vaikutukset liittyvät voimaloiden rakentamiseen.
- Hankkeen **kokonaispäästöt (sisältäen kaikki merelle ja mantereelle sijoittuvat toiminnot):**
    - Hankkeen suuret myönteiset ilmastovaikutukset syntyvät siitä, että tuulivoimaloiden uusiutuvan sähköntuotanto tulisi arviolta olemaan 12 000 GWh vuodessa.
    - Jos hankkeessa tuotetaan 100 % sähköä, kokonaispäästöjen vaihteluväli on noin 10,2–10,9 tCO_2e/GWh, mikä tarkoittaa päästöissä vaihteluväliä 4 280 000–4 580 000 tCO_2e:
        - Minimipäästöt ovat toteutusvaihtoehdossa MVE1 (10 merikaapelia) yhdistettynä maakaapelilla mahdolliseen tulevaan SSAB:n voimajohtoon (hankkeelle on tehty oma YVA-menettely)
        - Maksimipäästöt ovat toteutusvaihtoehdossa MVE3 (5 merikaapelia) yhdistettynä SVE5:een ja MVE2 (5 merikaapelia) yhdistettynä SVE2:een.
    - Jos hankkeessa tuotetaan 100 % vetyä, kokonaispäästöt ovat noin 9,9 tCO_2e/GWh, mikä tarkoittaa päästöissä 4 143 000 tCO_2e.
    - VE0:ksi arvioidaan tilanne, jossa tuulivoimapuistoa ei toteuteta eikä siten uutta uusiutuvaa sähköä tuoteta. VE0 on laskettu seuraavilla vaihtoehdoilla.
        - VE0, 100 % sähkö, jos sähkö on verkkosähköä (ennuste): noin 49 tCO_2e/GWh
        - VE0, 100 % vety, jos vety on tuotettu tavanomaisilla, pääosin fossiiliseen metaaniin perustuvilla tuotantomenetelmillä: noin 235 tCO_2e/GWh
        - VE0, 100 % vety, jos vety on tuotettu verkkosähköllä (ennuste): noin 49 tCO_2e/GWh
        - VE0, 100 % vety, jos vedyn sijasta käytetään polttoaineena LNG:tä: noin 151 tCO_2e/GWh
- Hankkeen **merellä tapahtuvasta toiminnasta aiheutuvat päästöt (merituulivoima, vedyntuotanto, sisäinen kaapelointi/vetyputket, merisähköasemat, energiansiirto mantereelle, meriläjitys):**
    - Tuotettaessa 100 % sähköä, merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen osuus kokonaispäästöistä on minimivaihtoehdossa 98 % ja maksimivaihtoehdossa 91 %. Merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen vaihteluväli on kokonaisuudessaan noin 4 161 000–4 218 000 tCO_2e ja tuotettua sähköä kohden noin 9,8–10,0 tCO_2e/GWh.
    - Merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen osuus kokonaispäästöistä on vetyä tuotettaessa 99,9 %. Merelle sijoittuvien toimintojen päästöt 100 % vetyä tuotettaessa ovat noin 4 137 000 tCO_2e ja kulutettua sähköä kohden noin 9,8 tCO_2e/GWh.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- Kaikkien hankevaihtoehtokombinaatioiden päästöt ovat pienemmät kuin hankkeen toteuttamatta jättämisen VE0:n päästöt.
- Mikäli tuulisähköllä korvataan ennusteen mukaista verkkosähköä Suomessa, positiiviset vaikutukset ylittävät negatiiviset vaikutukset noin kolmannen tuotantovuoden jälkeen. Tarkasteltaessa vedyn käyttöä laivojen polttoaineena verrattuna LNG:hen, positiiviset vaikutukset ylittävät negatiiviset vaikutukset kahden tuotantovuoden jälkeen.
- Hankkeella (merelle ja mantereelle sijoittuvat toiminnot) arvioitiin olevan ilmaston kannalta positiivinen hyvin merkittävä vaikutus. Toiminnan aikana hankkeella arvioitiin olevan suuri myönteinen vaikutus, kun tuotetaan 100 % sähköä ja erittäin suuri vaikutus kun tuotetaan 100 % vetyä. Uusiutuvan energian tuotanto on erittäin suuresti ilmastotavoitteiden mukaista. Rakentamisen aikana vaikutusten arvioitiin olevan suuresti negatiiviset. Itse rakentaminen ei ole suoraan ilmastotavoitteiden mukaista, mutta sen avulla saavutetaan tavoitteiden mukainen energiainfrastruktuuri.

13.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Ilmastoarviointi on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 14. Tässä YVA-selostuksen A-osiossa esitetään tiiviisti erillisen ilmastolaskennan tulokset sekä hankkeen kokonaisvaikutusten arviointi, mikä tarkoittaa kaikkia hankkeen merelle ja mantereelle sijoittuvien toimintojen vaikutusten arviointia. YVA-selostuksen B-osassa on keskitytty enemmän mantereen päästöjen esittämiseen, mutta niiden vaikutusarviointi sisältyy tähän asiakirjaan A. Kokonaistulokset on esitetty kaikista hankkeen toiminnoista merellä ja mantereella, koska hankkeen merkittävyyden arviointi voidaan tehdä luotettavasti vain kokonaistuloksista.

Hallan merituulivoimapuiston hankekokonaisuus käsittää merelle sijoittuvat merituulivoimalat, vedyntuotannon, sisäisen merikaapeloinnin ja vetyputkistot, merisähköasemat, rakentamisen aikaisen meriläjityksen, energiansiirron mantereelle (merikaapelit/vetyputket) sekä energiansiirron mantereella (maakaapelit, voimajohdot sekä liityntäasemat). Seuraavissa luvuissa ”hankkeella” viitataan em. hankekokonaisuuteen.

Hanke vaikuttaa positiivisesti ilmastonmuutokseen vähentämällä sähköntuotannossa kasvihuonekaasu- ja muiden savukaasupäästöjen syntymistä. Vaikutusarvioinnissa laskettiin tuulivoimalla vältetyt päästöt verrattuna tulevaisuuden skenaarioon energian päästökehityksestä.

Hankkeen kielteisiä ilmastovaikutuksia arvioitiin laskemalla hankkeen hiilijalanjälki eli sen elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt. Eri toteutusvaihtoehdoista aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt arvioitiin laskennallisesti perustuen suunnittelutietoihin. Päästöt laskettiin niille hanketoteutusvaihtoehdoille, joilla arvioitiin olevan pienimmät ja suurimmat päästöt. Näin saatiin selville hankkeen päästövaikutuksen vaihteluväli. Tarkasteltavia tilanteita oli kaksi, joista toisessa tuotettiin 100 % sähköä ja toisessa 100 % vetyä. Oheisessa taulukossa (Taulukko 13-1) on selvennetty lasketut vaihtoehdot. Kun tuotteena on 100 % sähköä, toteutetaan silloin todennäköisesti kaksi sähkönsiirtoreittiä. Tuotettaessa 100 % vetyä, toteutetaan todennäköisesti yksi vedynsiirtoreitti.

Taulukko 13-1. Laskennan vaihtoehdot, joiden avulla selvitetään hankkeen vaikutuksien vaihteluväli.

Vaihtoehdot	Rakentaminen	Käyttö	Käytöstä poisto
Tuotteena 100 % sähkö minimi- ja maksimitilanteessa. • Minimivaihtoehto: MVE1 + maakaapeli (SSAB) • Maksimivaihtoehto: MVE3 + SVE5 ja MVE2 + SVE2	Tuulivoimalat 2x sähkönsiirtoreitit merellä ja maalla	Sähkön tuotanto	Tuulivoimalat 2x sähkönsiirtoreitit merellä ja maalla Meri- ja maasähköasemat

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaihtoehdot	Rakentaminen	Käyttö	Käytöstä poisto
	Meri- ja maasähköasemat Hiilinielu- ja hiilivarastomenetykset maalla		Hiilinielu- ja hiilivarastomenetykset maalla
Tuotteena 100 % vety, yksi vaihtoehto. • VVE1	Tuulivoimalat Vedyn tuotantoinfrastruktuuri 1x vedyn siirtoreitti Vetysäiliöt maalla Hiilinielu- ja hiilivarastomenetykset maalla	Vedyn tuotanto	Tuulivoimalat Vedyn tuotantoinfrastruktuuri 1x vedynsiirtoreitti Vetysäiliöt maalla Hiilinielu- ja hiilivarastomenetykset maalla

Laskelmien perusteella arvioitiin hankkeen merkitys ilmastonmuutoksen hillinnässä. Lisäksi tarkasteltiin toimenpiteitä, joilla hankkeen suoria tai epäsuoria päästöjä voidaan lieventää.

Lisäksi arvioinnissa tarkasteltiin hankkeen elinkaaren aikana muodostuvien kasvihuonekaasupäästöjen vaikutuksia päästöjen vähentämistavoitteisiin alueellisella ja kansallisella tasolla. Arvioinnissa huomioitiin myös ilmastonmuutokseen sopeutuminen erityisesti sään ääri-ilmiöiden vaikutuksen kannalta hankkeen elinkaaren aikana.

Hankkeen YVA-selostuksessa on esitetty laskentaan perustuva tiivis kuvaus ilmastovaikutuksista sekä lisäksi on kuvattu vaikutusten arvioinnin lähtöoletukset, laskentamenetelmät ja epävarmuudet.

Ilmastoarviointi on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 14. Tässä selostuksen A-osassa on esitetty osa-aluekohtaiset tulokset merelle sijoittuvista toiminnoista. Kokonaistulokset ovat kuitenkin kaikista hankkeen osioista merellä ja mantereella, koska hankkeen merkittävyyden arviointi voidaan tehdä luotettavasti vain kokonaistuloksista.

Arvioinnin suoritti ilmastovaikutuksiin perehtynyt asiantuntija.

13.1.1 Laskennan lähtötiedot

Ilmastovaikutuksia arvioitiin laskennallisesti määrittämällä hankkeen sekä merellä että mantereelle sijoittuvien toimintojen elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt, eli hankkeen elinkaaren hiilijalanjälki, ja vertaamalla niitä VE0:n tilanteeseen, eli hankkeen toteuttamatta jättämiseen. Lisäksi arvioinnissa laskettiin hankkeen vaikutus hiilinieluihin ja -varastoihin sekä arvioitiin ilmastonmuutoksen vaikutusta hankkeeseen ja hankkeen sopeutumista ilmastonmuutokseen.

Hankkeen päästölaskennassa huomioitiin hiilidioksidin (CO_2) lisäksi muut kasvihuonekaasupäästöt, joita ovat metaani (CH_4), typpioksiduuli (N_2O) ja ns. F-kaasut. Laskennan tulokset ilmoitettiin hiilidioksidiekvivalentteina (CO_2e), jossa kaikki laskentaan sisältyvät kaasut ovat yhteismitallistetussa muodossa.

Laskennan osakokonaisuudet on jaettu rakennusvaiheen, käytön ja käytöstä poiston päästöihin. Mahdollisuuksien mukaan laskennassa hyödynnettiin valmiita verifioituja LCA-tutkimuksia,

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

mutta tilanteissa, joissa LCA:ta ei ollut käytettävissä, laskettiin päästöt materiaaliperusteisesti. Päästölaskennassa hyödynnettiin Infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmää *(Väylävirasto 2023a)*. Laskentamenetelmän vertautuvuus rakentamisen standardien osa-alueisiin on esitetty taulukossa 13-2.

Taulukko 13-2. Laskentaan sisällytetyt päästölähteet ja niiden vertautuvuus standardiin.

Osio	Sisältää	Vertautuvuus rakentamisen standardeihin (esimerkiksi SFS-EN 15978:2011)
Rakentamisen aikaiset päästöt	Materiaalivirtojen päästöt (raaka-aineiden kaivaminen ja valmistaminen)	A1–A3
	Materiaalikuljetukset työmaalle	A4
	Rakentamisen ja puuston hakkuun polttoaineen kulutus	A5
Toiminnan aikaiset päästöt	Käyttö	B1
	Kunnossapito ja korjaaminen	B2–B3
Toiminnan päättymisen jälkeiset päästöt	Purkamisen polttoaineen kulutus	C1
	Purettujen materiaalivirtojen kuljetus ja käsittely	C2–C3

Hankkeen koko elinkaari on yhdenmukaistettu tuulivoiman mukaiseksi 35 vuoden ajalle, vaikka todellisuudessa sähkönsiirron elinkaari on 80 vuoden ajalle. Sähkönsiirron osalta oletus on järkevä, koska sähkönsiirron päästöjen suuruus riippuu enimmäkseen siitä, kuinka paljon sähköä tuotetaan. Hiilinielujen osalta menetykset jatkuvat niin pitkään, kun hiilinielu ei pääse kasvamaan. Jos elinkaarilaskenta venytettäisiin noin 80 vuoteen, syntyy toiminnan aikaisia päästöjä arviolta yhtä paljon vuotta kohden kuin lyhyemmällä elinkaarella. Rakentamisen ja purkamisen osalta pidempi elinkaari lisäisi niiden päästöjä, koska oletetusti esimerkiksi tuulivoimaloiden rakentaminen, purkaminen tai korjaaminen tehtäisiin uudelleen puolessa välissä elinkaarta.

Kokonaistuloksia tarkasteltiin skenaarioittain tuotettavien tuotteiden kautta ja lasketut kasvihuonekaasupäästöt on ilmoitettu tuotettavaa sähköenergian yksikköä kohden. Tuotevaihtoehdot ovat sähkö ja vety. Päästöt laskettiin tilanteille, joissa tuotetaan 100 % sähköä tai 100 % vetyä. Maksimi-minimilaskennalla laskettaessa saatiin selville hankkeen hiilijalanjäljen vaihteluväli.

13.1.1.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston ilmastovaikutukset on jaettu rakentamisen aikaisiin, toiminnan aikaisiin ja toiminnan päättymisen jälkeisiin vaikutuksiin. Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 ilmastovaikutuksien arvioinnissa käytettiin taulukossa 13-3 esitettyjä oletuksia.

Taulukko 13-3. Tuulivoiman ilmastovaikutusten laskennassa käytetyt oletukset.

Oletus	VE1	VE2
Tuulivoimaloiden määrä [kpl]	160	120
Tuulivoimaloiden yksikköteho [MW/voimala]	15	25
Vuosittainen sähköntuotanto [TWh/v]	12	12

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oletus	VE1	VE2
Käyttöikä [v]	35	35

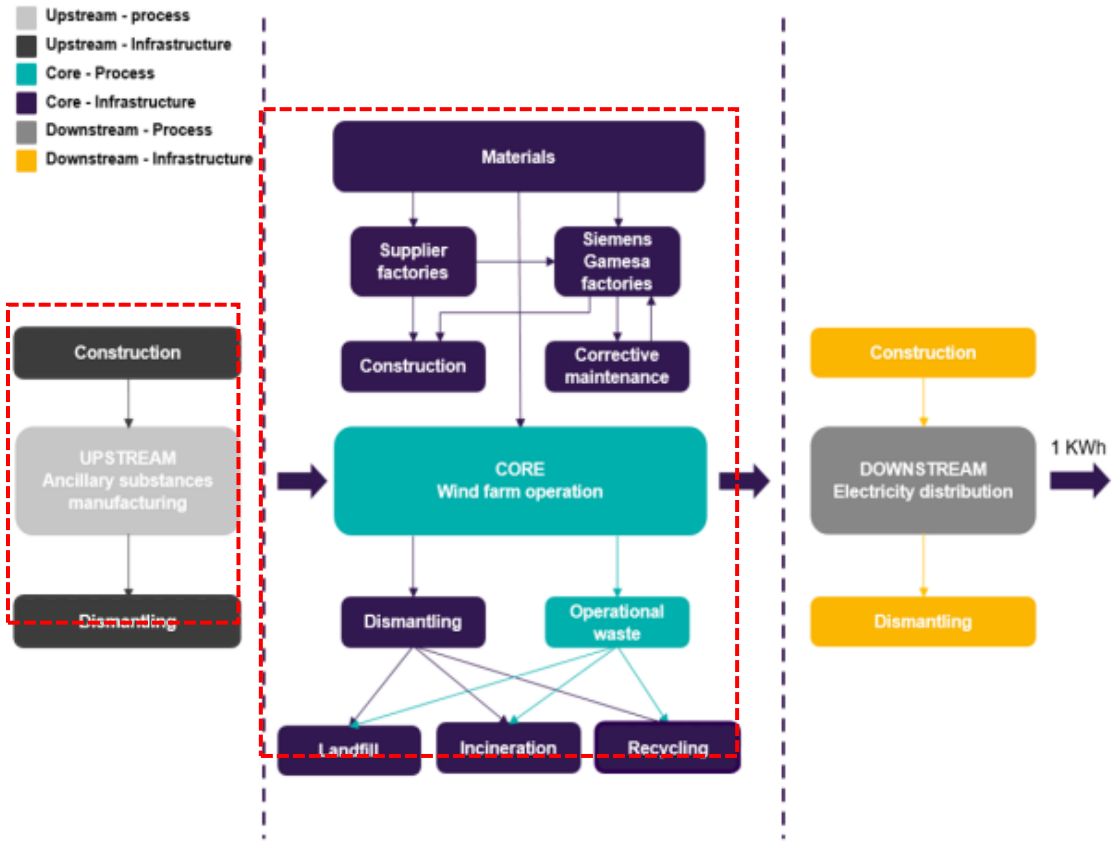
Laskennassa käytetyt lähteet on esitetty taulukossa 13-4.

Taulukko 13-4. Tuulivoiman ilmastovaikutusten arvioinnissa käytetyt lähteet.

Kohde	Tiedonlähde
Tuulivoimapuiston elinkaaripäästöt	Siemens Gamesa, 2023. Electricity from a European offshore wind farm using SG 14-236 wind turbines. EPD. Saatavilla: https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/ed639d2a-69c6-402e-da38-08dbb377d685/Data Rakentamisen, käytön ja käytöstä poiston osuudet päästöistä arvioitiin Ecoinventin merituulivoiman kertoimen mukaan: Ecoinvent 3.9.1, Electricity production, wind, 1–3 MW turbine, offshore – FI.

Rakentaminen, käyttöaika ja käytöstä poisto

Merituulivoimaloiden päästökertoimeksi valittiin Siemens Gamesan tekemä EPD (Environmental Product Declaration) SG 14-236 -merituulivoimalla tuotetulle sähköntuotannolle. EPD on verifioitu kolmannen osapuolen toimesta. Tämä valikoitui päästökertoimeksi, koska kyseessä on suurin merituulivoimalakoko, jolle on saatavilla päästökerroin. Elinkaarilaskennan rajaus on esitetty kuvassa 13-1.



Kuva 13-1. Käytetyn tuulivoimapäästökertoimen systeemirajaus. Tuulivoiman päästölaskennassa hyödynnettiin osioita "Upstream - process", "Upstream - Infrastructure", "Core - Process" ja "Core – Infrastructure". (Siemens Gamesa 2023)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

EPD:ssä merituulivoimalan elinkaareksi on määritetty 25 vuotta ja voimalatehoksi 14 MW. Tässä arvioinnissa laskettavien voimaloiden elinkaareksi arvioitiin 35 vuotta ja voimalatehoksi 15 MW vaihtoehdossa VE1 ja 20 MW vaihtoehdossa VE2. Tämä eroavaisuus tuo voimaloiden tulokseen hieman yliarviota. Voimalakoon kasvun ei oleteta kasvattavan päästökerrointa, sillä yleensä koon kasvaessa myös tuotettu sähkönmäärä kasvaa. Lisäksi ”Core – Infrastructure” päästökertoimen jakaminen rakentamiselle, käytölle ja käytöstä poistolle osoittautui haastavaksi, sillä päästökertoimia ei oltu lähtökohtaisesti jaoteltu elinkaaren vaiheisiin, joten jaon arvioinnissa hyödynnettiin Ecoinventin tietoja.

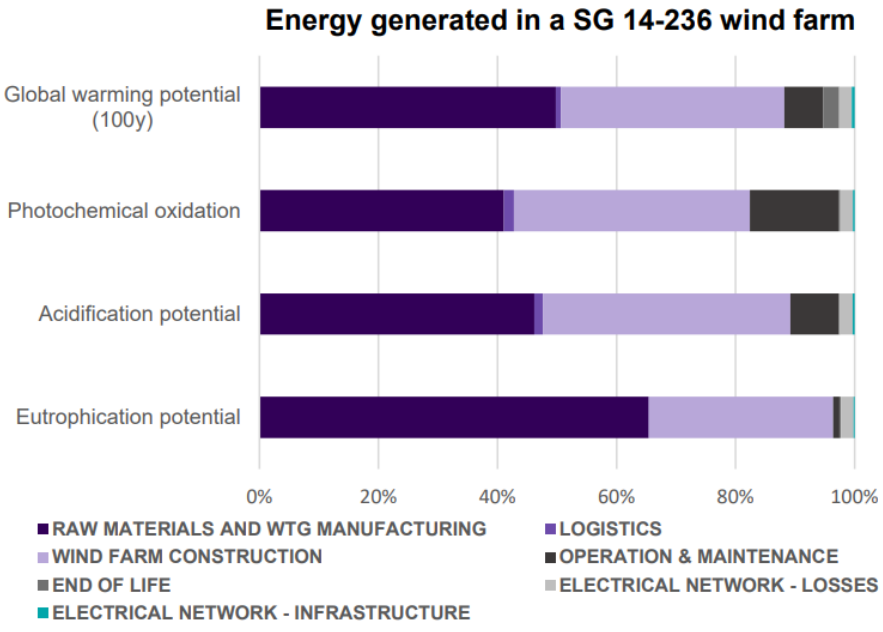
Käytetyt päästökertoimet ja niiden jakoon tehdyt oletukset on esitetty taulukossa 13-5.

Taulukko 13-5. Tuulivoimapuiston laskennan perustana käytetyt päästökertoimet (Siemens Gamesa 2023).

[gCO_2e/kWh]			
Tuotantoketjusta tulevat päästöt (Upstream) → *Toiminnan aika*	Ydinprosessi (Core) → *Toiminnan aika*	Voimalat ja infra (Core – Infrastructure) → *Rakentaminen 96 %, käytön ajalta 3 % ja käytöstä poisto 1 %*	Yhteensä
0,01	0,54	8,79	9,33

Upstream-päästöt koostuvat erilaisten toiminnan vaatimien apuaineiden kuten hydrauliikkaöljyn päästöistä. Core – Process -päästöt syntyvät toiminnan aikaisten huoltotoimenpiteiden vaatimista polttoaineista ja niiden yhteydessä syntyvien jätteiden käsittelystä sekä esimerkiksi voimalan energiahäviöistä. Core – Infrastructure käsittää kaikki tuulivoimaloiden materiaalien valmistukseen, rakentamiseen, purkamiseen ja jätteiden käsittelyyn liittyvät päästöt, jotka on jaettu erikseen rakentamisen, käyttöajan ja käytöstä poiston päästöihin.

Arvioinnissa käytetyn tuulivoimalan elinkaaren vaikutuksien ilmastopäästöjen ja muiden ympäristöpäästöjen jakautuminen on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 13-2). Kuvasta nähdään, että suurin osa ilmastopäästöistä (Global warming potential -rivi) muodostuu raaka-aineiden ja voimaloiden valmistuksessa. Toinen merkittävä päästölähde on tuulivoimapuiston rakentamisen päästöt. (*Siemens Gamesa 2023*)



Kuva 13-2. Ympäristövaikutuksien jakautuminen tuulivoimalan elinkaaren aikana (Siemens Gamesa 2023).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Päästöt laskettiin edellä esitetyin päästökertoimin kunkin hankevaihtoehdon sähköntuotantomäärien mukaisesti. VE1:ssa ja VE2:ssa tuotetun sähkön määrä on 12 000 GWh/vuosi.

13.1.1.2 Sähkönsiirto merellä ja merisähköasemat

Sähkönsiirron ja merisähköasemien päästöt arvioitiin materiaaliperusteisesti. Oheisessa taulukossa (Taulukko 13-6) on esitetty laskennassa käytetyt oletukset. Määrät on arvioitu pääosin hankekehittäjän toimesta, minkä lisäksi ilmasto-osion arvioija on tehnyt oletuksia kuljetuksien osalta. Käytön aikainen sähkö on oletettu olevan alueen voimaloissa tuotettua sähköä. Kuljetukset on arvioitu kahteen suuntaan. Tuulivoimapuiston alueella olevat sähkönsiirtokaapelit on oletettu kuuluvan tuulivoimaloiden päästökertoimeen. Tässä laskettavat kaapelit ovat siirtokaapeleita tuulivoimapuistosta mantereelle.

Merikaapelit laskettiin kolmelle eri merikaapelivaihtoehdolle (MVE1 35 kilometriä, MVE2 33 kilometriä ja MVE3 35 kilometriä). Siirrettäessä sähköä syntyy aina myös sähkönsiirtohäviöitä. Sähkönsiirtohäviöiden päästöt jaetaan koko sähkönsiirtoinfran (merikaapeli + maakaapeli + voimajohto) kesken pituuden perusteella. Merikaapelien osalta suurin teoreettinen sähkönsiirtohäviö on määritetty MVE1:lle, koska mahdollisesti liitettävää SSAB voimajohtovaihtoehtoa ei oteta tässä YVA-selostuksen laskennassa huomioon. Syynä on se, että kyseiselle voimajohdon liityntämahdollisuudelle on jo tehty oma YVA-menettelynsä eikä vaihtoehto siten kuulu tämän YVA:n piiriin. Tämän vuoksi MVE1:n sähkönsiirtohäviöt kohdistuvat merkittävästi merikaapelille, mikä toisaalta tasapainottaa kokonaistuloksien suuruutta todenmukaiseen suuntaan, koska sähkönsiirtohäviöistä syntyy yleensä sähkönsiirron suurimmat elinkaarenaikaiset päästöt.

Taulukko 13-6. Merellä tapahtuvan sähkönsiirron ilmastovaikutusten laskennassa käytetyt oletukset.

Oletus	MVE1, min	MVE3, max	MVE2, max
Merisähköasemien määrä [kpl]	8	8	8
Siirtoreitin pituus [km]	35	35	33
Käyttöikä [v] (arvioitu sähkönsiirron osalta samaksi kuin voimajohdoilla)	35	35	35
Rakentaminen			
Teräsperustukset sähköasemiin [t]	8 000	8 000	8 000
Teräs sähköasemien vedenpinnan yläpuolisiin osiin [t]	14 000	14 000	14 000
Betoniperustukset sähköasemiin [t]	56 000	56 000	56 000
Terästen kuljetukset [km/suunta] • Kuljetus laivalla • Kuljetus rekalla	1 850 • 1 250 • 600	1 850 • 1 250 • 600	1 850 • 1 250 • 600
Betonin kuljetus satamasta merelle [km/suunta]	50	50	50
Sähköasemien rakentamisen polttoainekulutus [m3]	1500	1500	1500
Sähkönsiirtokaapelit tuulivoimapuistosta mantereelle [km] (ja siirtokaapeleiden massat [t])	yht. 350 km (700 t)	yht. 175 km (350 t)	yht. 165 km (330 t)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oletus	MVE1, min	MVE3, max	MVE2, max
Kiviainekset sähkönsiirtokaapeleille [m^3]	682 500	682 500	682 500
Kiviaineksien kuljetuksen polttoaine [m^3]	4 600	4 600	4 600
Sähkönsiirtokaapelien laskun polttoainekulutus [m3]	2 800	2 800	2 600
Käytön aika			
Sähkönsiirtohäviö	4 %	4 %	4 %
SF6-kaasu [kg/a]	5	5	5
Huollon polttoainekulutus, sähköasema, elinkaari [m3]	1110	1110	1110
Huollon polttoainekulutus, merikaapelit, elinkaari [m3]	280	280	260
Käytöstä poisto			
Käytöstä poiston polttoainekulutus, sähköasema (20 % rakentamisen polttoaineen kulutuksesta) [m3]	300	300	300
Käytöstä poiston polttoainekulutus, merikaapelit (20 % rakentamisen polttoaineen kulutuksesta) [m3]	700	700	600
Materiaalien kuljetus kierrätykseen (kaikki materiaalit arvioidaan kierrätettävän/käsiteltävän) [km/suunta] • Merellä • Mantereella • Kiviaineksen osalta merikuljetus	 • 50 • 88 • 25	 • 50 • 88 • 25	 • 50 • 88 • 25

Käytettyjen päästökertoimien lähteet on esitetty liitteessä 14.

13.1.1.3 Vedyntuotanto

Vedyntuotannon päästöt arvioitiin materiaaliperusteisesti. Vedyntuotanto toteutetaan keskitetyillä tai voimalakohtaisilla vedyntuotantoasemilla. Tässä laskennassa on huomioitu keskitetty vedyntuotanto. Oheisessa taulukossa (Taulukko 13-7) on esitetty laskennassa käytetyt oletukset. Määrät on arvioitu pääosin hankekehittäjän toimesta, joiden lisäksi ilmasto-osion arvioija on tehnyt oletuksia kuljetuksien osalta. Käytön aikainen sähkö on alueen voimaloissa tuotettua sähköä. Kuljetukset on arvioitu kahteen suuntaan.

Taulukko 13-7. Vedyntuotannon ilmastovaikutusten laskennassa käytetyt oletukset.

Oletus	VVE1
Keskitettyjen vedyntuotantoasemien määrä [kpl]	8
Käyttöikä [v]	35

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oletus	VVE1
Rakentaminen	
Teräsperustukset [t]	8 000
Teräsrakenteet veden yllä [t]	14 000
Terästen kuljetukset [km/suunta] • Kuljetus laivalla • Kuljetus rekalla	 • 1250 • 600
Betoniperustukset [t]	56 000
Rakentamisen polttoainekulutus [m3]	1 500
Käytön aika	
Sähkön kulutus [GWh]	Itsetuotettua sähköä
Huollon polttoainekulutus [m3]	1 110
Käytöstä poisto	
Käytöstä poiston polttoainekulutus (20 % rakentamisen polttoaineen kulutuksesta) [m3]	300
Materiaalien kuljetus kierrätykseen (kaikki materiaalit arvioidaan kierrätettävän/käsiteltävän) [km/suunta] • Merellä • Mantereella	 • 50 • 88

Käytettyjen päästökertoimien lähteet on esitetty liitteessä 14.

13.1.1.4 Vedyn siirto merellä ja vetyvarastot

Vedyn siirron ja maalla sijaitsevien vetyvarastojen päästöt arvioitiin materiaaliperusteisesti. Oheisessa taulukossa (Taulukko 13-8) on esitetty laskennassa käytetyt oletukset. Määrät on arvioitu pääosin hankekehittäjän toimesta, joiden lisäksi ilmasto-osion arvioija on tehnyt oletuksia kuljetuksien osalta. Käytön aikainen sähkö on oletettu olevan alueen voimaloissa tuotettua sähköä. Kuljetukset on arvioitu kahteen suuntaan. Lisäksi vetyputken peittoon käytetään kiviainesta, jota ei ole laskettu päästöihin mukaan. Vetyputkien peittoon käytetään vähemmän kiviainesta kuin merikaapeleiden peittoon. Jos vetyputkien laskennassa huomioitaisiin samat määrät kuin merikaapeleille lasketut kiviainesten määrät, ei se vaikuttaisi kokonaistuloksissa (tCO_2e/GWh) ilmoitetun tuloksen tarkkuuden sisällä tuloksen määrään.

Taulukko 13-8. Vedyn siirron ja vetyvarastojen ilmastovaikutusten laskennassa käytetyt oletukset.

Oletus	VVE1
Vetyvaraston pinta-ala [ha]	1
Käyttöikä [v]	35
Rakentaminen	

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oletus	VVE1
Teräs vetysäiliöihin [t]	1 680
PE-muoviset vientiputket [t]	18 400
PE-muoviputket tuulivoimapuistossa [t]	27 160
Terästen ja PE-muoviputkien kuljetukset [km/suunta] • Kuljetus laivalla • Kuljetus rekalla	1850 • 1250 • 600
Rakentamisen polttoainekulutus [m3]	2 700
Käytön aika	
Sähkönkulutus, elinkaari [GWh]	Itsetuotettua sähköä
Huollon polttoainekulutus, elinkaari [m3]	300
Käytöstä poisto	
Käytöstä poiston polttoainekulutus (20 % rakentamisen polttoaineen kulutuksesta) [m3]	500
Materiaalien kuljetus kierrätykseen (kaikki materiaalit arvioidaan kierrätettävän/käsiteltävän) [km/suunta] • Merellä • Mantereella	138 • 50 • 88

Käytettyjen päästökertoimien lähteet on esitetty liitteessä 14.

13.1.1.5 Sähkönsiirto maalla

Maalle sijoittuvista vaihtoehdoista sähkönsiirtoreiteistä tarkasteltiin vaihtoehtoja SVE2, SVE5 sekä SSAB:n voimajohtoon liittyvää maakaapelia, jotka kaikki sisältävät sekä voimajohto- että maakaapeliosuuden. Voimajohto-osuuksien tiedot on esitelty taulukossaTaulukko 13-9 ja maakaapeliosuuksien tiedot taulukossa 13-10. Vaihtoehdoissa SVE2 ja SVE3 voimalinja liitetään Siikajoen sähköasemaan 400 kV:n voimajohdolla. Vaihtoehdossa SVE5 voimalinja liitetään Pikkaralan sähköasemaan. Lisäksi työssä tarkasteltiin maakaapelin osalta SSAB:n voimajohtoreittiä (maakaapeli (SSAB)), jota ei ole käsitelty SSAB voimajohtoja käsittelevässä YVA:ssa. Vaihtoehtoa SVE3 ei käsitelty, koska se ei kuulu minimi- tai maksimivaihtoehtoihin, vaan sen toteuttamisen päästöjen suuruus on niiden välillä. Työssä voimajohdon elinkaari yhdenmukaistetaan tuulivoimaloiden elinkaaren mittaiseksi eli 35 vuodeksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 13-9. Laskennassa käytetyt voimajohtoa koskevat oletukset. Laajennettava maastokäytävä tarkoittaa olemassa olevan voimalinjan viereen tulevaa uutta voimajohtoa.

Vaihtoehto	Voimajohdon kokonaispituus [km]	Uuden maastokäytävän pituus [km]	Uuden maastokäytävän leveys [m]	Laajennettavan maastokäytävän pituus [km]	Laajennettavan maastokäytävän leveys [m]	Pylväsväli [m]	Käyttöikä arvioinnissa [v]
SVE2, max	29,0	25,5	62	6,5	41	350	35
SVE5, max	73,0	53,0	62	23,0	41		

Taulukko 13-10. Laskennassa käytetyt maakaapelia koskevat oletukset.

Vaihtoehto	Maakaapelin kokonaispituus [km]	Maastokäytävän leveys [m]	Käyttö-ikä arvioinnissa [v]
SVE2, max	3,0	Noin 76 metriä, sisältäen kuuden rinnakkaisen maakaapeliojan poikkileikkauksesta tarvittavine työalueineen	35
SVE5, max	3,0		
Maakaapeli (SSAB), min	3,0		

Sähkönsiirron ilmastovaikutukset on laskettu perustuen julkisten lähteiden perusteella (EFLA 2018) ja AFRY Finlandin aiempiin vastaavantyyppisiin hankkeisiin tekemien laskentojen pohjalta. Päästölaskennassa käytettiin päästökertoimia useista eri lähteistä, jotka on esitetty liitteessä 14.

Laskentaan sisältyy paljon oletuksia, jotka on esitelty seuraavaksi osa-alueittain.

Rakentaminen

Rakennusmateriaalien määrät ja työkoneiden (kaivinkone ja nosturi) käyttötunnit ovat etukäteisarvioita, jotka on kerätty aiemmissa laskennoissa sekä julkisista lähteistä. Laskennassa huomioitiin suurimmat materiaalivirrat, jotka koostuvat voimajohtojen osalta teräspylväistä, teräsbetonista, kaapeleista, murskeesta (60 % tiestöön, 40 % pylväisiin), haruksista, eristinketjuista ja maadoituskuparista. Maakaapelit koostuvat pääasiassakaapelista, suojabetonilaatasta, suojamuoviputkesta ja murskeesta (60 %:a voimalinjaan käytettävästä murskeen määrät per kilometri). Materiaalit voimajohdon rakentamista varten arvioitiin kuljetettavan 180 kilometrin säteeltä Infrarakentamisen Vähähiilisyyden Arviointimenetelmän mukaisesti. Murske arvioitiin hankittavan hankealueen läheisyydestä ja kuljetettavan keskimäärin 15 kilometrin säteeltä. Laskennassa huomioitiin menopaluumatkat.

Voimajohdon rakentamisessa kuluva työkoneiden käyttöaika arvioitiin norjalaisen voimajohtopylväiden LCA-raportin pohjalta (EFLA 2018). Koneiden käyttöajoiksi arvioitiin samat kuin lähteessä eli kaivinkoneen käyttöajaksi 40 h/pylväs ja nosturin käyttöajaksi 8 h/pylväs. Maakaapelille arvioitiin vain kaivinkonetyötunnit. Työkonetunteina käytettiin samaa määrää, mikä kuluisi saman pituisen voimalinjan rakentamiseen.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Voimajohtoalueen metsän hakkuun hiilijalanjälki laskettiin arvioidun hakattavan puuston kuutiomäärän ja FAO:n arvioiman hakkuunopeuden mukaisesti. Voimajohtoalueen hakkuu oletettiin suoritettavan maata pitkin metsätyökoneella. Reunavyöhykkeiden puuston latvontaa ei huomioitu tässä työssä, mutta johtoaukean leveys laskettiin paikoin yliarvioin. Maakaapelialueen hakkuu oletettiin suoritettavan maata pitkin metsätyökoneella ilman reunavyöhykkeitä.

Käyttöaika

Sähkönsiirron häviön kertoimena käytettiin samaa 4 %:n häviösähkön osuutta kuin merikaapeleilla. Häviösähkön määrän arvio vaihtelee lähteestä riippuen. Fingridin mukaan häviösähkön osuus kantaverkossa on 1,5 % (*Fingrid 2024b*) ja IEA:n arvioima häviösähkön määrä kanta- ja jakeluverkossa on 4 % (*The World Bank 2018*). Päästökertoimena käytettiin IPCC:n elinkaaren aikaista päästökerrointa merituulivoimaloilla tuotetulle sähkölle.

Voimajohdon korjaamisesta aiheutuva materiaalikulutus ja jätteen määrä arvioitiin niin, että terästä, kaapeleita, haruksia ja eristeketjuja täytyy vaihtaa yhteensä 1 % voimajohdon rakentamiseen kuluneista materiaaleista per käyttövuosi. Arvio perustuu aiemmissa laskennoissa saatuihin tietoihin ja sen suuruus perustuu teräspylväiden suureen massaan. Samalla periaatteella arvioitiin myös nosturia tarvittavan huoltoihin 1 % verrattuna rakentamisen tarpeeseen per käyttövuosi. Maakaapelin korjaamisessa vaihdettavien materiaalien määrä arvioitiin olevan 0,5 % vuodessa, pohjautuen voimajohdon huollon arvioon. Määrä arvioitiin puolet pienemmäksi, sillä maakaapelin tapauksessa ei käytetä suuria teräspylväitä. Materiaalien päästöistä arvioitiin A1–A3-moduulien tasoiset päästöt (Taulukko 13-2). Vaihdetut materiaalit arvioitiin kuljetettavan kierrätykseen Ouluun noin 90 kilometrin päähän. Laskennassa huomioitiin menopaluumatka. Materiaalien valmistuksen osalta käytettiin samoja päästökertoimia kuin rakentamisen aikaisissa vaikutuksissa.

Voimajohdon tarkastusvälit ja tarkastuksista aiheutuvat päästöt arvioitiin norjalaisen voimajohtopylväiden LCA-raportin pohjalta (*EFLA 2018*). Työsuoritteista on vähennetty Suomen tasaisemmasta pinnanmuodosta johtuen 10 %. Tarkastukset arvioitiin tehtävän LCA-raportin mukaisesti mönkijällä/moottorikelkalla tai helikopterilla. Maakaapelien tarkastuksista aiheutuvat päästöt arvioitiin kokonaisuuden kannalta merkityksettömiksi.

Johtoalueen aluskasvillisuuden raivaus oletettiin tehtävän noin 8,5 vuoden välein. Reunavyöhykkeiden puuston latvontaa ei huomioitu tässä työssä, mutta johtoaukean määrä laskettiin paikoin yliarvioin. Laskennassa raivaus arvioitiin tehtävän raivaussahalla.

Käytöstä poisto

Purkamiseen kuluvan polttoaineen kulutus arvioitiin olevan EFLA:n (*2018*) raportissa esitetyn Statnettin arvion mukainen. Raportissa purkamisen polttoaineen kulutuksen arvioitiin olevan 20 % rakentamiseen kuluvan polttoaineen kulutuksesta. Tässä työssä purkamisen oletetaan tapahtuvan samoilla työkoneilla kuin rakentamisen eli nosturilla (voimajohto) ja kaivinkoneella (voimajohto ja maakaapeli). Arvioitu polttoaineen kulutus sisältää myös mahdolliset pienimuotoiset maisemointityöt.

Syntyvän purkujätteen määräksi oletettiin pääasiassa yhtä paljon materiaalia kuin mitä käytettiin rakentamiseen, pois lukien kuitenkin käytetty teräsbetoni ja murske. Kyseinen rajaus tehtiin sillä oletuksella, ettei kaikkea teräsbetonia pystytä kaivamaan pois maasta, joten sen mahdolliseksi keräysasteeksi arvioitiin 10 % rakentamiseen käytettävästä määrästä. Murske oletettiin jätettävän maahan. Kerätyt materiaalivirrat arvioitiin toimitettavan kierrätykseen Ouluun noin 90 kilometrin päähän. Laskennassa huomioitiin menopaluumatka.

13.1.1.6 Maasähköasema

Maasähköasemien päästöt arvioitiin materiaaliperusteisesti. Oheisessa taulukossa (Taulukko 13-11) on esitetty laskennassa käytetyt oletukset. Määrät on arvioitu pääosin hankekehittäjän toimesta valistunein arvioin. Kuljetukset on arvioitu kahteen suuntaan. Maasähköaseman päästöt ovat samat jokaisessa hankevaihtoehdossa, jossa tuotetaan sähköä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 13-11. Maasähköaseman ilmastovaikutusten laskennassa käytetyt oletukset.

Oletus	SVEt
Maasähköasemien määrä [kpl]	2
Käyttöikä [v] (hiilinielujen arviointia varten yhdenmukainen voimajohtojen kanssa)	35
Rakentaminen	
Teräsmäärä sähköasemiin [t]	3 160
Betonimäärä sähköasemiin [t]	44 640
Kuparimäärä sähköasemiin [t]	2 640
Muuntajaöljy sähköasemiin [t]	840
Muovi sähköasemiin [t]	160
Kuljetukset ulkomaille [km/suunta] • Kuljetus laivalla • Kuljetus rekalla	1800 • 1200 • 600
Kuljetukset kotimaassa [km/suunta]	100
Sähköasemien rakentamisen polttoainekulutus [m3]	50
Käytön aika	
SF6-kaasu [kg/a]	2
Käytöstä poisto	
Käytöstä poiston polttoainekulutus [m3]	10
Materiaalien kuljetus kierrätykseen (kaikki materiaalit arvioidaan kierrätettävän/käsiteltävän) [km/suunta]	88

Käytettyjen päästökertoimien lähteet on esitetty liitteessä 14.

13.1.1.7 Hiilinielu ja -varastot ja niiden menetys

Sähkönsiirtoreittien rakentaminen mantereella edellyttää puuston poistoa ja raivausta. Reuna-vyöhykkeiden puuston latvontaa ei huomioitu tässä työssä, mutta johtoaukean määrä laskettiin paikoin yliarvioin. Johtoaukea pidetään avoimena raivaamalla sitä 7–10 vuoden välein voimajohdon elinkaaren ajan (tässä laskennassa 35 vuotta). Näiden toimien vaikutuksia alueiden hiilinieluihin ja -varastoihin on arvioitu taulukossa 13-12.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 13-12. Hankekokonaisuuden vaikutus hiilitaseeseen.

Vaikutus	Syntytapa
Hiilinielun menetys	Puuston hakkuu poistaa puiden kasvusta muodostuvan nielun rakennuspaikoilta
	Hakkuut vaikuttavat maaperän hiilinielua pienentävästi
	Maanmuokkaukset muuttavat hiilitasetta
Hiilivaraston menetys	Puustoon sitoutunut hiili menetetään hakkuiden yhteydessä
	Maaperästä vapautuu hiiltä hakkuualueilla, erityisesti turvemaalla

Puuston hakkuusta johtuvat hiilivarastojen ja -nielujen menetykset on laskettu Luonnonvarakeskuksen metsävaratilastojen perusteella (*Luonnonvarakeskus 2023c*). Puuston hehtaarimäärät on arvioitu suoraan maankäytön mukaan, mikä voi tuoda yliarviota. Käytettyinä Luken tilastoina olivat puuston keskitilavuus metsämaalla (m^3/ha) sekä puuston vuotuinen kasvu metsämaalla (m^3/ha/vuosi). Oletuksena on, että puusto on maakunnan keskiarvon kokoista ja ikäistä puustoa. Molemmat tilastot koskivat Pohjois-Pohjanmaan aluetta.

Muita puuston laskennassa käytettyjä lukuarvoja olivat:

- Havupuiden tiheys on noin 0,76 t/m^3 ja lehtipuiden tiheys on noin 0,75 t/m^3 (useita lähteitä, mm. *Lehtonen ym. 2004*).
- Noin 50 % puun biomassasta on hiiltä
- Puustoon sitoutuvan hiilidioksidiin suhde hiilidioksidiin on 3,7 (*IPCC 2007*)
- Pohjois-Pohjanmaan puustosta havupuiden osuus on noin 81 % ja lehtipuiden osuus 19 % (*Luke 2023*)

Maaperän hiilinielun menetyksen laskennassa hyödynnettiin tutkimusta hiilivarastojen muutoksesta eri puolilla Suomea *(Lindroos ym. 2022)*. Tutkimuksen mukaan maaperän hiilivaraston pienenemistä aiheuttavat luontaiset tuhot ja puuston poisto, sekä suuri metsän karikkeen määrä korreloi metsämaan hiilivaraston kanssa. Keskimääräinen tulos metsämaan (orgaaninen kerros ja kivennäismaa yli 40 cm syvyydelle) hiilivaraston vuotuiselle kasvulle oli 36 grammaa per m^2. Tätä tulosta on hyödynnetty tämän työn maaperän hiilinielun menetyksessä, vaikkakin sen käyttäminen tuo yliarviota sen vuoksi, ettei voida tietää millä tasolla maaperän hiilivuo muuttuu avohakkuun myötä. Kuten tutkimuksessakin on huomioitu, tarvitaan edellään lisätutkimusta, jotta saadaan selville avohakkuun jälkeisen maaperän hiilivaraston kehityksestä, kuten kuinka kauan maaperän hiilivarasto pienenee ja aiheuttaa päästöjä hakkuun jälkeen.

13.1.1.8 VE0 - sähkön ja vedyn tuotannon hyödyt

VE0 kuvastaa tilannetta, jossa tätä hanketta ei toteuteta ja tuotettava tuote tehdään tai tuotetaan jollain muulla tavalla. VE0:n päästöt riippuvat siitä, mitä tuotetta tuulivoimaloilla tullaan tuottamaan. Tässä laskennassa on laskettu ääripään (minimi-maksimi) vaihtoehdot, jossa tuotetaan 100 % sähköä tai 100 % vetyä.

100 % sähköntuotannon skenaariossa VE0:n päästöt laskettiin Suomen ympäristökeskuksen vuonna 2020 julkaisemalla sähkönkulutuksen hyödynjakomenetelmän mukaisilla ominaispäästöillä. Kyseinen ennuste on tehty vuosille 2020–2120 ja se määritetty kotimaisessa energiatuotannossa syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen ja kulutukseen siirretyn energian perusteella. Skenaariossa sähkön päästöjen oletetaan pienenevän vuosien saatossa ja kulutetun sähkön määrän oletetaan kasvavan. SYKE:n skenaario ottaa huomioon sähkön elinkaaren aikaiset päästöt ja tämän vuoksi sähkön ei oleteta muuttuvan täysin päästöttömäksi tällä ajanjaksolla. VE0:n ennuste kuvastaa päästöjä, jotka syntyisivät tuulivoiman elinkaaren aikana (35 vuotta), mikäli

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

korvaava sähkö tuotettaisiin SYKE:n skenaarion mukaisella verkkosähköllä. (*Suomen ympäristökeskus 2020*)

100 % vedyntuotannon skenaariossa VE0 lasketaan kolmessa tilanteessa, joista kahdessa tuotetaan vetyä 35 vuoden ajan (nykytilassa tavanomaisilla tuotantotavoilla ja ennustetun verkkosähkö avulla, ottamatta huomioon vedyn käyttötapaa) ja kolmannessa skenaariossa käytetään LNG:tä meriliikenteen polttoaineena 35 vuoden ajan.

Vedyn tavanomaisten tuotantotapojen tilanteessa päästökertoimeksi valittiin IEA:n arvioima keskimääräinen nykyinen vedyntuotannon päästö, joka on 12,8 kgCO_2e/kg vetyä (*IEA 2023*), joka on muunnettuna 233 tCO_2e/GWh kulutettua sähköä. Päästöä nostaa esimerkiksi se, että nykyisin vetyä vielä tuotetaan paljon maakaasun höyryreformoinnilla. Toisena vaihtoehtona vetyä oletetaan tuotettavan veden elektrolyysillä, jossa käytetään edellä esitettyä ennustetun verkkosähkön ominaispäästöjä. Tämä laskentatapa ottaa huomioon vain sähkön elinkaaren aikaiset päästöt, muttei vedyntuotannon muita päästöjä. Laskenta kuitenkin antaa suuntaa päästöistä, sillä veden elektrolyysin päästöt koostuvat valtaosin sähkön käytön päästöistä. Kappaleessa 13.5.2 kokonaistulosta on myös sanallisesti vertailtu tilanteeseen, jos vetyä tuotetaan vähempipäästöistä sähköä hyödyntäen. Kolmannessa vetyskenaariossa VE0:n lähtökohtana on tilanne, jossa vetyä käytettäisiin sellaisenaan laivojen polttoaineena. LNG valikoitui vertailukohteeksi, sillä sen arvioitiin antavan suhteellisen pitkäikäisen vertailukohteen vetypolttoaineen käytölle olematta liian suuri päästölähde verrattuna esimerkiksi polttoöljyyn ja olemalla potentiaalinen kilpailija meriliikennepolttoaineiden markkinoilla. LNG:n päästökertoimina käytettiin DEFRAn LNG:n polton (0,184 tCO_2e/kWh) ja tuotannon (0,06512 tCO_2e/kWh) päästöjä (*DEFRA 2023*).

VE0:n tuloksia tulkittaessa on huomioitava, että ne perustuvat arvioihin ja oikeaan toteutumiseen vaikuttaa mm. se kuinka paljon uusiutuvaa sähköä tuotetaan tulevaisuudessa, kuinka paljon valtakunnallinen sähkönkulutus kasvaa, minkälaista sähköä ulkomailta ostetaan, mihin käyttökohteeseen verrataan ja mikä on vedyn lopullinen käyttökohde.

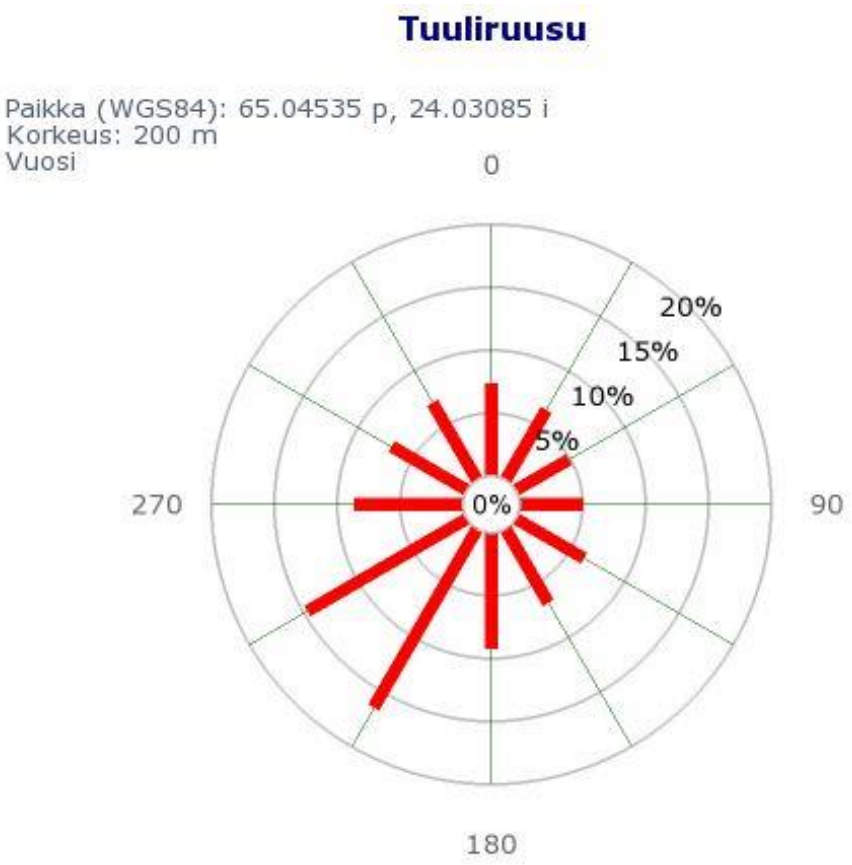
13.2 Nykytila

13.2.1 Ilmasto

Hallan merituulivoimapuiston hankealue sijaitsee keskiboreaalisella ilmastovyöhykkeellä (*Ilmatieteen laitos 2023a*). Vuoden 2022 keskilämpötila oli Oulun seudulla noin 3,7 °C, joka on 0,7 °C vertailukauden 1991–2020 keskiarvoa korkeampi. Vuotuinen sademäärä oli samana vuonna 565 mm ja noin yhden prosentin vertailukauden keskiarvoa suurempi. (*Ilmatieteen laitos 2023b*)

Vallitseva tuulen suunta hankealueella on lounaasta (Kuva 13-3). Keskimääräinen tuulen nopeus on 100 metrin korkeudella noin 9,1 m/s ja 200 metrin korkeudella noin 9,8 m/s. (*Tuuliatlas 2023*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 13-3. Tuulen suhteelliset osuudet eri suunnista hankealueella 200 metrin korkeudella (Tuuliatlas 2023).

13.2.2 Kansainväliset, kansalliset ja alueelliset tavoitteet

EU:n ilmastopolitiikalla ohjataan EU-alueen yhteisiä ja jäsenmaiden poliittisia toimia ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja siihen sopeutumiseksi. EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjä vähintään 55 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 ja EU:n tavoitteena on olla alueellaan ilmastoneutraali vuoteen 2050 mennessä. Uusiutuvalle energialle EU tavoittelee 32 prosentin osuutta kulutetusta energiasta vuoteen 2030 mennessä. (*Ympäristöministeriö 2023a*)

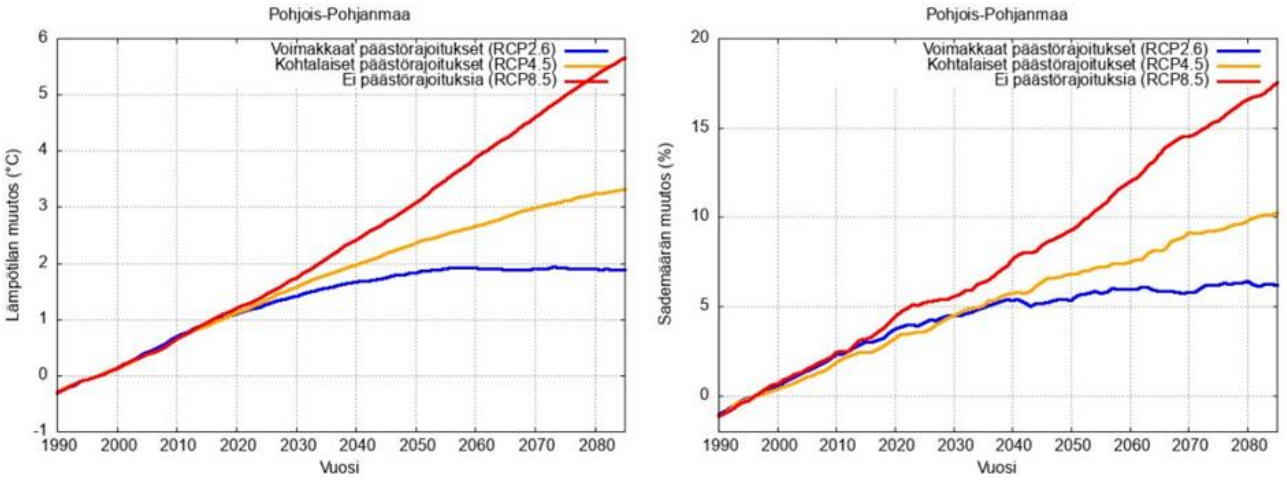
Kansallinen uudistettu ilmastolaki (423/2022) astui voimaan 1.7.2022. Uuden ilmastolain mukaan vuoteen 2030 mennessä kasvihuonekaasupäästöjä on vähennettävä vähintään 60 prosenttia, vuoteen 2040 mennessä vähintään 80 prosenttia ja vuoteen 2050 mennessä vähintään 90 prosenttia verrattuna vuoteen 1990. Lisäksi Suomen tavoitteena on lain mukaan olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä ja hiilinegatiivinen pian sen jälkeen. Laki laajeni koskemaan myös maankäyttösektoria ja siihen on lisätty nielujen vahvistamista koskeva tavoite. (*Ympäristöministeriö 2023b*)

Pohjois-Pohjanmaan maakunnalle on tehty ilmastotiekartta vuodelle 2030. Siinä maakunnan tavoitteiksi on asetettu bio- ja kiertotalouden sekä kestävän energiantuotannon edistäminen, liikenteen päästöjen vähentäminen, maatalouden hiilensidonnan kehittäminen, ilmastoviisas maankäyttö, metsien ja soiden hiilinielujen vaaliminen ja laaja-alaisen yhteistyön tekeminen ilmastonmuutoksen hillintään ja sopeutumiseen liittyen. Kestävään ja vähäpäästöiseen energiantuotantoon liittyen yhtenä tavoitteena on uusiutuvan energian, mukaan lukien tuulivoiman, tuotannon edistäminen. (*Pohjois-Pohjanmaan liitto 2021*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

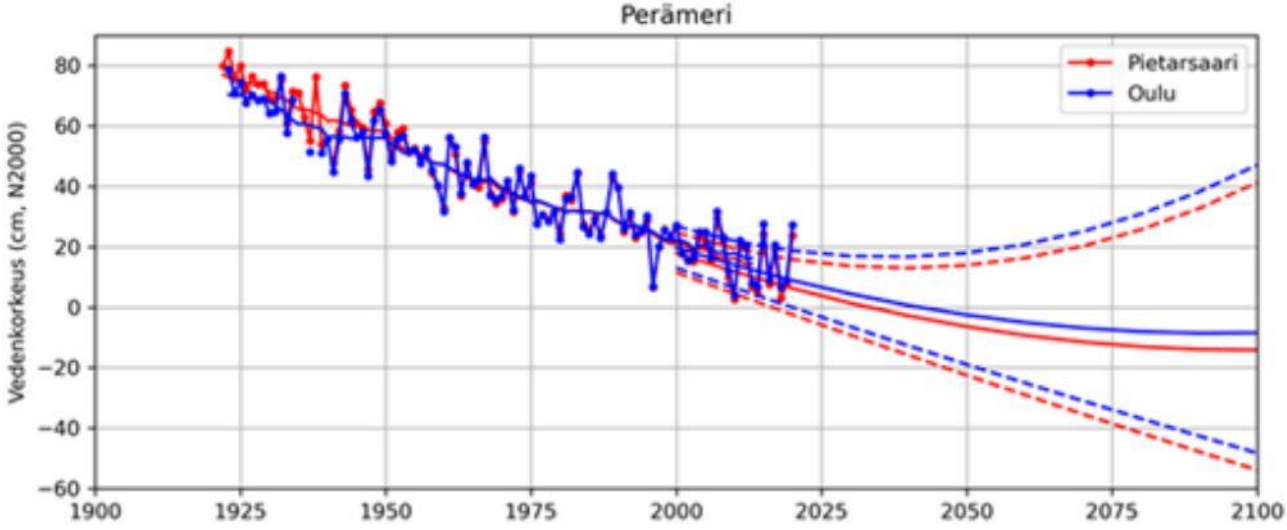
13.2.3 Yleiset ennusteet ilmastonmuutoksen aiheuttamista vaikutuksista

Ennusteiden mukaan Pohjois-Pohjanmaan ilmasto lämpenee noin 2,0–5,7 °C ja sademäärä kasvaa 6–17 % kuluvana vuosisatana verrattuna ajanjaksoon 1981–2010 (Kuva 13-4). Lämpeneminen riippuu maailmanlaajuisesta kasvihuonekaasupäästöjen kehityksestä, jota on ennustettu RCP-skenaarioiden avulla. RPC2.6-skenaariossa päästöt kääntyvät jyrkkään laskuun jo vuoden 2020 jälkeen ja ovat vuosisatamme lopulla lähellä nollatasoa. RCP4.5-skenaariossa päästöt kasvavat aluksi hieman mutta kääntyvät laskuun vuoden 2040 tienoilla. RCP8.5-skenaariossa kasvihuonekaasupäästöjen kasvu jatkuu nopeana tulevaisuudessakin. (*Ilmasto-opas 2022*) Merellä vaikutukset voivat olla erilaisia verrattuna mantereeseen.



Kuva 13-4. Vuotuisen keskimääräisen lämpötilan ja sademäärän arvioidut muutokset Pohjanmaan erilaisten kasvihuonekaasupäästöjen kehityskulkujen mukaan vuoteen 2085 asti. Muutos on verrattu ajanjaksoon 1981–2010. (Ilmasto-opas 2022)

Merenpinnan korkeus on laskenut Perämerellä maankohoamisen vuoksi noin 70 cm viime vuosisadalla, mutta lasku on hidastunut globaalin merenpinnan nousun vaikutuksesta (Kuva 13-5). Noin RPC2.6- ja RPC4.5-tasoisissa skenaarioissa lasku jatkuisi vuosisadan loppuun asti, jolloin korkeus olisi noin 20–60 cm nykyistä alempi. Korkeimmassa RPC8.5-tasoisessa skenaariossa merenpinta taas nousisi noin 30 cm nykyisestä. (*Gregow ym. 2021*)



Kuva 13-5. Perämeren merenpinnan korkeus ja arvio korkeuden muutoksesta eri ilmastoskenaarioilla. (Gregow ym. 2021)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

13.3 Vaikutusten arviointi

13.3.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston päästöihin kuuluvat vahvasti tuulivoimaloiden ja sen lähialueelle sijoittuvien toimintojen, kuten alueen kaapeleiden ja perustuksien päästöt (pl. sähkönsiirtorakenteet merituulivoimapuistolta mantereen voimajohtoreiteille). Molemmissa hankevaihtoehdoissa on tarkoituksena tuottaa sähköä 12 000 GWh vuodessa. Päästölaskennan pohjautuessa tuotantomääräperusteiseen laskentaan voidaan todeta rakentamisen aikaisten ilmastovaikutusten olevan yhtä suuret molemmissa hankevaihtoehdoissa VE1:ssa ja VE2:ssa. Merituulivoimapuiston eri osa-alueiden päästöt on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 13-13).

Taulukko 13-13. Merituulivoimapuiston päästöt.

Elinkaaren osio	Merituulivoimapuiston päästöt VE1/VE2 [tCO_2e]
Rakentamisen aikaiset päästöt	3 544 100
Toiminnan aikaiset päästöt	339 400
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	36 900
Yhteensä	**3 920 400**

Rakentamisen aikaiset vaikutukset kattavat merituulivoimaloiden rakentamisesta (sis. materiaalien ja osien valmistamisesta) syntyvät päästöt. Rakentamisen aikaiset kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu elinkaarilaskennan perusteella kattavan noin 96 % merituulivoimaloiden kokonaiselinkaaripäästöistä. Päästöjä arvioitiin syntyvän rakentamisvaiheessa noin 8,44 tCO_2e/GWh.

Toiminnan aikaiset vaikutukset kuvaavat tuulivoimapuiston huollosta ja ylläpidosta aiheutuvia päästöjä. Niitä syntyy esimerkiksi tarkastuskäynneistä sekä osien vaihtoihin liittyvistä materiaalien kulutuksesta, kuljetuksista ja jätehuollosta. Toiminta aiheuttaa tuulivoiman elinkaaren aikaisista päästöistä noin 3 %. Päästöjä arvioitiin syntyvän toiminnan aikana 0,81 tCO_2e/GWh.

Toiminnan päättyessä tuulivoimalat puretaan ja suurin osa komponenteista kuljetetaan pois ja kierrätetään. Toiminnan jälkeisiin vaikutuksiin laskettiin voimaloiden purkamisesta ja komponenttien kierrättämisestä syntyvät päästöt. Lasketut toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ovat noin 1 % elinkaaren aikaisista vaikutuksista. Päästöjä arvioitiin syntyvän toiminnan päättymisen jälkeen 0,09 tCO_2e/GWh.

13.3.2 Sähkönsiirto merellä ja merisähköasemat

Sähkönsiirto merellä kattaa merikaapelit ja merellä olevat merisähköasemat. Kokonaistuloksiin on laskettu minimi- ja maksimikombinaatioiden päästöt, kun toteutetaan 10 merikaapelin rakentaminen joko yhdellä tai kahdella sähkönsiirtoreitillä. Minimi- ja maksimilaskennan tavoitteena on saada selville päästöjen vaihteluväli. Jokaisessa kombinaatiossa on mukana sama määrä sähköasemia (6 kpl).

Eri hankevaihtoehtojen päästöerot syntyvät sähkönsiirron materiaalitarpeesta, johon vaikuttaa sähkönsiirtoreitin pituus. Mitä pidempi sähkönsiirron reitti on, sitä enemmän materiaalia sen rakentamiseen tarvitaan. Minimi- ja maksimipäästöjen eroavaisuuksiin vaikuttivat ennen kaikkea erot käytön aikaisissa sähkönsiirtohäviöistä syntyvissä päästöissä. Sähkönsiirtohäviöiden päästöt on teoreettisia ja ne jaetaan koko sähkönsiirtoinfran (merikaapeli + maakaapeli + voimajohto) kesken pituuden perusteella. Lisäksi kombinaatioiden vuoksi on otettu huomioon se, jos sähköä siirretään kahta reittiä pitkin. Tällöin sähkönsiirtohäviö on jaettu tasan eri reittien kesken.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelien päästöt on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 13-14). Minimikombinaatiossa (päästöt noin 222 400 tCO_2e) on vain yksi merikaapelireitti, johon kuuluu 10 merikaapelia ja maksimikombinaatiossa (päästöt yhteensä noin 166 100 tCO_2e) on kaksi merikaapelireittiä, joissa kummassakin on 5 merikaapelia. Minimikombinaation suuremmat MVE1:n päästöt johtuvat teoreettisesta sähkönsiirtohäviöiden osoituksesta kyseiselle vaihtoehdolle, mutta muuten kokonaispäästöissä minimikombinaation päästöt ovat pienemmät kuin maksimikombinaatiossa. Tuotettua sähkönmäärää kohden sähkönsiirtohäviön määrä on lähes sama kaikissa hankevaihtoehdoissa.

Taulukko 13-14. Merikaapeleiden päästöt.

Hankevaihtoehto [tCO_2e]	MVE1 (sis. minimi-kombinaatioon)	MVE2 (sis. maksimi-kombinaatioon)	MVE3 (sis. maksimi-kombinaatioon)
Rakentamisen aikaiset päästöt	33 600	30 700	32 200
Toiminnan aikaiset päästöt	179 600	52 100	32 700
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	9 300	9 100	9 300
Yhteensä	**222 400**	**91 900**	**74 200**
Kombinaatio yhteensä	**222 400**	**166 100**	

Merikaapeleiden päästöistä rakentamisen päästöt, eli päästöt materiaalien valmistuksesta, kuljetuksesta ja rakentamisen polttoainekulutuksesta, ovat laskennallisesti 15–43 % merikaapeleiden kokonaispäästöistä. Toiminnan aikaiset päästöt, eli päästöt sähkönsiirtohäviöistä ja huollon polttoainekulutuksista, ovat laskennallisesti 44–81 % merikaapeleiden kokonaispäästöistä. Käytöstä poiston päästöt, eli päästöt purkamisen polttoainekulutuksista, kierrätyksestä ja kuljetuksista kierrätykseen, ovat laskennallisesti 4–12 % merikaapelien kokonaispäästöistä.

Merisähköasemien päästöt ovat jokaisessa hankevaihtoehdossa samat kombinaatiosta riippumatta (Taulukko 13-15).

Taulukko 13-15. Merisähköasemien päästöt.

Elinkaaren osio	Merisähköasemien päästöt [tCO_2e]
Rakentamisen aikaiset päästöt	65 000
Toiminnan aikaiset päästöt	7 700
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	2 000
Yhteensä	**74 700**

Merisähköasemien päästöt koostuvat enimmäkseen rakentamisesta. Rakentamisen päästöt ovat noin 87 % merisähköasemien kokonaispäästöistä ja ne sisältävät materiaalien valmistamisen ja kuljetuksen päästöt. Toiminnan ajan päästöt ovat noin 10 % merisähköasemien kokonaispäästöistä ja ne koostuvat rikkiheksafluoridin (SF6) suorista päästöistä. Käytöstä poiston aikaiset

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

päästöt ovat noin 3 % merisähköasemien kokonaispäästöistä ja ne koostuvat purkamisen, kierrätyksen ja kierrätykseen kuljettamisen päästöistä.

13.3.3 Vedyntuotanto

Vedyn tuotannon päästöt ovat samat jokaisessa hankevaihtoehdossa, joten ne esitellään samassa taulukossa (Taulukko 13-16).

Taulukko 13-16. Vedyn tuotannon päästöt.

Elinkaaren osio	Vedyn tuotannon päästöt [tCO_2e]
Rakentamisen aikaiset päästöt	65 000
Toiminnan aikaiset päästöt	3 700
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	2 000
Yhteensä	**70 700**

Rakentamisen aikaiset vaikutukset kattavat vedyntuotantoasemien rakentamisesta syntyvät päästöt materiaalien valmistuksesta (teräkset ja betoni), materiaalien kuljetuksen sekä rakentamisen polttoainekulutuksen. Rakentamisen aikaiset kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu elinkaarilaskennan perusteella kattavan 92 % vedyntuotantoasemien elinkaaripäästöistä.

Toiminnan aikaiset vaikutukset kuvaavat vedyntuotantoalueelle operoivien huoltoalusten polttoainekulutuksesta syntyviä päästöjä. Toiminta aiheuttaa vedyntuotantoasemien elinkaaren aikaisista päästöistä 5 %.

Toiminnan päättyessä vedyntuotantoasemat puretaan ja niissä käytetyt materiaalit kierrätetään. Toiminnan jälkeisiin vaikutuksiin laskettiin purkamisen polttoainekulutus ja purettujen materiaalien kierrätys ja kuljetukset lähimpään jätekeskukseen. Lasketut toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ovat 3 % vedyn tuotannon elinkaaren aikaisista vaikutuksista.

13.3.4 Vedynsiirto merellä

Vedynsiirron päästöt koostuvat vetyputken rakentamisesta, huollosta sekä purkamisen ja kierrätyksen päästöistä, jotka on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 13-17).

Taulukko 13-17. Vedynsiirron päästöt.

Elinkaaren osio	Vedynsiirron päästöt [tCO_2e]
Rakentamisen aikaiset päästöt	123 400
Toiminnan aikaiset päästöt	1 000
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	21 400
Yhteensä	**145 700**

Rakentamisen päästöt koostuvat materiaalien valmistamisesta ja kuljetuksesta sekä rakentamisen polttoaineiden päästöistä. Rakentamisen päästöt on laskennallisesti noin 85 % vedynsiirron kokonaispäästöistä. Vetyputkien peittoon käytetään lisäksi kiviainesta, jota ei ole otettu laskennoissa huomioon. Vetyputkiin käytettävä kiviainesmäärä on pienempi kuin esimerkiksi merikaapeleiden peittoon käytettävän kiviaineksen määrä. Jos vetyputkien laskennassa huomioitaisiin

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

samat määrät kuin merikaapeleille lasketut kiviainesten määrät, ei se vaikuttaisi kokonaistuloksissa (tCO_2e/GWh) ilmoitetun tuloksen tarkkuuden sisällä tuloksen määrään.

Toiminnan aikaiset päästöt kuvaavat huollon polttoainepäästöjä. Käytetty sähkö oletettiin olevan itse tuotettua sähköä. Toiminnan ajan päästöt ovat laskennallisesti noin 1 % vedynsiirron kokonaispäästöistä.

Käytöstä poiston päästöihin kuuluvat purkamisen polttoainepäästöt, sekä kierrätyksen ja jätekuljetuksen päästöt merellä ja maalla. Käytöstä poiston päästöt ovat laskennallisesti noin 15 % vedynsiirron kokonaispäästöistä.

13.3.5 Vedyn varastointi

Vetyvarastot ovat maalle sijoittuvia vetysäiliöitä ja niiden päästöt on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 13-18).

Taulukko 13-18. Vetyvarastojen päästöt.

Elinkaaren osio	Vetyvarastojen päästöt [tCO_2e]
Rakentamisen aikaiset päästöt	5 400
Toiminnan aikaiset päästöt	-
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	20
Yhteensä	**5 400**

Rakentamisen päästöt koostuvat materiaalien valmistuksesta ja niiden kuljetuksista (lähes 100 % vetyvarastojen kokonaispäästöistä). Toiminnan aikaiset päästöt eivät todennäköisesti ole kokonaispäästöissä määrällisesti kovin merkittäviä. Ne eivät todennäköisesti kuitenkaan ole kokonaispäästöissä määrällisesti kovin merkittäviä. Purkamisen päästöt koostuvat materiaalien kierrätyksen ja kierrätykseen kuljetuksen päästöistä (<1 % vetyvarastojen kokonaispäästöistä).

13.3.6 Mantereen sähköasema

Suurin osa mantereen sähköaseman päästöistä syntyy rakentamisen aikana. Tässä hankkeessa oletettiin rakennettavan kaksi mantereen sähköasemaa, joiden elinkaaren aikaiset päästöt yhteensä ovat noin 35 100 tCO_2e. Maasähköaseman päästöt on jokaisessa hankevaihtoehdossa samat, joten ne esitellään yhdessä taulukossa (Taulukko 13-19).

Taulukko 13-19. Mantereen sähköasemien päästöt.

Elinkaaren osio	Maasähköasemien päästöt [tCO_2e]
Rakentamisen aikaiset päästöt	32 800
Toiminnan aikaiset päästöt	1 300
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	1 000
Yhteensä	**35 100**

Mantereen sähköaseman rakentamisen aikaiset päästöt koostuvat käytetyistä materiaaleista, (kuten teräksestä, betonista, kuparista, muuntajaöljystä ja muovista), niiden kuljetuksesta ja

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

rakentamiseen käytetystä polttoaineesta. Rakentamisen päästöt ovat noin 93 % mantereen sähköasemien kokonaispäästöistä.

Toiminnan aikaisissa päästöissä oli mukana SF6-kemikaalin arvioitu haihtuva määrä 35 vuoden ajalla. Siitä aiheutuvat päästöt olivat 4 % maasähköaseman kokonaispäästöistä.

Käytöstä poiston päästöihin kuului purkamisen polttoainekulutus sekä purettujen materiaalien kierrätys ja kuljetus lähimpään jätekeskukseen. Käytöstä poiston päästöjen osuus oli noin 3 % maasähköasemien kokonaispäästöistä.

13.3.7 Sähkönsiirto mantereella

Sähkönsiirto mantereella kattaa maakaapelit ja voimajohdot. Päästöarvioinnissa on laskettu kombinaatioiden minimi- ja maksimivaikutukset tilanteessa, jossa toteutetaan kaksi sähkönsiirtoreittiä. Minimi- ja maksimilaskennan tavoitteena oli saada selville päästöjen vaihteluväli. SVE3 kuuluu minimi- ja maksimilaskennan välille, joten sitä ei ole laskettu alla oleviin tuloksiin.

Kuten meren sähkönsiirron osalta, myös mantereen sähkönsiirron päästöt riippuvat materiaalitarpeesta, johon vaikuttaa sähkönsiirtoreitin pituus. Lisäksi päästöjen määrään vaikuttaa sähkönsiirtohäviöiden päästöt, jotka on jaettu teoreettisesti sähkönsiirron osa-alueen (merikaapeli + maakaapeli + voimajohto) pituuden mukaisesti. Lisäksi sähkönsiirtohäviöt on jaettu tasan siirtoreittien kesken, jos sähköä siirretään kahta reittiä pitkin.

Sähkönsiirron päästöt on esitetty taulukossa (Taulukko 13-20). Minimikombinaatio (päästöt noin 24 400 tCO_2e) koostuu yhdestä maakaapelista, joka yhdistetään SSAB:n YVA:ssa käsiteltyyn voimajohtoon. Maakaapelin (SSAB) korkeat toiminnan aikaiset päästöt selittyvät sillä, että sähkönsiirtohäviön määrä on kohdistunut vain maakaapelille toisessa YVA:ssa käsitellyn voimajohdon rajautuessa tarkastelun ulkopuolelle. Täten sähkönsiirtohäviöstä syntyvät päästöt kohdistuvat maakaapeliosuudelle laskennallisesti enemmän. Tosiasiassa häviö jakautuisi myös voimajohdon kanssa ja tämän häviön laskematta jättäminen vääristäisi enemmän kokonaistuloksia. Maksimikombinaatio (päästöt yhteensä noin 136 900 tCO_2e) käsittää vaihtoehtojen SVE2 ja SVE5 maakaapelit ja voimajohdot.

Taulukko 13-20. Mantereen sähkönsiirron päästöt.

Hankevaihtoehto [tCO_2e]	**Maakaapeli (SSAB) (sis. minimikombinaatioon)**	**SVE2 (sis. maksimi-kombinaatioon)**	**SVE5 (sis. maksimi-kombinaatioon)**
	Minimikombinaatio	**Maksimikombinaatio**	
Maakaapelin rakentamisen aikaiset päästöt	1 200	800	800
Maakaapelin toiminnan aikaiset päästöt	23 200	4 800	2 900
Maakaapelin käytöstä poiston aikaiset päästöt	20	20	20
Maakaapelit yhteensä	**24 400**	**5 600**	**3 700**
Voimajohdon rakentamisen aikaiset päästöt	-	3 500	8 700
Voimajohdon toiminnan aikaiset päästöt	-	46 100	69 100

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankevaihtoehto [tCO_2e]	Maakaapeli (SSAB) (sis. minimi-kombinaatioon)	SVE2 (sis. maksimi-kombinaatioon)	SVE5 (sis. maksimi-kombinaatioon)
Voimajohdon käytöstä poiston aikaiset päästöt	-	60	200
Voimajohdot yhteensä	**-**	**49 600**	**77 900**
Mantereen sähkönsiirto yhteensä	**24 400**	**55 300**	**81 600**
Kombinaatio yhteensä	**24 400**	**136 900**	

Mantereen sähkönsiirron päästöistä rakentamisen päästöt, eli päästöt materiaalien valmistuksesta, kuljetuksesta ja rakentamisen polttoainekulutuksesta, ovat laskennallisesti noin 5–12 % mantereen sähkönsiirron kokonaispäästöistä. Toiminnan aikaiset päästöt, eli päästöt sähkönsiirtohäviöistä ja huollon polttoaine- ja materiaalikulutuksista, ovat laskennallisesti noin 88–95 % mantereen sähkönsiirron kokonaispäästöistä. Käytöstä poiston päästöt, eli päästöt purkamisen polttoainekulutuksista, kierrätyksestä ja kuljetuksista kierrätykseen, ovat laskennallisesti noin <0,2 % mantereen sähkönsiirron kokonaispäästöistä.

13.3.8 Hiilinielujen ja -varastojen menetys

Vaihtoehtoisten sähkönsiirtoreittien, vetyvaraston sekä maasähköasemien rakentaminen edellyttää puuston poistoa ja raivausta. Sähkönsiirron osalta maakaapeli- ja voimajohtoaukean puusto raivataan. Voimajohtoaukealla kasvillisuus pääsee kasvamaan, mutta se raivataan keskimäärin 8 vuoden välein, eli kasvava kasvillisuus on keskimäärin 4-vuotiasta. Kasvava aluskasvillisuus on otettu huomioon hiilinielun menetyksessä. Hakattavan puuston hehtaari- ja kuutiomäärät on esitetty taulukossa 13-21.

Taulukko 13-21. Raivattavat metsäalat yhteensä.

Toteutusvaihtoehto	Metsäala	
SVE2 voimajohto (sis. maksimi-kombinaatioon)	180	ha
	19 030	m^3
SVE5 voimajohto (sis. maksimi-kombinaatioon)	420	ha
	43 560	m^3
SVE2 maakaapelit (sis. maksimi-kombinaatioon)	20	ha
	2 350	m^3
SVE5 maakaapelit (sis. maksimi-kombinaatioon)	20	ha
	2 350	m^3
Maakaapeli (SSAB) (sis. minimi-kombinaatioon)	30	ha
	3 520	m^3
Maasähköasema	30	ha

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Toteutusvaihtoehto	Metsäala	
	3 090	m^3
Vetyvarasto	1	ha
	100	m^3

Hankkeen arvioitujen hiilinielujen ja -varastojen menetys on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 13-22).

Puuston hiilinielu kuvaa puuston hiilen määrää, joka ei pääse kasvamaan hankkeen elinkaaren aikana. Puuston hiilivaraston menetys riippuu puolestaan siitä, mihin käyttötarkoitukseen hakattavaa puustoa käytetään. Jos puu käytetään tuotteeseen, hiili on sitoutuneena niin pitkään kuin tuote on käytössä eikä sitä polteta. Kun tuote poltetaan, se vapauttaa hiilen ilmakehään eikä toimi enää hiilivarastona. Kansainvälisen ilmastopaneelin raportin mukaan puutuotteiden puoliintumisajat ovat kaksi vuotta paperille, 25 vuotta puupaneeleille ja 35 vuotta sahatavaralle (*Hiraishi ym. 2014*). Puoliintumisaika kuvaa aikaa, jossa puolet materiaalista menetetään.

Metsän maaperän hiilinielun menetys on puolestaan laskettu kappaleessa 13.1.1.7 esitettyjen laskenta menetelmien mukaisesti ja se kuvaa tilannetta, jossa maaperän hiilensitomiskyky menetetään kokonaisuudessaan hankkeen elinkaaren aikana. Maaperän arvioidun menetetyn hiilinielumäärän todenmukaisuus riippuu hakatun alueen käytöstä, eikä hiilinielua todennäköisesti menetetä kokonaan. Maaperän arviona on käytetty kivennäismaan vuosittaista kasvua, joka on huomattavasti pienempi verrattuna esimerkiksi turvepohjaisen maan hiilinieluun.

Lisäksi voimajohtoaukeiden alueella hiilitaseeseen vaikuttavat tekijät kuten puuston poisto, uudelleen kasvava aluskasvillisuus, karikkeen määrä ja vesitase. Nämä tekijät monimutkaistavat maaperän hiilitaseen arviointia.

Taulukko 13-22. Hankkeen aiheuttama hiilinielujen ja -varastojen menetys hankkeen elinkaaren aikana.

Hankevaihtoehto	Puuston hiilivaraston menetys, tCO_2	Puuston hiilinielun menetys, tCO_2	Metsän maaperän hiilinielun menetys, tCO_2
SVE2 voimajohto	26 400	30 700	8 500
SVE5 voimajohto	60 500	70 400	19 500
SVE2 / SVE5 maakaapeli	3 300	3 800	1 100
Maakaapeli (SSAB)	4 900	5 700	1 600
Maasähköasema	4 300	5 100	1 400
Vetyvarasto	100	200	50

13.3.9 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

VE0:n merituulivoiman päästöt on määritetty skenaarioille, joissa tuotetaan sähköä tai vetyä. Vaihtoehdossa, jossa tuotetaan sähköä, VE0 laskettiin perustuen SYKE:n energiaskenaarioon (*Suomen ympäristökeskus 2020*) ja se on arvioitu vuosille 2032–2066. Vaihtoehdossa, jossa tuotetaan vetyä, VE0 verrataan tilanteisiin, joissa vedyllä korvataan tavanomaisesti tuotettua vetyä ja LNG:tä meriliikenteen polttoaineena 35 vuoden ajan. VE0:n päästöt on esitetty oheisessa taulukossa (*Taulukko 13-23*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 13-23. VE0:n arvioidut päästöt.

Hankevaihtoehto		
Merituulivoimalat VE1 ja VE2	Tuotettu energiamäärä	12 000 GWh/vuosi
	VE0, ennuste SYKE	20 644 000 tCO_2e
Vedyn tuotanto VE1 ja VE2	Tuotetun vedyn energiamäärä	7 000 GWh/vuosi
	VE0, jos vety on tuotettu tavanomaisilla tuotantomenetelmillä	98 560 000 tCO_2e
	VE0, jos vety on tuotettu verkkosähköllä (=VE0, ennuste SYKE)	20 644 000 tCO_2e
	VE0, jos laivoissa käytetään polttoaineena LNG:tä	63 400 000 tCO_2e

13.3.10 Lisävaikutus meriliikenteen päästöihin

Merituulivoimapuisto vaikuttaa meriliikenteeseen matkoja pidentävästi. Vuodessa merituulivoimapuiston kiertoon menevä matka on arviolta noin 7 000 kilometriä ja polttoainetta kulutuksen lisäys on noin 150 m^3 vuodessa. Päästöjä tällä polttoainemäärältä muodostuu noin 510 tCO_2e vuodessa, eli noin 50 suomalaisen vuosipäästön verran. Vaikutus muuhun meriliikenteeseen on noin 0,4 % hankkeen aiheuttamista kokonaispäästöistä.

Vaikutusta meriliikenteeseen ei ole laskettu mukaan kokonaispäästöihin.

13.4 Yhteisvaikutukset

Lähin YVA-menettelyssä oleva merituulivoimahanke sijaitsee 3 kilometrin etäisyydellä (Polargrund, Skyborn renewables Ruotsin talousvyöhykkeellä), ja hankkeen suunniteltu rakentaminen sekä toiminta ajoittuisivat osin samaan aikaan Hallan kanssa. Lisäksi Hallan läheisyydessä on myös muita suunnittelun alussa olevia hankkeita (ks. luku 21). Kasvihuonekaasupäästöjen vaikutukset ovat kuitenkin globaaleja ja eri hankkeiden päästöille on vaikea määrittää spesifiä yhteisvaikutusta. Jos esimerkiksi merituulivoimapuistot aiheuttavat yhdessä sen, että laivaliikenteen reitit pitenevät, ovat yhteisvaikutukset ilmaston osalta negatiiviset.

Kasvihuonekaasupäästöt aiheuttavat ilmaston lämpenemistä ja sen aiheuttamien riskien vuoksi etsitään globaalilla tasolla päästövähennysratkaisuja. Esimerkiksi EU:n ilmastolaissa on asetettu kasvihuonekaasupäästöille vähennystavoitteet. Tässä tapauksessa samaan aikaan rakennettavien hankkeiden on teoriassa mahdollista pienentää logistiikan päästöjä yhteiskuljetuksien avulla.

Ilmastonmuutoksen aiheuttamissa riskeissä ei arvioitu olevan yhteisvaikutuksia merellä.

13.5 Kokonaistulokset - Vaihtoehtojen vertailu

Hankkeen avulla voidaan tuottaa sähköä tai vetyä. Tuote vaikuttaa hankkeen kokonaispäästöihin rakennettavan infrastruktuurin kautta ja tuote vaikuttaa päästöjen vähentämismahdollisuuksien suuruuteen.

Päästölaskennassa havaittiin, että suurin päästövähenemä saavutetaan todennäköisimmin vetyä tuotettaessa. Ehdottomasti suurimmat päästöt syntyvät tuulivoimaloista, joiden osuus kokonaispäästöistä on vaihtoehdosta riippuen noin 86–95 %.

Kokonaistulosten vaihteluväli tuotettua sähköä kohden on noin 9,9–10,9 tCO_2e/GWh (vertailtaessa hankkeen minimini-maksimi tuloksia). Ilman tuotteen huomiointia hankkeen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kokonaispäästöt ovat vaihtoehdosta riippuen vaihteluväliltään noin 4 143 000–4 576 000 tCO_2e. **Merelle sijoittuvien toimintojen päästöt ovat kokonaispäästöjen määrästä noin 91–99,9 %, eli ne ovat osuudeltaan hyvin merkittävät.**

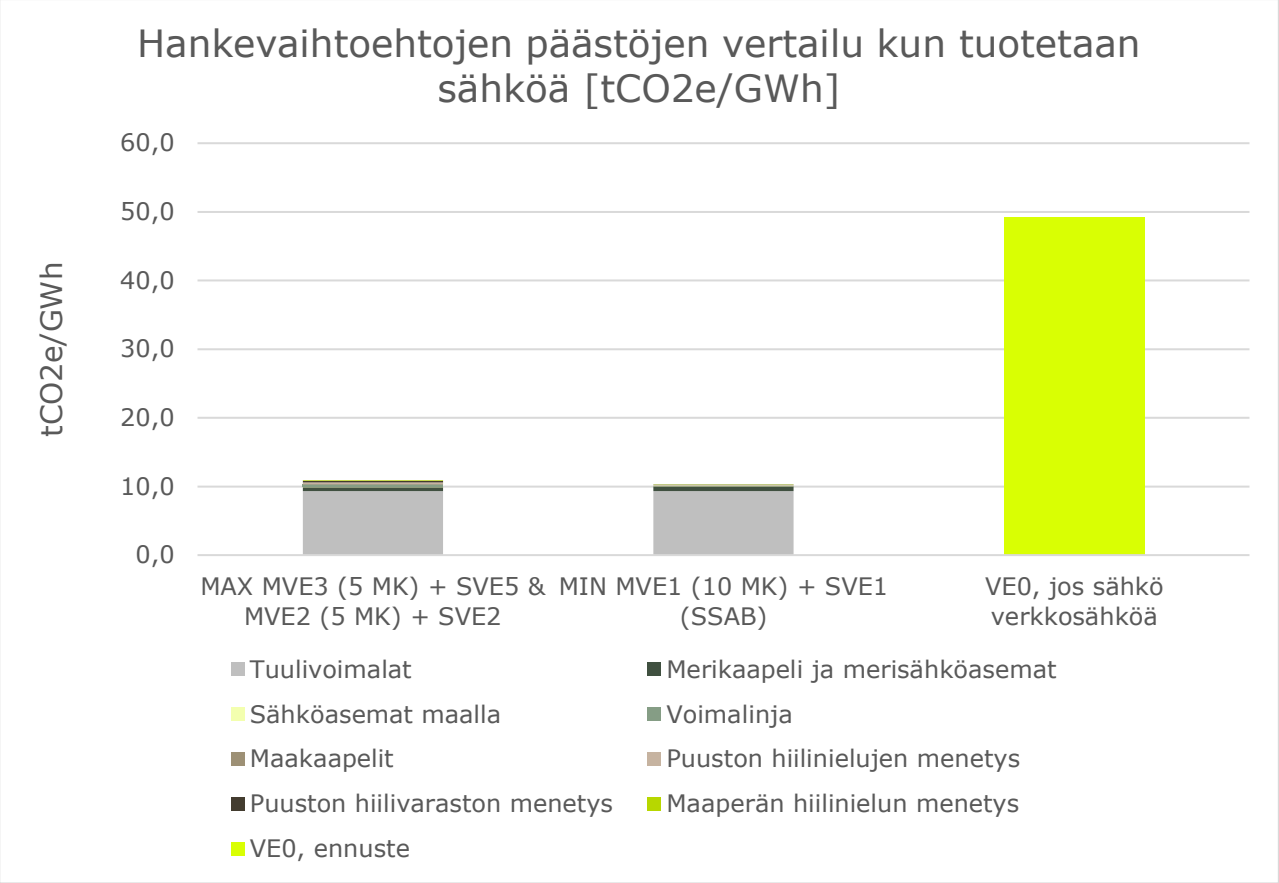
13.5.1 Sähkön tuotanto

Tulokset on käsitelty hankkeen kokonaistuloksina ottaen huomioon päästöt sekä merellä ja maalla. Tuotettaessa 100 % sähköä, eriteltyjen merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen osuus kokonaispäästöistä on minimivaihtoehdossa 98 % ja maksimivaihtoehdossa 91 %. Merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen vaihteluväli on kokonaisuudessaan noin 4 161 000 tCO_2e–4 218 000 tCO_2e ja tuotettua sähköä kohden 9,9–10,0 tCO_2e/GWh. Merelle sijoittuvien toimintojen osalta minimivaihtoehdolla on teoreettisesti suuremmat päästöt kuin maksimivaihtoehdossa, minimivaihtoehdon merikaapeliin kohdistuvan sähkönsiirtohäviön vuoksi. Sähkönsiirtohäviöt ovat keskimäärin jokaisessa kombinaatiossa samat, joten merelle ja mantereelle sijoittuvien toimintojen kokonaistuloksissa päästöerot tasaantuvat. Päästöeroihin vaikuttavat lopulta sähkönsiirtoreittien materiaalin käyttö.

Sähkön tuotannon päästöt on laskettu maksimi- ja minimitilanteessa päästöjen vaihteluvälin määrittämiseksi. Laskenta perustuu oletukseen, että merellä sähköä siirretään kymmenellä merikaapelilla yhtä tai kahta reittiä pitkin. Maksimitilanteessa sähköä siirrettään kahta reittiä pitkin merellä MVE3:sta ja MVE2:sta pitkin (molemmissa viisi merikaapelia) ja maalla SVE5:sta ja SVE2:sta pitkin. Minimitilanteessa sähköä siirretään yhtä reittiä pitkin merellä (MVE1, 10 merikaapelia) ja maalla sähkö siirretään uutta maakaapelia (SSAB) pitkin sähköasemalle ja sieltä edelleen jo YVA-meneteltyyn voimajohtoon (SSAB:n 400 kV:n voimajohtohanke). Koska minimitilanteessa ei oteta huomioon jo YVA-meneteltyä voimajohtoa, pienentää se tulosta hieman, muttei kuitenkaan merkittävästi, sillä minimitilanteessa otetaan huomioon kaiken tuotetun sähkön sähkönsiirtohäviöt. Sähkönsiirtohäviöt ovat keskimäärin jokaisessa kombinaatiossa samat ja ne aiheuttavat sähkönsiirron osalta suurimmat päästöt (noin 90 %).

Oheisissa kuvaajassa (Kuva 13-6) ja taulukossa (Taulukko 13-24) on esitetty yhteenveto hankevaihtoehtojen päästöistä per tuotettua GWh:ta kohden. Lasketut arvot ovat keskiarvoja elinkaaren ajalta. Päästöjä verrataan VE0:aan, joka kuvastaa tässä tilannetta, jossa tuotettu sähkö onkin ennustetun verkkosähkön mukaista.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 13-6. Hankevaihtoehtojen hiilijalanjäljen ja hiilinielujen ja -varastojen menetyksen vertailu yksikössä tCO_2e/GWh. Kun sähkönsiirtoinfran pituus on lyhimmillään, on päästöt pienimmillään ja vastaavasti kun sähkönsiirtoinfran pituus on pisimmillään, on päästöt suurimmillaan. Suurin päästölähde, tuulivoimalat, on jokaisessa hankevaihtoehdossa samansuuruinen.

Taulukossa (Taulukko 13-24) on esitetty hankevaihtoehtojen päästöt numeerisesti per tuotettua GWh:ta kohden ja päästövähenemä prosentteina. Mitä lyhyempi voimajohto on, sitä enemmän päästövähennystä hankkeen sähkön tuotannosta saadaan. Päästövähenemän määrä ei ole kuitenkaan hankevaihtoehtojen välillä merkittävä, sillä lyhyimmän sähkönsiirron tapauksessa se on -79 % ja pisimmän sähkönsiirron tapauksessa -78 %. Päästövähennys tulisi olemaan noin 16 100–16 300 $ktCO_2e$, joka on noin 1 610 000–1 630 000 suomalaisen vuosipäästön verran.

Taulukko 13-24. Hankevaihtoehtojen elinkaaren päästöt tuotettua GWh:a kohden. ***Merelle sijoittuvien toimintojen päästöt ovat keltaisella pohjalla. Yhteistulos on summa koko hankkeen toiminnoista****. *Tuloksessa ei ole mukana voimajohtoja.*

tCO_2e/GWh	MAX sähkö, MVE3 (5 MK) + SVE5 & MVE2 (5 MK) + SVE2	MIN sähkö, MVE1 (10 MK) + SSAB
Tuulivoimalat	9,33	9,33
Merikaapelit ja merisähköasemat	0,57	0,71
Vety	-	-
Vetyputket	-	-
Vetyvarastot	-	-

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tCO_2e/GWh	MAX sähkö, MVE3 (5 MK) + SVE5 & MVE2 (5 MK) + SVE2	MIN sähkö, MVE1 (10 MK) + SSAB
Sähköasemat maalla	0,08	0,08
Maakaapelit	0,02	0,06
Voimalinja	0,30	-
Puuston hiilinielujen menetys	0,27	0,03
Puuston hiilivarastojen menetys	0,23	0,02
Maaperän hiilinielun menetys	0,08	0,01
Yhteensä	**10,9**	**10,2***
VE0, sähköverkon ennuste (2032–2066)	**49**	**49**
Päästövähenemä	**-78 %**	**-79 %**

13.5.2 Vedyn tuotanto

Tulokset on käsitelty hankkeen kokonaistuloksina ottaen huomioon päästöt sekä merellä ja maalla. Eriteltyjen merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen osuus kokonaispäästöistä on vetyä tuotettaessa 99,9 %. Merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen 100 % vetyä tuotettaessa on kokonaisuudessaan noin 4 137 000 tCO_2e ja tuotettua sähköä kohden 9,8 tCO_2e/GWh.

Skenaariossa, jossa hankkeella tuotetaan 100 % vetyä, on määritelty vain yksi toteutusvaihtoehto. Tässä toteutusvaihtoehdossa vety tuotetaan merellä tuulivoimapuistossa, josta se siirretään putkea pitkin mantereelle vetyvarastoihin.

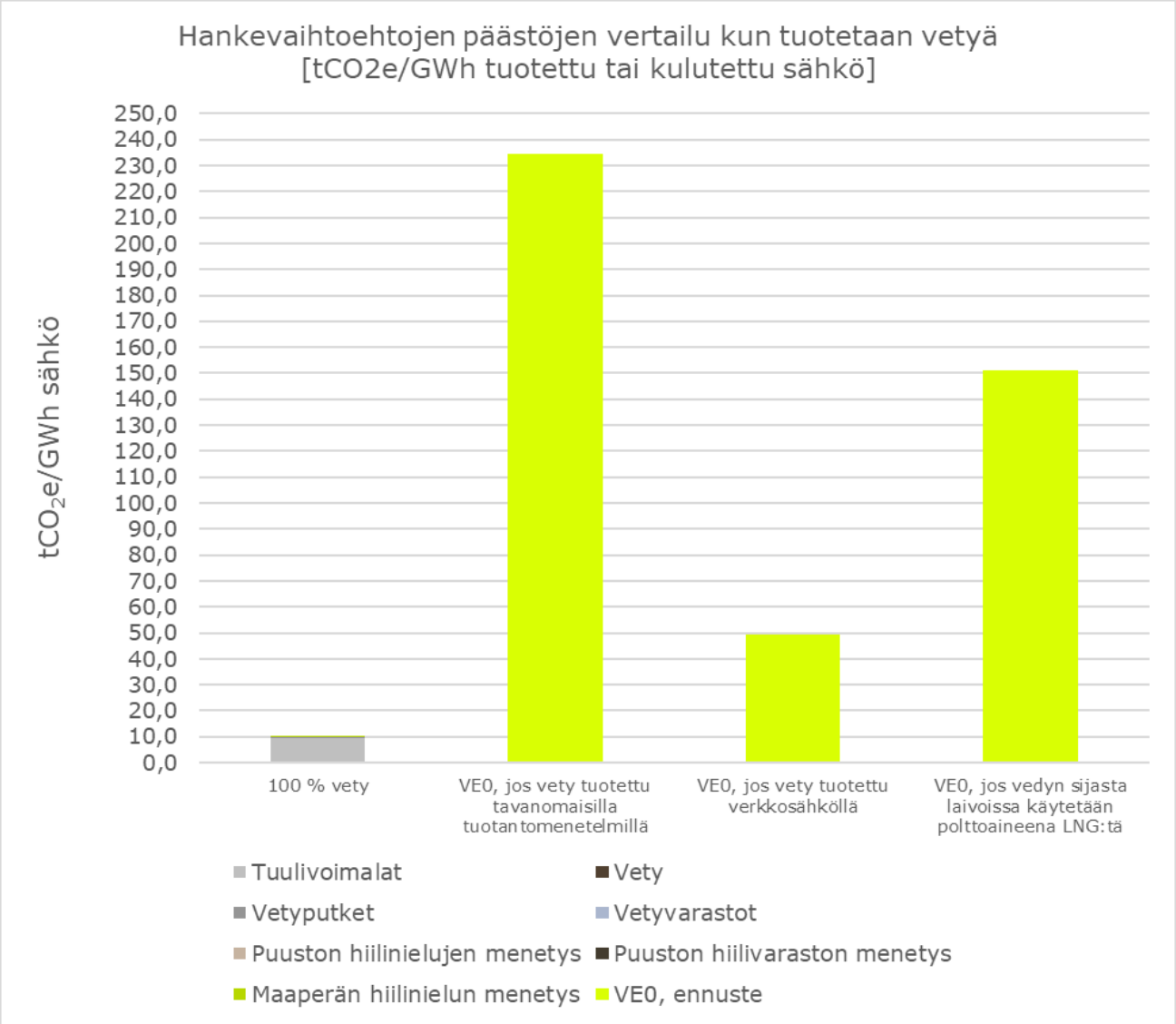
Oheisessa kuvaajassa (Kuva 13-7) ja taulukossa (Taulukko 13-25) on esitetty yhteenveto hankevaihtoehtojen päästöistä per tuotantoon kulutettua GWh:ta kohden.

VE0:n tapauksessa vedyn tuotannon vähähiilistymistä ja laivojen polttoaineiden vähähiilistymistä ei voitu ottaa tarkasti huomioon. Vedyn tuotannon tapauksessa päästötaso tulevaisuudessa kuitenkin tulee olemaan sen mukainen, millä energiatyypillä vetyä tullaan tuottamaan. Jos vety tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä, on sähkönkulutuksen elinkaaren aikaiset päästöt tuulisähköllä keskimäärin luokkaa 11 tCO_2e/GWh kulutettua sähköä, ja aurinkosähköä käytettäessä noin 27–48 tCO_2e/GWh kulutettua sähköä (*Schlömer ym. 2014*). Tässä arvioinnissa oletettiin, että jos vety tuotettaisiin Suomen keskimääräisellä verkkosähköllä, olisivat päästöt lähellä samaa kuin VE0:n ennusteessa sähkölle eli 49 tCO_2e/GWh vuosille 2032–2066. Lisäksi tehtiin arvio tilanteesta, jossa vety tuotetaan tavanomaisella tuotantomenetelmällä. Tavanomainen tuotantomenetelmä perustuu keskiarvoisesti maakaasun höyryreformointiin ja silloin päästöt ovat noin 230 tCO_2e/GWh kulutettua sähköä (*IEA 2023*).

Laivaliikenteen tapauksessa LNG luetellaan vaihtoehtoisiin polttoaineisiin, joka on vähäpäästöisempi kuin esimerkiksi nykyään meriliikenteessä käytetyt polttoaineet. Muita mahdollisia polttoaineita ovat synteettiset vähähiiliset polttoaineet, biopolttoaineet, ammoniakki ja LPG. Vetyä voidaan käyttää laivoissa polttoaineena sellaisenaan tai jalostettuna synteettisiksi polttoaineiksi. LNG:n, LPG:n ja metanolin käyttö vähentää päästöjä verrattuna tavanomaisiin meriliikenteen polttoaineisiin, mutta on arvioitu, etteivät ne mahdollista liikenteen hiilineutraliteettitavoitteiden saavuttamista. (*Takala ym. 2022)* LNG valittiin tähän tarkasteluun sen käytön potentiaalin vuoksi. Laskennassa on huomioitu sähkön energiasisällön häviöt, kun vetyä tuotetaan sähköstä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

12 000 GWh:sta sähköä on oletettu saavan noin 220 000 tonnia vetyä. Tämän vedyn energiasisältö on noin 7 300 GWh.



Kuva 13-7. Hankevaihtoehtojen hiilijalanjäljen ja hiilinielujen ja -varastojen menetyksen vertailu yksikössä tCO_2e/GWh sähköä. Toteutusvaihtoehdoissa kyseinen sähkömäärä tuotetaan ja muunnetaan vedyksi. Käytännössä se kuvaa vedyn päästöä per siihen kulutettua sähköä kohden. VE0:n tapauksissa verrannollinen vetymäärä käytettäisiin korvaamaan tavanomaisia tuotetta (keskimääräinen tuotantotapa, pääosin muuntaminen maakaasusta) ja jos vety tuotetaan suomalaisen sähköverkon sähköllä, sekä mahdollista fossiilista käyttökohdetta (LNG:ta). 12 000 GWh:stä sähköä oletetaan tuotettavan 220 000 tonnia vetyä.

Taulukossa (Taulukko 13-25) on esitetty hankevaihtoehtojen päästöt numeerisesti per tuotettua GWh:ta kohden ja päästövähenemä prosentteina. Tuotteen käyttökohde vaikuttaa merkittävästi saavutettavaan päästövähenemään. Päästövähennys tulisi olemaan noin 16 500–94 400 $ktCO_2e$, joka on noin 1 650 000–9 440 000 suomalaisen vuosipäästön verran.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 13-25. Hankevaihtoehtojen elinkaaren päästöt kulutettua GWh:a kohden. ***Merelle sijoittuvien toimintojen päästöt ovat keltaisella pohjalla. Yhteistulos on summa koko hankkeen toiminnoista****.*

tCO_2e/GWh	100 % vety
Tuulivoimalat	9,33
Merikaapelit ja merisähköasemat	-
Vety	0,17
Vetyputket	0,35
Vetyvarastot	0,01
Sähköasemat maalla	-
Maakaapelit	-
Voimalinja	-
Puuston hiilinielujen menetys	<0,01
Puuston hiilivarastojen menetys	<0,01
Maaperän hiilinielun menetys	<0,01
Yhteensä	**9,9**
VE0, korvattaessa nykyistä vedyn tuotantoa	**235**
Päästövähenemä	**-96 %**
VE0, jos vedyn tuotanto on ennustetun sähköverkon päästöjen mukaista	**49**
Päästövähenemä	**-80 %**
VE0, korvattaessa laivojen LNG:ta	**151**
Päästövähenemä	**-93 %**

13.6 Vaikutusten merkittävyys

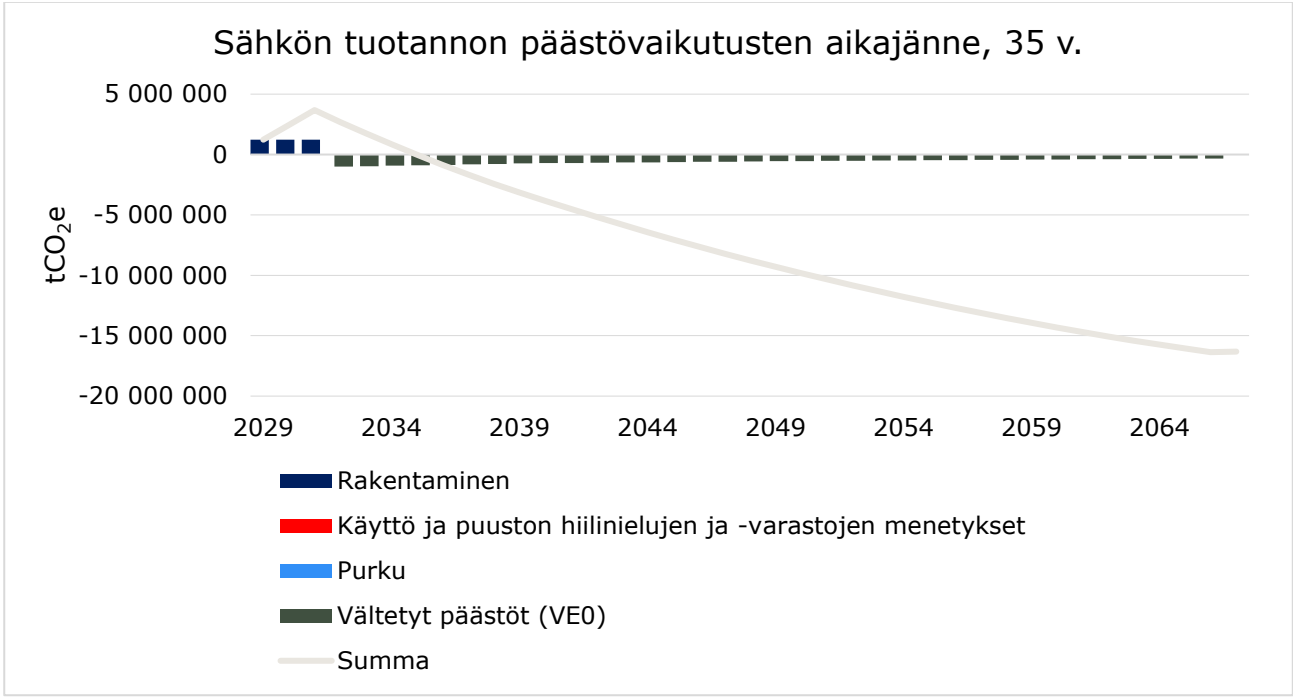
Kaikkien hankevaihtoehtokombinaatioiden päästöt tuotettua sähkön määrää kohden ovat huomattavasti pienemmät kuin hankkeen toteuttamatta jättämisen vaihtoehdon VE0 päästöt. Kokonaistulosten vaihteluväli tuotettua sähköä kohden on noin 9,9–10,9 tCO_2e/GWh (vertailtaessa hankkeen minimi-maksimi tuloksia). Ilman tuotteen huomiointia hankkeen kokonaispäästöt ovat vaihtoehdosta riippuen vaihteluväliltään noin 4 143 000–4 576 000 tCO_2e. **Merelle sijoittuvien toimintojen päästöt ovat kokonaispäästöjen määrästä 91–99,9 %, eli ne ovat osuudeltaan hyvin merkittävät.**

Laskenta toteutettiin laskemalla sähköntuotantoskenaarioista minimi- ja maksimivaihtoehdot ja vedyntuotantoskenaariosta ainoa suunniteltu vaihtoehto. Korkeimmat päästöt aiheutuvat hankevaihtoehdosta, jossa tuotetaan 100 % sähköä ja sähkönsiirtoinfrastruktuuri on kokonaisuudessaan pisin. Pienimmät päästöt aiheutuvat hankevaihtoehdosta, jossa tuotetaan 100 % vetyä.

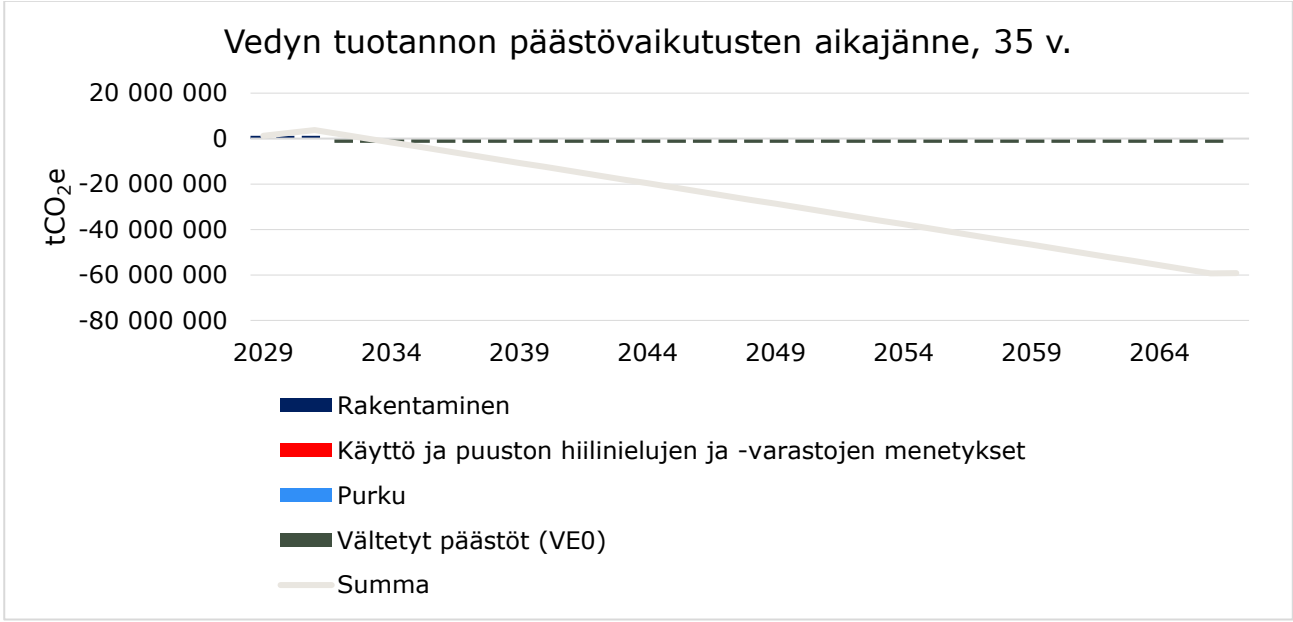
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkittävin ero toteutusvaihtoehtojen välillä on energiasiirtoreittien pituudessa ja niihin liittyvässä materiaalien käytössä. Voimajohtolinjan alueelta pitää myös kaataa metsää, joka lisää menetetyn hiilinielun ja -varaston määrää.

Mikäli tuulisähköä verrataan ennusteen mukaiseen verkkosähköön Suomessa, positiiviset vaikutukset ylittävät negatiiviset vaikutukset noin kolmannen tuotantovuoden jälkeen (Kuva 13-8). Verrattaessa vedyn käyttöä LNG:hen laivojen polttoaineena, positiiviset vaikutukset ylittävät negatiiviset vaikutukset toisen tuotantovuoden jälkeen (Kuva 13-9). Hankkeen ensimmäisinä vuosina toiminnasta syntyy vain päästöjä. Kun tuulivoimalat tuottavat sähköä, kääntyy toiminta muutaman ensimmäisen toimintavuoden jälkeen päästöhyötyjä tuottavaksi toiminnaksi.



Kuva 13-8. Sähkön tuotannon päästövaikutusten aikajänne 35 vuoden ajalle, kun sähköä verrataan tulevaisuuden ennustettuun verkkosähköön.



Kuva 13-9. Vedyn tuotannon päästövaikutuksien aikajänne 35 vuoden ajalle, kun vedyllä korvataan LNG:tä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutusten merkittävyyden arvioinnissa muutoksen suuruutena arvioitiin päästöjen suuruutta VE0:aan verraten. Kohteen herkkyyttä arvioitiin sen perusteella, miten vahvasti hanke on ilmastotavoitteiden mukainen. Rakentamisen aikaiset merkittävyydet on arvioitu taulukossa 13-26 ja käytön aikaiset merkittävyydet taulukossa 13-27.

Merituulivoimaloiden rakentamisen aikaiset vaikutukset (VE1 ja VE2) arvioitiin olevan suuresti negatiiviset rakentamisen laajuudesta ja suuresta materiaalitarpeesta johtuen. Energiansiirron (sähkö: MVE1-3 ja SVE2, 3 ja 5; vedynsiirto: VVE1) ja vedyn tuotannon rakentamisen aikaiset vaikutukset arvioitiin olevan suuruudeltaan kohtalaiset. Itse rakentaminen ei ole suoraan ilmastotavoitteiden mukaista, mutta sen avulla saavutetaan tavoitteiden mukainen energiainfrastruktuuri. Siksi herkkyys arvioitiin kohtalaiseksi. Huomioitavaa on, että toiminnan ajan hyödyt ylittävät rakentamisen haitat hankkeen elinkaaren alkuvaiheessa.

Tämä hanke arvioidaan olevan ilmastotavoitteiden mukainen. Rakentamisen aikana merituulivoiman herkkyys arvioitiin suureksi ja toiminnan aikana erittäin suureksi, koska valtakunnallisena tavoitteena on irtautua fossiilisista polttoaineista ja siirtyä uusiutuviin energianlähteisiin. Rakentaminen arvioitiin suurena, koska se auttaa välillisesti tavoitteiden saavuttamisessa, kun taas toiminnan aika on suoraan tavoitteiden toteuttamista. Valtakunnallisesti sähköntarve kasvaa ja ilmaston näkökannalta on positiivista, että sähköä tuotetaan uusiutuvilla energiamuodoilla. Tällöin vältetään enempien kasvihuonekaasupäästöjen synnyltä.

Taulukko 13-26. Ilmastovaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		**Negatiivinen**				**Muutoksen suuruus**				**Positiivinen**
		Erittäin suuri	**Suuri**	**Kohtalainen**	**Vähäinen**	**Ei muutosta**	**Vähäinen**	**Kohtalainen**	**Suuri**	**Erittäin suuri**
Kohteen herkkyys	**Vähäinen**									
	Kohtalainen			**MVE1 MVE2 MVE3 SVE2 SVE3 SVE5 VVE1**						
	Suuri		**VE1 VE2**			**VE0**				
	Erittäin suuri									

Merituulivoimaloiden toiminnan aikaiset vaikutukset (VE1 ja VE2) arvioitiin ilmaston kannalta positiivisesti hyvin merkittäviksi – toiminnan aikana hankkeella arvioitiin olevan sähköä tuotettaessa suuri myönteinen vaikutus ja yhdessä vedyn tuotannon kanssa erittäin suuri vaikutus. Energiansiirto (sähkö: MVE1-3 ja SVE2, 3 ja 5; vedynsiirto: VVE1) arvioitiin välillisen vaikutuksensa vuoksi positiivisesti kohtalaisiksi. Uusiutuvan energian tuotanto on erittäin suuresti ilmastotavoitteiden mukaista, joten sen herkkyys arvioitiin toiminnan aikana merituulivoimaloissa erittäin suureksi ja energiansiirrossa suureksi.

Energiasiirron toteutus on keskeinen osa uusiutuvan energian hankkeita, sillä ne edistävät välillisesti uusiutuvan energian käyttöä. Toiminnan aikana merkittävyys arvioitiin olevan suuresti myönteinen. Jos uusiutuvaa energiaa ei tuoteta (VE0), arvioitiin sillä olevan haitalliset vaikutukset ilmastolle. Haitallinen vaikutus ei oikeasti suoraan kohdistu tähän hankkeeseen ilmastovaikutuksien ollessa globaaleja, mutta jos yleisesti energian tuotannossa ei siirrytä tehokkaisiin vihreisiin tuotantotapoihin, ilmastonmuutos edistyy.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 13-27. Ilmastovaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen									
	Kohtalainen									
	Suuri							MVE1 MVE2 MVE3 SVE2 SVE3 SVE5 VVE1		
	Erittäin suuri		VE0 vety	VE0 sähkö					VE1 - VE2 sähkö	VE1- VE2 vety

Ruoppausta ja sedimenttien läjitystä ei otettu erikseen huomioon ilmastovaikutusten arvioinnissa. Merituulivoimaloiden osalta sen päästöt luotetaan sisältyvän laskennassa hyödynnettyyn LCA:han. LCA-raportti sisältää koneiden käytön päästöt pohjatöistä tuulivoimala-alueella, mutta siinä ei erikseen sanallisesti eritellä esimerkiksi täsmällisesti ruoppauksen tai sedimenttien osuutta. Koska tuulivoimaloiden elinkaareen verrattuna ruoppauksen päästöt eivät todennäköisesti ole merkittävät, on ruoppauksen päästöt ja sedimenttien läjitys rajattu kaksoislaskennan välttämiseksi pois.

13.7 Ilmastonmuutoksen vaikutukset hankkeeseen ja niihin sopeutuminen merellä

Ilmastonmuutokseen sopeutumisella tarkoitetaan toimia, joilla voidaan vähentää, varautua ja sopeutua ilmastonmuutoksen aiheuttamiin vaikutuksiin ja riskeihin.

Ilmastonmuutos voi vaikuttaa hankkeeseen muun muassa seuraavasti:

- Meriveden muutoksen riskit
- Tulva- ja myrskyriskit: herkkyys mm. vesistö- ja rankkasadetulville.
    - Merenpinnan nousu yhdessä voimakkaampien myrskyjen kanssa voi aiheuttaa aiempia korkeampia meritulvia
- Keskilämpötilan ja maksimilämpötilan nousu: Vaikutukset vedyntuotannon jäähdytystarpeeseen

Toiminta on toteutettavissa fyysisistä ilmastoriskeistä huolimatta, mutta muuttuvan ilmaston aiheuttamat muutokset säähän ja fyysisiin riskeihin tulee tunnistaa jo tässä vaiheessa hanketta ja huomioida suunnittelussa ja toteutuksessa.

Arvio ilmastonmuutokseen sopeutumisesta tehtiin pitkän aikavälin ilmastoskenaarioiden avulla noin vuosille 2041–2100. Tuulivoimaloiden käyttöikä on noin 35 vuotta, mutta niiden käyttöikää on mahdollista pidentää.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

13.7.1 Meriveteen liittyvät muutokset

Kuten luvussa 13.2.3 on esitetty, ilmastonmuutoksen keskiskenaariossa merenpinnan ennustetaan laskevan Perämerellä noin 10–20 cm 2050-lukuun mennessä ja noin 20–30 cm 2100-lukuun mennessä maankohoamisen vuoksi. Puolestaan ilmastonmuutoksen korkeimman skenaarion mukaan Perämeren merivesi voi pysyä samalla tasolla 2050-lukuun asti, jonka jälkeen merivesi nousee noin 30 cm vuosisadan loppuun mennessä. *(Pellikka ym. 2018)*

Merivesitulvien riski korreloi meriveden pinnan muutosten kanssa. Merivesitulvien riskin arvioidaan pysyvän ennallaan tai pienenevän vuoteen 2050 asti. 2100-lukuun mennessä merivesitulvariski pysyy ennallaan tai kasvaa meriveden korkeuden nousun vaikutuksesta. (*Gregow ym. 2021*)

Itämeren ennustetaan happamoituvan 0,2 (positiivisempi ilmastonmuutoksen skenaario, noin 550 ppm CO_2:sta ilmakehässä) – 0,4 (pahin ilmastonmuutoksen skenaario, noin 850 ppm CO_2:sta ilmakehässä) pH-yksikköä 2100-lukuun mennessä. *(Schneider ym. 2015)* Perämeren pH on keskimäärin noin 7,7 (*HELCOM 2023d*).

Meren jään paksuuden arvioidaan pienenevän noin 6–7 cm vuosikymmenessä. Tyypillisesti maksimipaksuus on nykyisin 40–75 cm, joten 2050-luvulla maksimipaksuus saattaa olla noin 19–48 cm ja 2100-luvulla noin 0–19 cm. Jään vähenemisen arvioidaan voimistavan aalto-olosuhteita talvella ja alkukeväästä (*Gregow ym. 2021*) Liikkuvat jäälautat saattavat aiheuttaa eroosiota rakenteissa (*EPA 2023*).

Merivedenpinnan lämpötila tulee nousemaan ilmastonmuutoksen seurauksena. Meriveden vuosittainen keskilämpötila arvioidaan muuttuvan keskipitkällä aikavälillä (2041–2060) 1,8–2,2 °C ja pitkällä aikavälillä (2081–2100) 2,6–5,0 °C. *(IPCC 2024)*

Sopeutuminen

Varautuminen meriveden pinnannousun riskiin on hyvä ottaa huomioon suunnittelu- ja rakennusvaiheessa tekemällä rakenteista riittävän korkeita.

Mikäli meriveden pH:n muutos vaikuttaa betonirakenteiden kestävyyteen, tulee aiempaa alempi pH-taso myös ottaa huomioon suunnittelussa ja käytössä.

Mahdollinen meren jään ohentuminen pidentää avovedellä liikkumisaikaa ja vähentää jäänmurtajan käyttöä, mikä voi tuoda polttoaineiden säästöä. Toisaalta jäätä pitkin kulkeminen vaikeutuu eikä kulkemista voi laskea sen varaan. Jäälauttojen tiheämpi muodostuminen (lämpötilan sahatessa jäätymispisteen molemmin puolin), kulkeutuminen ja kasautuminen voi aiheuttaa eroosioriskin, joka voi olla hyvä huomioida rakenteiden suunnittelussa.

Merivedenpinnan lämpötilan muutoksien riskiä on tarkasteltava käytettävien rakenteiden materiaalien kannalta, jotta ne voidaan suunnitella mahdollisimman kestäväksi.

13.7.2 Tuulisuus

Tuulisuus vaikuttaa voimaloiden tapauksessa energian tuotantoon, mutta myös maksimituulet haastavat isojen rakenteiden kestävyyttä. Keskimääräistä tuulta ennustavien mallien tarkkuutta ei ole arvioitu kovin hyväksi ja muutoksiin liittyy suuria epävarmuuksia, mutta arvioiden mukaan Suomessa tuulisuus voi hieman lisääntyä ilmastonmuutoksen vaikutuksesta. Keskimääräisissä myrskyjen määrässä ja voimakkuudessa ei todennäköisesti tule olemaan suuria muutoksia (*Gregow ym. 2021*)

Sopeutuminen

Myrskytuuliin sopeutumiseksi voimalat ja muut rakenteet on suunniteltava ja rakennettava myrskytuulien kestäväksi.

Erityisesti mereltä puhaltavien länsituulten on ennustettu yleistyvän ja voimistuvan ilmastonmuutoksen myötä, mikä voi hyödyttää Suomen läntisten rannikkoalueiden tuulivoimatuotantoa (*Ruosteenoja ym. 2019*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

13.7.3 Keskilämpötilan ja maksimilämpötilan nousu

Vuoden keskilämpötilat tulevat nousemaan hankealueella keskipitkällä aikavälillä RCP4.3–RCP8.5 skenaariossa +2,7–3,3 astetta ja pitkällä aikavälillä +3,8–6,6 astetta. Kesä-elokuuakselilla keskilämpötilat arvioidaan nousevan keskipitkällä aikavälillä +2,5–3 astetta ja pitkällä aikavälillä +3,4–5,9 astetta. Maksimilämpötilojen nousu on keskiarvoista noin 0,1–0,3 astetta korkeammat (*IPCC 2024*)

Sivuavana ilmaston lämpenemisen riskinä on jäätymis- ja sulamisjaksojen tiheys kylminä aikoina. Peräkkäiset jäätymis- ja sulamisjaksot voivat aiheuttaa rakenteiden kulumista aiempaa enemmän.

Sopeutuminen

Keski- ja maksimilämpötilojen nousu tulee ottaa huomioon vetyprosessissa jäähdytystarpeen lisääntymisen vuoksi. Teknisissä laitteistoissa on hyvä huomioida tulevaisuuden lämpimämmät olosuhteet, mikäli niiden hyötysuhde muuttuu lämpötilan vaikutuksesta ja laitteiden käytölle asetettu maksimilämpötiloja.

Toisaalta lämmön sahatessa talvella jäätymispisteen molemmin puolin on otettava huomioon rakenteiden kestävyydessä. Lapojen mahdollinen jäätyminen tullaan huomioimaan ja sille mietitään ehkäisemis- ja varautumiskeinot. Tähän on varauduttu OX2:n riskienhallinnassa.

Vedyn tuotantolaitteistoa monitoroidaan ja säädetään tarvittaessa mm. ulkoisten vaikutusten seurauksista.

13.8 Arvioinnin epävarmuudet

Arviointi on pyritty toteuttamaan yliarviona ja kaksoislaskentaa on vältetty. Päästölaskennan tulokset ovat laskennallisia tuloksia, jotka on arvioitu saatavilla olleiden lähtötietojen ja soveltuviksi arvioitujen päästökertoimien perusteella eikä niitä pidä käsitellä absoluuttisina totuuksina.

Verifioituja LCA:ta on pyritty löytämään ja hyödyntämään niiden tarkkuuden vuoksi, mutta usein sellaisia ei ole ollut saatavilla. Muuten laskenta on tehty materiaaliperusteisesti perustuen suurimpiin materiaalimääriin, kuljetuksiin ja muihin merkittäviin päästölähteisiin. Tällöin laskenta on suppeampi ja siihen liittyy enemmän epävarmuutta.

Merikaapeleiden laskentaan liittyy epävarmuutta liittyen kaapelikokoon. Suureen kaapelikokoon sopivia verifioituja LCA-tutkimuksia tai muita vastaavia päästökertoimia ei löytynyt, joten merikaapelit on laskettu mantereella voimajohdoissa käytettyjen kaapeleiden päästökertoimella.

Ruoppausta ja sedimenttien läjitystä ei otettu erikseen huomioon ilmastovaikutusten arvioinnissa. Merituulivoimaloiden osalta sen päästöt luotetaan sisältyvän laskennassa hyödynnettyyn LCA:han. LCA-raportti sisältää koneiden käytön päästöt maatöistä tuulivoimala-alueella, mutta siinä ei erikseen sanallisesti eritellä esimerkiksi ruoppauksen tai sedimenttien osuutta. Koska tuulivoimaloiden elinkaareen verrattuna ruoppauksen päästöt eivät todennäköisesti ole merkittävät, on ruoppauksen päästöt ja sedimenttien läjitys rajattu kaksoislaskennan välttämiseksi pois. Lisäksi mahdollista ruoppauksen yhteydessä tapahtuvaa vedenalaisen hiilivaraston menetystä ei ole otettu huomioon. Laskelma ei siten vastaa täydellisesti tulevaa toteutusta.

Merkittävimmäksi epävarmuudeksi voidaan arvioida VE0:n laskenta, sillä arvioinnin loppupäätelmät perustuvat vahvasti sen pohjalle. VE0 on pyritty arvioimaan realistisilla vertailuarvoilla, mutta todellisuudessa hankkeen päästövähennysvaikutus riippuu siitä, mihin suuntaan sähkön tuotantorakenne ja kulutus kehittyvät tulevaisuudessa.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksien arvioinnissa epävarmuutta liittyy ennustettujen ilmastoskenaarioiden toteutumiseen tulevina vuosikymmeninä. Erityisesti tuulisuuden muutosten mallinnustuloksissa on suuret vaihteluvälit, jolloin luotettavia ennusteita on vaikea tehdä. Arvioinnissa on käytetty parhaimpiin saatavilla oleviin tutkimuksiin perustuvia tietoja.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Epävarmuutta liittyy myös puuston hiilivaraston ja maaperän hiilinielun menetyksiin. Puuston hiilivarasto on laskennassa oletettu menetettäväksi välittömästi hakkuuhetkellä, mutta todellisuudessa menetyksen ajankohta on riippuvainen puun loppukäyttökohteesta. Maaperän hiilinielu taas on laskettu keskimääräisellä suomalaisen kivennäismaan metsän hiilinielun kertoimella, jolloin se ei huomioi erilaisten kasvupaikkatyyppien vaikutusta nielun suuruuteen. Lisäksi hakkuiden ja muun maanmuokkauksen vaikutusta nieluihin on vaikea arvioida laskennallisesti.

13.9 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Vaikka tuulivoima itsessään auttaa kokonaisvaikutusten lieventämisessä, on tulevaisuudessa kiinnitettävä huomiota entistä enemmän myös rakentamisessa ja tuulivoimalan materiaalien tuottamisessa syntyviin päästöihin.

Kasvihuonekaasupäästöihin voidaan vaikuttaa hankkeen tapauksessa rakentamisessa, huollossa ja purkamisessa käytettävillä polttoaineilla ja esimerkiksi logistiikan huolellisella suunnittelulla. Esimerkiksi hankkeen aikana käytettävien kulkuneuvojen ja työkoneiden valinnassa yhtenä vaikuttavana tekijänä voisi olla vähäpäästöisyys kuten vähäpäästöisten polttoaineiden käyttö.

Materiaalien tehokkaalla käytöllä ehkäistään turhaa materiaalituotantoa ja logistiikkaa. Mikäli mahdollista, merkittävimmät vaikutusten lieventämiset saadaan käyttämällä vähähiilisiä ja kierrätettyjä materiaaleja, mutta ennen käyttöä on varmistuttava niiden soveltuvuudesta rakenteeseen, jotta rakenteista tulee turvalliset. Mahdollinen vähähiilinen materiaali voisi esimerkiksi olla vähäpäästöinen betoni. Hiilijalanjälkeä voidaan pienentää myös valitsemalla materiaalien valmistajia, jotka hyödyntävät toiminnassaan fossiilitonta energiaa. Lisäksi materiaalien kierrätyksellä ja uusiokäytöllä voidaan vähentää muualla neitseellisten materiaalien käyttöä sekä useimmiten kokonaiskuvassa myös päästöjä.

Hankkeen puustoon kohdistuvia ilmastovaikutuksia voidaan lieventää hakattavan puuston kestävällä käytöllä ja maaperän rikkoutumista estävillä toimintatavoilla. Puusto voidaan hyödyntää kohteissa, joissa siitä saadaan parhain arvo ilmastollisesti ja taloudellisesti. Sillä voidaan esimerkiksi korvata fossiilisia kemikaaleja tai hyödyntää pitkäikäisissä puun hiiltä sitovissa käyttökohteissa.

Voimajohdon käytön aikaista hiilijalanjälkeä voidaan pienentää tekemällä vaadittavat tarkastukset mahdollisuuksien mukaan dronella. Käytön jälkeistä hiilijalanjälkeä voidaan pienentää uusiokäyttämällä tai kierrättämällä purettavat materiaalit.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

14 LIIKENNE

YHTEENVETO:

- Meriliikenteeseen kohdistuvien vaikutusten arvioinnin tueksi tehtiin konsulttiyhtiö Sweco AB:n toimesta erillinen meriliikenneselvitys sekä navigoinnin riskinarviointi. Meriliikenteen analysoinnin perusteella arvioitiin millaisia muutoksia Hallan merituulivoimapuisto aiheuttaa tulevaisuudessa meriliikenteen käyttämiin reitteihin ja millaisia vaikutuksia näillä muutoksilla tulee olemaan merenkulun toiminnan ja turvallisuuden kannalta.
- Merituulivoimapuiston rakentaminen aiheuttaa tilapäisen merkittävän meriliikenteen määrän kasvun hankealueen lähiseuduilla, joka lisää meriliikenteen onnettomuuksien riskiä. Rakennustöiden edetessä meriliikennekelpoisia alueita ja meriliikenteen käyttämiä reittejä poistuu käytöstä, mikä lisää hieman onnettomuusriskiä, kasvattaa vähäisissä määrin meriliikenteen kustannuksia sekä lisää hieman päästöjä. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä eroavaisuutta syntyy rakennusaikaisen liikenteen määrässä, joka on VE1 kohdalla suurempi suuremman voimalamäärän takia. Liikennevaikutusten merkittävyydeksi ilman lieventämistoimia arvioidaan molempien hankevaihtoehtojen tapauksessa *suuri negatiivinen.*
- Merikaapelien ja vetyputken rakentamisesta aiheutuu tilapäinen vaikutus meriliikenteelle niiden asentamisen aikana. Meriliikennettä voidaan joutua ajoittain säätelemään ja ohjaamaan sitä kiertoreiteille. Liikennevaikutuksiksi arvioitiin MVE2 ja MVE3 tapauksessa v*ähäinen negatiivinen.* MVE1 ja vetyputken tapauksessa vaikutukseksi arvioitiin *kohtalainen negatiivinen*, sillä rantautumispisteet sijaitsevat kauppamerenkululle tärkeän Raahen sataman edustalla.
- Merituulivoimapuiston toiminta aiheuttaa käyttöikänsä aikaisen muutoksen Perämeren alueen meriliikenteelle. Osa nykyisistä meriliikenteen käyttämistä reiteistä poistuu käytöstä ja liikenteen on siirryttävä kiertoreitille puiston länsi- tai itäpuolella. Kiertävillä reiteillä meriliikenne siirtyy tiiviimmille alueille ja liikennetiheys tulee kasvamaan. Yhdessä tuulivoimaloiden muodostamien kiinteiden esteiden kanssa tämä lisää riskiä meriliikenteen onnettomuuksille. Meriliikenteen kulkemien matkojen kasvu lisää meriliikenteen kustannuksia ja päästöjä hieman.
- Merituulivoimapuistolla on mahdollisesti vaikutuksia myös merijään muodostumiselle vuosittain jäätyvällä Perämeren alueella, mikä voi lisätä talviaikaisen merenkulun riskejä ja kustannuksia. Merituulivoimapuistolla on vaikutusta myös merenkulun käyttämiin tutka- ja paikannusjärjestelmiin sekä langattomiin viestintäverkkoihin, joiden toiminnassa voi esiintyä tuulivoimapuiston lähialueilla häiriöitä. Lisäksi merenkulun avustus- ja pelastustoiminta vaikeutuu tuulivoimapuiston perustamisen seurauksena. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittäviä eroavaisuuksia liikennevaikutuksille, mutta VE1 suurempi voimalamäärä lisää riskejä suhteellisesti enemmän. Molempien hankevaihtoehtojen toiminnan aikaisten liikennevaikutusten merkittävyydeksi arvioitiin *suuri negatiivinen.*
- Merikaapelien ei arvioitu aiheuttavan toiminnan aikana merkittäviä vaikutuksia meriliikenteelle. Suurimman riskin merikaapelien osalta aiheuttavat mahdolliset ankkuroinnit. Arvion mukaan on hyvin epätodennäköistä, että laivan tarvitsee ankkuroitua suoraan merikaapelireitin yläpuolelle. Merikaapelien kaikkien hankevaihtoehtojen MVE1, MVE2 ja MVE3 toiminnan aikaiset liikennevaikutusten merkittävyydeksi arvioitiin *vähäinen negatiivinen.*
- Vetyputken toiminnan aikaiset vaikutukset meriliikenteelle ovat samankaltaiset merikaapelien kanssa. Vetyputken mahdollisen rikkoutumisen vaikutukset ovat kuitenkin

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

merkittävämmät. Vetyputken toiminnan aikaisten liikennevaikutusten merkittävyydeksi arvioitiin *kohtalainen negatiivinen.*

- Perämeren alueelle on suunnitteilla useita merituulivoimapuistoja. Erityisesti läheisten (Polargrund ja Omega) merituulivoimapuistojen toteutuminen aiheuttaa meriliikenteelle vieläkin merkittävämpiä yhteisvaikutuksia.
- Merituulivoimapuiston meriliikenteelle aiheuttamia haittoja voidaan pyrkiä lieventämään monin eri keinoin. Ensimmäinen lähtökohta on luoda selkeät ja noudatettavat turvaetäisyydet tuulivoimapuiston ja meriliikenteen välillä esimerkiksi riskiarvion perusteella yhdessä viranomaisten kanssa. Swecon riskinarviointiraportissa tehty yksityiskohtainen suunnittelu esittää, että Hallan merituulivoimapuiston aiheuttama riski on hyväksyttävä, jos raportissa mainittuihin lieventäviin toimenpiteisiin ryhdytään. Riskitason arviointi hyväksyttäväksi (mukaan lukien lieventävät toimenpiteet) tarkoittaa sitä, että suunnitelma voidaan hyväksyä riskin näkökulmasta, vaikka suositeltu turvaetäisyys ei täyty.

14.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoimapuiston rakentamisen aikana meriliikenteen määrät lisääntyvät Perämeren alueella nykytilanteesta, kun komponentteja kuljettava ja rakennusvaiheen laivasto liikkuu hankealueella sekä tukisatamaan. Lisääntyvä meriliikenne lisää riskiä meriliikenteen onnettomuuksille. Rakentamistöiden edetessä meriliikennekelpoiset alueet vähenevät Perämeren alueella ja meriliikenne joutuukin valitsemaan hieman pidempiä reittejä kohteisiinsa. Tämä lisää meriliikenteen kustannuksia sekä päästöjä. Rakennusvaihe lisää myös tilapäisesti maalla tapahtuvia kuljetuksia ja henkilöliikennettä tukisatamaan (Raahe, Oulu tai Kemi). Merkittävä osa komponenteista tuodaan kuitenkin merikuljetuksina tukisatamaan.

Merituulivoimapuiston toiminnalla on käyttöikänsä ajan vaikutus Perämeren alueen meriliikenteelle. Osa nykyisistä meriliikenteen käyttämistä reiteistä poistuu käytöstä ja liikenteen on siirryttävä kiertoreitille puiston länsi- tai itäpuolelle. Kun meriliikenne ohjautuu merituulivoimapuistoa ja sen edellyttämiä turva-alueita kiertäville reiteille, niin liikennetiheys tulee kasvamaan näillä alueilla. Yhdessä tuulivoimaloiden muodostamien kiinteiden esteiden kanssa tämä lisää riskiä meriliikenteen onnettomuuksille. Meriliikenteen kulkemien matkojen kasvu lisää meriliikenteen kustannuksia ja päästöjä. Merituulivoimapuiston ja sen läheisen meriliikenteen reittien välillä on oltava riittävät turvaetäisyydet, joka voi edellyttää pieniä muutoksia nykyisiin reitteihin.

Perämeren alueella esiintyy vuosittain merijäätä ja merituulivoimapuistolla on mahdollisesti vaikutusta merijään muodostumiseen. Hankalien jääolosuhteiden määrät alueella saattavat lisääntyä ja tällä on vaikutusta niin meriliikenteen turvallisuuteen, kuin jäänmurron tehokkaisiin toimintaedellytyksiin. Talvimerenkulun kustannukset saattavatkin nousta merituulivoimapuiston takia, kun mahdollisesti optimaalisimmat reitit poistuvat käytöstä ja jäätä joudutaan murtamaan vaikeammissa olosuhteissa. Toisaalta liikenteen keskittyminen samoille reiteille tai alueille voi myös tuoda etua jäänmurrolle ja liikenteen toimivuudelle.

Merituulivoimapuisto aiheuttaa vaikutuksia myös merenkulun käyttämiin tutka- ja paikannusjärjestelmiin sekä langattomiin viestintäverkkoihin. Merituulivoimapuisto voi aiheuttaa lähialueilleen esimerkiksi katvealueita ja virheellisiä heijastussignaaleja järjestelmien toimintaan.

Myös etsintä- ja pelastustoiminta vaikeutuu merituulivoimapuiston perustamisen seurauksena, osittain tutka- ja viestintähäiriöiden vuoksi ja osittain siksi, että ne muodostavat fyysisiä esteitä. Merikaapeleilla ja vetyputkella voi olla merituulivoimapuiston toiminnan aikana vaikutusta meriliikenteen ankkuroitumismahdollisuuksiin. Merituulivoimapuiston toiminnan aikana tuulivoimaloille kohdistuu säännöllistä huoltoliikennettä.

Merituulivoimapuiston liikennevaikutusten arviointia varten konsulttiyhtiö Sweco AB tuotti analyysin Hallan hankealueen läheisten alueiden meriliikenteestä (liite 16, Sweco 2023a). Raportissa tutkittiin hankealueen lähistöllä vuonna 2022 tapahtunutta meriliikennettä alusten

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

automaattisesta tunnistusjärjestelmästä (AIS) saatavan datan avulla. AIS-datan perusteella saatiin selville, kuinka paljon alueella oli meriliikennettä, miten ne sijoittuivat kyseisenä vuotena alueelle ja millaisia aluksia alueella liikkui. Vuoden 2022 meriliikenteen analysoinnin perusteella arvioitiin millaisia muutoksia Hallan merituulivoimapuisto aiheuttaa tulevaisuudessa meriliikenteen käyttämiin reitteihin ja millaisia vaikutuksia näillä muutoksilla voisi olla merenkulun toiminnan ja turvallisuuden kannalta.

Konsulttiyhtiö Sweco AB laati liikennevaikutusten arviointityön tueksi myös merenkulun riskiarviointiraportit erikseen hankevaihtoehdoista VE1 ja VE2 (liite 17, 18 ja 19, Sweco 2023b, 2023c ja 2023d). Riskinarvioinnin tarkoituksena oli analysoida, miten Hallan merituulivoimapuiston perustaminen voisi vaikuttaa meriliikenteen navigointiturvallisuuteen ympäristön ja ihmisten turvallisuus huomioiden. Raportin avulla pystyttiin arvioimaan millaisia riskitekijöitä merituulivoimapuiston perustaminen voisi aiheuttaa meriliikenteen turvallisuudelle. Arvioinnin kohteina olivat esimerkiksi alusten erityyppiset törmäysriskit, vaikutukset merijään muodostumiseen, merenkulun tutkavaikutukset sekä vaikutukset etsintä- ja pelastustöihin. Tämän lisäksi tarkasteltiin keinoja ja toimenpiteitä riskien lieventämiseen. Merituulivoimapuiston vaikutuksista tutkiin ja langattomiin verkkoihin laadittiin myös erillinen selvitys (*Sweco Sweden 2024*, vain viranomaiskäyttöön).

Hallan merituulivoimapuisto sijoittuu keskeiselle merenkulun alueelle, minkä vuoksi hankevastaava on perustanut työryhmän alan keskeisten toimijoiden kanssa (ml. Väylävirasto, Traficom, Fintraffic VTS, Rajavartiolaitos ja Finnpilot). Työryhmässä on käsitelty hankkeen vaikutuksia merenkulun kannalta eri näkökulmista ja mietitty yhteistyössä keinoja, kuinka merenkulku ja merituulivoima voidaan yhteensovittaa. Tätä työryhmätyöskentelyä on syytä jatkaa hankkeen suunnitelmien tarkentuessa ja seuraavissa lupavaiheissa. YVA-selostuksessa on esitetty selvitys merenkulun käyttämistä reiteistä tuulivoimapuiston alueella ja sen ympäristössä sekä jäänmurtajien liikennöintitiedot mallinnuksessa käytettynä jäätalvena. Lisäksi Sweco laati selvityksen merituulivoimapuiston vaikutuksista tutkiin ja viestintävälineisiin. Edellä mainittua aineistoa hyödyntäen on arvioitu hankkeen vaikutukset merenkululle huomioiden myös talvimerenkulku. Kyseiset Swecon tekemät selvitykset on toimitettu merenkulun viranomaisille luonnoksena ja keskustelu tähän liittyen on koostettu liitteeksi 29.

Vaikutusten arvioinneissa käytettiin hyväksi soveltuvin osin kansainvälisiä tutkimuksia, selvityksiä ja suosituksia merituulivoimapuistojen sekä meriliikenteen yhteensovittamisesta. On kuitenkin huomioitava, että arktisella alueella ei ole toistaiseksi ainuttakaan laajempaa merituulivoimapuistoa yhtä kaukana rannikkoalueesta. Kansainväliset suositukset eivät huomioi merijään vaikutusta ja eivät ole tämän vuoksi suoraan sellaisenaan sovellettavissa Hallan olosuhteisiin. Vaikutusten arvioinnissa on huomioitu kokeneiden merenkulun asiantuntijoiden lausuntoja meriliikenteen toiminnasta. Lisäksi vaikutusten arvioinnissa on huomioitu mahdollisuuksien mukaan Traficomin ja Väyläviraston laatima ohje merituulivoiman ja merenkulun sekä merenkulun infrastruktuurin yhteensovittamisesta.

Hallan merituulivoimapuiston liikennevaikutusten arviointia tarkasteltiin rakentamisen, toiminnan ja toiminnan päättymisen osalta. Arviointia suoritettiin kaikkien liikennemuotojen osalta, mutta pääpaino on vaikutuksiltaan merkittävimmässä eli meriliikenteessä. Arvioinnista vastasivat liikenteeseen sekä meriliikenteeseen erikoistuneet asiantuntijat.

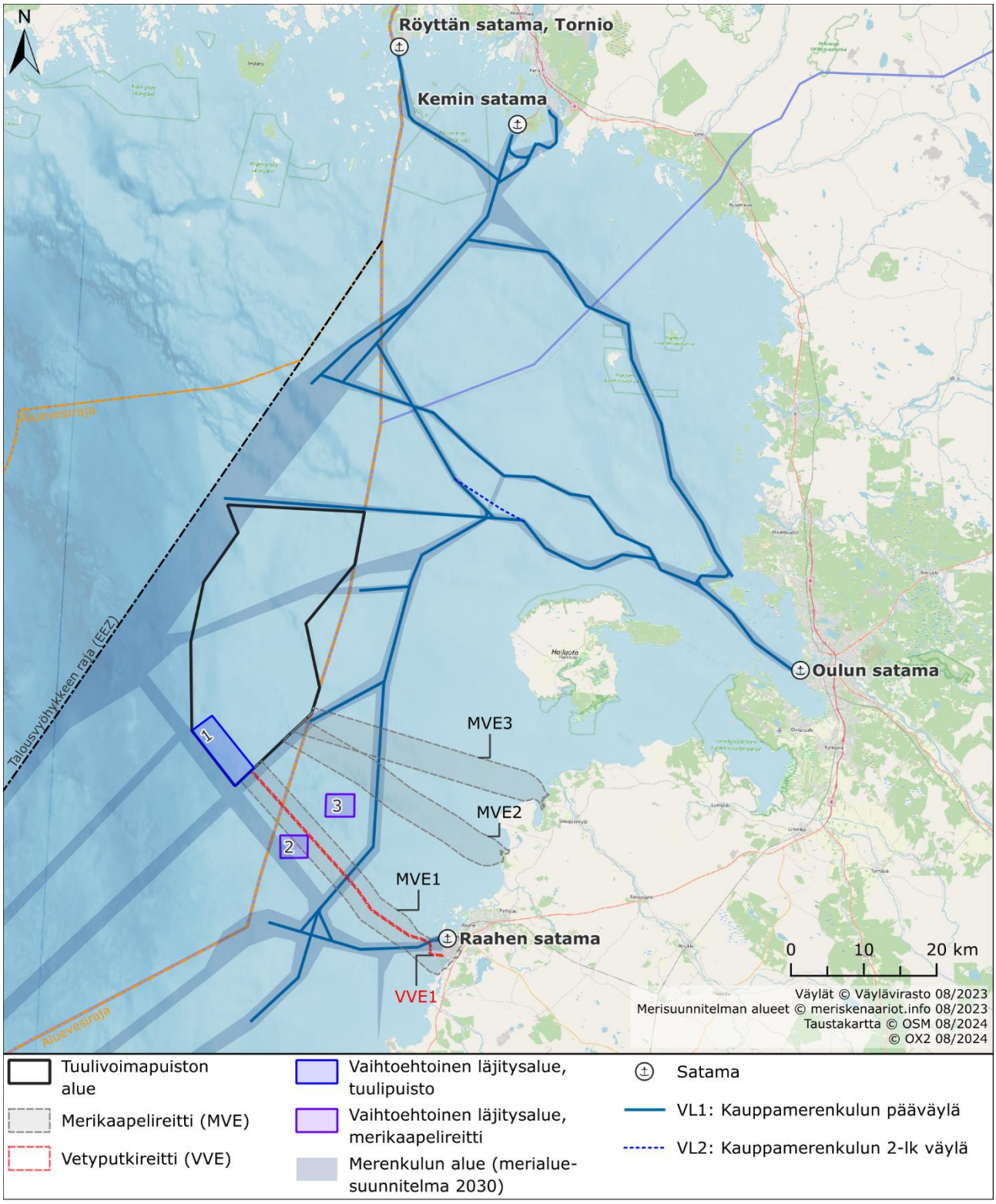
14.2 Nykytila

14.2.1 Satamat

Meriliikenteellä on tärkeä rooli Suomen ulkomaankaupan ja -tavaraliikenteen kannalta, sillä yli 90 % ulkomaankaupasta tapahtuu meritse (*Traficom & Väylävirasto 2023*). Suomen Merialuesuunnitelma 2030 mukaan Perämeren alueella meriliikenteellä on keskeinen merkitys alueen teollisuuden kuljetusten, saavutettavuuden ja kilpailukyvyn kannalta. Alueelle sijoittuu merkittävää metalli-, metsä- ja kemianteollisuutta, joiden kuljetuksia meriyhteydet palvelevat. Rannikkovesien mataluuden vuoksi satamiin johtavat meriväylät ovat ratkaisevan tärkeitä (*Pohjanmaan liitto ym. 2020*). Hankkeen keskeisellä vaikutusalueella sijaitsee kolme Euroopan unionin

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

TEN-T (Trans European Transport Network) kattavan verkon kansainvälisesti merkittävää satamaa: Oulu, Raahe ja Kemi. Myös Torniossa sijaitsee merkittävä satama. Satamien sijainnit on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 14-1).



Kuva 14-1. Hankkeen vaikutusalueen merkittävimpien satamien sijainnit ja niihin johtavat laivaväylät sekä Suomen merialuesuunnitelma 2030 mukaiset merenkulun alueet.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oulun satama on Perämeren suurin yleissatama, jossa on kolme osaa: Oritkari, Nuottasaari ja Vihreäsaari. Satamassa käy vuosittain noin 350–450 alusta ja merkittävimmät tavararyhmät ovat metsäteollisuustuotteet, nestemäiset polttoaineet ja metsäteollisuuden raaka-aineet (*Oulun Satama Oy 2023*).

Raahen satamassa käy vuosittain noin 500–600 alusta kuljettaen erilaisia raaka-aineita ja irtolasteja, terästä, sahatavaraa, kontteja sekä projektiluontoisia laivauksia. Teräsyhtiö SSAB:lla on suuri tuotantolaitos Raahessa, jonka vienti- ja tuontitarpeita satama muun muassa palvelee. (*Raahen Satama Oy 2023*)

Kemin satama koostuu kolmesta osasta: Ajoksen satamasta, Veitsiluodon satamasta ja Öljysatamasta, joka on osa Ajoksen satamaa. Sataman vuosittainen alusmäärä on ollut viime vuosina noin 340–440 alusta. Ajoksen kautta kulkee muun muassa kontteja, metsäteollisuuden tuotteita ja erilaisia bulk-tuotteita. Satamaa ollaan laajentamassa liittyen Kemiin rakennettavan Metsä Fibren biotuotetehtaan tarpeisiin siten, että laajennus valmistuu vuonna 2023. Satamaan johtavaa meriväylää ollaan syventämässä 12 metriin nykyisestä 10 metristä. Öljysataman kautta tuodaan öljy- ja kemikaalituotteita. Veitsiluodon satama on palvellut lähinnä Stora Enson Veitsiluodon tehtaan tuontikuljetuksia, mutta tehdas suljettiin syksyllä 2021. (*Kemin Satama Oy 2023*)

Tornion Röyttän satamassa liikennöi vuosittain noin 500 alusta. Sataman viennissä teräksen ja ferrokromin osuudet ovat merkittävimmät. Kierrätysteräs, koksi, kalkkikivituotteet ja maakaasu muodostavat pääosan tuonnista. Sataman suurin käyttäjä on viereinen Outokumpu Oyj:n Tornion terästehdas. (*Oy M. Rauanheimo Ab 2023*)

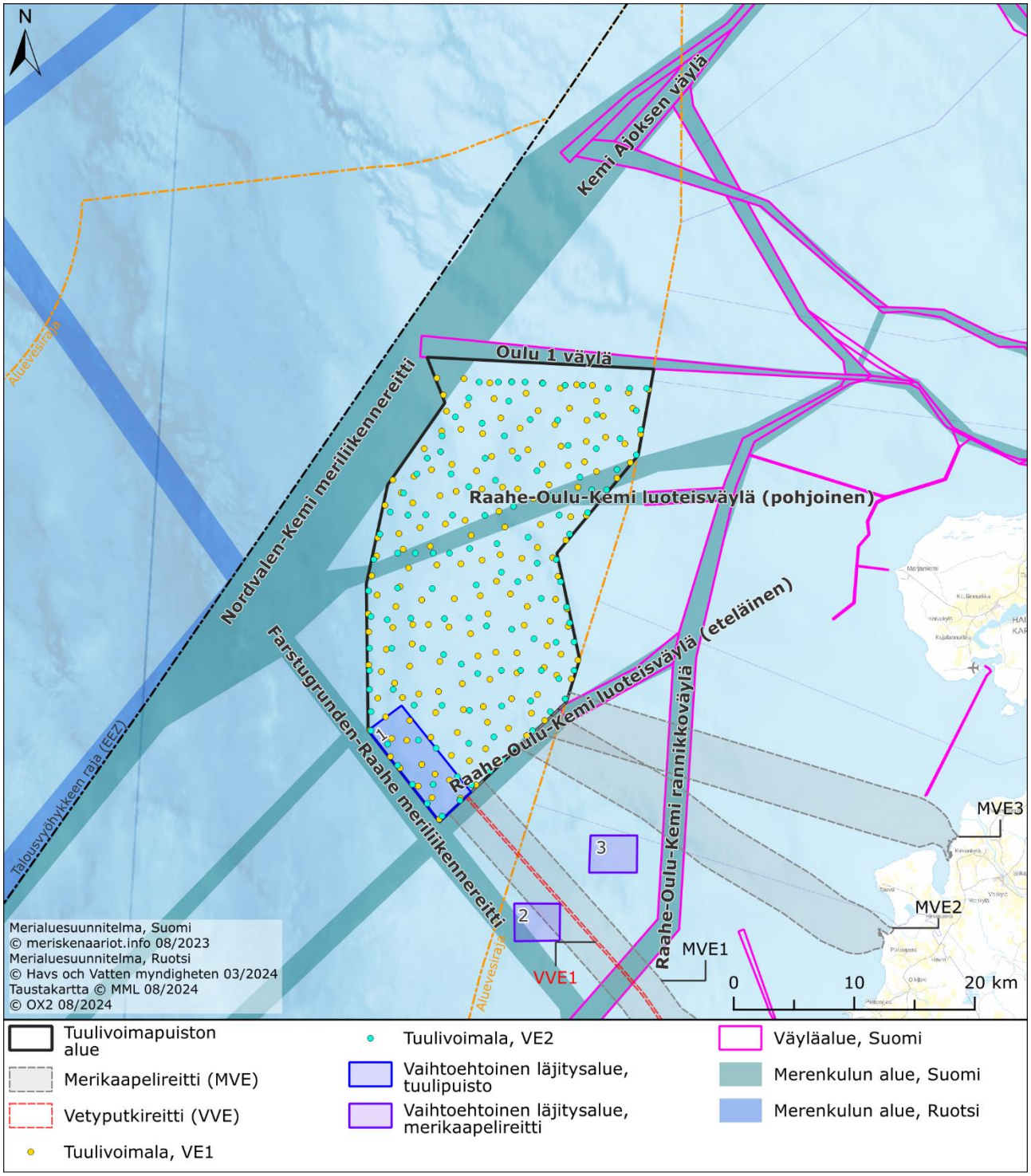
14.2.2 Meriväylät ja merenkulun liikennöintialueet

Meriväylät ovat päätepisteidensä välille maastoon tai kartalle merkittyjä ja ylläpidettyjä yhtenäisiä kulkureittejä vesialueella. Meriväylistä puhuttaessa tarkoitetaan yleensä koko väyläaluetta, joka on väylän reunalinjojen rajaama alue. (*Traficom 2021a*) Meriväylät on jaettu kuuteen eri väyläluokkaan niiden käyttötarkoituksen mukaan. Väyläluokat 1 ja 2 ovat kauppamerenkulun väyliä. Väyläluokka 3 tarkoittaa hyötyliikenteen matalaväylää, jotka on rakennettu ensisijaisesti muuta hyötyliikennettä kuin kauppamerenkulkua varten. Väyläluokat 4–6 ovat veneilylle tarkoitettuja väyliä. (*Traficom 2021b*)

Meriliikennettä on myös virallisten väyläalueiden ulkopuolella. Meriliikenteen liikkeitä seuraavan AIS-datan avulla voidaan erottaa väylien ulkopuolisia paljon liikennöityjä ja tärkeitä merenkulun liikennöintialueita (jatkossa meriliikennereitti). (*Traficom & Väylävirasto 2023*) Tällaisia merkittäviä meriliikennereittejä on esitetty Suomen merialuesuunnitelmassa merenkulun alueina, joilla on tärkeä merkitys osana nykyistä ja tulevaa meriliikennettä. (*Pohjanmaan liitto ym. 2020*)

Tuulivoimapuiston ja merikaapelien läheisyydessä sijaitsevat meriväylät ja merenkulun liikennöintialueet ovat esitettynä kuvissa (Kuva 14-2 ja Kuva 14-3).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-2. Kartta Hallan merituulivoimapuiston ja merikaapelien sekä vetyputken läheisistä meriväylistä ja meriliikennereiteistä.

Väyläviraston meriväylistä tuulivoima-alueen itäpuolelle lähimmillään noin 8 kilometrin etäisyydelle sijoittuu pohjois-etelä suunnassa kulkeva Raahe-Oulu-Kemi-rannikkoväylä (VL 1, syvyys 8–10 m). Merikaapelireittivaihtoehto MVE1 sekä vetyputkireitti VVE1 risteää rannikkoväylän kanssa Raahen edustalla (Kuva 14-4). Vaihtoehdot MVE2 ja MVE3 puolestaan risteävät rannikkoväylän kanssa Siikajoen edustalla (Kuva 14-6). (*Väylävirasto 2024a*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Rannikkoväylältä lähtee tuulivoima-alueen suuntaan kaksi meriväylää: tuulivoima-alueen kaakkoiskulman edustalle päättyvä Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläinen linjaus (VL 1, syvyys 10 m) sekä tuulivoima-alueen länsireunalle noin 3 kilometrin etäisyydelle päättyvä Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän pohjoinen linjaus (VL 1, syvyys 10 m). Luoteisväyliä käytetään vaihtoehtoisina reitteinä Oulun satamaan. MVE3 risteää luoteisväylän eteläisen linjauksen kanssa (Kuva 14-6). (*Väylävirasto 2024a*)

Hallan tuulivoimapuiston pohjoispuolelle sijoittuu Oulun satamaan johtava Oulu 1 väylä (VL 1, Syvyys 10 m), jonka väyläalueeseen tuulivoima-alue rajautuu (Kuva 14-2) (*Väylävirasto 2024a*).

Oulun satamaan johtaa myös pohjoisempi Oulun väylä (VL 1, syvyys 12,5 m), joka sijoittuu Hallan pohjois- ja koillispuolelle lähimmillään noin 16 kilometrin etäisyydelle (*Väylävirasto 2024a*).

Tuulivoima-alueesta pohjoiseen noin 16,5 kilometrin etäisyydelle päättyy Kemin ja Tornion satamiin johtava Kemi Ajos väylä (VL 1, syvyys 12 m) (Kuva 14-2) (*Väylävirasto 2024a*).

Raahen satamaan johtaa Raahen väylä (VL 1, syvyys 10 m), jolta matkaa merituulivoima-alueen rajalle on noin 19 kilometriä. Merikaapelireittivaihtoehto MVE1 sekä vetyputkireitti VVE1 risteävät väylän kanssa Raahen sataman edustalla (Kuva 14-5). (*Väylävirasto 2024a*)

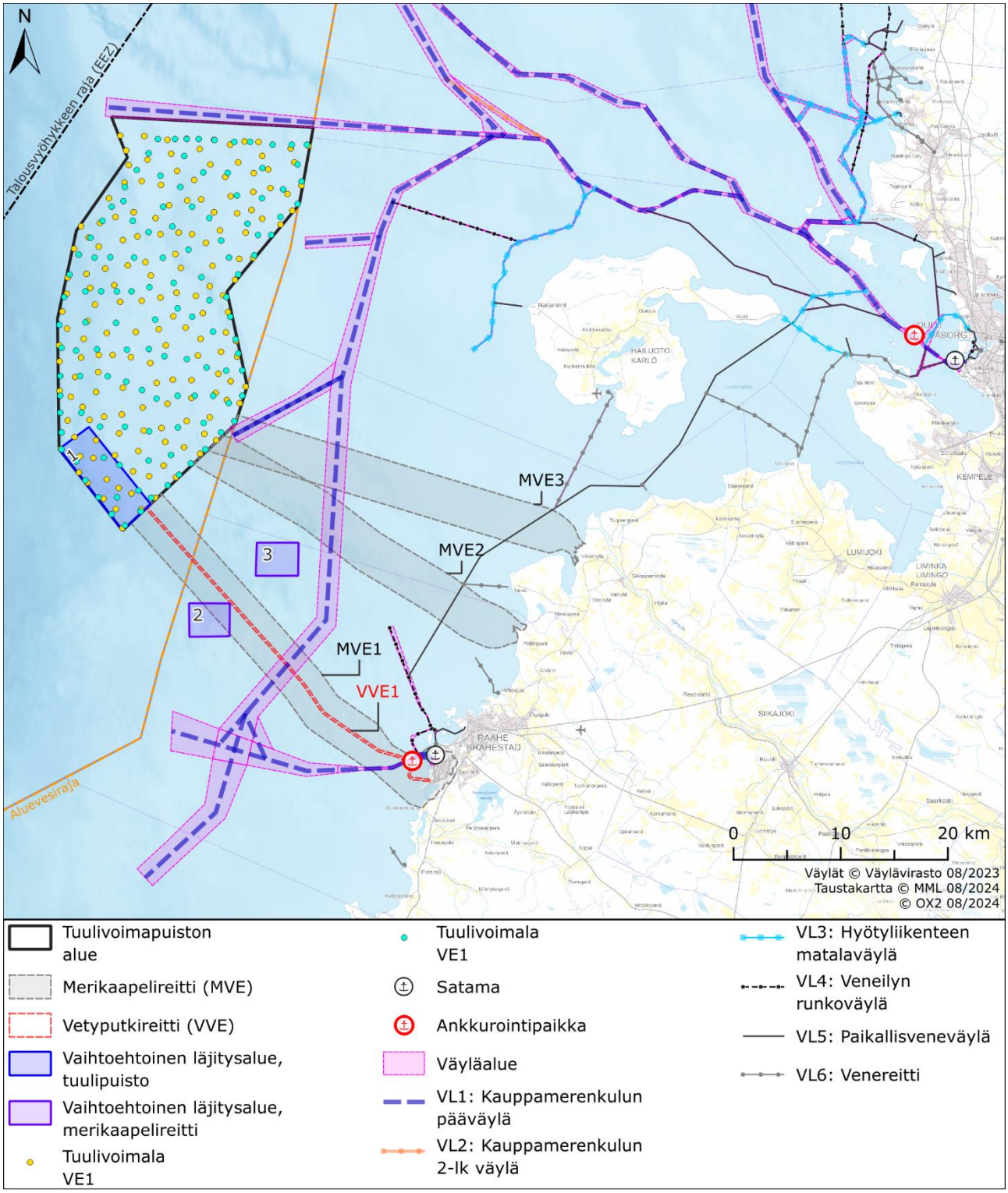
Hankealueen läheisyydestä on tunnistettavissa useampi merkittävä meriliikennereitti. Esimerkiksi tuulivoimapuiston länsipuolelta ohittava Nordvalen – Kemi meriliikennereitti sekä tuulivoimapuiston lounaispuolelta ohittava Farstugrunden – Raahe meriliikennereitti ovat lyhimmät meriliikennekelpoiset alueet kahden pisteen välillä (Kuva 14-2). (*Sweco 2023a*, liite 16)

Meriliikenne jatkuu myös päättyvien väyläalueiden ulkopuolella. Haasteellinen kohde on Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän pohjoinen linjaus, jonka päätepiste asettuu keskelle tuulivoima-alueen länsireunaa. Väylän jatko Nordvalen-Kemi meriliikennereitille kulkee Hallan tuulivoima-alueen läpi (Kuva 14-2). (*Pohjanmaan liitto ym. 2020*)

Hallan tuulivoima-alueen läpi kulkee AIS-datan ja Traficomin tietojen perusteella merijään esiintymisen aikaan epävirallinen luotsausreitti. Sitä käytetään syvyysvarmistettuna alueena luotsaukseen aluksille, joilla on suurimmat syväykset. Tämä ei ole kuitenkaan vakiintunut yhteys ja sitä ei siksi esitetä virallisilla kartoilla. (*Sweco 2023a*, liite 16)

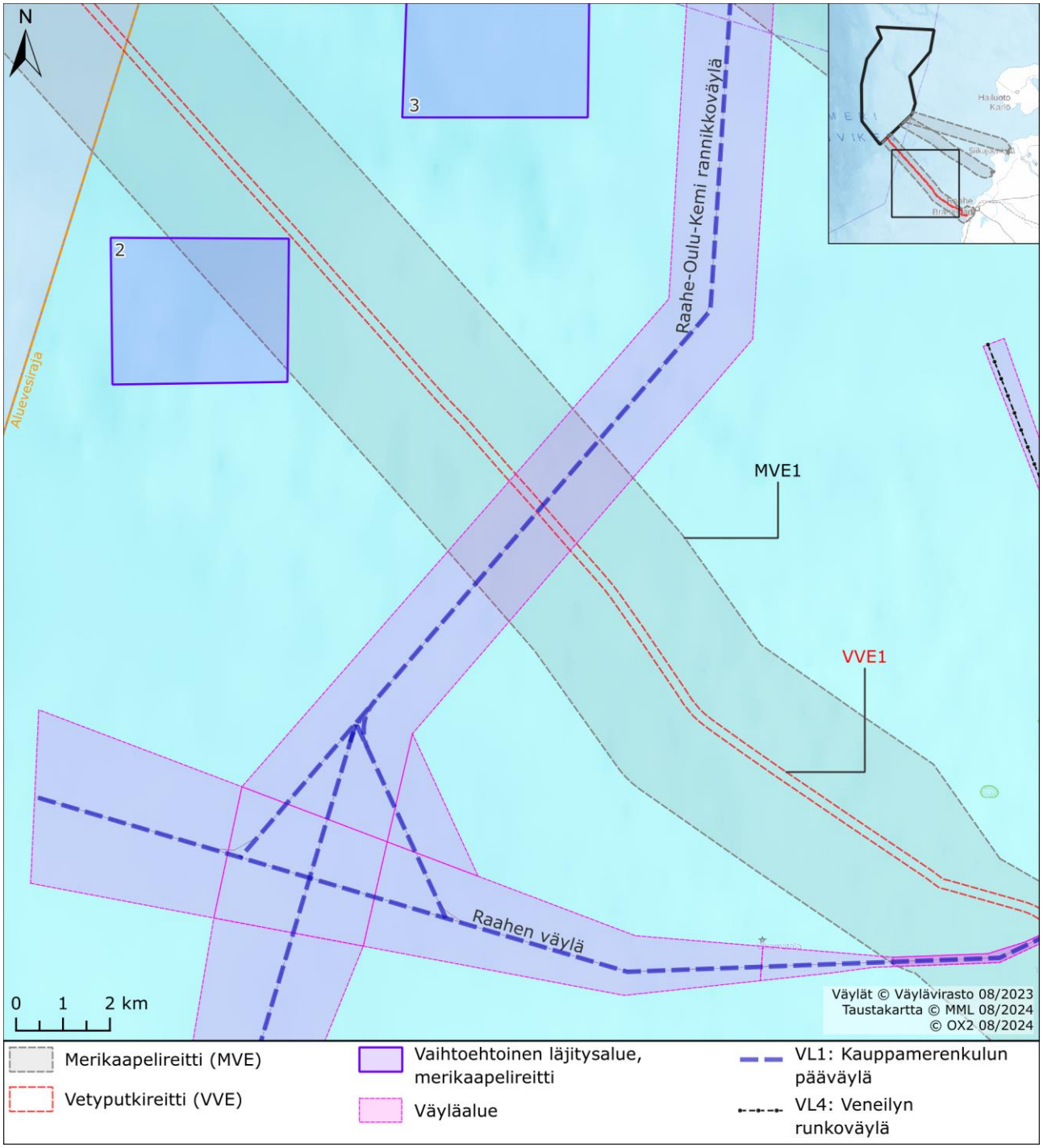
Kauppamerenkulun väylien lisäksi Hailuodon ja mantereen edustalla sijaitsee useita veneliikenteen matalaväyliä. Merikaapelireittivaihtoehdot MVE2 ja MVE3 risteävät Siikajoen edustalla Siikajoen väylän (VL 5, syvyys 1,7 m) kanssa (Kuva 14-7). (*Väylävirasto 2024a*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



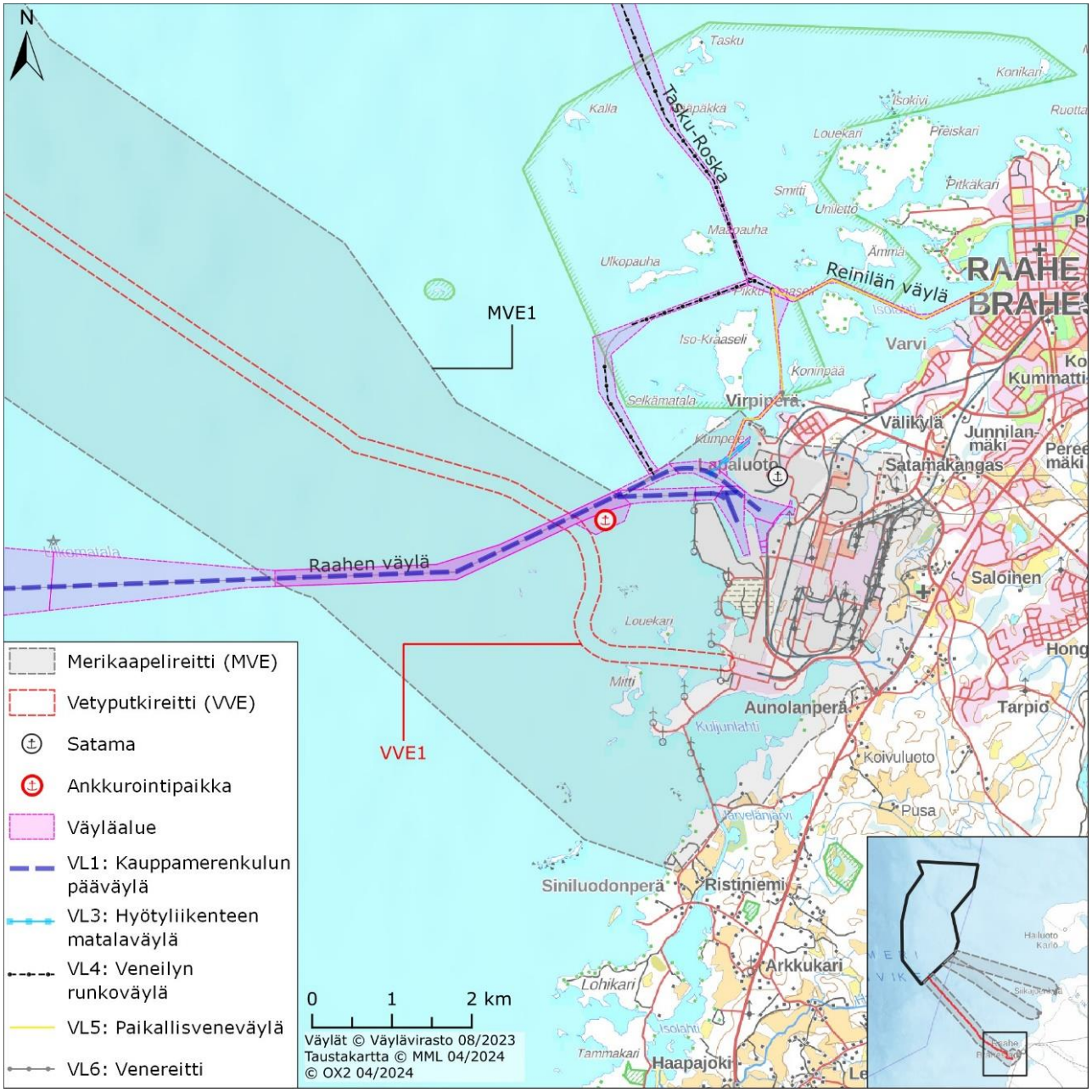
Kuva 14-3. Hallan hankealueen läheiset viralliset meriliikenneväylät.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



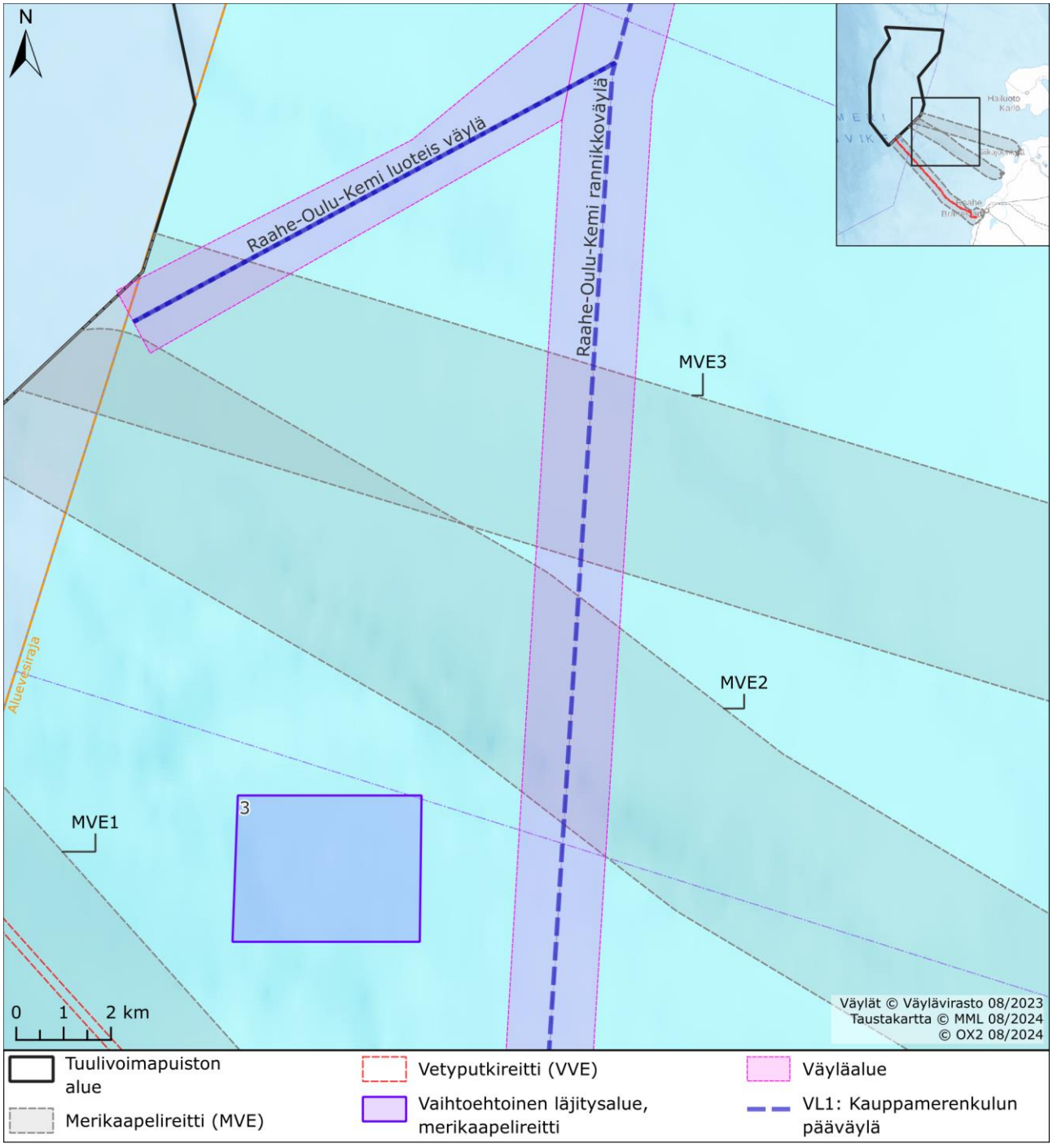
Kuva 14-4. Merikaapelireitin MVE1 ja Vetyputkireitin VVE1 läheiset meriväylät.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



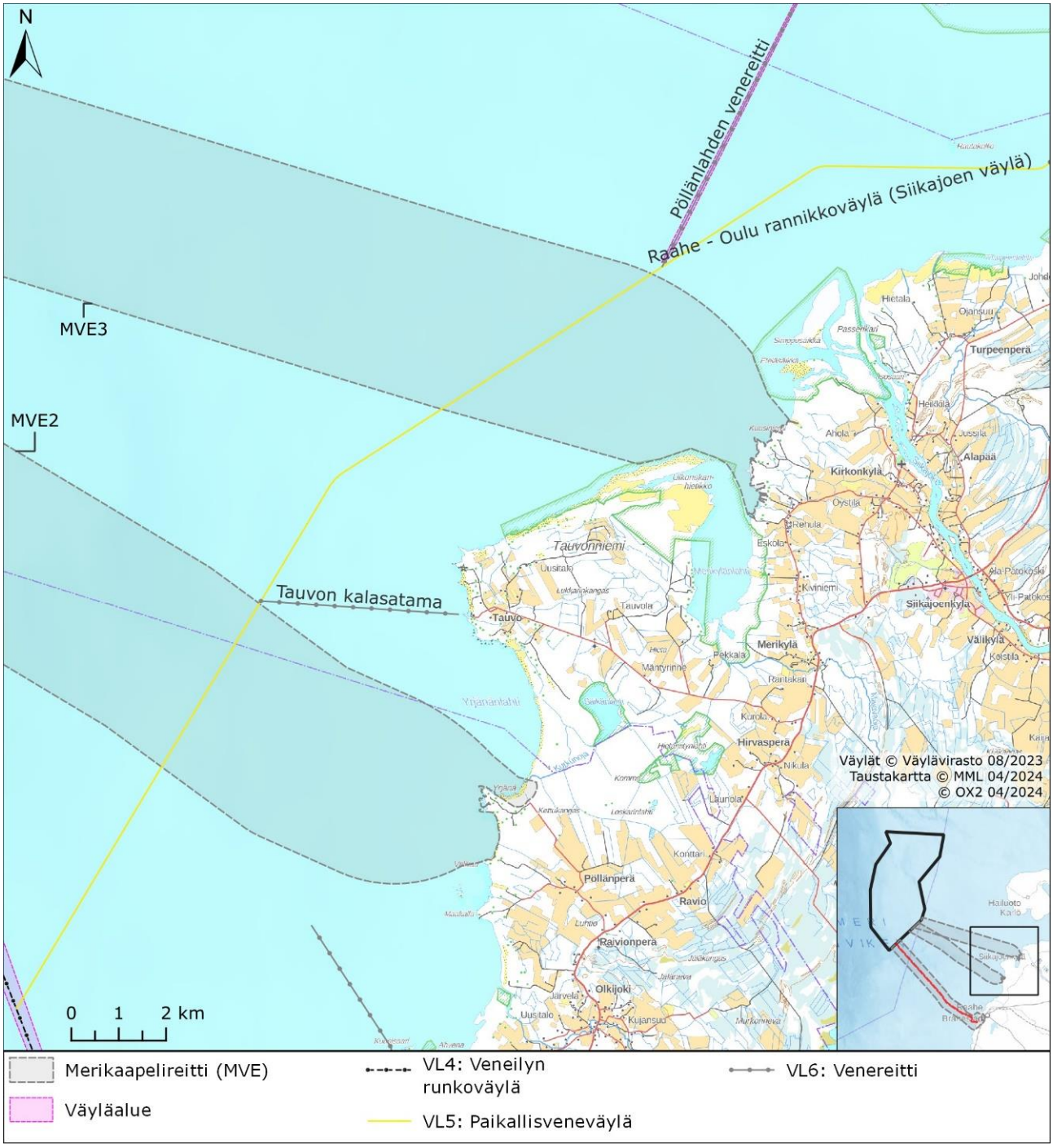
Kuva 14-5. Merikaapelireitin MVE1 ja Vetyputkireitin VVE1 rantautumispisteiden läheiset meriväylät.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-6. Merikaapelireittien MVE2 ja MVE3 läheiset meriväylät.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-7. Merikaapelireittien MVE2 ja MVE3 rantautumispisteiden läheiset meriväylät.

Suojasatamia ei sijaitse hankealueella tai sen läheisyydessä.

14.2.3 Muut läheiset merituulivoimahankkeet

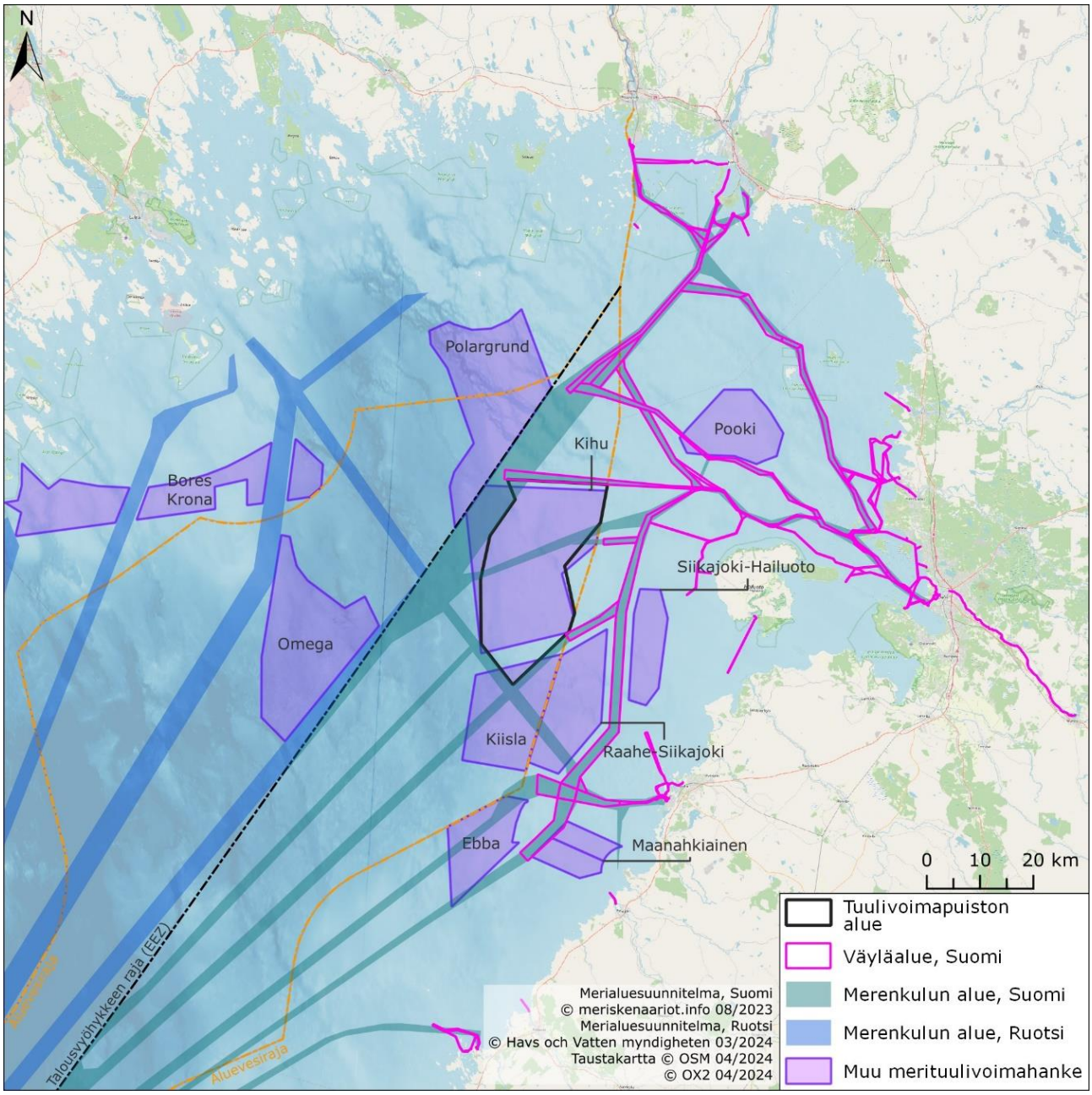
Perämeren alueella Hallan merituulivoimapuiston läheisyyteen on suunnitteilla useita muitakin merituulivoimapuistoja. Ne ovat esitettynä seuraavassa kuvassa (Kuva 14-8).

Perämerelle on suunnitteilla useita merituulivoimahankkeita. Hallaa lähimmät ovat Suomen puolella ovat Kiisla, Kihu, Siikajoki-Hailuoto, Raahe-Siikajoki, Ebba, Pooki ja Maanahkiainen. Yhteisvaikutukset muiden Suomen puolella sijaitsevien, suunnittelun alkuvaiheessa olevien hankkeiden kanssa voidaan arvioida tarkemmin vasta, kun hankkeet ovat pidemmällä. YVA-

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

menettelyssä hankkeiden yhteisvaikutusten arvioinnin vastuu on sillä hankkeella, jonka YVA-menettely seuraa jäljessä eli edellä mainittujen Suomen puolen hankkeiden vastuulle jää huomioida Hallan hanke omissa YVA-menettelyissään.

Lähin Ruotsin puolelle talousvesivyöhykkeelle suunnitteilla oleva merituulivoimapuisto on Skyborn Renewables AB:n Polargrund Offshore ja se sijaitsee lähimmillään noin 2,8 kilometri etäisyydellä Hallan hankevaihtoehdon VE1 tuulivoima-alueesta luoteeseen. Toinen Hallan kannalta merkittävä Ruotsin talousvesivyöhykkeellä sijaitseva merituulivoimahanke Statkraft AS:n Bothnia Offshore Omega on suunnitteilla noin 19 kilometrin etäisyydellä lounaaseen Hallan merituulivoima-alueesta.



Kuva 14-8. Tiedossa olevat Perämeren merituulivoimahankkeet ja niiden sijainnit.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

14.2.4 Merijää

Merituulivoimapuisto sijaitsee Perämeren alueella, jossa esiintyy vuosittain merijäätä. Itämeren alueella jäätä esiintyy kiintojäänä ja ajojäänä. Kiintojää on paikallaan pysyvää jäätä, joka on kiinnittynyt saariin, kareihin ja matalikkoihin. Tyypillisesti kiintojäätä esiintyy saaristossa ja rannikolla, missä veden syvyys on usein alle 20 metriä. Ulapoilla merijää on ajojäätä, joka liikkuu virtausten ja tuulen voimasta. Itämerelle ei ole pysyviä voimakkaita merivirtoja, joten jään liikkeet aiheutuvat pääosin tuulesta. Ajojään liike aiheuttaa jääkentän hajoamisen jäälautoiksi, joiden halkaisija voi olla useita kilometrejä. Ajojää aiheuttaa liikkeillään railoja ja ahtojäätä. Railoja syntyy, kun ajojää liikkuu kiintojään tai jäätyneen ajojääkentän reunasta ulospäin. Railon leveys voi kovalla tuulella kasvaa vuorokaudessa jopa 10–30 km. Perämerelle muodostuu tyypillisesti kevätaikaan puolikuuksi kutsuttu suurikokoinen railo, joka ulottuu Ruotsin rannikolta Luulajan edustalta Kemin majakan ja Merikallojen kautta aina Raahen ja jopa Kokkolan edustalle. Ahtojäätä syntyy taas, kun liikkuva ajojää kohtaa esteen kuten kiintojään reunan. Tällöin jää kasaantuu eli ahtoutuu. Matalikkojen kohdalla ahtaumat ankkuroituvat pohjaan ja voivat kasvaa näkyvältä, pinnan päälliseltä osalta jopa kymmenmetrisiksi. Ahtojäätä esiintyy myös keskisillä merialueilla, missä mutkittelevat ahtojäävallit syntyvät jäälauttojen puristuessa toisiaan vasten ja rikkoutuneiden palasten kasautuessa vedenpinnan ala- ja yläpuolelle. Kelluvien ahtojäävallien näkyvä osa on tyypillisesti 0,5–1,5 metriä korkea. (*Ilmatieteen laitos 2022b*)

Laajojen merijääkenttien liikehdintä on tyypillinen ilmiö Itämerellä. Puristuva jääkenttä voi vaurioittaa merirakennelmia, kuten majakoita ja merituulivoimaloita, tai jäihin juuttuneita laivoja. Ahtautuma-alueet ja sohjovyöt vaikeuttavat Itämerellä eniten talvista meriliikennettä. Voimakkaat, jäävahvistetut alukset voivat murtaa yli puolimetristä tasaista jäätä, mutta ne eivät pysty liikkumaan paksuissa ahtojäissä tai sohjovöissä ilman jäänmurtajien avustusta. Myös jääkentässä esiintyvä puristus vaikeuttaa liikennettä. Jäiden voimakas puristus saattaa olla kauppa-aluksille jopa vaarallista, ja se voi myöhästyttää niitä jopa vuorokausia. (*Ilmatieteen laitos 2022b*)

Merijää aiheuttaa vaikutuksia meriliikenteen käyttämiin reitteihin. Pohjanlahden talvimerenkulussa alusliikenne ohjataan Suomen ja Ruotsin yhteistoiminnassa kulkemaan pitkin helpompia alueita alusten lähtö- ja määräsatamasta riippumatta (*Traficom & Väylävirasto 2023*). Talvimerenkulussa ei siis välttämättä pystytä noudattamaan suorinta mahdollista reittiä, vaan liikennöinnissä on etsittävä parasta reittiä liikkuvassa jäämassassa. Tämän vuoksi erilaisina talvina meriliikenteen reitit saattavat poiketa toisistaan selvästi ja ne eroavat usein myös jäättömän ajan reiteistä. VTS eli meriliikenteen ohjauksen aluspalvelu yhteistyössä jäänmurtajien kanssa ohjaavat talviaikaista liikennettä Perämerellä ja ne määrittelevät reitit, joita tulee noudattaa. Määritettyjen reittien ulkopuolelle lähteminen on riskialtista ja voi johtaa pitkään odotusaikaan jäihin juuttumisen tapauksessa. Optimaalisimpien kulkureittien käyttäminen jääolosuhteissa on keskeinen tekijä ylläpidettäessä sujuvaa ja vähäpäästöistä merenkulkua talviaikaan. Väyläviraston tehtävänä on tarjota jäänmurtaja-apua Suomen satamissa käyville aluksille tarvittaessa ja paikalliset jääolosuhteet määräävät tarpeen jäänmurrolle. Traficom määrittää tarvittavan jääluokan liikennöiville aluksille. Suomalaiset jäänmurtajat avustavat vain aluksia, jotka täyttävät riittävät vaatimukset talvimerenkululle jääluokkamerkinnän perusteella. (*Sweco 2023a,* liite 16)

14.2.5 Merituulivoimapuistojen turvaetäisyydet

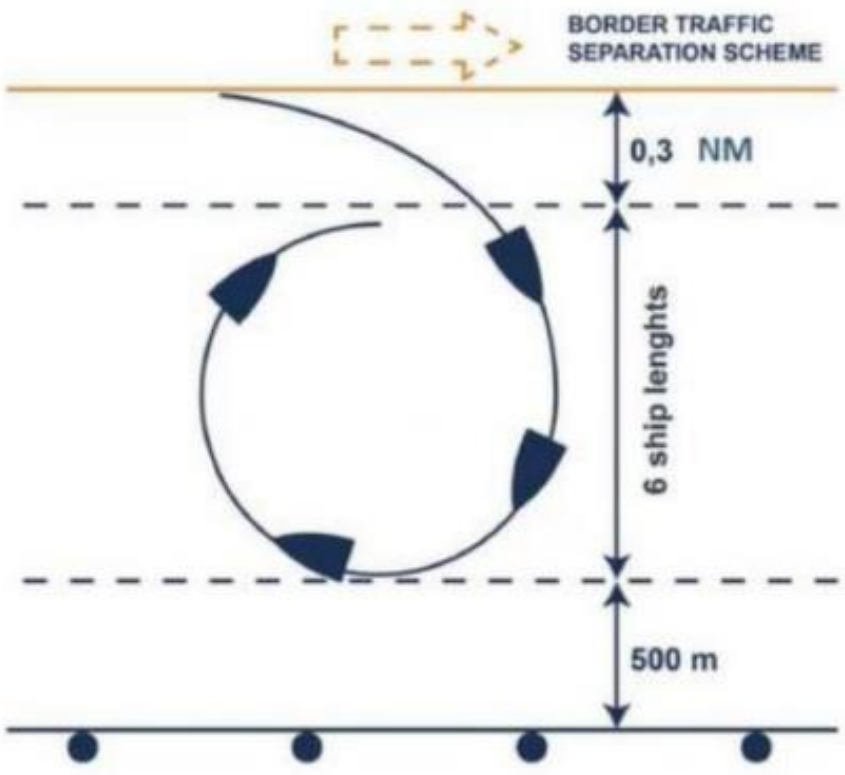
Lähtökohtaisesti merituulivoimaloiden ja meriliikenteen turvaetäisyys valitaan tapauskohtaisesti riippuen esimerkiksi tuulivoimapuiston sijainnista, maantieteellisistä näkökohdista ja alueen alusliikenteestä (*Sweco 2023b, liite 17*). Suomessa ei toistaiseksi ole esimerkiksi lainsäädäntöä, joka määräisi minimietäisyyden tuulivoimaloiden ja meriliikenteen välille. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom on ohjeistanut, että tuulivoimaloita ei tule suunnitella 1,5 kilometriä lähemmäksi väylän reunalinjoja, ankkurointialueita tai merenkulun suojapaikkoja merenkulun turvallisuuden ja häiriöttömän liikennöinnin varmistamiseksi. Talousvyöhykkeellä reittijakojärjestelmien, ulkomerellä merenkulun liikennöintialueiden sekä väylien lähestymisalueiden ja merituulivoima-alueiden välinen etäisyys tulee olla tapauksesta riippuen 1–2 tai 1–3 merimailia (noin

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

1,9–5,6 km). Talvimerenkulun kannalta haasteellisiksi tiedetyillä alueilla suojaetäisyyksien tarve voi olla kuitenkin edellä mainittuja suosituksia suurempi. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Merituulivoimapuistojen turvaetäisyyksille on olemassa erilaisia kansallisia linjauksia ja myös suuri vesiväylä- ja satama-alan kansainvälinen järjestö PIANC (The World Association for Waterborne Transport Infrastructure) on luonut omat suosituksensa merituulivoiman turvaetäisyyksistä meriliikenteeseen. PIANC:n konseptisuunnitelma tarjoaa konservatiivisen turvallisuussuosituksen etäisyydestä tuulivoimaloiden ja alusten välille jäättömiin olosuhteisiin. Konseptisuunnittelun mukainen suositus on seuraava: etäisyys aluksesta tuulivoimapuistoon tulee olla sellainen, että alus pystyy suorittamaan täydellisen 360 asteen väistöliikkeen (käännöksen). Tällainen etäisyys on arvioitu saavutettavan 5 aluksen pituudella. Jotta häiriöille jää tilaa, niin käännösetäisyydeksi on konservatiivisesti arvioitu noin 6 aluksen pituutta. Lisäksi tuulivoimapuistolle voidaan määrittää enintään 500 metrin pituinen turvavyöhyke, jolle alus ei saisi päätyä. Jotta voidaan varmistaa turvallinen väistöliike myös muiden lähellä olevien alusten yhteydessä, niin oikealle puolelle turvaetäisyyteen lisätään 0,3 merimailin matka. Aluksen vasemmalle puolelle vastaavaa lisäystä ei tarvita. Tätä turvaetäisyyttä suositellaan tuulivoimapuiston ja lähimmän reittijakojärjestelmän (TSS, Traffic Separation Scheme) välillä, jossa on selvää mistä etäisyys voidaan mitata. (*Sweco 2023a*, liite 16)

Kuva 14-9 havainnollistaa PIANC:n konseptisuunnitelmaa reittijakojärjestelmän ja tuulivoimapuiston välisestä turvaetäisyydestä.



Kuva 14-9. Reittijakojärjestelmän ja merituulivoima-alueen välinen turvaetäisyys PIANC:n konseptisuunnitelman mukaan (360 asteen käännös oikealle puolelle). (Sweco 2023a, liite 16)

PIANC:n suositteleman yksityiskohtaisen suunnittelun avulla turvaetäisyyttä voidaan kuitenkin mahdollisesti muuttaa perusteellisen meririskianalyysin jälkeen pienemmäksi. Hallan tuulivoimapuiston alueella luotu navigaatioriskitarkastelu ja sen liitteet pyrkivät muodostamaan tällaisen yksityiskohtaisen suunnitelman. (*Sweco 2023b*, liite 17)

Kansainväliset merenkulun ja merituulivoiman turvaetäisyyssuositukset eivät sovellu Suomeen sellaisenaan, sillä Suomen rannikko- ja talviolosuhteet poikkeavat merkittävästi alueista, joille merituulivoimapuistoja tyypillisesti rakennetaan maailmalla. Perämeren alueella ei esimerkiksi

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ole tällä hetkellä voimassa olevaa reittijakojärjestelmää. Reittijakojärjestelmä olisi turvallinen tapa järjestää merenkulun liikennöinti alueella, jossa tuulivoimapuistot sijaitsevat vilkkaan merenkulun liikennöintialueen molemmin puolin. Jääolosuhteet luovat kuitenkin haasteen reittijakojärjestelmän kannalta, sillä ne vaikuttavat suuresti merenkulun käyttökelpoisiin reitteihin. Suomen reittijakojärjestelmien alueella on tyypillistä, että ne poistuvat jääolosuhteiden edellyttäessä viranomaismääräyksellä tilapäisesti pois käytöstä. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

14.2.6 Merenkulun tutka- ja paikannusjärjestelmät sekä langattomat viestintäverkot

Jokaisessa kauppa-aluksessa on tutkajärjestelmä, jota käytetään navigointiin ja aluksen ympärillä olevien kohteiden havainnointiin. Häiriöttömästi toimiva aluksen tutka varmistaa osaltaan merenkulun turvallisuutta. Väylän molemmille puolille sijoittuvat tuulivoimapuistot tai lähelle väylää sijoitetut tuulivoimalat voivat aiheuttaa ennalta arvaamattomia tutkaheijastuksia haitaten merenkulkututkien toimintaa. Lisäksi väylien tai merenkulun liikennöintialueiden risteysalueille sijoitetut tuulivoimalat voivat aiheuttaa varjostusvaikutuksia, joka heikentää alusten merenkulkututkien näkemää viereiselle väylälle tai liikennöintialueelle. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Meriliikenteenohjauksen aluspalvelun (Vessel Traffic Service, VTS) tarkoituksena on valvoa ja ohjata meriliikennettä sekä varmistaa sen turvallisuus ja sujuvuus (*Fintraffic 2024*). Meriliikenteenohjauksen aluspalvelun keskeisin havaintoväline on tutka ja sillä on oltava esteetön näkemä valvonta-alueelleen. Kaikki Suomen kauppamerenkulun väylät ovat liikenteenohjauksen piirissä. Tuulivoimala tai -puisto voi aiheuttaa VTS-tutkalle katvealueen tai virheellisiä heijastussignaaleja, jotka haittaavat tutkavalvontaa sekä heikentävät alusten havaitsemista ja paikantamista. Lähtökohtaisesti olemassa olevia VTS-tutkia ja niiden rakenteita ei tule siirtää. Tutkanäkyvyyttä on tarvittaessa lisättävä tuulivoimalan tai -puiston rakentamisen vuoksi. Tällöin uusi tutka-asema on sijoitettava siten, että liikenteenohjauksella on käytössään häiriötön näkymä koko valvontasektorille. VTS-tutkia käytetään myös rannikon ja väylien lähestymisalueiden jäätilanteen ja jään liikkeen seurantaan. Tämä käyttömahdollisuus ei saa häiriintyä tuulivoimaloiden takia. Mikäli rakennettu tuulivoimapuisto vaikuttaisi alueen talvimerenkulkuun tai sen järjestämiseen alueella, jäätilanteen ja jäiden liikkumisen seurantaan soveltuvien kameroiden ja/tai tutkien lisäämisellä tuulivoimaloiden rakenteisiin parannetaan jäätilanteen kokonaiskuvan seurantaa sekä jäänmurtoavustustarpeen oikea-aikaista kohdentamista alueelle. Merenkulun liikennöintialueiden läheisyyteen sijoittuvat tuulivoimapuistot lisäävät tutkavalvonnan ja -seurannan tarpeellisuutta, ja laajemmalla tutkaverkolla merenkulun turvallisuutta ja sujuvuutta on mahdollista parantaa merkittävästi. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Tuulivoimalat voivat vaikuttaa myös alusten satelliittipaikannukseen, eli GNSS-järjestelmiin (Global Navigation Satellite System) siten, että satelliittien signaalit heijastuvat tuulivoimaloiden kautta aiheuttaen virheellisen paikannuksen järjestelmää käyttävälle alukselle. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Kansainvälisten sopimusten mukaisesti jokaisella rantavaltiolla on oltava rannikkoradioasema, joka vastaa merenkulun turvallisuusradioliikenteestä. Turku Radio on Suomen kansallinen rannikkoradioasema, joka vastaa Suomessa rannikon turvallisuusradioliikenteestä käyttämillään VHF-kanavillaan. Tuulivoimalan rakenteet voivat vaikuttaa VHF-aaltojen etenemiseen sekä aiheuttaa yhteyksien katkeamista. Mikäli rakennettu tuulivoimapuisto aiheuttaa häiriötä tai haittaa merenkulun langattomille viestintäverkoille, haitta on kompensoitava lisäämällä tukiasemia alueelle siten, että tuulivoimapuiston aiheuttama häiriö tai haitta langattomille viestintäverkoille poistuu. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Tutkajärjestelmien toimiminen luotettavasti on olennainen osa merenkulun yleisen turvallisuuden ylläpitoa. Tuulivoimaloiden vaikutukset tutkien, radionavigointilaitteiden, merenkulun langattomille viestintäverkoille, merenkululle ja liikenteenohjaukselle tärkeiden radiolaitteiden toimintaan on arvioitava tuulivoimahankkeen yhteydessä (*Traficom & Väylävirasto 2023*). Mahdollisten vaikutusten selvittämiseksi konsulttiyhtiö Sweco AB toteutti Hallan merituulivoimapuiston tutkavaikutuksien arviointiraportin osana hankkeen riskinarviointia (*Sweco 2023b*, liite 17).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

14.2.7 Meriliikenteen nykytila ja muutosvoimat

Konsulttiyhtiö Sweco AB tarkasteli Hallan hankealueen lähistöllä vuonna 2022 tapahtunutta meriliikennettä alusten automaattisesta tunnistusjärjestelmästä (AIS) saatavan datan avulla. AIS-datan avulla tutkittiin, kuinka paljon alueella oli meriliikennettä, miten ne sijoittuivat alueelle ja millaisia aluksia alueella liikkui. Tiedon visualisointi suoritettiin lämpökarttojen avulla. Merijääkuukausiksi määritettiin vuoden 2022 tammi-, helmi-, maalis-, huhti- ja toukokuu.

Vuoden 2022 AIS-dataa on tarkasteltu, koska se antaa tuoreen kuvan Perämeren alueen meriliikenteestä. Merijäättömään aikaan meriliikenteen käyttämät reitit ovat kohtalaisen vakiintuneita väylien ja meriliikennereittien suhteen, mutta eri vuosien väleillä voidaan silti huomata pieniä eroja. Talviaikaisessa merenkulussa merijään esiintymisen aikaan sen sijaan eri vuosien välillä on hyvinkin suuria eroja meriliikenteen käyttämissä reiteissä jäätilanteen takia. AIS-datan tarkastelussa tulisikin kiinnittää huomiota erityisesti alusmääriin ja -tyyppeihin, joista yhden vuoden ajalta saa hyvän kuvan. Reittien suhteen sen sijaan ei voida tehdä yhtä johdonmukaisia päätelmiä etenkään merijään esiintymisen aikana. Meriliikenteen käyttämät reitit tulevat muuttumaan, jos merituulivoimapuistoja rakennetaan. Tästä syystä alusmäärät ja -tyypit on oleellinen tarkasteltava seikka, ei niinkään käytetyt reitit.

Oheiseen taulukkoon (Taulukko 14-1) on koottu tilasto vuodelta 2022 Hallan tuulivoima-alueen läheisten väylien alustyyppijakaumasta, alusten keskimääräisestä pituudesta ja maksimipituudesta (98,5 % luottamusväli) kuukausina ilman merijäätä ja merijääkuukausien aikana.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 14-1. Alustyyppi- ja pituusjakauma tuulivoima-alueen läheisillä väylillä ja meriliikennereiteillä jäättöminä ja merijääkuukausina vuonna 2022. Alle 2 %:n osuuden muodostavat alukset eivät näy taulukossa. (Sweco 2023a, liite 16)

Väylä/ Meriliikennereitti	Alustyyppi	Keskiarvopituus (m)	Maksimipituus (m) (98,5 % luottamusväli)	Alustyyppi	Keskiarvopituus (m)	Maksimipituus (m) (98,5 % luottamusväli)
	Merijääkuukaudet (Tammikuu-Toukokuu)			Jäättömät kuukaudet (Kesäkuu-Joulukuu)		
Raahe-Oulu-Kemi rannikkoväylä	Rahti- ja ro-ro alukset (61 %)	130	193	Rahti- ja ro-ro alukset (64 %)	134	242
	Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (22 %)			Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (31 %)		
	Avustus- ja turva-alukset (16 %)			Avustus ja turva-alukset (3 %)		
Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän pohjoinen linjaus	Rahti- ja ro-ro alukset (56 %)	132	193	Rahti- ja ro-ro alukset (72 %)	149	201
	Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (26 %)			Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (27 %)		
	Avustus- ja turva-alukset (17 %)					
Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläinen linjaus	Rahti- ja ro-ro alukset (63 %)	123	195	Rahti- ja ro-ro alukset (62 %)	137	242
	Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (17 %)			Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (37,5 %)		
	Avustus- ja turva-alukset (17 %)					
	Matkustaja-alukset (3 %)					
Nordvalen-Kemi Meriliikennereitti	Rahti- ja ro-ro alukset (73 %)	118	190	Rahti- ja ro-ro alukset (87 %)	124	191
	Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (10 %)			Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (10 %)		
	Avustus- ja turva-alukset (9,5 %)			Avustus- ja turva-alukset (2 %)		
Oulu 1 Väylä	Avustus- ja turva-alukset (41 %)	123	176	Rahti- ja ro-ro alukset (83 %)	126	180
	Rahti- ja ro-ro alukset (33 %)			Avustus- ja turva-alukset (17 %)		
	Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (26 %)					
Farstugrunden-Raahe Meriliikennereitti	Avustus- ja turva-alukset (55 %)	142	226	Rahti- ja ro-ro alukset (58 %)	143	187
	Rahti- ja ro-ro alukset (45 %)			Avustus- ja turva-alukset (38 %)		
				Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (4 %)		
Luotsausreitti	Rahti- ja ro-ro alukset (79 %)	124	193		-	-
	Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (10 %)					
	Avustus- ja turva-alukset (10 %)					

Hankealueen läheisillä väylillä alusliikenteestä suurimman osan muodostivat erilaiset rahti- ja roro-alukset, tankkerit sekä erilaiset avustus- ja turva-alukset (jäänmurtajat, luotsialukset ja hinaajat). Alusliikenteen jakauma kuvaa hyvin kauppamerenkulun merkitystä alueella.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

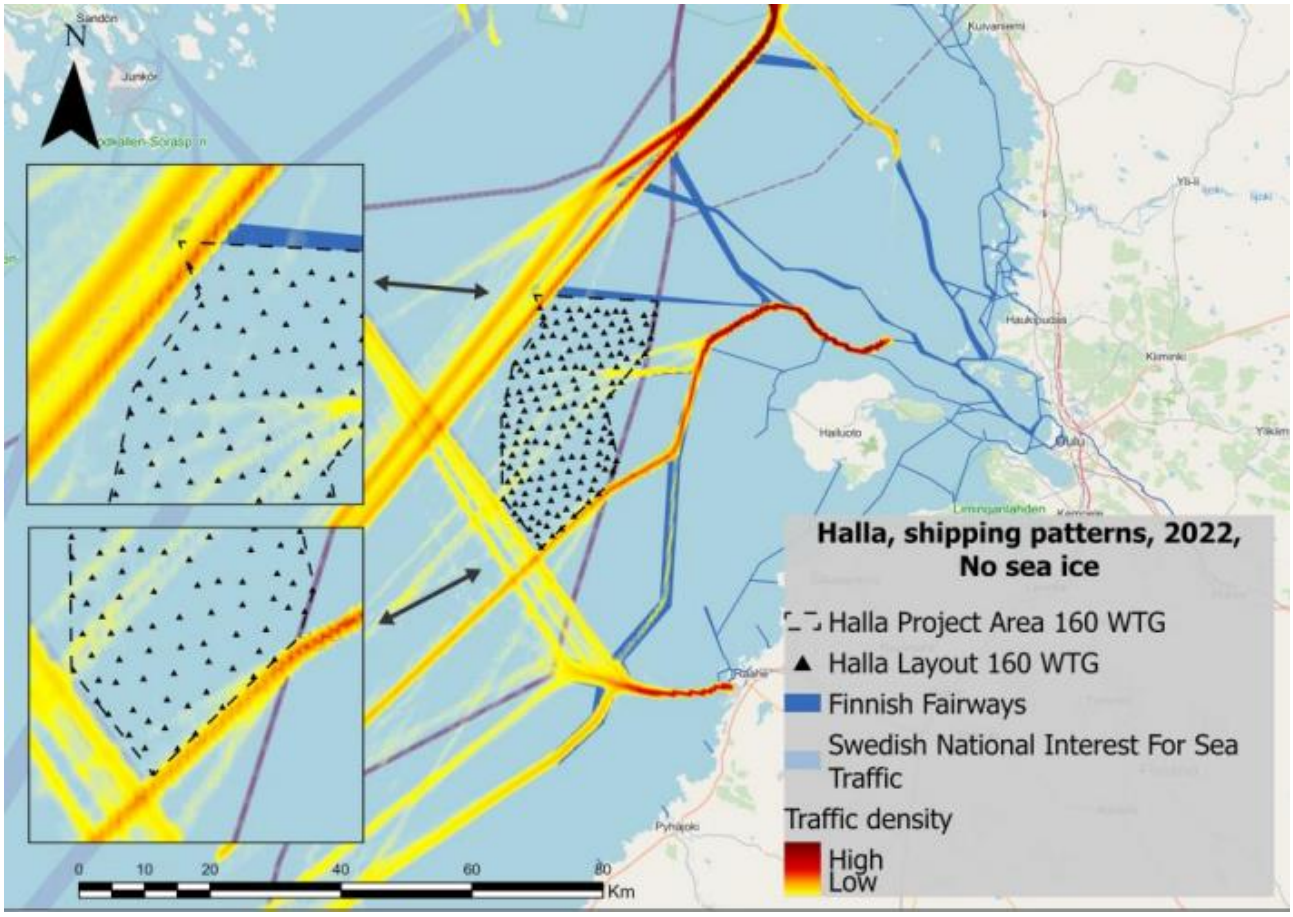
Meriliikenteen määrät Perämeren alueella ovat keskimäärin varsin pieniä verrattuna esimerkiksi muihin Itämeren alueisiin. Oheiseen taulukkoon (Taulukko 14-2) on koottu tuulivoima-alueen läheisten väylien kauttakulkujen määrä yhteensä vuoden 2022 aikana sekä keskimääräinen vuorokausiliikenteen määrä. Taulukossa on eritelty lukemat merijääkuukausien ja jäättömien kuukausien ajalle. Lukemat voivat hieman muuttua, jos meriliikenteen keskiarvo laskettaisiin toisesta poikkileikkauskohdasta.

Taulukko 14-2. Meriliikenteen kauttakulkujen lukumäärä vuodessa ja keskimääräinen alusmäärä päivässä vuodelta 2022 hankealueen läheisillä meriväylillä. Päiväkohtaiset lukema perustuu keskimääräiseen liikenteeseen, eikä ole sen vuoksi tarkka. Lisäksi lukemat ovat yhdeltä poikkileikkaukselta/väylä. Lukumäärät saattavat siis vaihdella toisessa poikkileikkauksessa. (Sweco 2023a, liite 16)

Reitti	Kauttakulut yhteensä (2022)	Keskimääräinen alusmäärä päivässä (*151 päivää)	Kauttakulut yhteensä (2022)	Keskimääräinen alusmäärä päivässä (*214 päivää)
	Merijääkuukaudet		Jäättömät kuukaudet	
Raahe-Oulu-Kemi rannikkoväylä	237	1,6	421	2,0
Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän pohjoinen linjaus	152	1,0	123	0,6
Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläinen linjaus	30	0,2	248	1,2
Nordvalen-Kemi meriliikennereitti	226	1,8	595	2,8
Oulu 1 väylä	27	0,2	6	0,03
Farstugrunden-Raahe meriliikennereitti	55	0,4	142	0,7
Luotsausreitti	330	2,2	-	-

Jäättöminä kuukausina (kesäkuu-joulukuu) selvästi vilkkain alusliikenteen käyttämä reitti oli Hallan tuulivoima-alueen luoteispuolella kulkeva Nordvalen-Kemi meriliikennereitti. Muita merkittäviä väyliä olivat jäättömänä aikana Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläinen linjaus sekä Farstugrunden-Raahe meriliikennereitti. Jäättömien kuukausien alusliikennettä alueella vuonna 2022 on havainnollistettu AIS-dataan perustuvalla lämpökartalla oheisessa kuvassa (Kuva 14-10).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

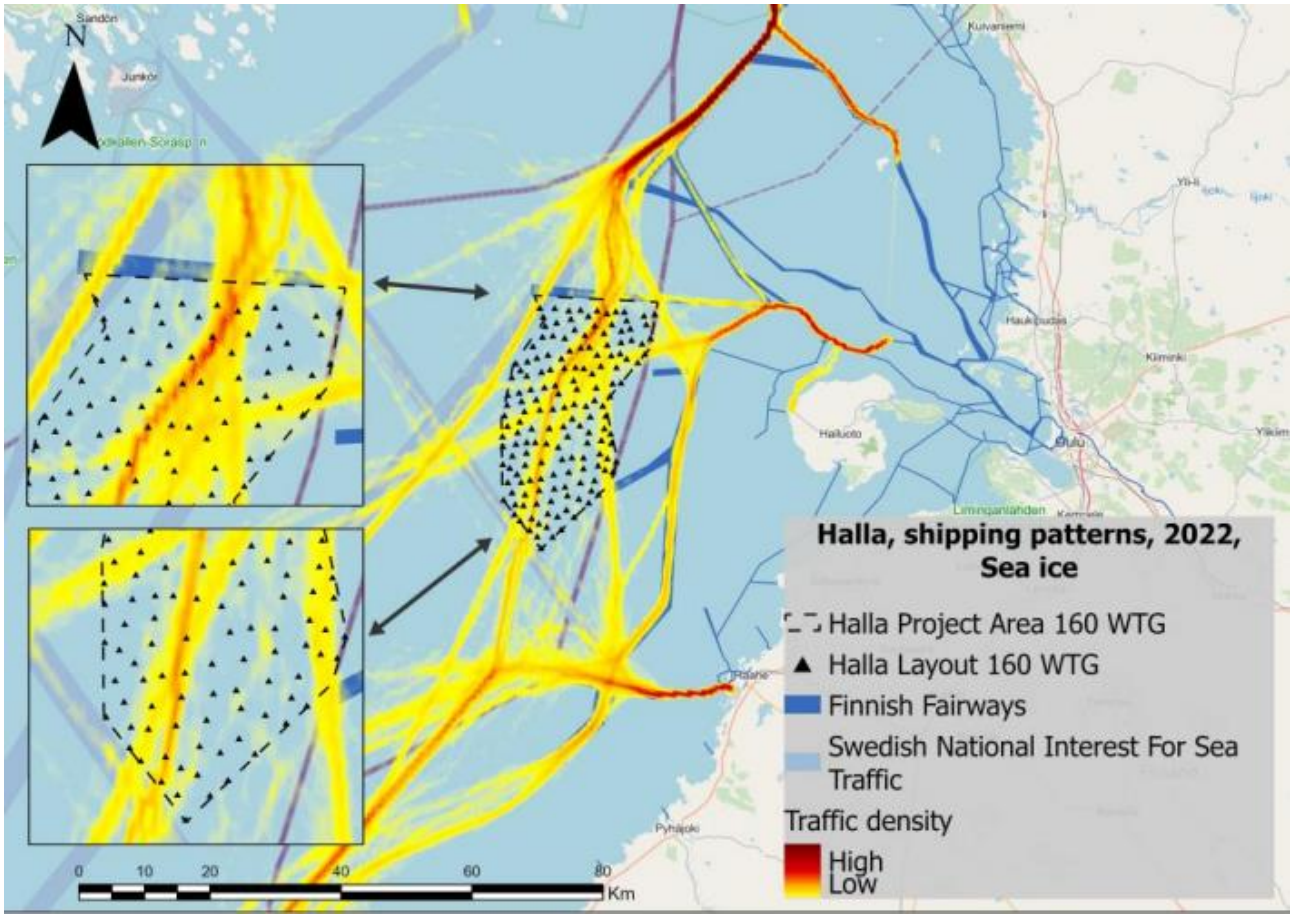


Kuva 14-10: Lämpökartta meriliikenteen käyttämistä reiteistä Hallan ympäristössä merijäättömänä aikana vuonna 2022 (Kesäkuu-Joulukuu). Suuri liikennetiheys kartassa punaisella ja pienemmät keltaisella. (Sweco 2023a, liite 16)

Kuvasta 14-10 voidaan huomata, että merijäättömänä aikana meriliikenne sijoittui suhteellisen hyvin merkityille väylille sekä meriliikennereiteille. Jäättömänä aikana alusliikenne pystyy käyttämään lyhimpiä mahdollisia reittejä, mikä selittää suosittujen reittien suuremmat volyymit. Merkittävä osa alusliikenteestä kulki hyvin lähellä Hallan tuulivoima-alueen reunoja. Selkeästi tuulivoima-alueen sisäpuolella oleva alusliikenne oli vähäisempää ja koostui lähinnä Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän pohjoisen linjauksen liikenteestä.

Merijäällä on huomattava vaikutus meriliikenteen käyttämiin reitteihin. Alusten on tällöin noudatettava Väyläviraston asettamia määräyksiä liikennöintirajoituksia ja reitityksistä, sillä muuten ne eivät ole oikeutettuja jäänmurtoapuun (hätätilanteissa lukuun ottamatta). Vaikutus reitteihin on huomattavissa selkeästi myös tarkastelualueella merijääkuukausina (tammikuu-toukokuu). Vuoden 2022 merijääkuukausien aikaista alusliikennettä alueella on havainnollistettu AIS-dataan perustuvalla lämpökartalla oheisessa kuvassa (Kuva 14-11)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

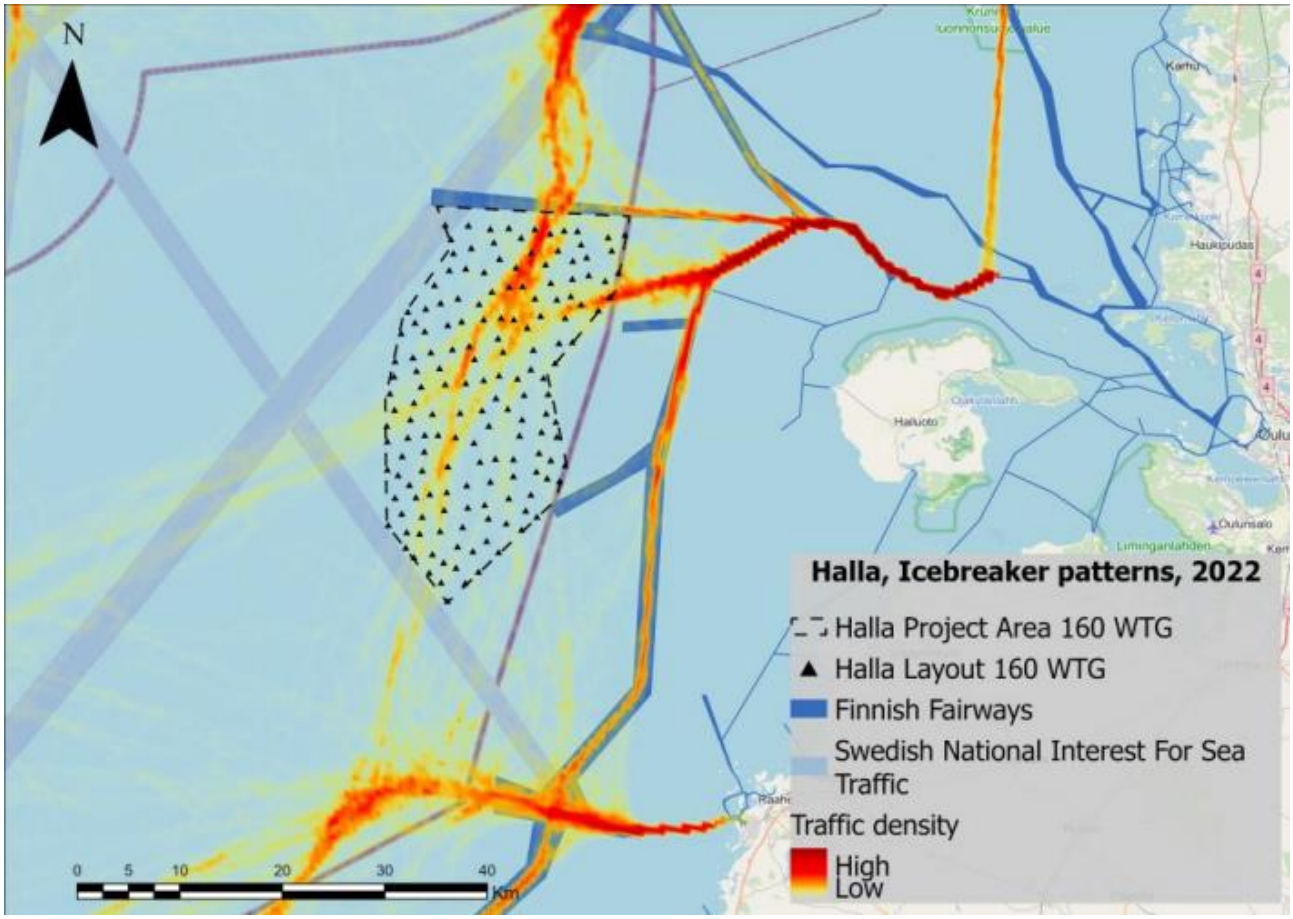


Kuva 14-11: Lämpökartta meriliikenteen käyttämistä reiteistä Hallan ympäristössä merijään esiintymisen aikana vuonna 2022 (Tammikuu-Toukokuu). Suuri liikennetiheys kartassa punaisella ja pienemmät keltaisella. (Sweco 2023a, liite 16)

Kuvasta 14-11 voidaan huomata, että vuonna 2022 merijään esiintymisen aikana meriliikenne oli huomattavasti hajautuneempaa, eikä noudattanut enää yhtä hyvin väylien ja meriliikennealueiden sijaintia.

Merijääkuukausina liikennetiheys Nordvalen – Kemi meriliikennereitillä, Farstugrunden-Raahe meriliikennereitillä sekä Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläisellä linjauksella pienenivät huomattavasti suhteessa merijäättömään aikaan. Hallan tuulivoima-alueella liikennetiheys oli taas huomattavasti suurempaa merijääkuukausina. Tämä selittyy tarkastelemalla jäänmurtajien liikkeitä Hallan lähialueilla merijääkuukausina (Kuva 14-12). Alueella liikkui vuoden 2022 aikana yhteensä 11 erilaista jäänmurtajaa. Jäänmurtajien ja alusliikenteen liikkeet merijään esiintymisen aikana visualisoivat epävirallisen luotsausreitin, jota käytetään syvyysvarmistettuna alueena luotsaukseen aluksille, joilla on suuremmat syväykset. Myös Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän pohjoisen linjauksen merkitys kasvoi merijääkuukausina.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-12: Lämpökartta jäänmurtajien käyttämistä reiteistä Hallan ympäristössä merijään esiintymisen aikana vuonna 2022 (tammikuu-toukokuu). Suuri liikennetiheys kartassa punaisella ja pienemmät keltaisella. (Sweco 2023a, liite 16)

AIS-datan perusteella on selvää, että osa meriliikenteestä joutuu etsimään tuulivoimapuiston perustamisen jälkeen uuden reitin. Lähtökohtana on, että alusliikenne tuulivoimapuiston alueella ei ole sallittua kauppa-aluksille ja lisäksi tuulivoima-alueen reunaan sovelletaan valittua suojaetäisyyssuositusta (esimerkiksi PIANC). Vuoden 2022 AIS-datan perusteella tuulivoima-alueen rajojen sisäpuolella läpikulkuja oli merijään esiintymisen aikana 706 aluksella ja merijäättömänä aikana 519 aluksella. Kun otetaan huomioon yksilölliset suojaetäisyyssuositukset PIANC:n ohjeistuksen mukaisesti, niin kauttakulkuja oli merijään esiintymisen aikana 781 aluksella ja jäättömänä aikana 790 aluksella. Vuonna 2022 näiden alusten olisi siis pitänyt valita eri reitti, mikäli Halla olisi ollut jo perustettu. (*Sweco 2023a,* liite 16)

Nykyisen alusliikenteen siirtymisten lisäksi alueella on otettava huomioon tulevaisuuden meriliikenteen ennusteet. Traficom on tuottanut ennusteita meriliikenteestä vuoteen 2060 saakka. Ennusteen mukaan Suomen meriliikenteen kokonaisvienti on vuoteen 2060 mennessä vetoisuudeltaan noin 9 % suurempi, kuin nykytilanteessa. Kasvun odotetaan pysyvän vakaana vuoteen 2035 asti, jonka jälkeen kasvun odotetaan kiihtyvän. Kokonaistuonti tulee taas ennusteen mukaan olemaan noin 19 % suurempi. Tuonnin odotetaan kuitenkin kasvavan lähivuosina merkittävästi, kun Venäjän maateitse tuleva tuonti korvataan muista maista tulevalla tuonnilla. Tämän jälkeen tuonnin oletetaan kuitenkin laskevan esimerkiksi raakaöljyn tuonnin vähenemisen vuoksi. Liikenne-ennusteiden lähtökohtiin liittyy kuitenkin merkittäviä epävarmuustekijöitä suurten toimintaympäristön muutosten vuoksi. (*Traficom 2022*)

Liikenteen osuuden kasvuun ja suurempiin aluksiin on useita syitä. Esimerkiksi uuden Oulun salmen syväys ja Kemin Ajoksen väylän syventäminen mahdollistavat suuremmat alukset. Merikuljetustarve Ajoksen satamaan lisääntyy merkittävästi Metsä Groupin uuden biotuotetehtaan valmistuttua. Muutos saattaa kuitenkin näkyä myös alusten koon kasvuna, eikä alusten

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

lukumäärän kasvuna. Hallan merituulivoimapuiston perustaminen johtaisi joihinkin muutoksiin alueen liikenteessä. Mahdolliset skenaariot voisivat merkitä sitä, että entistä enemmän liikennettä keskittyy Nordvalen – Kemi meriliikennereitille ja Raahe – Oulu – Kemi luoteisväylän eteläiselle linjaukselle. Edellä mainitut tiedot huomioon ottaen on mahdollista, että Hallan merituulivoimapuiston ympäristössä liikkuvien alusten koko kasvaa, mutta määrät eivät niinkään lisäänny. On kuitenkin epävarmaa, johtaako odotettavissa oleva kuljetusten lisääntyminen suurempaan laivamäärään vai itse laivojen koon ja painon kasvuun. (*Sweco 2023a*, liite 16)

Myös muilla suunnitteilla olevilla merituulivoimahankkeilla (Kuva 14-8) on mahdollisesti vaikutuksia Hallan lähialueen meriliikenteeseen. Suunnitteluprosessissa pidemmällä olevista hankkeista erityisesti Ruotsin puolella sijaitsevien Omegan ja Polargrundin odotetaan aiheuttavan vaikutuksia Hallan osalta. Omegan merituulivoimapuisto on suunnitteilla noin 19 kilometriä Hallan merituulivoimapuistosta lounaaseen. Se sijaitsee Hallan tapaan lähellä Nordvalen-Kemi meriliikennereittiä ja on mahdollista, että sen vaikutuksesta meriliikenne voi siirtyä lähemmäs Hallan merituulivoimapuistoa. Tällä hetkellä Omegan alueen kautta kulkevan liikenteen on valittava Nordvalen-Kemi meriliikennereitti, mikä lisää liikennettä alueella. Näin ollen molempien merituulivoimapuistojen perustamisen odotetaan johtavan jossain määrin kumulatiivisiin vaikutuksiin, ja liikenteen oletetaan siirtyvän hieman idemmäs. (*Sweco 2023a*, liite 16)

Polargrundin merituulivoimapuisto on suunnitteilla noin 2,8 kilometriä Hallan merituulivoimapuistosta luoteeseen hankevaihtoehdossa VE1. Hallan hankevaihtoehdon VE1 tuulivoimapuiston alueen ja Polargrundin hankealueen voimaloiden välinen etäisyys on lyhyimmillään noin 4 725 metriä. Hallan hankevaihtoehdossa VE2 etäisyys Polargrundin alueeseen on noin 7200 metriä. Meriliikennereitti Nordvalen-Kemi sijaitsee Hallan ja Polargrundin tuulivoima-alueiden välissä ja se on alueen eniten liikennöity reitti (keskimäärin 1–3 alusta päivässä). Hallan ja Polargrundin merituulivoimapuistojen perustamisen oletetaan johtavan suurempaan liikennetiheyteen, koska tällä hetkellä merituulivoimapuistojen alueen kautta kulkevan liikenteen on siirryttävä käyttämään meriliikennereittiä sekä pidettävä turvallinen etäisyys merituulivoimapuistoihin. Näin ollen molempien merituulivoimapuistojen perustamisen oletetaan johtavan kumulatiivisiin vaikutuksiin liikenteessä. Tämä voi myös johtaa liikenteen siirtymiseen lähemmäs Hallan tuulivoima-aluetta. Liikenteen odotetaan kasvavan muutoksen vuoksi yhdellä tai kahdella aluksella päivässä Nordvalen–Kemi meriliikennereitillä. (*Sweco 2023a*, liite 16)

14.2.8 Lentoliikenne

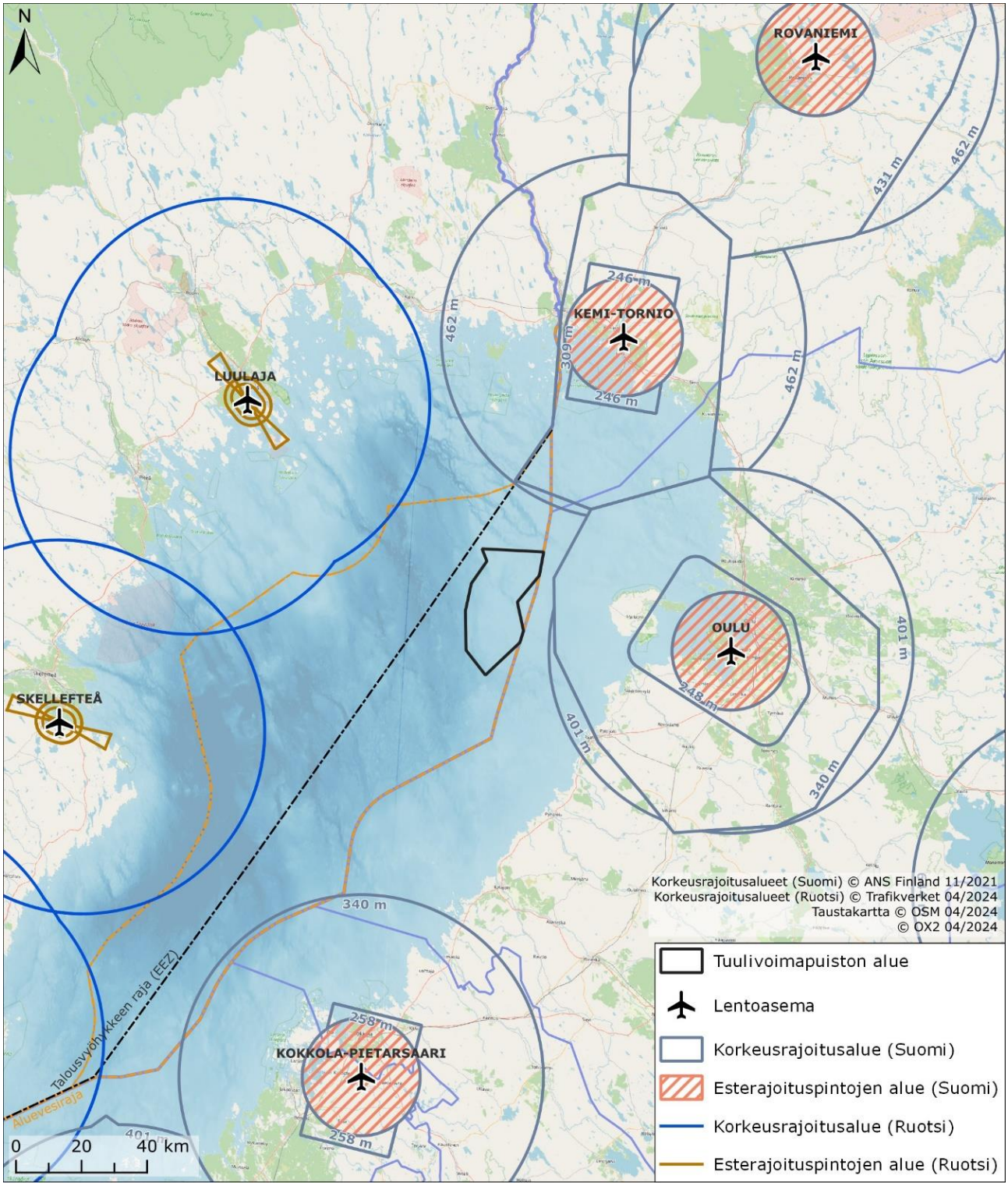
Merituulivoimapuiston alue sijaitsee lähimmillään noin 60 kilometrin etäisyydellä Oulun lentoasemasta siten, ettei tuulivoima-alue ulotu aseman korkeusrajoitusalueelle. Kemi-Tornion lentoasemalle etäisyyttä on lähimmillään noin 70 kilometriä, eikä tuulivoimapuisto sijoitu myöskään sen korkeusrajoitusalueelle. (*Traficom 2023*)

Lähin valvomaton lentopaikka sijaitsee Hailuodon Pöllässä noin 32 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta ja seuraavaksi lähin lentopaikka Raahe-Pattijoki puolestaan noin 42 kilometrin etäisyydellä.

Ilmatilan rajoitusalueita ovat R-alue eli rajoitusalue (restricted area), P-alue eli ilmailulta kielletty alue (prohibited area), aluevalvontalain mukaiset ilmakuvauskieltoalueet, ja kieltävät tai rajoittavat UAS-ilmatilavyöhykkeet. R-alueet on perustettu puolustusvoimien toiminnan suojaamista varten, P-alueet on perustettu suojaamaan valtion tai teollisuuden tärkeitä alueita. Ilmakuvauskieltoalueilla suojataan puolustusvoimien toimintaa. Osa Suomen ilmatilasta on varattu puolustusvoimien rajoitusalueiksi (R-alueet, *Traficom 2023*) ja näitä alueita sijaitsee Suomen aluevesien ja talousvyöhykkeiden yläpuolella. Nämä alueet aktivoidaan, kun niiden käyttö edellyttää sitä. Luvan hankkiminen R-alueille lentämiseen on pakollista.

Tuulivoima-alueen sijainti suhteessa lähimpien lentoasemien korkeusrajoitusalueisiin on esitettynä oheisessa kuvassa (Kuva 14-13). Hallan merituulivoimapuiston alue ei sijoitu korkeusrajoitusalueelle.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

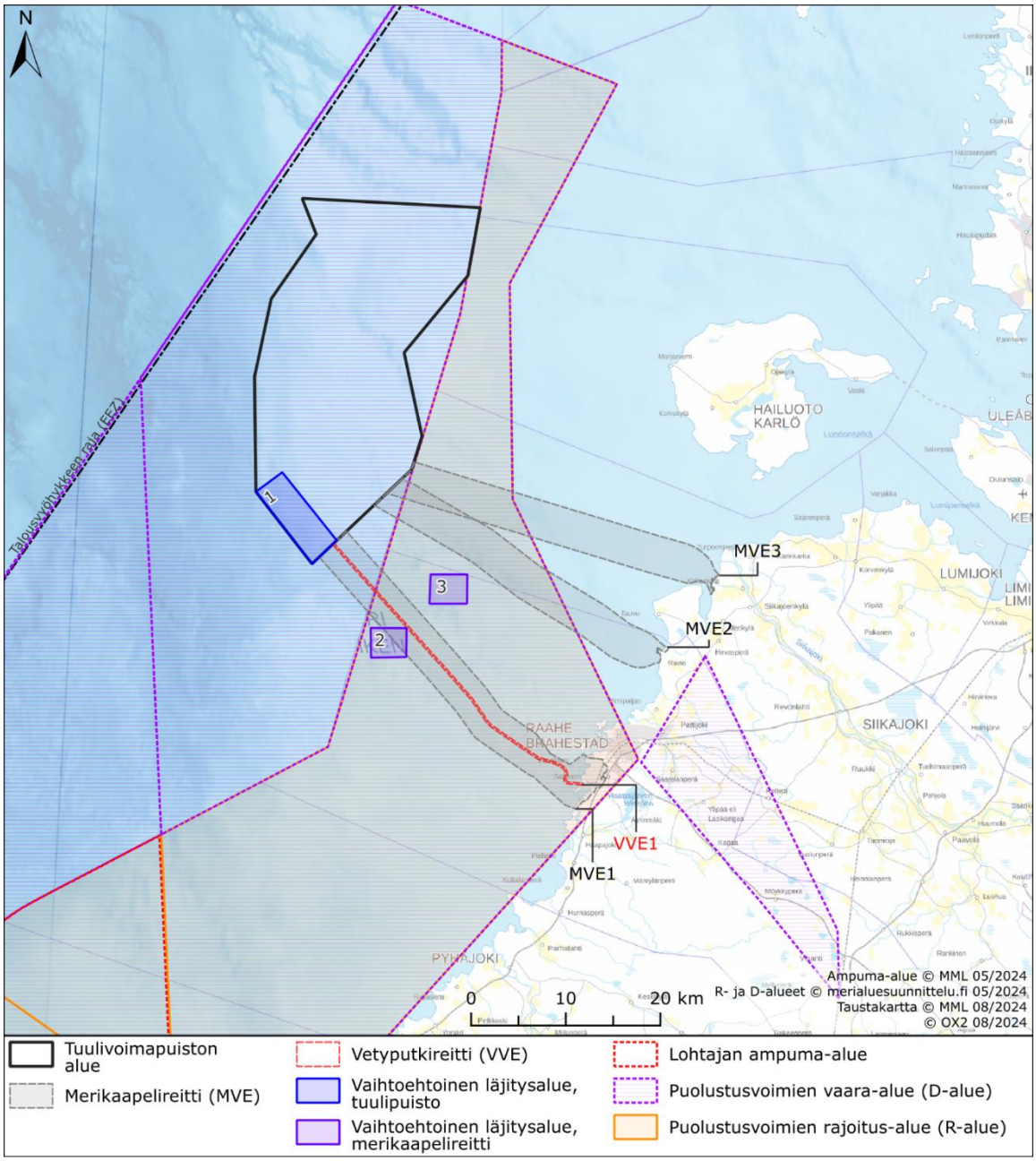


Kuva 14-13. Hallan tuulivoima-alueen sijoittuminen suhteessa lähimpien lentoasemien korkeusrajoitusalueisiin.

Traficomin vaara-alue (D-alueet) on alue, jonne ilma-aluksen päällikön harkinnan mukaan voidaan lentää, mutta alueen status kertoo, että sillä voi olla ilmailulle vaarallista toimintaa. Ilmailulle vaarallisen toiminnan harjoittaminen edellyttää vaara-alueen aktivoimista. Vaara-alueella tarkoitetaan rajoiltaan määrättyä ilmatilaa, jossa voi määräaikoina tapahtua lennolla oleville ilma-aluksille vaarallista toimintaa. Vaara-alueet on silti syytä huomioida myös muun

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ilmailutoiminnan suunnittelussa. Vaara-alueita varataan muun muassa puolustusvoimien, purjelentojen, hätärakettiammuntojen ja miehittämättömien ilma-alusten käyttöön. Merituulivoimapuisto sijoittuu D-alueelle ja rajautuu R-alueeseen, joka noudattelee aluevesirajaa ja energiansiirtoreitit sijoittuvat molemmille rajoitusalueille (Kuva 14-14).



Kuva 14-14. Hankealueen ja sen lähiympäristön Puolustusvoimien rajoitusalueet.

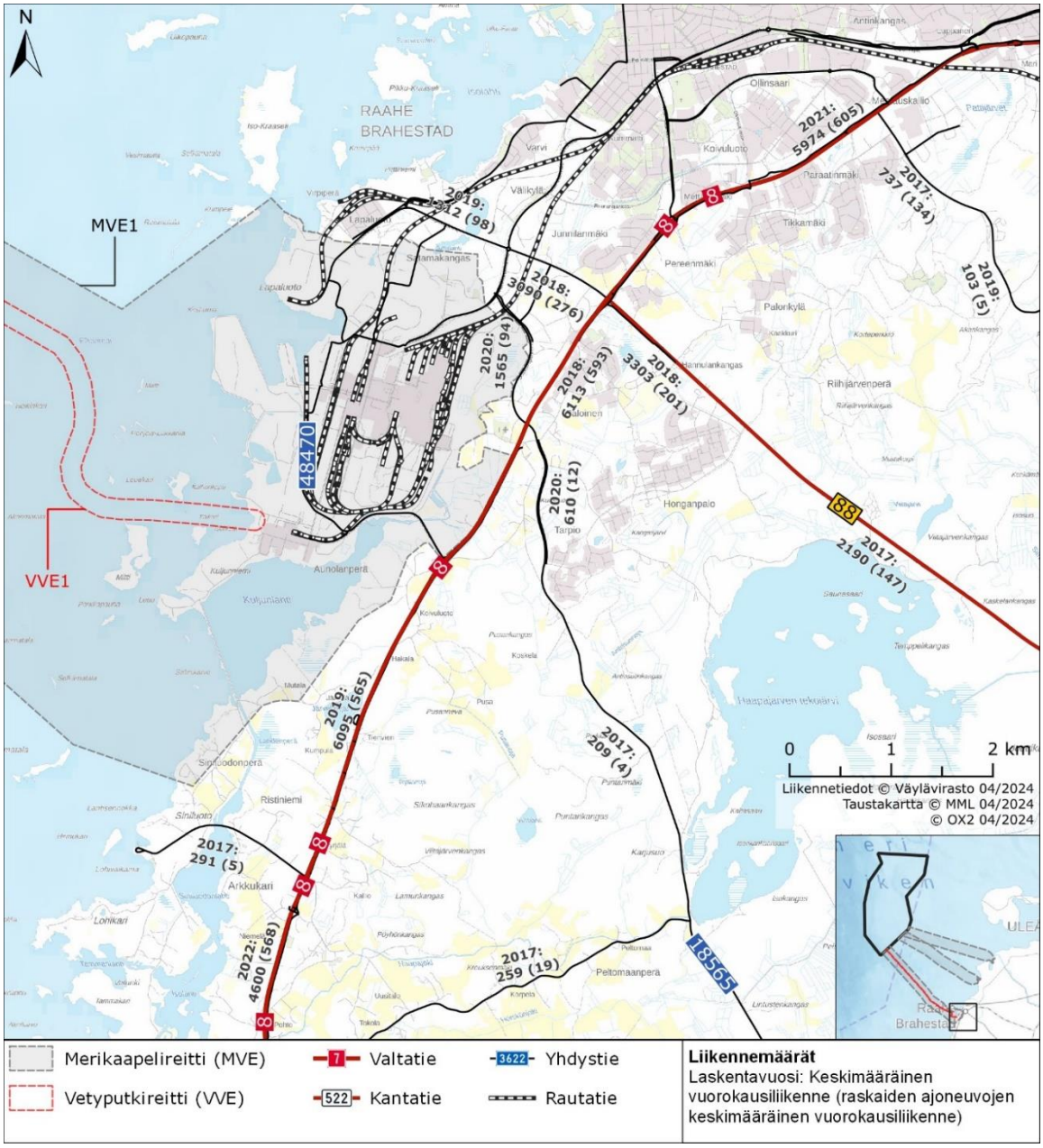
14.2.9 Maantieliikenne

Merituulivoimapuiston ja merikaapelin/vetyputken rakentamisvaiheeseen liittyy merkittävä määrä erinäisiä rakennustoimenpiteisiin liittyviä maantiekuljetuksia, vaikka suurin osa hankkeen komponenteista tuodaan rakennussatamaan meriteitse. Rakentaminen vaatii myös työvoimaa, joka aiheuttaa henkilöliikennettä. Liikennöinti suuntautuu kohti rakentamistoimenpiteissä käytettävää satamaa tai satamia, joita voivat olla Raahen, Oulun ja / tai Kemin satamat. Merituulivoimapuiston toiminnan aikana satamat toimivat puiston operointiin ja huoltoon liittyvien kuljetusten ja henkilöliikenteen kohteena.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Raahen satamaan liikennöidään Valtatien 8 ja Kantatien 88 suunnista Lapaluodontien (Yhdystie 8102) kautta. Lapaluodontiellä ennen Raahen satamaa keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä vuonna 2022 oli 1072 ajoneuvoa, josta raskasta liikennettä oli 76 ajoneuvoa (7 %) (*Väylävirasto 2023b*). Raahen sataman läheiset tieyhteydet ja niiden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) sekä raskaan liikenteen määrät (KVLras) ovat esitettynä edellä olevassa kuvassa (Kuva 14-15).

Tien nopeusrajoitus on 60 km/h. Tiellä on tapahtunut 5 tieliikenneonnettomuutta vuosina 2018–2022 ja ne ovat sijoittuneet valtatien 8 / kantatien 88 risteysalueelle. Yksi onnettomuuksista johti henkilövahinkoon ja muissa onnettomuuksissa ei ollut henkilövahinkoja. (*Ramboll Finland Oy 2023*) Tiedot perustuvat poliisiasiain tietojärjestelmään tallennettuihin tieliikenneonnettomuustietoihin. Tilaston peittävyys kuolemaan johtaneitten onnettomuuksien osalta on sataprosenttinen, mutta muiden onnettomuustyyppien tietoon tulossa on eroja.

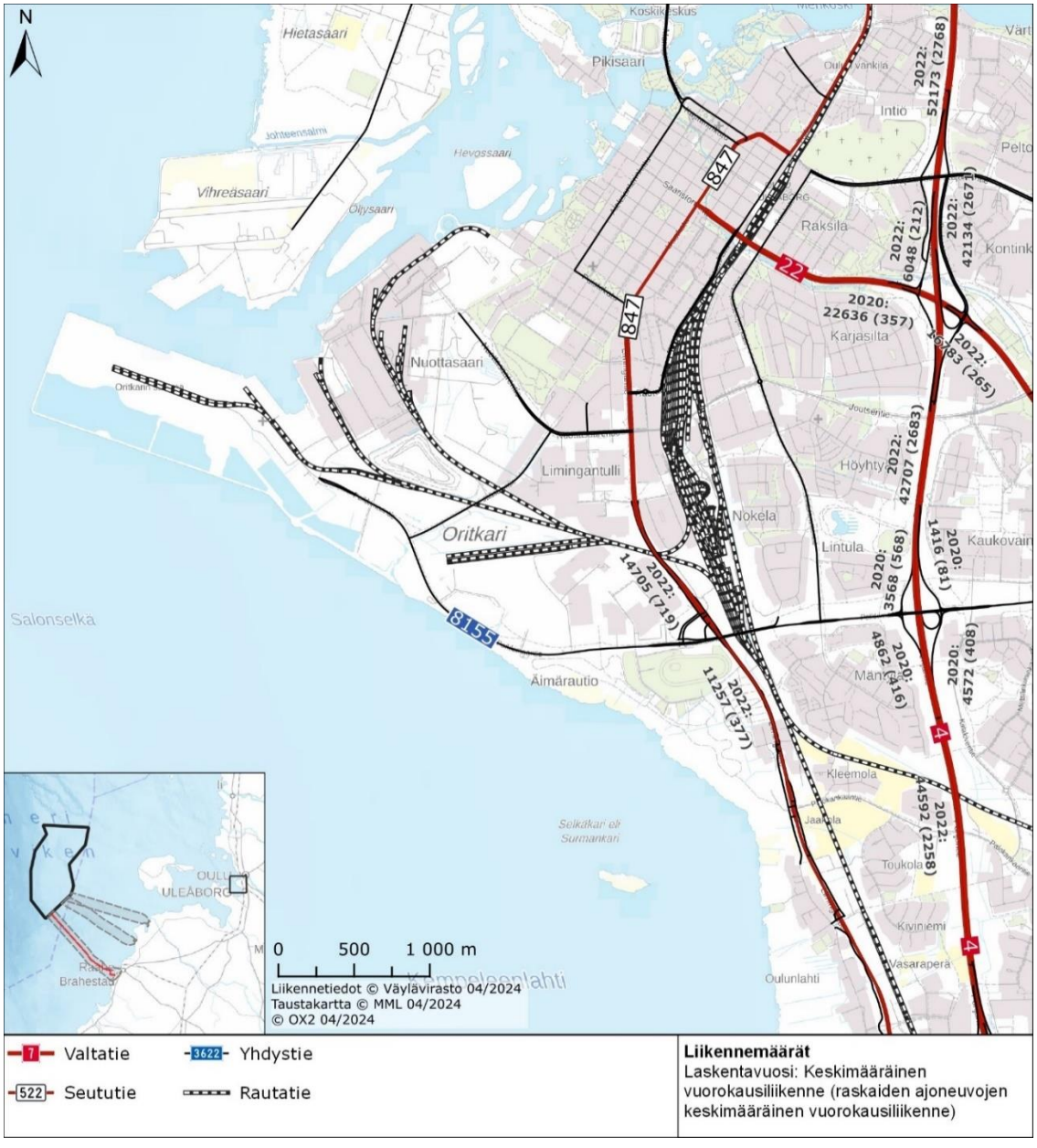


Kuva 14-15. Raahen satamaan johtavat tiet ja niiden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) sekä raskaan liikenteen määrät (KVLras) vuonna 2022.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oulun sataman Oritkarin osaan liikennöidään Valtateiden 22 ja 4 suunnista ja niiltä edelleen Poikkimaantien (Yhdystie 8155) kautta. Poikkimaantiellä Äimänraution ylikulkusillan kohdalla keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä vuona 2022 oli 11979 ajoneuvoa, josta raskasta liikennettä oli 1321 ajoneuvoa (11 %). (*Väylävirasto 2023b*) Tien länsipäästä sataman läheisyydestä ei ole saatavilla ajantasaista liikennemäärätietoa. Tie on ajoittain ruuhkainen johtuen muun muassa Stora Enson tehtaan kuljetuksista sekä Ouluun suuntautuvasta työmatkaliikenteestä. Oulun Oritkarin sataman läheiset tieyhteydet ja niiden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) sekä raskaan liikenteen määrät (KVLras) ovat esitettynä seuraavassa kuvassa (Kuva 14-16).

Tien nopeusrajoitus on 60 km/h. Valtatien 4 ja Oulun sataman välillä tarkasteltuna Poikkimaantiellä on tapahtunut 25 tieliikenneonnettomuutta vuosina 2018–2022. Yksi onnettomuuksista johti kuolemaan ja kaksi muuta henkilövahinkoon. Lopuissa onnettomuuksissa ei ollut henkilövahinkoja. (*Ramboll Finland 2023*, ks. tilaston epävarmuudet edellinen kappale)

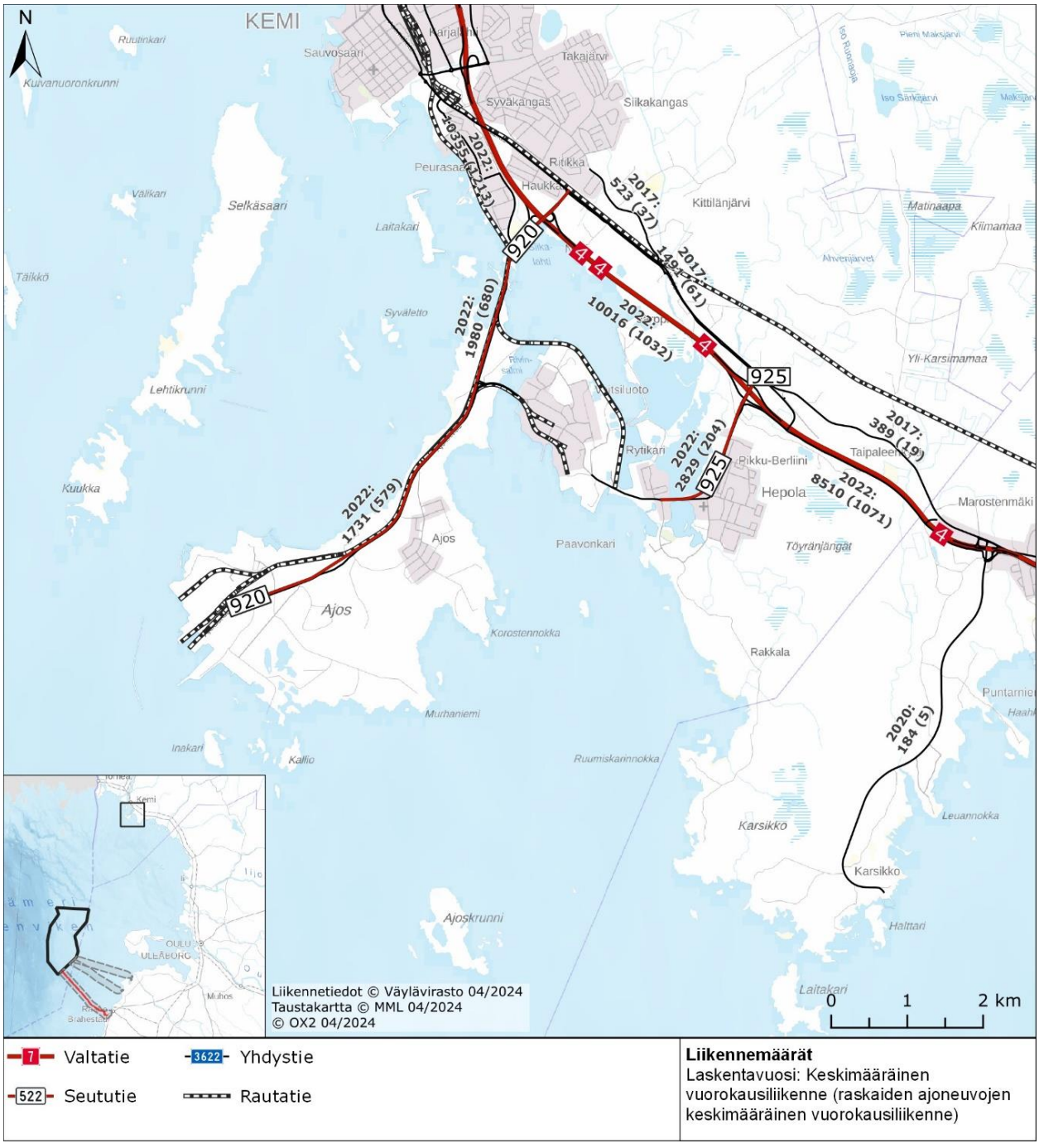


Kuva 14-16. Oulun Oritkarin satamaan johtavat tiet ja niiden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) sekä raskaan liikenteen määrät (KVLras) vuonna 2022.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kemin Ajoksen satamaan liikennöidään Valtatien 4 suunnasta Ajoksentien (Seututie 920) kautta. Ajoksentiellä ennen satamaa keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä vuona 2022 oli 1731 ajoneuvoa, josta raskasta liikennettä oli 579 ajoneuvoa (33 %) (*Väylävirasto 2023b*). Kemin Ajoksen sataman läheiset tieyhteydet ja niiden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) sekä raskaan liikenteen määrät (KVLras) ovat esitettynä kuvassa (Kuva 14-17).

Tien nopeusrajoitus on 60–80 km/h. Ajoksentiellä sataman ja Valtatien 4 välillä on tapahtunut 11 tieliikenneonnettomuutta vuosina 2018–2022. Kolme onnettomuutta johti henkilövahinkoon ja lopuista onnettomuuksista ei aiheutunut henkilövahinkoja. (*Ramboll Finland 2023*, ks. tilaston epävarmuudet edellinen kappale).



Kuva 14-17. Kemin Ajoksen satamaan johtavat tiet ja niiden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) sekä raskaan liikenteen määrät (KVLras) vuonna 2022.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

14.2.10 Raideliikenne

Tuulivoimapuiston rakentamisessa ei käytetä suuressa mittakaavassa rautatiekuljetuksia, mutta niiden hyödyntäminen on kuitenkin mahdollista materiaalitoimittajien toimitusketjuissa (esimerkiksi teräs- ja komponenttitoimitukset). Mahdolliset kuljetukset suuntautuvat rakentamisessa käytettävän sataman mukaisesti, joka voivat olla Raahe, Oulu tai Kemi.

Raaheen johtaa sähköistetty Raahen rata (ks. Kuva 14-15), jonka kuljetukset koostuvat vain tavaraliikenteestä, ja ne liittyvät pitkälti SSAB:n tehtaan kuljetuksiin. Raahen radan jatkeena satamaan johtavalla rataverkolla ei ole sähköistettyjä raiteita.

Oulun Nokelasta satamaan Oritkariin ja Nuottasaaren tehdasalueelle johtaa teollisuusrata (ks. Kuva 14-16), jolla kuljetetaan muun muassa raakapuuta, Stora Enson Oulun tehtaiden tuotteita sekä kemikaaleja.

Kemin satamaan johtaa Ajoksen satamarata (ks. Kuva 14-17), joka palvelee sataman kuljetuksia. Raiteelta on lisäksi erilliset yhteydet Veitsiluodon satamaan sekä Stora Enson paperitehtaalle, jonka toiminta on lopetettu vuonna 2021.

14.3 Vaikutusten arviointi

14.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Rakentamisesta syntyvä meriliikenne

Merituulivoimapuiston ja merikaapelien/vetyputkireittien rakentamisesta aiheutuu merkittävä määrä erilaista meriliikennettä ja lisääntyvä liikenne jakautuu hyvin laajalle vaikutusalueelle sekä ajanjaksolle. Esimerkiksi merenpohjaa on tutkittava ennen rakentamista tutkimusaluksilla ja ruopattava merituulivoimaloiden perustuksille sekä kaapeleille/putkille sopivaksi. Perustusten, tuulivoimaloiden ja sähkö/vetyasemien kuljettaminen ja rakentaminen aiheuttavat suuren voimalamäärän vuoksi paljon meriliikennettä. Meriliikennettä syntyy myös merikaapelien/vetyputkien kuljetuksista ja asennuksista, jäänmurrosta sekä työvoiman kuljettamisesta. Tuulivoimaloiden perustukset verhoillaan ja merikaapelireitit/vetyputkireitit peitetään ainakin osittain merikuljetuksina tuotavalla kiviaineksella. Rakentamisvaiheessa hankealueen lähistöllä liikkuu merkittävä laivasto, johon on alustavasti arvioitu sisältyvän proomuja (englanniksi: Barge), nopeita pienlauttoja (englanniksi: High speed craft), operointi- ja kunnossapitoaluksia (englanniksi: O&M Vessel), jäänmurtajia (englanniksi: icebreaker), nostolauttoja (englanniksi: Jack up rig), rahtialuksia (englanniksi: Cargo ship) sekä mahdollisesti myös muita aluksia.

Rakennusvaiheen tarkkoja liikennöintimääriä ja alusten kulkureittejä on hyvin haastavaa arvioida ennen tarkempia rakennussuunnitelmia. Liikennöinnin oletetaan kuitenkin tapahtuvan pääosin rakentamisen tukisataman ja merituulivoimapuiston välillä. Osa rakentamiseen käytettävistä komponenteista tuodaan merikuljetuksina tukisatamaan. Rakentamisessa käytettävien alusten liikennöintimääriä on arvioitu hankkeen tässä vaiheessa kilometriperusteisesti perustuen rakentamisen vaiheisiin ja alusten työtehtäviin. Liikennemäärien laskemiseksi alusten arvioidusti kulkemat kilometrit on jaettu Hallan tapauksessa arvioidulla keskimääräisellä 50 kilometrin etäisyydellä merituulivoima-alueelta tukisatamaan. Tällä menetelmällä laskien hankkeen rakennusvaiheessa käytettävien alusten liikennemäärät ovat seuraavat:

- Proomut 1 834 matkaa
- Nopeat pienlautat 528 matkaa
- Operointi/kunnossapitoalukset 599 matkaa
- Jäänmurtajat 10 matkaa
- Nostolautat 132 matkaa
- Rahtialukset 2 160 matkaa

Arviot ovat suuntaa antavia ja perustuvat hyvin yksinkertaistettuun malliin. Todennäköisesti rakentamisvaiheesta syntyvät liikennemäärät ovat huomattavasti pienempiä. Malli kuvaa jokaisen 50 kilometrin siirtymän yhdeksi matkaksi. Lisäksi kuljetusten todellinen suuntautuminen riippuu paljon valitusta toteutusmallista.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimapuiston rakennusvaiheen kesto on arvion mukaan noin 3 vuotta. Varsinaista rakennusvaihetta edeltää kuitenkin vaihe, jossa tehdään tarkemmat tutkimukset vedenalaisista kohteista erilaisilla tutkimusaluksilla. Lisäksi sääolosuhteilla on hyvin suuri merkitys merituulivoiman rakentamiseen. Merijään esiintymisen aikana rakentamiseen liittyvät toimenpiteet ovat arvion mukaan vähäisiä. Perämeren alueella tämä tarkoittaa käytännössä, että noin 5–6 kuukautta vuodessa rakennustoimenpiteet ovat vähäisiä. Epävarmuuksista huolimatta on selvää, että merituulivoimapuiston rakentaminen aiheuttaa selvän väliaikaisen kasvun Perämeren alueen liikennemäärissä. Mikäli samanaikaisesti rakennetaan vielä joitakin muista suunnitelluista merituulivoimapuistoista, niin vaikutukset liikennemääriin ovat entistäkin suuremmat.

Merituulivoimapuiston rakentamisen vaikutukset

Merituulivoimapuiston rakentaminen aiheuttaa vaikutuksia koko Perämeren alueen meriliikenteelle. Rakennusvaiheessa työalukset operoivat tuulivoima-alueella edeten voimalapaikalta seuraavalle ja varaavat samalla liikennekelpoisia alueita työskentelyyn. Vaikutukset meriliikenteelle kasvavat töiden edetessä liikennöintikelpoisten alueiden vähentyessä tuulivoima-alueella. Rakentamiseen liittyvä liikennemäärien kasvu alueella on suurta, kun ottaa huomioon alueen ennestään suhteellisen matalat liikennemäärät. Vaikutukset kohdistuvat tukisatamasta riippumatta erityisesti Hallan tuulivoima-alueen läheisille väylille ja meriliikennealueille. Näitä ovat Oulu 1-väylä, Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylien molemmat linjaukset, Farstugrunden-Raahe meriliikennereitti ja Nordvalen-Kemi meriliikennereitti. Lisääntyvät liikennemäärät ja työalusten poikkeavat reitit lisäävät riskiä meriliikenteen onnettomuuksille alueella. Tukisatamasta riippuen merkittäviä vaikutuksia tulee kohdistumaan Raahen sataman tapauksessa Raahen väylälle, Oulun sataman tilanteessa Oulun Väylälle ja Kemin sataman tapauksessa Ajoksen väylälle. Liikennemäärien selvä kasvu on rakennusvaiheen aikana tilapäistä, mutta lopputuloksena vaikutukset jäävät pitkäaikaisiksi liikennekelpoisten alueiden poistuessa alueelta. Rakennusvaiheen aikaiset vaikutukset meriliikenteelle tarkentuvat vielä rakentamissuunnitelmien tarkentuessa. Rakennusvaiheen liikenteen koordinointi ja meriliikenteen tietoisuus tilanteesta ovat tärkeitä keinoja riskien hallinnan kannalta.

Merikaapeli- ja vetyputkireittien rakentamisen vaikutukset

Traficomin ja Väyläviraston ohjeistuksen (*2023*) mukaan merikaapeleiden vetämistä väylien poikki tulee mahdollisuuksien mukaan välttää. Tämä ei ole kuitenkaan Hallan merituulivoimapuiston tapauksessa mahdollista sen sijainnin takia. Kun merikaapeli joudutaan viemään väylän poikki, niin tällöin väylän alituksen on oltava mahdollisimman lyhyt ja kaapeli on sijoitettava kokonaisuudessaan (painot mukaan lukien) alitettavan väylän haraussyvyyden alapuolelle. Jos vesisyvyys väyläalueella on lähellä väylän haraussyvyyttä, kaapeli on painotettava pohjaan siten, että se ei missään yhteydessä, esimerkiksi potkurivirtojen vaikutuksesta nouse alitettavan väylän haraustason yläpuolelle. Nämä vaatimukset on huomioitava myös Hallan tapauksessa.

Kaapeli on suositeltavaa sijoittaa vähintään 150 metrin etäisyydelle poijuista ja 40 metrin etäisyydelle viitoista. Kaapelin sijoittamista ankkurointialueille tai -paikoille, lastinsiirtoalueille ja merenkulun suojapaikkoihin tulee välttää ja siitä tulee sopia Traficomin kanssa. Esimerkiksi Raahen ja Oulun satamien edustalla sijaitsee huomioitavat ankkurointipaikat. Suunniteltaessa kaapelin linjausta sekä sen mahdollista suojausta, alusten hätäankkurointi on tärkeää ottaa huomioon etenkin väyläalueilla.

Mahdolliset tulevat väylämuutokset tulisi huomioida kaapelilinjauksia suunniteltaessa. Väyläalueella kaapeli on sijoitettava mahdollisuuksien mukaan syvälle vesialueelle. Väylien taitekohtia tulisi välttää, koska ne ovat potentiaalisia merenkulun kelluvien turvalaitteiden sijoituspaikkoja. Kaapeleiden sijoittumista mahdollisille tuleville ruoppausalueille on mahdollista pyrkiä välttämään esimerkiksi sijoittamalla kaapeli reilusti alitettavan väylän haraustasoa syvemmälle vesialueelle.

Lähtökohtaisesti esitetyt suositukset koskevat myös vesistöön rakennettavia putkijohtoja (esimerkiksi vetyputket), mutta putkiston rakentaminen voi alueellisten olosuhteiden takia edellyttää myös tarkempaa tarkastelua esimerkiksi merenkulun turvallisuuden sekä väylästön ja aluskannan mahdollisten muutosten vuoksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelien ja vetyputken asennusvaihe aiheuttaa tilapäisen häiriön meriliikenteelle, kun niitä vedetään väyläalueiden poikki. Mikäli asennusalueen kiertäminen ei ole esimerkiksi syvyysolosuhteiden vuoksi mahdollista, tästä aiheutuu aluksille väliaikainen liikennekatko väylällä. Vaikutukset kohdistuvat MVE1 ja vetyputken tapauksessa Raahe-Oulu-Kemi rannikkoväylälle ja Raahen väylälle. MVE2 ja MVE3 tapauksessa vaikutukset kohdistuvat Raahe-Oulu-Kemi rannikkoväylälle sekä Siikajoen väylälle. Lisäksi kaikissa vaihtoehdoissa aiheutuu vaikutuksia Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläiselle linjaukselle ja sen jatkeelle. Vaikutuksien ei arvioitu olevan kuitenkaan pitkäaikaisia ja ne ovat sen takia vähäiset. Merikaapeli- ja vetyputkireittien tarkemmassa suunnittelussa tullaan huomioimaan merenkulun käyttämät reitit, väylät, turvalaitteet sekä huomioidaan turvaetäisyyksin ankkurointialueet ja väyläalitukset. Tarkemmat linjaukset hankkeen edetessä suunnitellaan yhteistyössä Traficomin ja Väyläviraston sekä muiden asianosaisten välillä.

Rakentamisvaiheen vaikutukset muille liikennemuodoille

Hallan merituulivoimapuiston rakentaminen aiheuttaa huomattavan tilapäisen kasvun liikennemäärissä tukisataman läheisellä tieverkolla. Merkittäviä satamaan suuntautuvia kuljetuksia ovat esimerkiksi tuulivoimaloiden perustuksiin tarvittavat betoni- ja teräskuljetukset. Myös mahdollisten merellä sijaitsevien merisähköasemien ja vetylaitosten perustus ja materiaalikuljetuksia kulkisi tukisatamaan, kuten myös merikaapelien ja vetyputkien kuljetukset. Kuitenkin merkittävä määrä tuulivoimapuiston komponenttikuljetuksista (esimerkiksi tuulivoimaloiden komponentit) tuodaan ulkomailta merikuljetuksina. Myös esimerkiksi merialueilla tehtävien ruoppausten maamassat on suunniteltu läjitettävän merialueille. Perustusten verhoiluun ja merikaapeli/vetyputkireittien peittoon käytettävä kiviaines tuodaan alustavan suunnitelman mukaan merikuljetuksina Inkoosta. Kuljetusten jakautuminen eri liikennemuodoille tulee tarkentumaan vielä tarkemman suunnittelun yhteydessä. Tähän vaikuttavat sekä tehtävät suunnitteluvalinnat että materiaalien maailmanmarkkinoiden tilanteet. Syntyvien tiekuljetusten arvioidaan jakautuvan ajallisesti rakennusajalle (3 vuotta) useaan eri vaiheeseen. Tilapäisesti kasvavat raskaan liikenteen määrät lisäävät riskiä vakavammille liikenneonnettomuuksille suurten massojen vuoksi.

Rakentamisvaiheen henkilöliikenne tukisatamaan on vilkasta, sillä tuulivoimapuiston rakentaminen vaatii paljon työvoimaa. Henkilöliikenteen kasvun odotetaan olevan osin jatkuvaa, mutta myös rakentamisvaiheen meriliikenteen aikatauluilla on suuri vaikutus henkilöliikenteen ajoittumisen osalta.

Kattavampi mantereelle sijoittuvien toimintojen vaikutusarviointi on esitetty YVA-selostuksen Osassa B.

Rakentamisvaiheessa ei tämän hetken suunnitelmien mukaan tulla käyttämään rautatiekuljetuksia ainakaan suurella volyymillä. On kuitenkin mahdollista, että esimerkiksi osa kiviaineskuljetuksista tukisatamaan kulkisi rautatiekuljetuksina. Vaikutukset jäävät kuitenkin kokonaisuudessaan vähäisiksi.

Merituulivoimapuisto ei asetu läheisten lentoasemien korkeusrajoitusalueelle. Tuulivoimalat ovat kuitenkin niin korkeita rakennelmia, että niille on lähtökohtaisesti haettava lentoestelupa (*Traficom 2020)*, koska uusi talousvyöhykkeen laki määrää ilmailulain (864/2014) olevan voimassa myös talousvyöhykkeellä. Rakennettavat merituulivoimalat on varustettava lainsäädännön mukaisilla lentoestevaloilla.

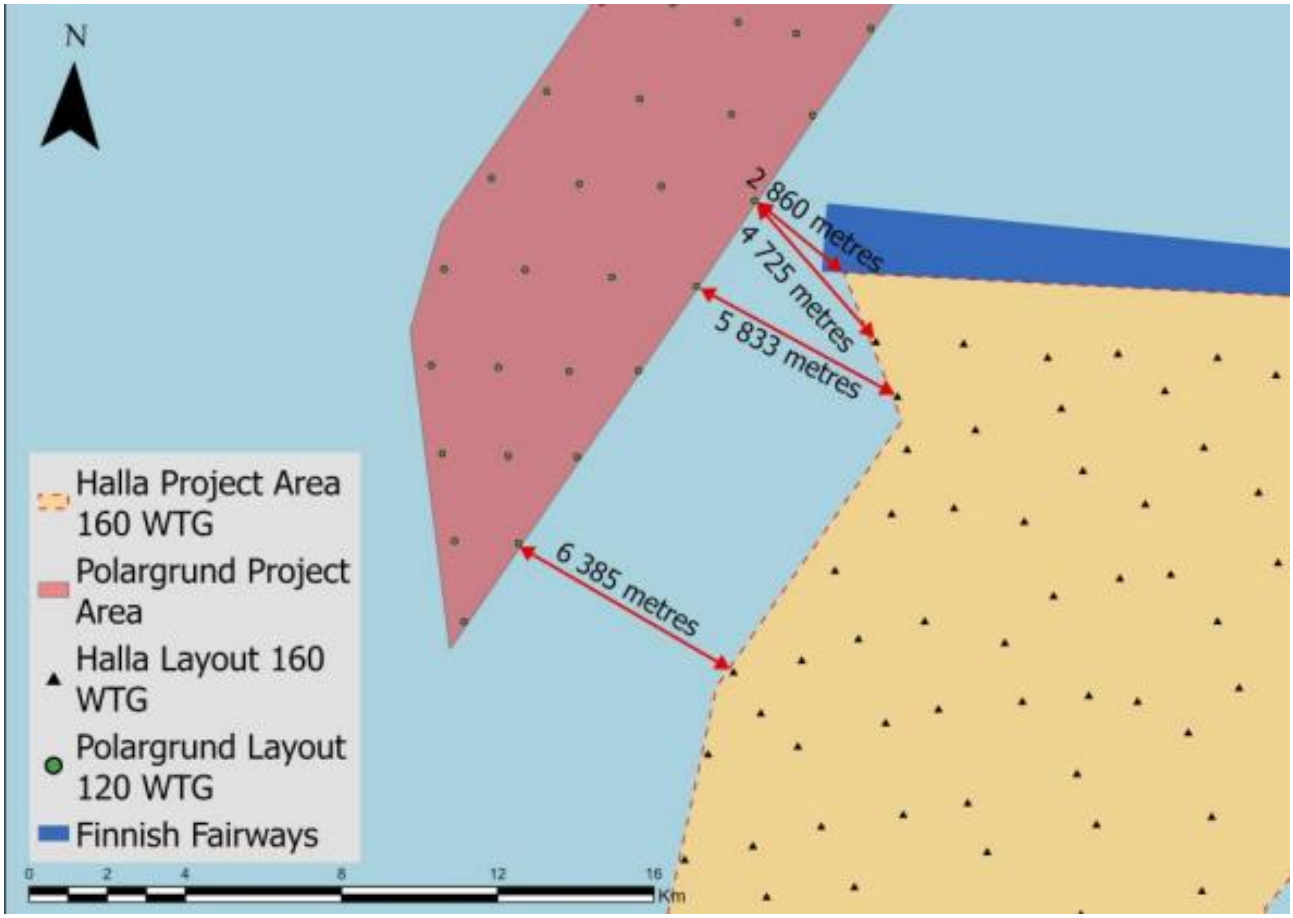
14.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

14.3.2.1 Merituulivoimapuisto

Turvaetäisyyden toteutuminen

Ongelmallisin kohta turvaetäisyyksien toteutumisen kannalta on Hallan ja Polargrundin tuulivoima-alueiden välinen alue, jolle sijoittuu Nordvalen-Kemi meriliikennereitti. Tämä toki edellyttää molempien hankkeiden toteutumista. Oheisessa kuvassa (Kuva 14-18) on esitetty Hallan hankevaihtoehto VE1 (160 voimalaa) sekä Polargrundin alustava suunnitelma.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-18: Hallan (VE1) ja Polargrundin tuulivoimapuistojen väliset etäisyydet (Sweco 2023a, liite 16).

Lähimmillään tuulivoima-alueiden rajat ovat Hallan luoteiskulmassa 2860 metrin etäisyydellä. Lyhimmät varsinaisten tuulivoimaloiden väliset etäisyydet ovat luoteiskulmassa 4725 metriä ja 5833 metriä. Etelämpänä lyhin tuulivoimaloiden välinen etäisyys on 6385 metriä. Hallan hankevaihtoehdossa VE2 tuulivoima-alueen raja siirtyy hieman kauemmas Polargrundista ja luoteiskulman osa poistuu kokonaan. VE2 tapauksessa Hallan ja Polargrundin välinen etäisyys on lyhimmillään noin 7400 metriä (*Sweco 2023c,* liite 18).

PIANC antaa viitteellisiä ohjeistuksia siitä, kuinka leveä meriliikenneväylän pitäisi olla. Väylän leveys määräytyy suosituksessa liikennöivien alusten lukumäärän perusteella. Mikäli vuosittainen liikennemäärä on alle 4 400 alusta vuodessa, niin liikennekaistan leveydeksi esitetään 2 rinnakkaista alusta molempiin suuntiin sallien 2 laivan pituutta alusta kohti. 4 400–18 000 aluksen tapauksessa suositellaan leveydeksi 3 rinnakkaista alusta molempiin suuntiin. Aluksen pituus perustuu reittiä käyttävien alusten suurimpaan pituuteen 98,5 % luottamusvälillä, eli vain 1,5 % aluksista on tätä pidempiä. Esimerkiksi Alankomaiden infrastruktuuri- ja ympäristöministeriö on todennut oheisen ohjeistuksen mukaiset liikennekaistan leveydet sopiviksi. (*Sweco 2023b,* liite 17)

PIANC:n meriväylien leveyttä koskevien ohjeistuksien mukaan Perämeren alueen väylillä edellytetään noin 916 metrin leveyttä. Perämeren alueella laivaliikenteen määrät eivät ylitä laivaväylillä 4 400 aluksen rajaa, vaikka huomioon otettaisiin ennusteet liikennemäärien kasvusta. Tässä tapauksessa liikennekaistan leveydeksi määritetään siis 2 rinnakkaista alusta molempiin suuntiin. Kun alueen alusten maksimipituudeksi asetetaan 229 metriä (98,5 % luottamusväli alueen alusliikenteelle) AIS-datan perustella, niin laskukaava on seuraava: 2 x 2 x 229 metriä = 916 metriä. On kuitenkin huomioitava, että PIANC:n ohjeistus ei huomioi merijään vaikutuksia.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kun tarkastellaan Traficomin antamaa 1,5 kilometrin turvaetäisyyssuositusta väyläalueiden ja merituulivoimapuistojen välillä, niin Hallan ja Polargrundin välisen kokonaisetäisyyden tulisi olla vähintään 3916 metriä (1500 m + 1500 m + 916 m= 3916 m). Tämä vaatimus toteutuu molemmissa Hallan hankevaihtoehdoissa tuulivoimaloiden osalta, mutta VE1 tapauksessa ei tuulivoima-alueen luoteiskulman rajan osalta. VE1 tapauksessa väylän leveyttä mitoittava alus voisi olla enintään noin 431 metriä pitkä, jotta Traficomin turvaetäisyysvaatimukset voisivat vielä toteutua (2 x 2 x 431 m = 1724 m ja 1500 m + 1500 m 1724 m = 4724 m). Nordvalen-Kemi meriliikennereitti ei kuitenkaan ole virallinen Väyläviraston ylläpitämä väyläalue, joten ohjeistus ei päde sellaisenaan alueelle. Merialuesuunnitelman raja ei ole virallinen mitattavissa oleva meriliikenteen liikennekaistan raja (kuten TSS tai väyläalueen raja). Traficomin uusi ohjeistus koskien merituulivoiman ja merenkulun yhteensovittamista julkaistiin marraskuussa 2023, kun taas Hallan YVA-ohjelma julkaistiin jo elokuussa 2022. Ohjeen mukaisesti merituulivoimapuiston etäisyysvaatimus talousvyöhykkeelle reittijakojärjestelmien alueelle sekä ulkomerelle merenkulun liikennöintialueille ja väylien lähestymisalueille on 1–3 merimailia (1,8–5,5 kilometriä). Tässä tapauksessa Hallan ja Polargrundin välisen kokonaisetäisyyden tulisi olla noin 4,5–12 kilometriä. 1 merimailin turvaetäisyys toteutuu juuri VE1 tapauksessa tuulivoimaloiden välillä, mutta ei tuulivoima-alueen osalta. 2 merimailin etäisyydellä turvaetäisyys ei toteudu enää kummassakaan hankevaihtoehdossa.

Tarkastellaan seuraavaksi PIANC:n konseptisuunnitelman asettamia suosituksia turvaetäisyydestä liikennekaistan ja tuulivoimapuistojen välillä. Konseptisuunnitelma edellyttää, että liikennekaistan raja on selvästi mitattavissa. Kyseessä olisi oltava siis esimerkiksi merkityn väyläalueen tai reittijakojärjestelmän (TSS) raja. Turvaetäisyys liikennekaistan molemmilla puolilla on oltava suosituksen mukainen eli 0,3 merimailin (556 metrin) liikkumavara oikealle puolelle + 6 laivan pituutta (98,5 % luottamusväli). Tästä voidaan laskea, että turvaetäisyyden on oltava yhdellä puolella arviolta: 556 metriä + (6 x 229 m) = 1930 metriä. Kun tämä lisätään myös toiselle puolelle liikennekaistaa niin turva-alueiden kokonaispituus on noin: 1930 metriä x 2 = 3860 metriä. Kun tähän lisätään kaistan leveys 916 metriä niin vähimmäisvaatimukseksi tilatarpeelle saadaan 4776 metriä (3860 m + 916 m = 4776 m).

PIANC:n suositus turvaetäisyyksistä ei täyty Hallan hankevaihtoehdon VE1 tapauksessa (etäisyys lähimpien tuulivoimaloiden välillä 4725 m). Seuraaviksi lähimpiin tuulivoimaloihin etäisyysvaatimukset sen sijaan täyttyvät hankevaihtoehdossa VE1, joten yhden voimalan siirrolla/poistolla voitaisiin vaikuttaa tilanteeseen jo merkittävästi. Hankevaihtoehdon VE2 tapauksessa etäisyysvaatimus sen sijaan täyttyy (etäisyys 7400 m). Hankevaihtoehdon VE2 tapauksessa on mahdollista esimerkiksi kasvattaa turvaetäisyyttä vielä enintään 500 metrin turvaetäisyydellä tuulivoimalaan (kokonaisleveys tällöin 5776 metriä). Vapaa tila mahdollistaa myös esimerkiksi liikennekaistalla liikennöivien alusten koon kasvun (98,5 % luottamusvälillä) yli 300 metriin tai kauttakulkujen määrän massiivisen kasvun, jolloin liikennekaistalla voisi liikennöidä rinnakkain 3 alusta molempiin suuntiin. On kuitenkin huomioitava, että PIANC:n suositukset perustuvat avoveden olosuhteisiin. Jääolosuhteiden turvaetäisyyksiin ei ole ohjeistusta.

Muilla Hallan ulkopuolisilla meriliikenteen väylillä tai meriliikennereiteillä ei ole samanlaista rajoittavaa tekijää turvaetäisyyden toteutumiseksi, kuin Nordvalen-Kemi meriliikennereitillä.

Vaikutukset meriliikenteeseen: Meriväylät ja alusmäärät

Vuoden 2022 AIS-datan pohjalta Swecon tekemä meriliikenneanalyysi osoittaa, että keskimäärin 1–3 alusta vuorokaudessa operoi Hallan läheisillä meriliikenneväylillä. Alusliikenne alueella on siis suhteellisen vähäistä verrattuna moneen muuhun Itämeren osaan. Alusliikenne koostuu pääosin rahti-/ro-ro-, säiliö- sekä avustus- ja turva-aluksista. Tämä kuvaa vesiväylien merkitystä Suomessa kauppa-alusten liikennöinnin mahdollistajina. Vuonna 2022 alusten keskimääräinen pituus alueella oli 102 metriä ja keskimääräinen 98,5 % luottamusväli maksimipituuden suhteen oli 229 metriä. (*Sweco 2023a,* liite 16)

Hallan tuulivoimapuiston perustamisella on merkittävää vaikutusta alueen meriliikenteen kannalta, sillä kauppa-alusten on jatkossa kierrettävä tuulivoimapuiston alue. Erityisesti tällä on vaikutusta merijään aikaan, sillä vaihtoehtoiset reitit vähenevät. Esimerkiksi talvella 2022 vilkkaasti liikennöityjen tuulivoima-alueen läpi kulkevien luotsausreitin ja Raahe-Oulu-Kemi

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

luoteisväylän pohjoisen linjauksen liikenteen olisi siirryttävä käyttämään joko itäistä (Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläinen linjaus) tai läntistä (Nordvalen-Kemi meriliikennereitti) kiertoreittiä. Kulloinkin vallitsevat jääolosuhteet vaikuttavat luonnollisesti kiertoreitin valintaan ja jäänmurron kannalta on valittava paras mahdollinen reitti. Tuulivoima-alueen liikennemäärät olivat vuonna 2022 jäättömänä aikana huomattavasti pienemmät alueen läpi kulkevilla reiteillä, mutta myös jäättömänä aikana alusliikenne on ohjattava kiertoreitille Hallan ohi itä- tai länsipuolelta. Jotkut alukset joutuvatkin valitsemaan pidempiä reittejä, mikä aiheuttaa niiden osalta hieman korkeampia kuljetuskustannuksia ja suurempiä päästöjä.

Hallan merituulivoimapuiston perustamisesta johtuvien kiertoreittien pituuden arvioiminen ei ole yksinkertaista, sillä erilaisia vaihtoehtoisia reittilinjauksia on olemassa lukuisia. Hyvin yksinkertaistetussa mallissa vuoden 2022 AIS datan perusteella asetetaan merijään aikainen vertailureitti Hallan tuulivoima-alueen läpi etelästä pohjoiseen (luotsausreittiä) ja kiertoreitti Hallan länsipuolelta (Nordvalen-Kemi meriliikennereitti). Tässä tilanteessa kiertoreitti olisi pituudeltaan enintään noin 7,4 kilometriä pidempi. Toinen vaihtoehtoinen malli kuvaa Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän pohjoisen linjauksen poistumista ja kiertoreittiä eteläisen linjauksen kautta eli Hallan tuulivoima-alueen itäpuolelta. Kiertoreitti olisi tässä tapauksessa enintään noin 3,5 kilometriä pidempi. Nämä mallit kuvaavat kuitenkin etäisyyden kasvua vain yhdessä tapauksessa ja kahden pisteen välillä merellä, joten mallit ovat yksinkertaistettuja. Kokonaisreittien pituuksiin suhteutettuna nämä lisämatkat eivät ole merkittäviä.

Hallan tuulivoima-alueen itä- ja kaakkoispuolella sijaitsevan Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläisen linjauksen ja sen jatkeen liikennemäärien odotetaan kasvavan Hallan perustamisen seurauksena erityisesti merijään esiintymisen aikana. Analyysissä esiintyneet suhteellisen alhaiset liikennemäärät (keskimäärin 0,2 alusta merijään aikana ja 1,2 alusta jäättömänä aikana vuonna 2022) kuitenkin mahdollistavat liikennemäärien lisäyksen. Luoteisväylän eteläinen linjaus kulkee hyvin lähellä suunniteltua Hallan tuulivoima-alueen rajaa sen kaakkoispuolella. Tämä tarkoittaa, että väylällä tulisi tehdä mahdollisesti pieniä reittimuutoksia kaakkoissuunnassa, jotta väylällä olevat alukset voivat tarvittaessa suorittaa turvallisen väistöliikkeen. Toisena vaihtoehtona on tuulivoima-alueen ja sen voimaloiden sijainnin muokkaaminen jatkosuunnittelussa.

Hallan tuulivoima-alueen lounaispuolella kulkevalla Farstugrunden-Raahe meriliikennereitillä alukset kulkivat enimmäkseen jäättömänä aikana (keskimäärin 0,4 alusta päivässä merijään esiintymisen aikana ja 0,7 alusta jäättömänä aikana vuonna 2022). Meriliikennereitin alusliikenne sijoittuu hyvin lähelle Hallan tuulivoima-alueen lounaisosaa, joten reitillä saattaa olla tarvetta tehdä pieni reittimuutos lounaaseen turvallisen väistöliikkeen mahdollistamiseksi. Toisena vaihtoehtona on tuulivoima-alueen ja sen voimaloiden sijainnin muokkaaminen jatkosuunnittelussa. Mahdollisesti kasvavat liikennemäärät mahtuvat meriliikennereitille myös tulevaisuudessa. Kasvavat liikennemäärät lisäävät kuitenkin onnettomuusriskiä.

Hallan tuulivoima-alueen pohjoispuolella sijaitsevalla Oulu 1 väylällä liikennemäärät olivat analyysin perusteella hyvin pieniä (keskimäärin 0,2 alusta päivässä merijään esiintymisen aikana ja 0,03 alusta jäättömänä aikana vuonna 2022). Väylän merkitys voi kuitenkin tulevaisuudessa kasvaa Hallan perustamisen myötä, sillä kauppa-alukset joutuvat kiertämään tuulivoima-alueen. Liikennemäärien arvioidaankin kasvavan, mutta tällä ei ole esitetyille liikennemäärillä merkittävää vaikutusta väylän toimintaan. Väyläalueen reuna sijoittuu kuitenkin Hallan tuulivoima-alueen pohjoisrajalle. Tämä tarkoittaa, että väylällä tulisi tehdä mahdollisesti pieniä reittimuutoksia pohjoissuunnassa, jotta väylällä olevat alukset voivat tarvittaessa suorittaa turvallisen väistöliikkeen. Tuulivoimaloiden sijaintia on jo siirretty Traficomin ohjeistuksen mukaisesti 1,5 kilometriä väyläalueen reunasta etelään päin. Voimaloiden sijainnit kuitenkin vielä tarkentuvat jatkosuunnittelussa ja siinä otetaan huomioon myös meriliikenteen turvallisuus.

Hallan merituulivoimapuiston länsipuolella kulkevan Nordvalen-Kemi meriliikennereitin liikennemäärien arvioidaan kasvavan tulevaisuudessa Hallan perustamisen seurauksena erityisesti merijään esiintymisen aikana. Meriliikennereitti on nykytilanteessa alueen liikennöidyin reitti (keskimäärin 1,8 alusta päivässä merijään esiintymisen aikana ja 2,8 alusta jäättömänä aikana vuonna 2022), mutta liikennemäärät ovat tästä huolimatta varsin matalia. Kasvavat liikennemäärät pitäisikin mahtua kulkemaan meriliikennealueella muutoksesta huolimatta.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Onnettomuusriski tosin kasvaa nykytilanteesta. Nykytilanteessa alukset kulkevat lähellä Hallan merituulivoima-alueen rajaa ja erityisesti hankevaihtoehdossa VE1 on päällekkäisyyttä alueen luoteiskulmassa. Tämä tarkoittaa, että väylällä tulisi tehdä mahdollisesti pieniä reittimuutoksia länsi/-luoteissuunnassa, jotta väylällä olevat alukset voivat tarvittaessa suorittaa turvallisen väistöliikkeen. Mikäli Ruotsin puolelle suunniteltu Polargrundin merituulivoimapuisto päätetään toteuttaa, niin Nordvalen-Kemi meriliikennereitti tulee kulkemaan kahden merituulivoimapuiston välistä. Tällöin turvaetäisyyssuositukset eivät tule toteutumaan hankevaihtoehdon VE1 tapauksessa, kuten edellisessä kappaleessa osoitettiin. PIANC:n suositusten noudattamisen varmistamiseksi olisikin suositeltavaa poistaa/siirtää uloimmainen tuulivoimala alueen luoteiskulmasta hankevaihtoehdossa VE1. Näin varmistetaan riittävä tila alusliikenteelle myös tulevaisuudessa, ottaen huomioon mahdollisesti suuremmat alukset ja kasvavat liikennemäärät.

Tarkempaa tietoa Hallan merituulivoimapuiston vaikutuksista meriliikenteeseen löytyy liitteen 16 liikenneanalyysistä.

Hankevastaava on sitoutunut tekemään tarvittaessa tarkempia selvityksiä hankkeen vesilupavaiheeseen perustellun päätelmän jälkeen. Mahdollisten reittimuutosten tekemisessä tarvitaan tiivistä yhteistyötä viranomaistahojen kanssa.

Merituulivoimapuiston operointi aiheuttaa lisääntyvää meriliikennettä Perämeren alueella lähinnä voimaloiden huolto- ja kunnossapitotoimenpiteiden vuoksi. Jokaista merituulivoimalaa huolletaan lähtökohtaisesti vuosittain ja näiden lisäksi on varauduttava myös ennalta suunnittelemattomiin huoltokäynteihin. Huoltotoimenpiteet toteutetaan alustavien suunnitelmien mukaan 2 nopean pienlautan (huoltohenkilöstön kuljetus) ja 1 operointi- ja kunnostusaluksen avulla. Mikäli jokainen merituulivoimala huollettaisiin omalla huoltokäynnillään ja alukset kulkisivat aina yhteyssatamasta merituulivoimalalle ja takaisin, niin tällöin vuosittaisia matkoja nopeilla pienlautoilla kertyisi 480 kpl ja operointi/kunnossapitoaluksella 240 kpl. Matkojen määrä voi kuitenkin olla todellisuudessa pienempi, mikäli samalla huoltokäynnillä saadaan huollettua useampia tuulivoimaloita.

Merenkulun riskiarvioinnit

Hallan merituulivoimapuiston meriliikenteeseen liittyvien vaarojen tunnistaminen suoritettiin konsulttiyhtiö Sweco AB:n järjestämissä HAZID-työpajoissa (Hazard Identification workshop). Työpajoihin osallistui useita alan sidosryhmiä, jotta riskejä voitaisiin tunnistaa mahdollisimman laaja-alaisesti. Tunnistettujen vaarojen riskinarviointia suoritettiin käyttämällä riskimatriisia (Kuva 14-19), jossa kukin riski luokitellaan seurausten esiintymistaajuuden ja vakavuuden perusteella. Matriisi perustuu IMO:n (International Maritime Organization) ehdottaman FSA-metodologian (Formal Safety Assessment) osiin. Riskitaso lasketaan taajuusindeksin ja vakavuusindeksin summana.

		Vakavuus			
		1 *Vähäinen*	**2** *Merkittävä*	**3** *Vakava*	**4** *Katastrofaalinen*
Taajuus	**6 Todennäköinen** *Kerran vuodessa*	7	8	9	10
	5 Kohtuullisen todennäköinen *Kerran 10 vuodessa*	6	7	8	9
	4 Odottamaton *Kerran 100 vuodessa*	5	6	7	8
	3 Etäinen *Kerran 1 000 vuodessa*	4	5	6	7
	2 Erittäin etäinen *Kerran 10 000 vuodessa*	3	4	5	6
	1 Äärimmäisen etäinen *Kerran 100 000 vuodessa*	2	3	4	5

Kuva 14-19. Riskimatriisi merituulivoimapuiston riskien arvioimiseksi (Sweco 2023c, liite 18).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuvaan (Kuva 14-19) punaisella merkityt riskit arvioidaan kohtuuttomaksi. Punaiseksi luokiteltuihin skenaarioihin liittyy sellainen riski, että on toteutettava riskinhallintatoimenpiteitä hyväksyttävän riskitason saavuttamiseksi. Keltaisella merkityt riskit arvioidaan siedettäviksi, jos ryhdytään teknisesti ja taloudellisesti kohtuullisiin toimenpiteisiin ALARP-periaatteella (As Low As Reasonably Practicable). Keltaisiksi luokitelluissa skenaarioissa riskit on huomioitava huolellisesti ja ryhdyttävä kohtuullisiin riskinvähentämistoimenpiteisiin. Vihreät riskit arvioidaan hyväksyttäviksi. Vihreiksi luokitelluissa skenaarioissa riskitasoja pidetään niin alhaisina, että riskinhallintatoimenpiteitä ei lähtökohtaisesti tarvita.

Riskin todennäköisyyttä eli esiintymistaajuutta kuvataan kuusiportaisella asteikolla. Riskien taajuuden laskemisessa käytetään hyväksi mallinnusta IWRAP ohjelmistolla, joka on IALA:n (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities) vesiväyläriskien arviointiohjelmisto laivojen onnettomuustiheyksien laskemiseen. Riskin seuraukset on jaettu sen vakavuuden mukaan neliportaisen luokittelun mukaan.

Riskinarvioinnista saadut tulokset perustuvat siis mallinnusohjelman laskennallisiin tuloksiin sekä työpajaan osallistuneiden henkilöiden riskinarvioon.

Törmäysriskit

Kun Hallan merituulivoimapuisto perustetaan, erilaisten törmäystyyppien todennäköisyys kasvaa. Törmäyksellä tarkoitetaan tilannetta, jossa alus ajelehtii tai se ohjataan päin paikallaan olevaa kohdetta. Hallan merituulivoimapuiston kiinteitä rakenteita ovat alustat (sähköasema ja vedyntuotanto) ja tuulivoimalat mukaan lukien niiden pyörivät lavat. Yhteenveto törmäysriskeistä on esitettynä taulukossa (Taulukko 14-3). Merenkulun riskiarvioinnin mukaan moottoroidun törmäyksen riski paikallaan olevaan kohteeseen kuten tuulivoimalaan on luokiteltu hyväksyttäväksi kaikissa mahdollisissa skenaarioissa. Tulokset ovat kuitenkin herkkiä sille, mitä oletuksia tehdään etäisyydestä, jolla alukset ohittavat tuulivoimapuiston. Jos oletetaan, että alukset ohittavat tuulivoimapuiston hyvin läheltä, moottoroidun törmäyksen riski on paljon suurempi. Riskin tarkka suuruus riippuu siitä, miten liikennemalli muuttuu. Todennäköisyys navigoivien alusten yhteentörmäykseen pienenee, jos liikenne sijoittuu kauemmas tuulivoimapuistosta. Mitä kauemmas puistoa lähin liikenne sijoittuu, sitä pienempi on tuulivoimalaan törmäämisen todennäköisyys, mutta samalla ohitus- ja etutörmäysten todennäköisyys laivaväylillä vastaantulevien alusten kanssa kasvaa.

Ajelehtivan törmäyksen riski paikallaan olevaan kohteeseen kuten tuulivoimalaan luokitellaan ALARP-tasolle, johon liittyy riski ihmisten turvallisuudelle skenaariossa, jossa Halla (VE1 tai VE2), Polargrund ja Omega kaikki perustetaan (Taulukko 14-3). Kaikissa muissa lasketuissa skenaarioissa ajelehtimisriski luokitellaan hyväksyttäväksi. Hallan pohjois-, länsi- ja lounaispuolella sijaitsevilla tuulivoimaloilla on suurempi riski ajelehtivaan törmäykseen sekä kesällä että talvella. Tämä viittaa pääasiassa skenaarioon, jossa Halla, Omega ja Polargrund kaikki perustetaan ja ihmisten turvallisuudelle aiheutuva riski on ALARP-tasolla. Hallan länsipuolella kulkee eniten liikennöity laivaväylä, Nordvalen – Kemi, jossa liikenne ruuhkautuu skenaariossa, jossa sekä Halla, Polargrund että Omega perustetaan verrattuna vain Hallan perustamiseen ja nollavaihtoehtoon. Sitä vastoin ajelehtivan törmäyksen taajuus merituulivoimapuiston itäpuolella on suhteellisesti alhaisempi. Lisäksi Hallan itäpuolella on matalampi alue, jossa ajelehtivat alukset todennäköisemmin ajelehtivat karille sen sijaan, että törmäisivät merkittävässä määrin tuulivoimaloihin. Jokainen kohde on kuitenkin riskitekijä ajelehtiville aluksille, tuulivoimaloiden sijainnista riippumatta.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 14-3. Riskiarviotaulukko aluksen törmäämisestä paikallaan olevaan kohteeseen (Sweco 2023b & Sweco 2023c, liite 17 ja liite 18).

Skenaario	Hankevaihtoehto	Riski	
		Ihmisten turvallisuus	Ympäristö
Törmäys (aluksen törmääminen paikallaan olevaan kohteeseen)			
Laiva ohjaa päin tuulivoimalaa (moottoroitu törmäys)	VE1	4,6	3,5
	VE2	4,8	3,7
	VE1 + muut hankkeet	4,6	3,8
	VE2 + muut hankkeet	4,9	3,8
Toimimaton alus ajautuu päin tuulivoimalaa (ajelehtiva törmäys)	VE1	4,5	3,8
	VE2	4,5	3,8
	VE1 + muut hankkeet	5,1	4,5
	VE2 + muut hankkeet	5,2	4,6

Alusten yhteentörmäystaajuudet on laskettu laivaväylillä Hallan merituulivoimapuiston ympärillä liikkuville aluksille käytettävissä olevien AIS-tietojen perusteella. Laskelmat perustuvat kesäolosuhteiden liikennemalliin. Arvioidun riskin oletetaan konservatiivisesti edustavan myös yhteentörmäysriskiä talviolosuhteissa, jolloin aluksia kulkee alueella vähemmän, nopeudet ovat usein pienempiä, ja tapahtumien seuraukset eivät yleensä ole niin vakavia. Yhteenveto yhteentörmäysriskeistä on esitettynä taulukossa (Taulukko 14-4).

Alusten yhteentörmäysten kokonaistörmäysriskiksi luokitellaan ALARP-tasolle sekä skenaariossa, jossa vain Halla perustetaan, että skenaariossa, jossa sekä Halla, Omega että Polargrund perustetaan. Yleensä riskitaso useimmissa yhteentörmäystyypeissä luokitellaan ALARP-tasolle ja mallinnuksen takia liittymistörmäys on yleisin yhteentörmäystyyppi (Taulukko 14-4). Risteämistörmäykset näyttävät vähenevän tuulivoimapuistojen perustamisen myötä, mikä voisi johtua siitä, että liikennemallien muutosten vuoksi risteämistilanteita mallinnetaan vähemmän. Risteämistörmäysten riski katsotaan hyväksyttäväksi.

Yhteentörmäystaajuus on korkein Nordvalen – Kemi -reitillä ja lähellä reittipistettä, josta Raahe – Oulu – Kemi väylä johtaa Ouluun ja edelleen kohti Nordvalen – Kemi -reittiä Oulu 1:n suuntaisesti sekä pohjoiseen kohti Kemi Ajos -reittiä johtavalla väylällä.

Kaiken kaikkiaan törmäysten seurausten esiintymistaajuuden ja vakavuuden pitäisi vähentyä, jos myöhemmin luetellut riskinhallintatoimenpiteet toteutetaan.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 14-4. Riskiarviotaulukko kahden laivan välisestä yhteentörmäyksestä (Sweco 2023b & Sweco 2023c, liite 17 ja liite 18).

Skenaario	Hankevaihtoehto	Riski	
		Ihmisten turvallisuus	Ympäristö
Kahden laivan välinen yhteentörmäys			
Yhteentörmäykset yhteensä (kaikki törmäystyypit)	VE1	5,7	5,7
	VE2	5,5	5,5
	VE1 + muut hankkeet	6	6,2
	VE2 + muut hankkeet	5,8	6
Ohitustörmäys	VE1	4,6	4,7
	VE2	4,5	4,6
	VE1 + muut hankkeet	5,1	5,2
	VE2 + muut hankkeet	4,9	5,2
Etutörmäys	VE1	5,5	5,6
	VE2	5,3	5,4
	VE1 + muut hankkeet	5,9	6,1
	VE2 + muut hankkeet	5,7	6
Risteämistörmäys	VE1	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
	VE2	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
Etutörmäys	VE1	4,5	4,9
	VE2	4,8	5,1
	VE1 + muut hankkeet	4,4	4,9
	VE2 + muut hankkeet	4,9	5,2
Kääntymistörmäys	VE1	5,5	5,6
	VE2	5,2	5,4
	VE1 + muut hankkeet	5,5	5,7
	VE2 + muut hankkeet	5,2	5,4
Törmäys satamaan/satamasta matkalla olevan työaluksen kanssa	VE1	5,3	5,4
	VE2	5,3	5,4

Ajelehtivan pohjakosketuksen riskiä pidetään hyväksyttävänä tuulivoimapuistojen perustamisen yhteydessä, koska suhteellinen riski ei ole laskennallisesti lisääntynyt tuulivoimapuistoihin liittyen. Ajelehtivaan pohjakosketukseen liittyvä riski katsotaan hyväksyttäväksi molempien hankevaihtoehtojen osalta.

Mallinnus osoittaa merkittävän pohjakosketusriskin ajelehtivalla pohjakosketukselle hankevaihtoehdon VE2 tapauksessa (Taulukko 14-5). Hankevaihtoehdon VE1 tapauksessa vastaavaa riskiä ei mallintamisessa havaittu. Ottaen huomioon, missä tapahtuman odotetaan tapahtuvan mallinnuksessa, taajuus voi heijastaa Hallan suhteellista läheisyyttä rannikkoon sekä ruopattuja väylälaalueita, jotka kulkevat matalikkojen lähellä. Kun tarkastellaan mallinnettujen tapahtumien sijaintia, Hallan merituulivoimapuisto ei näytä vaikuttavan merkittävästi moottoroitujen pohjakosketusonnettomuuksien yleiseen riskitasoon. On kuitenkin huomattava, että mallinnuksessa moottoroidut pohjakosketukset tapahtuvat Hallan luoteisreunalla, lähellä Oulu 1 -laivaväylän

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ulkopuolista matalikkoa Nordvalen – Kemi meriliikennereitin vieressä. Siksi mahdollisten onnettomuuksien estämiseksi tulee tällä alueella olla valppaana ja muistaa moottoroidun pohjakoskettuksen riski.

Taulukko 14-5. Riskiarviotaulukko alusten pohjakosketuksesta (Sweco 2023b & Sweco 2023c, liite 17 ja liite 18).

Skenaario	Hankevaihtoehto	Riski	
		Ihmisten turvallisuus	Ympäristö
Pohjakosketus			
Navigoiva alus ajaa karille (moottoroitu pohjakosketus)	VE1	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
	VE2	7,4	6,9
	VE1 + muut hankkeet	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
	VE2 + muut hankkeet	7,5	7,3
Navigoiva alus ajaa karille (ajelehtiva pohjakosketus)	VE1	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
	VE2	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
	VE1 + muut hankkeet	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
	VE2 + muut hankkeet	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä

Tarkemmat riskiarviot törmäysriskeistä löytyvät liitteistä 17, 18 ja 19 (Sweco 2023b, c ja d).

Vaikutukset merijään muodostumiseen ja talvimerenkulkuun

Merituulivoimapuistot saattavat vaikuttaa merialueiden jäänmuodostukseen, mutta toistaiseksi konkreettisia esimerkkejä tai tutkimuksia vaikutuksista ei ole tarjolla (*Valtioneuvosto 2024*). Ruotsin liikennevirasto on esittänyt skenaarioita, mitä tuulivoimapuistolla voisi olla merijään muodostumiseen. Tuulivoimaloiden perustukset voivat rikkoa jäätä, jolloin muodostuu uutta jäätä ja ajojää voi juuttua alueelle. Tällöin tuulivoimapuiston alueelle muodostuu ahtojäätä ja jääharjuja, jotka vaikeuttavat alueella liikkumista talvisin. Vaihteleva tuulen suunta voi aiheuttaa jään ajelehtimista edestakaisin tuulivoimapuiston alueella, jolloin jää murtuu ja puristuu useaan otteeseen. Tällöin alueella voi muodostua paksu jäänsulku, joka juuttuu alueelle. Perustusten rikkoma jää voi kulkea myös tuulivoimapuiston läpi tai ohi, jolloin se voi aiheuttaa ongelmia myös tuulivoimapuiston ulkopuolella ja vaikeuttaa laivaliikennettä sekä rajoittaa merenkulkua alueella. Tuulivoimapuiston merijään muodostamiseen aiheuttaman vaikutuksen arviointia vaikeuttaa myös jokavuotiset vaihtelut merijään muodostumisessa. (*Sweco 2023b*, liite 17) Aaltoyliopistossa on juuri saatu päätökseen tutkimusprojekti merituulivoimapuiston vaikutuksista alueen jääolosuhteisiin (*Polojärvi ym. 2024*). Uusia tuloksia ja hankekohtaisia mallinnuksia hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan hankkeen jatkosuunnittelussa.

Hallan merituulivoimapuistolla on todennäköisesti vaikutusta alueen merijään muodostumiseen ja syntyviä riskejä on pyrittävä hallitsemaan mahdollisimman tehokkaasti yhteistyöllä jäänmurron kanssa. Yksi keskeinen vaikutus talviaikaiseen merenkulkuun on vaihtoehtoisten talvimerenkulun reittien väheneminen. Edellisessä kappaleessa esitetyt muutokset reiteissä (luotsausreitin ja Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän pohjoisen linjauksen poistumiset) merkitsevät sitä, että Hallan merituulivoima-alue on kierrettävä jääolosuhteiden mukaan puiston länsi- tai itäpuolelta. Tuulivoimapuisto saattaakin tukkia nopeimman ja helpoimman talvimerenkulun reitin, jolloin jäänmurtajat joutuvat valitsemaan toisen vähemmän optimaalisen reitin. Jäänmurtajien mahdollisuudet liikkua esimerkiksi isojen jääharjujen läpi on rajoitettua ja niidenkin on etsittävä reittejä niiden ohi hankalissa jääolosuhteissa. Tämä voi johtaa avustuksen viivästymiseen ja kasvattaa riskiä merijään aluksille aiheuttamille vahingoille. Lisäksi jäänmurron ja avustettavien alusten polttoaineen kulutus kasvaa vähemmän optimaalisissa olosuhteissa. (*Sweco 2023b, liite 17*)

Väylien ja merenkulun liikennöintialueiden edustalle sijoittuvat laajat tuulivoimapuistot lisäävät talvimerenkulun avustustarvetta. Aluksia ei ole mahdollista jättää odottamaan avustusta

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tuulivoimaloiden edustalle liikkuviin jäihin, eikä niitä voida välttämättä jättää kulkemaan laajojen tuulivoimapuistojen välissä tai välittömässä läheisyydessä ilman avustusta merenkulun turvallisuuden varmistamiseksi hankalissa jääolosuhteissa. Laajojen tai vierekkäisten tuulivoimapuistojen vuoksi aluksille turvallisia ja soveltuvia odotusalueita etenkin Perämerellä voi joutua osoittamaan huomattavan kauaksi avoimelle merialueelle, joka osaltaan sitoo myös jäänmurtajakapasiteettia yhä pidemmille avustusmatkoille. Laajojen tuulivoimapuistojen rakentaminen merialueelle tuleekin todennäköisesti lisäämään jäänmurtokapasiteetin tarvetta nykytilanteeseen nähden. Lisäksi jäänmurron polttoaineen kulutus ja päästöt tulevat kasvamaan muutoksen seurauksena (*Traficom & Väylävirasto 2023*) Hankkeiden yhteisvaikutuksia arvioitaessa on huomioitava, että kaikki suunnitellut merituulivoimahankkeet eivät todennäköisesti toteudu ainakaan siinä laajuudessa missä niitä suunnitellaan. Siksi onkin tärkeää, että tilannetta seurataan yhteistyössä hanketoimijoiden ja viranomaisten kanssa, jotta potentiaaliset vaikutukset voidaan ottaa huomioon jatkosuunnittelussa ja seuraavissa lupavaiheissa.

Jäänmurron tehokas koordinointi ja operointi korostuukin tuulivoimapuiston perustamisen jälkeen, sillä sen avulla riskejä voidaan pienentää. (*Sweco 2023b*, liite 17) Tuulivoimapuiston edustan talvimerenkulun sujuvuutta on mahdollista parantaa mm. jäiden liikkumisen seurantaan soveltuvien kameroiden ja/tai tutkien lisäämisellä tuulivoimaloiden rakenteisiin, jolla parannetaan jäätilanteen kokonaiskuvan seurantaa sekä mahdollistetaan jäänmurtoavustustarpeen oikea-aikaista kohdentamista alueelle. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Tutkavaikutukset

Tuulivoimaloiden sijainnin suunnittelussa tulee ottaa huomioon tutkan käyttö meriliikenteen alusten pääasiallisena navigointi- ja törmäyksenestovälineenä. Tutkilla on myös keskeinen merkitys talvimerenkulussa sekä meriliikenteenohjauksessa. Tutkajärjestelmien toimiminen luotettavasti on olennainen osa merenkulun yleisen turvallisuuden ylläpitoa. Tuulivoimaloiden vaikutukset tutkien, radionavigointilaitteiden, merenkulun langattomille viestintäverkoille, merenkululle ja liikenteenohjaukselle tärkeiden radiolaitteiden toimintaan on arvioitava tuulivoimahankkeen yhteydessä (Traficom & Väylävirasto 2023). Mahdollisten vaikutusten selvittämiseksi konsulttiyhtiö Sweco toteutti Hallan merituulivoimapuiston tutkavaikutuksien arviointiraportin osana hankkeen riskinarviointia. Raportin (*Sweco Sweden 2024*, vain viranomaiskäyttöön) mukaan Hallan merituulivoimapuisto vaikuttaa laivatutkiin (mukaan lukien jäänavigointi), olemassa oleviin VTS-tutkiin sekä merenkulun langattomiin viestintäverkkoihin ja matkaviestinverkkoihin seuraavasti:

- Vaikutukset laivatutkiin: S- ja X-taajuustutkien odotetaan häiriintyvän voimaloiden läheisyydessä. Tämä tapahtuu myös silloin, kun niitä käytetään erityisesti navigointiin jääolosuhteissa. Kumulatiivisia vaikutuksia voi esiintyä alusten kulkiessa Hallan ja Polargrundin merituulivoimapuistojen välisellä alueella. Vaikutuksen katsotaan olevan vähäisiä, koska pääväylät ja merituulivoimapuisto ovat kaukana toisistaan ja aluksilla on redundanssia. Myös passiivisten, tutkalla havaittavissa olevien navigoinnin apuvälineiden (esimerkiksi majakat ja tutkaheijastimet) näkyvyyteen saattaa kohdistua vaikutuksia.
- Vaikutus VTS-tutkaan: Pohjoisimmat voimalat saattavat varjostaa tutkan peittoa rajoitetulla alueella, joka kuuluu läheiseen viralliseen VTS-alueeseen.
- Vaikutukset merenkulun radiojärjestelmiin ja radioyhteyksiin: Hallan merituulivoimapuisto voi vaikuttaa meripelastuksen koordinointikeskuksen eli Turun VHF-rannikkoradioaseman Hailuodossa olevaan aluepeittoon. Koska merituulivoimapuisto ei sijaitse minkään pisteestä pisteeseen -radioyhteyden näköyhteydessä, voimalat eivät vaikuta VTS- tai rannikkovartioston radioyhteyksiin.
- Vaikutukset satelliittiviestintäverkkoihin: Mitätön.
- Vaikutukset matkaviestinverkkoihin: Mitätön.
- Satelliittipaikannus: Voimalat voivat aiheuttaa monitiehäiriöitä, jotka voivat vaikuttaa GNSS- ja DGNSS-signaalien tarkkuuteen ja luotettavuuteen aluksissa, jotka navigoivat voimaloiden läheisyydessä. Ei vaikutusta DGNSS-viiteasemiin.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Radiosuunnistuslaitteet: Vähäinen AIS:n osalta. Ei suoraa vaikutusta yhteenkään raconiin (tutkamajakka). Suuret alukset kuitenkin kokevat tutkavarjostusta tutkamajakan (Oulu 1 ja Kemi 1) kantaman reunalla ja tutkaheijastuksia (haamukohteita) voi esiintyä aluksissa, jotka kulkevat voimaloiden läheisyydessä. (*Sweco Sweden 2024*)

Mahdollisten vaikutusten lieventämiseksi raportissa suositellaan kenttämittauksien toteutusta, kun merituulivoimapuisto valmistuu. Näin voidaan varmistaa, tarvitaanko merituulivoimapuiston yhteydessä ylimääräistä VHF-rannikkoradioasemaa tai AIS-tukiasemaa ja missä niiden olisi sijaittava. (*Sweco Sweden 2024*) Hanketoimija on huomioinut tuulivoimaloiden mahdolliset vaikutukset tutkamajakoihin (racon) hanketta varten tehdyssä tutkaselvityksessä *(Sweco Sweden 2024*). Raportissa todetaan, että Hallan merituulivoimapuiston vaikutukset tutkamajakoihin rajoittuvat paikalliseen tutkavarjostukseen Oulu 1 ja Kemi 1 osalta isoihin yksittäisiin aluksiin kaukana majakoista ja mahdollisiin tutkaheijastuksiin aluksille, jotka kulkisivat lähempänä voimaloita. Vesilupavaiheessa voimalasijoittelujen tarkentuessa lupaviranomaisilla on mahdollisuus määrittää tarkemmin mahdollisia tarvittavia muutoksia tutkamajakoiden sijaintien osalta.

Raportti esittää yleisenä päätelmänä, että Hallan merituulivoimapuisto ei yleensä vaikuta minkään paikallaan olevan kohteen (kuten rannikkoasemat ja majakat) toimintaan. Hallan merituulivoimapuisto saattaa mahdollisesti vaikuttaa meripelastuksen koordinointikeskuksen eli Turun VHF-rannikkoradioaseman kuuluvuuteen Hailuodossa. Tämän vuoksi on suositeltavaa käydä vuoropuhelua operaattorin kanssa. Nordvalen-Kemi meriliikennereittiä lähimpänä olevat voimalat voivat vaikuttaa väylällä olevien alusten tutkajärjestelmiin. Lisäksi yksittäiset alukset väylien ulkopuolella tai niiden reunan tuntumassa voivat ajoittain kokea häiriöitä paikannus- ja navigointijärjestelmissään. Näiden häiriöiden ei kuitenkaan odoteta ylittävän hallittavissa olevaa tasoa. (*Sweco Sweden 2024*)

Hallan merituulivoimapuiston vaikutusta alusten tutkiin analysoidaan tutkahäiriöitä ja merituulivoimapuistoja koskevan yleisen tiedon perusteella. Aluksen tutkajärjestelmille aiheutuvat tarkat häiriöt ja esiintymisetäisyydet voidaan arvioida tarkasti vasta, kun merituulivoimapuiston on valmis ja todelliset mittaukset voidaan toteuttaa.

Meriliikenteen tutkavaikutuksiin liittyviä onnettomuusriskejä on arvioitu Hallan merituulivoimapuiston merenkulun riskiarvioinneissa (Taulukko 14-6). Ensimmäinen riski liittyy aluksen tutkahäiriöön eli kohteen menettämiseen, joka aiheuttaa törmäyksen. Jos liikenne kulkee lähempänä kuin 1,5 merimailin päässä merituulivoimapuistoja, niin tutkahäiriöitä voi esiintyä. Tapahtumaa pidetään todennäköisenä eli esiintymistiheys on noin kerran vuodessa. Tällaisen häiriön ei kuitenkaan odoteta johtavan alusten yhteentörmäyksiin, sillä tutkahäiriöt ovat kaupallisessa meriliikenteessä tunnettu ilmiö, jota esiintyy säännöllisesti. Häiriöiden minimointiin on olemassa rutiinitoimenpiteitä, joista kokenut merenkulkija on tietoinen. Suuret alukset on varustettu useilla eri järjestelmillä ja lisäksi Hallan merituulivoimapuistoa ympäröivillä reiteillä liikkuu vain vähän liikennettä (keskimäärin 1–3 alusta päivässä). Riski arvioidaankin ALARP-tasolle.

Toinen riski liittyy tutkahäiriöön, joka aiheuttaa aluksella navigointivirheen ja siten törmäämisen tuulivoimalaan. Skenaariossa merituulivoimapuisto aiheuttaa aluksen tutkalle, AIS-, VHF-, GPS- ja muille navigointi- ja viestintäjärjestelmille niin merkittäviä häiriöitä, että liikenne ohjautuu väärin ja alus osuu tuulivoimalaan. Aluksen tutkassa ja muissa navigointilaitteissa on monia esteitä, ennen kuin tutkahäiriöt aiheuttavat sen, että merituulivoimapuistoa ohittava alus ohjaa päin tuulivoimalaa. Arvion mukaan vaaditaan useita tutkista ja ihmisvaikutuksesta aiheutuvia virheitä, jotka lopulta johtaisivat tuulivoimalaan törmäämiseen. Kaiken kaikkiaan aluksen tutkahäiriöitä, jotka johtavat aluksen törmäämiseen tuulivoimalaan, arvioidaan esiintyvän harvemmin kuin kerran 10 000 vuodessa. Yhteenvetona voidaan todeta, että todennäköisyys, että tällä etäisyydellä sijaitsevien tornien aiheuttama häiriö antaa niin harhaanjohtavaa tietoa, että se johtaa epätarkkaan navigointiin ja sen jälkeen törmäykseen päin tuulivoimalaa, on merkityksetön verrattuna muihin aiheuttaviin tekijöihin. Törmäykseen johtavassa skenaariossa oletetaan, että alus navigoi meriliikennealueen ulkopuolella, näkyvyys on huono eikä käytössä ole vaihtoehtoisia navigointijärjestelmiä. Tämä johtaa siihen, että alus vahingossa päätyy merituulivoimapuiston alueelle ja ohjaa päin tuulivoimalaa. Riski siitä, että aluksen tutkan ja muiden navigointilaitteiden

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

häiriöt aiheuttavat merenkulkualueilla olevien alusten tahattoman navigoinnin tuulivoimapuiston alueelle ja tuulivoimalaan törmäämisen, katsotaan näin ollen hyväksyttäväksi.

Kolmas tutkavaikutuksiin liittyvä riski esiintyy navigoidessa merituulivoimapuiston sisällä. Tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä (0,25 merimailin säteellä) liikkuvat alukset voivat kokea häiriöitä aluksen tutkassa, AIS:ssä, VHF:ssä ja GPS:ssä. Skenaariossa merituulivoimapuisto luo tutkaan ja muihin navigointi- ja tietojärjestelmiin niin suuria häiriöitä, että puistossa olevat alukset ohjaavat päin tuulivoimalaa. Valtuutetulle liikenteelle (työ- ja huoltoalukset) aiheutuvat seuraukset on rajattu merenkulun riskianalyysin rajojen ulkopuolelle. Oletuksena on, että pienempiä aluksia kuitenkin kulkee merituulivoimapuiston alueen poikki. Jos tutkassa ja muissa järjestelmissä esiintyvät häiriöt otetaan huomioon, riski kasvaa eri tavalla aluksen koosta ja laitteistosta riippuen. Yhteenvetona voidaan todeta, että riski koostuu merituulivoimapuiston alueelle navigoivista ulkoisista aluksista, joiden bruttovetoisuus on noin 20–300 tonnia, jotka navigoivat huonossa näkyvyydessä vain tutka apunaan ja jotka ajavat päin tuulivoimalaa. Tilanteen, jossa alus kärsii tutkahäiriöstä, joka johtaa vääriin päätöksiin, oletetaan tapahtuvan konservatiivisesti 10 kertaa vuodessa (mikä vastaa yhtä tapahtumaa yhden myrskyn aikana kuukaudessa ja yhtä alusta myrskyä kohti). Kun alus lähestyy tuulivoimalaa, oletetaan, että vika voidaan tunnistaa, mutta tarvittavan väistöliikkeen epäonnistumisen todennäköisyys on silti $1{,}6 \cdot 10^{-4}$ eli yksi onnettomuus kerran 6250 vuodessa. Samankaltaisista onnettomuuksista saatujen kokemusten perusteella vakavuusindeksiksi on asetettu varsin matalaksi. Riski nähdään kokonaisuutena hyväksyttävänä. Muiden kuin valtuutettujen alusten liikennöintimahdollisuutta alueella olisi kuitenkin tarpeen vaatiessa rajoitettava.

Taulukko 14-6. Riskiarviotaulukko alusten tutkahäiriöistä (Sweco 2023b & Sweco 2023c, liite 17 ja liite 18).

Skenaario	Hankevaihtoehto	Riski	
		Ihmisten turvallisuus	Ympäristö
Aluksen tutkahäiriö			
Aluksen tutkahäiriö (kohteen menettäminen)	VE1	7,0	7,0
	VE2	7,0	7,0
Aluksen tutkahäiriö (navigointihäiriö)	VE1	< 5	< 5
	VE2	< 5	< 5
Aluksen tutkahäiriö merituulivoimapuiston sisällä	VE1	4,2	4,2
	VE2	4,2	4,2

Vaikutukset etsintä- ja pelastustoimintaan

Merituulivoimaloilla voi olla kielteisiä vaikutuksia pelastustoiminnalle, osittain tutka- ja viestintähäiriöiden vuoksi ja osittain siksi, että ne muodostavat fyysisiä esteitä. Hätäkutsuja saattaa olla vaikeampaa kuulla paikoista, jotka ovat merituulivoimapuiston vuoksi varjossa. Tutkahäiriö, vaikutus sijaintiraportointiin (mukaan lukien AIS-raportointi ja vaihtoehtoiset navigointityökalut) yhdistettynä huonoon näkyvyyteen voivat johtaa pelastusaluksessa haastavaan päätöksentekotilanteeseen etsintä- tai pelastusoperaation tapahtuessa. Radioseuranta voi myös olla vaikeampaa. Merituulivoimapuiston perustaminen lisää onnettomuusriskiä alueella, joten pelastustoiminnan tarve voi kasvaa tulevaisuudessa. (*Sweco 2023b,* liite 17)

Jos merituulivoimapuistossa tai sen läheisyydessä tapahtuu onnettomuus, navigointi voi olla vaikeampaa sekä pelastusaluksille että helikoptereille. Tämä tarkoittaa myös sitä, että

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

onnettomuuden uhrien etsintä on rajallista, koska osan pelastushenkilöstöstä on keskityttävä tuulivoimaloiden ohi navigointiin sen sijaan, että he voisivat keskittyä etsimään apua tarvitsevia ihmisiä ja/tai aluksia. Myös hätään joutuneen aluksen miehistön on keskityttävä enemmän ympäristöönsä, jotta alus ei törmää tuulivoimalaan. Tästä huolimatta tuulivoimaloiden ei odoteta muodostavan suurta estettä etsintä ja pelastustoiminnalle, koska voimaloiden välinen etäisyys on vähintään 1 kilometri ja merenpinnan ja alimman siipikärjen välinen etäisyys on yli 30 metriä. Pelastusaluksilla on näin tilaa liikkua tuulivoimaloiden välillä ja niiden alapuolella. Tuulivoimalat voivat myös joissakin tapauksissa yksinkertaistaa meripelastusoperaatiota, koska tornit ovat selkeitä viitepisteitä. (*Sweco 2023b,* liite 17)

PIANC:n mukaan merituulivoimapuistot tulisi mahdollisuuksien mukaan asettaa säännölliseen ruudukkomuotoon. Tämä ei ole aina mahdollista teknisistä ja rakenteellisista syistä, sillä esimerkiksi merenpohjan olosuhteet ja veden syvyyden vaihtelut voivat estää voimaloiden asettamisen säännölliseen kuvioon. Hallan hankevaihtoehtojen VE1 (160 tuulivoimalaa) ja VE2 (120 tuulivoimalaa) tuulivoimalat eivät ole suunniteltu säännölliseen ruudukkokuvioon. Energiantuotannon maksimoimiseksi tuulivoimaloita ei ole voitu sijoittaa suoriin linjoihin. Se lisäisi katveita huomattavasti ja vähentäisi vuotuista energiantuotantoa sekä lyhentäisi tuulivoimaloiden käyttöikää. On vaikea arvioida, kuinka paljon hajalleen sijoitetut tuulivoimalat vaikuttavat etsintä ja pelastustoiminnan mahdollisuuksiin, mutta on selvää, että säännöllisempi ruudukkomalli helpottaisi etsintä- ja pelastustoimintaa ja navigointia yleisesti merituulivoimapuiston sisällä. Hankevaihtoehto VE1 vaikeuttaa etsintä- ja pelastustoimintaa vaihtoehtoa VE2 enemmän, sillä samalla alueella on enemmän tuulivoimaloita. Lisäksi hankevaihtoehdossa VE2 voimalat ovat sijoitettu alustavasti yhtenäisimmille linjoille kuin hankevaihtoehdossa VE1, mikä helpottaa etsintä- ja pelastustoimintaa. Etsintä- ja pelastustoimintaa pystytään edesauttamaan tuulivoimapuiston alueella lisäksi selkeillä visuaalisilla merkeillä, valoilla ja tunnisteilla tuulivoimapuistossa. Tuulivoimaloissa olisi oltava myös selkeät etäyhteydellä toteutettavat hätäpysäytystoiminnot, mikä helpottaa etsintä- ja pelastustoimintaa alueella. (*Sweco 2023b,* liite 17)

14.3.2.2 Merikaapeli/Vetyputkireitit

Hallan tuulivoimapuiston sijainnin vuoksi merikaapeli- ja vetyputkireitit kulkevat vaihtoehdosta riippumatta meriliikenteen väylien ja meriliikennereittien poikki. Merikaapeleilla tai vetyputkella ei kuitenkaan arvioida olevan merkittävää vaikutusta tuulivoimapuiston toiminnan aikaiselle meriliikenteelle, mikäli alusliikenteellä on tieto merikaapelien ja vetyputken sijainnista. Suurimman riskin merikaapelien ja vetyputken osalta aiheuttavat mahdolliset ankkuroinnit. Perusteettomat ankkuroinnit tai hätäankkuroinnit voivat pahimmassa tapauksessa keskeyttää merituulivoimapuiston toiminnan ainakin osin ja vaatia korjaustöitä. Taloudelliset vaikutukset voivat muodostua siis hyvinkin merkittäviksi. Merikaapelit ja vetyputket asennetaan merenpohjaan mahdollisuuksien mukaan siten, että myöskään mahdollinen hätäankkurointi ei vahingoittaisi niitä. Mikäli ankkuri syystä tai toisesta osuisi merikaapeliin, niin tämän ei kuitenkaan arvioida aiheuttavan vaaraa itse alukselle. Vetyputken rikkoutumisen vaikutuksia meriliikenteen turvallisuuteen ei sen sijaan tunneta niin hyvin ja erilaisilla suunnitteluratkaisuilla (esimerkiksi vetyputken paine) on merkitystä riskien kannalta. (*Sweco 2023b,* liite 17)

Yksi arvioitu riski liittyy siihen, että merikaapelit tai vetyputki estäisivät hätäankkuroinnin. Arvion mukaan on hyvin epätodennäköistä, että laivan tarvitsee ankkuroitua suoraan merikaapelireitin tai vetyputken yläpuolelle. Esimerkiksi ajelehtiminen on hidas tapahtuma, mikä tarkoittaa, että ankkuroitumiselle on paljon aikaa ja tilaa myös kaapelialueiden ohittamisen jälkeen. SSPA:n tekemän tutkimuksen mukaan alukset ajelehtivat keskimäärin yhden tunnin ennen osumista kohteeseen tai uudelleenkäynnistystä. Kun otetaan huomioon alueen vähäinen liikennemäärä ja se, että on hyvin epätodennäköistä, että alusten tarvitsee ankkuroitua suoraan yhdyskaapelin yläpuolelle, riskin oletetaan olevan kokonaisuudessaan hyvin pieni. Suurempi riski merituulivoimapuiston kannalta aiheutuu tahallisesta vahingonteosta kaapeleille ja vetyputkelle ankkurien avulla. (*Sweco 2023b,* liite 17)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Toiminnan aikaiset vaikutukset muille liikennemuodoille

Hallan merituulivoimapuiston toiminnan aikaiset vaikutukset muille liikennemuodoille jäävät kokonaisuudessaan vähäisiksi. Tukisatamaan suuntautuu huolloissa tarvittavien materiaalien kuljetuksia, mutta rakennusaikaan verrattuna kuljetusmäärät ovat kuitenkin vähäisiä. Tuulivoimapuiston operoinnin työvoiman henkilöliikennettä syntyy säännöllisesti, mutta senkin määrät ovat kokonaisuudessaan vähäiset. Huoltotoimenpiteiden henkilöliikenne on epäsäännöllisempää ja ne saattavat aiheuttaa väliaikaisesti pienen liikennemäärän kasvun. Kokonaismäärät jäävät kuitenkin rakennusvaihetta huomattavasti alhaisemmiksi.

Merituulivoimapuiston toiminnan aikana ei tulla suurella todennäköisyydellä käyttämään rautatiekuljetuksia. Mahdollisten yksittäisten rautatiekuljetusten vaikutukset jäävät siis hyvin vähäisiksi.

Merituulivoimapuisto ei asetu läheisten lentoasemien korkeusrajoitusalueelle. Tuulivoimalat ovat kuitenkin niin korkeita rakennelmia, että niille on lähtökohtaisesti haettava lentoestelupa (*Traficom 2020)*. Uuden tammikuussa 2025 voimaan tulleen talousvyöhykelain (937/2024) mukaisesti rakennettavat merituulivoimalat on varustettava lainsäädännön mukaisilla lentoestevaloilla.

14.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Toiminnan päätymisen jälkeiset vaikutukset ovat verrattavissa rakentamisen aikaisiin vaikutuksiin merituulivoimaloiden purkamisen osalta. Tuulivoima-alueen liikennemäärät lisääntyvät väliaikaisesti tarvittavien työalusten operoinnin takia. Tuulivoimaloiden purku mereltä mahdollistaa taas monipuolisemmat reittivaihtoehdot alueen alusliikenteelle.

14.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli Hallan merituulivoimapuistoa ei päätetä toteuttaa, niin vaikutukset meriliikenteelle jäävät kokonaisuudessaan pois ja nykytilanteen kaltainen liikennöinti alueella voi jatkua. Alueelle voidaan kuitenkin toteuttaa muita suunniteltuja merituulivoimapuistoja, joilla on vaikutusta alueen meriliikenteelle.

14.4 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Merituulivoimapuiston rakentamisen aikana liikennemäärät tulevat kasvamaan Perämeren alueella voimakkaasti, kun useiden alusten muodostama laivasto liikkuu vaiheittain alueella. Rakennusvaihe kestää alustavan arvion mukaan noin 3 vuotta ja painottuu merijäättömään aikaan.

Merituulivoimapuiston laajan alueen herkkyys muutoksille arvioitiin *suureksi.* Alueen läheisyydessä kulkee useampi meriliikenteen väylä ja meriliikennereitti. Alueen meriliikenne on säännöllistä, mutta ei kuitenkaan erityisen vilkasta. Perämeren satamien saavutettavuudella on kuitenkin alueellisesti ja koko Suomen kannalta hyvin merkittävä rooli tuonti- ja vientikuljetusten mahdollistajina. Alueella esiintyy vuosittain merijäätä, jonka liikkeillä on suuri vaikutus meriliikenteen käyttämiin reitteihin. Merikaapelien ja vetyputken reittien herkkyys muutoksille arvioitiin *kohtalaiseksi.* Niiden vaikutusalueet ulottuvat laajasti rannikolta tuulivoima-alueelle kapeille alueille ja niiden alueelle sijoittuu useampi meriliikenneväylä ja meriliikennereitti.

Merikaapelireittivaihtoehtojen MVE2 ja MVE3 rakentamisen aikaisten vaikutusten muutoksen suuruudeksi meriliikenteelle arvioitiin *vähäinen negatiivinen.* Merikaapelien asentamisesta aiheutuu tilapäinen haitta meriliikenteelle, mutta vaikutusten arvioitiin olevan lyhytaikaisia. Hankevaihtoehdot MVE2 ja MVE3 risteävät Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläisen linjauksen tai sen jatkeen, Raahe-Oulu-Kemi rannikkoväylän ja Siikajoen väylän kanssa. Riski meriliikenneonnettomuuksille kasvaa asentamisen aikana, kun liikenne alueella lisääntyy ja asennuksia tehdään väylien poikki.

Merikaapelireittivaihtoehdon MVE1 ja vetyputkireitin rakentamisen aikaisten vaikutusten muutosten suuruudeksi meriliikenteelle arvioitiin *kohtalainen negatiivinen.* Hankevaihtoehdot risteävät Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläisen linjauksen jatkeen, Raahe-Oulu-Kemi

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

rannikkoväylän ja Raahen väylän kanssa. Hankevaihtoehtojen päätepiste mantereella on vilkasliikenteisen Raahen sataman lähistöllä, mikä lisää riskiä meriliikenneonnettomuuksille ja aiheuttaa merkittävän tilapäisen häiriön meriliikenteelle.

Merituulivoimapuiston hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 rakentamisen aikaisten vaikutusten muutoksen suuruudeksi arvioitiin *suuri negatiivinen.* Rakentamisvaiheessa liikennemäärät Perämeren alueella kasvavat merkittävästi ja rakentamisessa käytettävien alusten epäsäännölliset liikkeet kasvattavat riskiä meriliikenneonnettomuuksille. Erityistä riskialuetta ovat Hallan tuulivoimapuiston läheiset meriliikennereitit ja väylät (Nordvalen-Kemi meriliikennereitti, Farstugrunden-Raahen meriliikennereitti, Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän molemmat linjaukset, Luotsausreitti, Raahe-Oulu-Kemi rannikkoväylä, Oulu 1 väylä) sekä tukisatamaan johtava väylä. Tuulivoima-alueen rakentamisen aikana meriliikennekelpoiset alueet vähenevät töiden edetessä ja alueen meriliikenteen on valittava mahdollisesti kiertoreitti suorimman mahdollisen reitin sijasta. Tämä kasvattaa hieman meriliikenteen kustannuksia ja lisää päästöjä. Merituulivoimapuiston vaikutuksia merijäähän ei täysin tunneta mutta on mahdollista, että hankalat jääolosuhteet lisääntyvät, mikä lisää talviaikaisen merenkulun kustannuksia ja päästöjä. Rakennusvaiheessa vaikutukset kasvavat rakennustöiden edetessä. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 vaikutukset rakennusvaiheessa ovat hyvin samankaltaiset, sillä tuulivoima-alueiden koon välillä ei ole suurta eroa. Hankevaihtoehdossa VE1 rakentamisen aikaisia kuljetuksia on kuitenkin enemmän, mikä kasvattaa riskiä meriliikenneonnettomuuksille. Rakennusvaiheen aikaisia riskejä voitaisiin pienentää määräämällä rakennusalueet pois meriliikenteen käytöstä valmiin tuulivoimapuiston tapaan.

Kokonaisuudessaan rakennusvaiheessa merikaapelireittivaihtoehtojen MVE2 ja MVE3 vaikutusten merkittävyydeksi arvioitiin *vähäinen negatiivinen,* merikaapelivaihtoehdon MVE1 ja Vetyputken (VVE1) tapauksessa *kohtalainen negatiivinen* ja merituulivoimapuistovaihtoehtojen VE1 ja VE2 tapauksessa *suuri negatiivinen.*

Taulukko 14-7. Liikennevaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana ilman lievennystoimia.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen					VE0				
	Kohtalainen			MVE1 VVE1	MVE2 MVE3					
	Suuri		VE1 VE2							
	Erittäin suuri									

Merikaapelien toiminnan aikaisen muutoksen suuruudeksi meriliikenteelle arvioitiin *vähäinen negatiivinen*. Merikaapeleilla on vaikutusta ankkuroitumis- ja hätäankkuroitumismahdollisuuksiin mutta on epätodennäköistä, että ankkuroituminen olisi tehtävä juuri merikaapelien päällä. Vaikka ankkurointi olisikin tehtävä ja merikaapeli rikkoutuisi tämän seurauksena, niin tästä ei arvioida aiheutuvan merkittävää vaaraa alukselle. Taloudelliset vaikutukset olisivat kuitenkin merkittävät. Merikaapelien sijoittamisella mahdollisimman turvallisiin ja syviin kohtiin voidaan laskea riskejä.

Vetyputken toiminnan aikaisen muutoksen suuruudeksi meriliikenteelle arvioitiin *kohtalainen negatiivinen*. Vetyputki vaikuttaa samaan tapaan ankkuroitumismahdollisuuksiin, mutta mahdollisen rikkoutumisen riskit aluksen turvallisuudelle ovat suuremmat. Tämä kuitenkin riippuu lopulta

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tehtävistä suunnittelu- ja toteutusratkaisuista vetyputken osalta mihin vaikuttaa esimerkiksi vetyputken sisäinen paine.

Merituulivoimapuiston hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 toiminnan aikaisten muutosten suuruudeksi meriliikenteelle arvioitiin *suuri negatiivinen.* Merituulivoimapuisto tulee aiheuttamaan toimintansa aikana käyttöikänsä aikaisen muutoksen Perämeren alueen meriliikenteelle. Tuulivoima-alueen läpi kulkeminen aiheuttaa merkittävän riskin alusliikenteen turvallisuudella ja tämän vuoksi alue on lähtökohtaisesti kierrettävä. Nykytilanteen meriliikenteen reiteistä ainakin Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän pohjoisen linjauksen ja sen jatkeen sekä luotsausreitin käyttö tulevat estymään tuulivoimapuiston vuoksi. Näiden reittien sekä koko tuulivoimapuiston alueen liikenteen on siirryttävä käyttämään joko läntistä (Nordvalen-Kemi meriliikennereitti ja Oulu 1 väylä) tai itäistä (Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläinen linjaus ja sen jatke sekä Raahe-Oulu-Kemi rannikkoväylä) kiertoreittiä. OX2 on kuitenkin käynyt vuodesta 2022 keväältä keskustelua asianomaisten viranomaisten (mm. Traficom ja Väylävirasto) kanssa ja suullisesti on jo tultu siihen päätelmään, että merituulivoimapuistoalueen läpi kulkeva reitti ei ole kriittinen ja liikennettä voidaan ohjata tuulivoimapuistoalueen itä- tai länsipuolelta. Muutos siirtää alusliikenteen pienemmälle alueelle ja lisää riskiä meriliikenneonnettomuuksille. Meriliikenteen riittävän turvaetäisyyden varmistamiseksi tuulivoimapuistoon on tehtävä tarvittaessa pieniä reittimuutoksia ainakin Oulu-Raahe-Kemi luoteisväylän eteläiselle linjaukselle ja sen jatkeelle, Oulu 1 väylälle, Nordvalen-Kemi meriliikennereitille sekä Farstugrunden-Raahe meriliikennereitille. Vaihtoehtoisesti tuulivoima-alueen ja sen voimaloiden sijainnin muokkaamista on harkittava jatkosuunnittelussa. Riittävän turvaetäisyyden määrittelemiseksi on useita vaihtoehtoisia menetelmiä ja ratkaisussa on otettava huomioon meriliikenteen turvallisuus sekä toimintaedellytykset. Reittimuutokset tarkoittavat kuitenkin väistämättä meriliikenteen kulkemien matkojen vähäistä pidentymistä, mikä kasvattaa hieman liikennöinnin kustannuksia ja päästöjä. Reittimuutoksilla on vaikutusta myös meriliikenteen turvallisuuteen ja esimerkiksi törmäysriski toisten alusten kanssa kasvaa tiheämmän meriliikenteen vuoksi. Kiinteät esteet merellä (merituulivoimalat) lisäävät myös riskiä aluksen törmäämiselle paikallaan olevaan kohteeseen merkittävästi nykytilanteesta. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 tuulivoima-alueiden välillä on pieni eroavaisuus alueen luoteiskulmassa, jossa se on VE1 tapauksessa isompi. VE1 kasvattaakin meriliikenteen kulkemia matkoja hieman enemmän ja suuremman voimalamäärän vuoksi riski onnettomuuksille on myös hieman suurempi.

Perämeren alueella esiintyy vuosittain merijäätä, joten merituulivoimapuistolla tulee olemaan vaikutusta talvimerenkulkuun. Merituulivoimapuistojen vaikutuksia merijään muodostamiseen ei kuitenkaan tunneta toistaiseksi tarkasti. On mahdollista, että merituulivoimapuisto lisää jään määrää ajojään rikkoutuessa perustuksia vasten, jolloin muodostuu uutta jäätä. Tuulivoimapuiston alueelle voi muodostua paksuja ahtojäitä ja jääharjuja, jotka juuttuvat alueelle. Perustusten rikkoma jää voi kulkeutua myös tuulen mukana tuulivoimapuiston läpi tai ohi, jolloin ongelmia voi aiheutua myös tuulivoima-alueen ulkopuolella. Tämä saattaa vaikeuttaa ja rajoittaa meriliikenteen toimintaa alueella. Yksi keskeinen merituulivoimapuiston vaikutus on vaihtoehtoisten talviaikaisten merenkulun reittien väheneminen. Tuulivoimapuisto saattaa tukkia nopeimman ja helpoimman talvimerenkulun reitin, jolloin jäänmurtajat joutuvat valitsemaan toisen vähemmän optimaalisen reitin. Tämä voi johtaa avustuksen viivästymiseen ja kasvattaa riskiä merijään aluksille aiheuttamille vahingoille. Lisäksi jäänmurron ja avustettavien alusten polttoaineen kulutus kasvaa vähemmän optimaalisissa olosuhteissa. Merituulivoimapuisto lisää todennäköisesti talvimerenkulun avustustarvetta ja sitoo jäänmurtajakapasiteettia pidemmille avustusmatkoille. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä eroavaisuus tuulivoimaloiden lukumäärässä voi vaikuttaa myös jääolosuhteisiin. Suuremman voimalamäärän VE1 lisää merijään rikkoutumista perustuksia vasten, mikä lisää riskiä vaikeammille jääolosuhteille. Vaikutusmekanismista ei ole kuitenkaan täyttä varmuutta. Yksi vaihtoehtoinen malli on se, että merituulivoimapuisto pitää jään paikallaan ja siitä tulee kiintojääaluetta. Tämä helpottaisi niin jäänmurtoa kuin alusten liikkumista tuulivoimapuiston läheisyydessä.

Merituulivoimapuistolla on vaikutuksia merenkulun tutka- ja paikannusjärjestelmiin erityisesti tuulivoimaloiden läheisyydessä. Tuulivoimalat voivat aiheuttaa tällöin merenkulun tutkille esimerkiksi varjostus- ja heijastusvaikutuksia, jotka vaikeuttavat tutkasignaalin tulkintaa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tutkahäiriöt lisäävät hiukan riskiä meriliikenteen onnettomuuksille. Merijään ja merituulivoimaloiden yhteisvaikutuksista tutkavaikutuksille ei toistaiseksi ole tarjolla kattavaa tutkimusta. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välinen eroavaisuus tuulivoimaloiden lukumäärässä saattaa vaikuttaa myös tutkavaikutuksiin. VE1 suurempi voimalamäärä voi lisätä riskiä suuremmalle määrälle tutkahäiriöitä. Tarkkojen vaikutusten selvittämiseksi merituulivoimapuiston valmistuttua on tehtävä mittauksia ja tutkimuksia, joissa voidaan määrittää mahdolliset lisätarpeet tutkavaikutusten varalta.

Merituulivoimapuistolla voi olla kielteisiä vaikutuksia meripelastustoiminnalle, osittain tutka- ja viestintähäiriöiden vuoksi ja osittain merituulivoimaloiden muodostamien fyysisten esteiden vuoksi. Merituulivoimapuisto todennäköisesti hidastaa pelastustoimintaa, sillä pelastusalusten ja helikoptereiden on keskityttävä normaalitilannetta enemmän navigointiin puiston sisällä sen sijaan, että he voisivat ainoastaan keskittyä etsimään apua tarvitsevia aluksia/ihmisiä. Lisäksi suorin mahdollinen reitti onnettomuuspaikalle voi estyä merituulivoimapuiston vuoksi. Merituulivoimaloiden välinen etäisyys on kuitenkin lähtökohtaisesti vähintään 1 km ja monessa kohtaa enemmänkin, joten pelastustoiminnan toimintamahdollisuudet alueella eivät esty kokonaan. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 merituulivoimalat eivät ole alustavasti suunniteltu säännöllisiin ruudukkokuvioihin ja suoriin linjoihin, sillä se vähentäisi vuotuisia energiantuotantomääriä sekä lyhentäisi voimaloiden käyttöikää. Lisäksi sijoitteluun on vaikuttanut myös merenpohjan muodot sekä voimaloiden perustusten soveltuvuus näihin olosuhteisiin. Säännölliset linjaukset todennäköisesti helpottaisivat etsintä- ja pelastustoimintaa. Hankevaihtoehdon VE1 suurempi voimalamäärä vaikeuttaa etsintä- ja pelastustehtäviä vaihtoehtoa VE2 enemmän.

Kokonaisuudessaan merikaapelireittivaihtoehtojen MVE1, MVE2 ja MVE3 toiminnan aikaisten vaikutusten merkittävyydeksi arvioitiin *vähäinen negatiivinen,* vetyputken (VVE1) tapauksessa *kohtalainen negatiivinen* ja merituulivoimapuistovaihtoehtojen VE1 ja VE2 tapauksessa *suuri negatiivinen.*

Taulukko 14-8. Liikennevaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana ilman lievennystoimia.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen					VE0				
	Kohtalainen			VVE1	MVE1 MVE2 MVE3					
	Suuri		VE1 VE2							
	Erittäin suuri									

Vaikutusten merkittävyyden arvioinnissa on huomioitu ainoastaan Hallan merituulivoimapuiston aiheuttamat vaikutukset. Yhdenkään Perämeren alueen merituulivoimapuiston kohdalla ei ole toistaiseksi tehty vielä toteuttamispäästöstä. On kuitenkin selvää, että mikäli useita hankkeita aletaan toteuttamaan, niin vaikutukset alueen meriliikenteelle tulevat kasvamaan merkittävästi. Tämä korostaa suunnitelmallisen valtionrajat ylittävän koordinoinnin merkitystä.

14.5 Arvioinnin epävarmuudet

Hallan merituulivoimapuiston meriliikenteelle aiheutuvien vaikutuksien epävarmuus on poikkeuksellisen suurta, sillä arktisella alueella ei ole toistaiseksi ainuttakaan laajempaa

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

merituulivoimapuistoa yhtä kaukana rannikkoalueesta. Keskeisin epävarmuustekijä liittyykin nimenomaan merijäähän liittyviin vaikutuksiin. Merituulivoimapuiston vaikutuksista merijään syntymiseen ja käyttäytymiseen ei ole toistaiseksi laajaa tutkimustietoa mutta on mahdollista, että jääolosuhteet tulevat vaikeammiksi tuulivoimapuiston perustamisen myötä. Myös positiiviset vaikutukset voivat olla mahdollisia. Merituulivoimapuiston lisäksi vuosittain vaihtelevat sääolosuhteet (lämpötilat ja tuulet) vaikuttavat suuresti kulloiseenkin jäätilanteeseen. Myös tutkavaikutuksiin merijään esiintymisen aikana tuulivoimapuiston alueella ja läheisyydessä ei ole tarjolla aiempia kokemuksia tai tarkempaa tutkimusta.

Perämeren alueen useiden merituulivoimapuistojen meriliikenteen käyttämiin reitteihin sisältää myös epävarmuutta. Analysoinnit on suoritettu tarkastelemalla meriliikenteen liikkeitä AIS-datan perusteella vain yhden vuoden (2022) ajalta. Erityisesti talviaikainen merenkulku merijään esiintymisen vaihtelun vuoksi näyttää vuosittain hyvin erilaiselta. Tässä suunnittelun vaiheessa onkin hyvin hankala arvioida, miten meriliikenne todellisuudessa valitsee kulkureittinsä mahdollisten muutosten jälkeen, tähän vaikuttaa luonnollisesti tulevat ohjeistukset esimerkiksi viranomaisten suunnalta.

Merituulivoimapuiston rakentamisen ja toiminnan aikaiset liikenne- ja alusmäärät sisältävät tässä suunnittelun vaiheessa vielä suurta epävarmuutta. Todelliset syntyvät liikennemäärät ovat mahdollisesti huomattavan paljon konservatiivisesti arvioituja lukumääriä pienemmät.

Merenkulun riskiarviot sisältävät myös epävarmuutta, sillä ne perustuvat laskennallisiin malleihin ja asiantuntijoiden arvioihin.

14.6 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Merituulivoimapuiston meriliikenteelle aiheuttamia haittoja voidaan pyrkiä lieventämään monin eri keinoin. Ensimmäinen lähtökohta on luoda selkeät ja noudatettavat turvaetäisyydet tuulivoimapuiston ja meriliikenteen välillä esimerkiksi riskiarvion perusteella. Tämän perusteella meriliikenteen reittejä tai tuulivoimapuiston aluetta on muokattava vastaamaan turvallisia liikennöintietäisyyksiä. Esimerkiksi PIANC-konseptisuunnittelun mukainen konservatiivinen suositus turvaetäisyydestä ei täyty Hallan hankevaihtoehdossa VE1, mikäli myös Polargrundin tuulivoimapuisto perustetaan. Hallan VE1 ja Polargrundin lähimpien tuulivoimaloiden välinen etäisyys on 4 725 metriä ja laskettu turvaetäisyys 4 776 metriä. Ero ei ole siis suuri. Sweco AB:n riskinarviointiraportissa tehty yksityiskohtainen suunnittelu esittää, että Hallan merituulivoimapuiston aiheuttama riski hankevaihtoehdossa VE1 on hyväksyttävä, jos lieventäviin toimenpiteisiin ryhdytään. Johtopäätös siitä, että yksityiskohtaisen suunnittelun riskitaso arvioidaan hyväksyttäväksi (mukaan lukien lieventävät toimenpiteet), tarkoittaa, että suunnitelma voidaan hyväksyä riskin näkökulmasta, vaikka suositeltu turvaetäisyys ei täyty. Vaikka merenkulun näkökulmasta on edelleen suositeltavaa poistaa tai siirtää hankevaihtoehdon VE1 lähin tuulivoimala (luoteisin tuulivoimala), jolloin saadaan turvaetäisyyssuosituksen mukainen noin 5,8 kilometrin pituinen käytävä Hallan ja Polargrundin merituulivoimapuistojen välille. Esimerkiksi talvimerenkulkuun liittyvien riskien vähentämiseksi Hallan kahden luoteisimman voimalan poistoa tai siirtoa voitaisiin harkita, sillä tällöin Hallan ja Polargrundin tuulivoimapuistojen välille saataisiin noin 6,4 kilometrin pituinen käytävä.

Merituulivoimaloiden vaikutuksia merijäätilanteeseen ei tunneta toistaiseksi riittävän hyvin. Tämän vuoksi tutkimuksia on jatkettava aktiivisesti laajalla yhteistyöllä eri organisaatioiden ja valtioiden välillä. Merituulivoiman kehittäminen on kansainvälisestikin katsottuna hyvin merkittävässä roolissa uusiutuvan energian tuotannon kannalta. Pelkät simuloinnit eivät kuitenkaan riitä, vaan tarvitaan myös käytännön kokemuksia toiminnasta. Sama johtopäätös pätee myös merituulivoimapuiston tutkavaikutuksiin merenkululle. Esimerkiksi erilaisilla lisäselvityksillä ja simuloinneilla voidaan hakea varmistuksia tutkavaikutuksille, mutta myös käytännön kokemuksia tarvitaan. Näin riskien hallintaa ja uusia ratkaisuja pystyttäisiin kehittämään jatkossakin.

Hankevastaava on sitoutunut tekemään tarvittavia täydennyksiä selvityksiin merenkulkuun liittyen vesilupavaiheeseen ympäristövaikutusten arvioinnin perustellun päätöksen jälkeen. Kauppamerenkulun liikennöinnin muutoksia simuloidaan tarvittavilta osin. Lisäksi hankkeen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

suunnittelussa selvitetään mahdolliset vaikutukset merenkulun ja liikenteenohjaukselle tärkeisiin radiolaitteisin, kuten VTS-tutkiin ja merenkulun langattomille viestintäverkoille, kuten VHF-radioliikenteelle, radiolinkeille ja paikanmäärityslaitteille kuten GPS ja GNSS, sekä matkaviestiverkkoihin niin, että vaikutuksia aiheutuisi näihin mahdollisimman vähän. Lisäksi merikaapeli/vetyputkireittien tarkemmassa suunnittelussa huomioidaan tarvittavilta osin esimerkiksi merenkulun käyttämät reitit, väylät ja turvalaitteet. Hankkeen suunnittelussa huomioidaan selvitysten tulokset tarpeellisilta osin. Hankkeen suunnitelmia käydään Traficomin ja Väyläviraston kanssa läpi esimerkiksi riittävien turvaetäisyyksien määrittämiseksi.

Hallan merituulivoimapuiston merenkulun riskinarviointidokumentissa esitetään Hallan tuulivoimapuistoon ja meriliikenteeseen liittyviä riskien lieventämiseen liittyvät toimenpiteitä (*Sweco 2023b,* liite 17). Ne voidaan jakaa hallinnollisiin/organisatorisiin sekä teknisiin/fyysisiin toimenpiteisiin:

Hallinnolliset ja organisatoriset toimenpiteet

Hätäpysäytysmenettely tuulivoimaloille.	Hätäpysäytysmenettelyjä tulee kehittää ja niiden tulee olla käytettävissä paikallisesti ja etänä esimerkiksi ohjauskeskuksesta.
Menettelyt ympäristöonnettomuuksissa.	Ympäristöonnettomuuksia ja vuotoja koskevia lieventämistoimenpiteitä ja -menettelyjä tulee kehittää.
Valmiussuunnitelma hätätilanteita varten.	Valmiussuunnitelma on laadittava ja sitä on päivitettävä säännöllisesti, jotta operatiivinen organisaatio voi varautua mahdollisiin hätätilanteisiin, kuten yhteentörmäyksiin.
Keskustelu merenkulkualan sidosryhmien kanssa.	Riskeihin vaikuttavat merenkulkualan toimijat, kuten matkustaja- ja säiliöaluksia alueella liikennöivät varustamot, tulee ottaa mukaan riskeistä käytävään vuoropuheluun.
Merikoordinaattori.	Merituulivoimapuistossa tulee olla oma merikoordinaattori, joka vastaa kaikkien merellä tapahtuvien toimintojen seurannasta ja koordinoinnista. Tämä henkilö vastaa alusliikenteen seurannasta merituulivoimapuistossa ja sen läheisyydessä tutkan ja AIS:n kaltaisilla työkaluilla. Merikoordinaattori vastaa myös Suomen kansainvälisen pelastuspalvelun koordinointikeskuksen hälyttämisestä.
Rakentamisen riskianalyysi.	Rakennusvaiheelle tehdään täydentävä ja yksityiskohtainen riskianalyysi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Työalusmenettelyt.	Ennen rakentamista kehitetään menettelyt työalusten turvalliseen navigointiin. Nämä menettelyt kehitetään kuullen asiaankuuluvia sidosryhmiä, kuten alusliikennepalvelua (VTS).
Tietoisuus.	Laitosta koskevat tiedot on julkistettava ja niistä on tiedotettava hyvissä ajoin asianomaisille osapuolille ennen tuulivoimapuiston rakentamisen tai käytöstä poistamisen aloittamista.
Jäänhallinta.	Alukset saattavat joutua odottamaan jäänmurtajan apua turvallisessa paikassa. Viranomaiset määrittelevät, milloin alukset saavat kulkea tiettyjen vaikeiden alueiden läpi yksin tai vain jäänmurtajien avustamina. Nämä alueet muuttuvat ajoittain jääolosuhteiden muuttuessa.
Talviliikenteen yhteistyön, koordinoinnin ja sääntelyn tehostaminen.	Viranomaisten ja muiden asianomaisten sidosryhmien olisi osallistuttava vuoropuheluun Itämeren asianmukaisen jäänhallinnan strategioista, esimerkiksi jäänmurtajayhteistyön tehostamisesta Suomessa/Ruotsissa, jäänmurtajien valmistelurutiineista, alusten ja jäänmurtajien koordinoinnista, ankkurointi-/odotusalueista kauempana merialueella, jossa ei ole vaaraa ajautua kohti tuulivoimapuistoa, laivareittien suunnittelusta ja alusten hallintaa jääolosuhteissa koskevien sääntöjen ja määräysten parantamisesta.

Tekniset ja fyysiset toimenpiteet

Hätäpysäytystoiminto tuulivoimaloille.	Hätäpysäytystoiminnon tulee olla käytettävissä paikallisesti ja etänä esimerkiksi ohjauskeskuksesta.
Laitteet vuotojen varalta.	Huoltoaluksissa on oltava varusteita, jotka viivästyttävät ja rajoittavat ympäristölle vaarallisia vuotoja.
Visuaalinen merkintä.	Varmista, että tuulivoimalat ja alustat merkitään sovellettavan lainsäädännön tai alan standardien mukaisesti.
Radio- ja tutkamerkinnät.	Energiapuisto näkyvyyden parantamiseksi valituille tuulivoimaloille on toteutettava AIS- ja Racon-merkinnät.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Sumutorvi.	Sumutorvien asennus kaikkiin tuulivoimaloihin tai valittuihin tuulivoimaloihin.
Tunnisteet.	Tuulivoimalat on merkittävä yksilöllisellä tunnisteella pelastustoimien helpottamiseksi.
Toimenpiteet tutkahäirintää vastaan (menetetty kohde).	Vertailupoijujen asentaminen vakiintuneille laivaväylille ja muut toimenpiteet kohteen menettämisen riskin vähentämiseksi ovat toimia, joita harkitaan ja joista päätetään ennen energiapuiston lopullista suunnittelua
Navigointivalot.	Ylimääräiset navigointivalot tuulivoimapuistossa.
Virtuaalinen väylä.	Merituulivoimapuiston lähelle määritetty reitti, jossa alusten on navigoitava puistoa lähestyessään, jotta sumun vaikutus näkyvyyteen voidaan torjua.
Asettelu.	Säännöllisempi ruudukkokuvio, jossa tuulivoimalat ovat suorissa riveissä, helpottaisi etsintä- ja pelastustoimia ja navigointia yleisesti merituulivoimapuiston sisällä. Etsintä- ja pelastustoimijoiden tulisi olla mukana asettelua koskevassa keskustelussa.
Teknisten ja fyysisten toimenpiteiden laajuus ja tarkka suunnittelu määritetään, kun päätetään puiston lopullisesta asettelusta. Poikkeuksena on lieventävä toimenpide, jossa mahdollisten tutkahäiriöiden tutkimus suoritetaan puiston perustamisen yhteydessä ja selvitetään, onko tarpeen ryhtyä toimenpiteisiin tutkahäiriöiden torjumiseksi.	

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

15 MELU JA TÄRINÄ

YHTEENVETO:

- Merituulivoimapuiston rakentamisajan maan- ja vedenpäälliset meluvaikutukset arvioitiin kokonaismerkittävyydeltään vähäisiksi, koska maan- ja vedenpäällinen liikennevaikutus kohdistuu pääosin vilkkaille satama-alueille sekä vesialueille, joissa on ennestään jonkin verran alusliikennettä ja joka on varsin kaukana lähimmistä altistuvista asuin- tai loma-asuinkohteista.
- Merituulivoimapuiston voimaloiden rakentamisajan vedenalaiset meluvaikutukset arvioitiin laskentamallin avulla, jossa hyödynnettiin vedenalaisen melun kattavaa 3D mallinnusta etenkin paalutusmelun arvioinnissa, vaikka hankkeen voimaloiden perustustapaa ei ole vielä valittu. Arviointityön mallinnuksissa lähdettiin siitä, että mikäli paalutusperustus valitaan, ei paalutustyötä ole mahdollista toteuttaa ilman lieventämistoimenpiteitä. Vaikutusten kokonaismerkittävyys arvioitiin kohtalaiseksi eikä hankevaihtoehtojen välillä ollut suuria eroja. Muut perustusvaihtoehdot eivät kuitenkaan aiheuta yhtä voimakasta meluvaikutusta (kaikkein vähiten painovoimaperustus), jolloin ne tarvitsevat todennäköisesti myös vähemmän tai ei ollenkaan melun lieventämistoimia. Tällöin meluvaikutus on näissä paalutusmelun kanssa korkeintaan samansuuruinen kohteen herkkyyden pysyessä ennallaan.
- Merituulivoimapuiston vedyntuotannon rakentamisen vedenalainen meluvaikutus arvioitiin kahdelle eri laitossijoitteluvaihtoehdolle. Tuulivoimaloiden yhteyteen rakennettavan vedyntuotantolaitoksen meluvaikutus on kaikkiaan vähäisempi, sillä sen ei katsota aiheuttavan merkittäviä vedenalaisia meluvaikutuksia. Sen sijaan erillislaitoksena vedenalainen meluvaikutus arvioitiin olevan kohtalainen eli samansuuruinen kuin tuulivoimalan rakentamisaikana.
- Merituulivoimapuiston vedyntuotannon rakentamisajan vedenpäällisen meluvaikutuksen merkittävyys arvioitiin vähäiseksi, sillä meluvaikutus on enintään paikallinen, alueella on jo alusliikennettä ja laitokset sijaitsevat kaukana lähimmistä altistuvista asuinkohteista.
- Merituulivoimapuiston merikaapelien ja vetyputkireitin rakentamisen aikainen vedenalainen ja -päällinen meluvaikutus arvioitiin vähäiseksi johtuen työvaiheiden aiheuttamasta vähäisestä melusta ja sen etenevästä luonteesta.
- Toiminnan ajan vedenalaiset meluvaikutukset arvioitiin asiantuntija-arviona akustikkojen sekä meriympäristön asiantuntijoiden kesken hyödyntäen muista vastaavista hankkeista ulkomailta saatua tietoa sekä mittauksia tuulivoimaloiden sekä mm. huoltoliikenteen vaikutuksista.
- Merituulivoimapuiston käytönaikaisen vedenpäällisen melun leviäminen laskettiin melumallinnuksen avulla. Tulosten perusteella käytönajan melu ei ylitä tuulivoimamelun keskiäänitason LAeq ohjearvoja ulkona eikä pienitaajuisen melun sisätilan toimenpiderajoja lähimmissä altistuvissa kohteissa eli asutuskohteissa. Pienitaajuinen melu oli kuitenkin laskennan perusteella lähellä toimenpiderajaa VE1:ssä alittaen sen kuitenkin taajuudella 50 Hz. Laskennassa on käytetty konservatiivisia laskennan äänipäästöarvoja sekä varmuusarvoa eikä laskenta huomioi lainkaan tuulisella säällä olevan muun taustakohinan äänen peittovaikutusta.
- Merituulivoimapuiston käytönaikaisen vedenpäällisen meluvaikutuksen merkittävyys arvioitiin kohtalaiseksi perustuen pienitaajuisen melunlaskennan tuloksiin.
- Merituulivoimapuiston käytönaikaisten vedenalaisten meluvaikutusten suuruutta arvioitiin asiantuntija-arviona ja sen suuruus arvioitiin kohtalaiseksi negatiiviseksi johtuen ennen kaikkea voimalakoon käytönajan epävarmuuksista koskien äänipäästöä ja

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

äänen etenemistietä tornista perustuksiin vedenpinnan alapuolelle. Kokonaisvaikutus kaloihin ja hylkeisiin katsottiin kuitenkin vähäiseksi verrattain alhaisten äänitasojen vuoksi.

- Hankkeiden rakentamisen vedenalaiset yhteisvaikutukset Suomen maa- ja vesialueilla arvioitiin kohtalaisiksi, koska suhteellisen lähelle Hallan merituulivoimapuiston kehitysaluetta on suunnitteilla yksi merituulivoimapuisto (Polargrund, Ruotsin talousvyöhykkeellä), jonka rakentaminen ajoittuisi osittain samaan aikaan Hallan hankkeen kanssa. Tällöin kaksi vaikutusaluetta yhdessä voi muodostaa suuren, yhtenäisen vaikutusalueen. Jos kummallakin hankealueella paalutetaan samaan aikaan, kumulatiiviset vaikutukset merinisäkkäiden ja kalojen käyttäytymisreaktioihin ovat hyvin todennäköisiä. Siirtymä yhdeltä kohdealueelta voi myös johdattaa eläimiä toisen kohteen vaikutusalueelle ja lisätä siten yleistä häiriövaikutusta. Hankkeiden rakentamisen vedenpäällisten vaikutusten ja maa-alueille kohdistuvien melun yhteisvaikutusten arvioitiin jäävän vähäisiksi ja enintään paikallisiksi.
- Hankkeilla voi olla käytönaikaisia vedenalaisen- ja vedenpäällisen melun yhteisvaikutuksia lähinnä hankealueiden välisellä merialueella riippuen toteutettavasta voimalakoosta sekä hankkeiden voimalamääristä. Yhteisvaikutukset voivat olla arviolta samalla tasolla kuin Hallan hankkeen omat käytönajan vaikutukset.
- Tuulivoimaloilla saattaa olla rakentamisvaiheessa (paalutus, louhinta ja mahdolliset räjäytykset sekä alusliikenne) sekä toimintavaiheessa perustamistavasta ja laitostyypistä riippuen myös tuulivoimaloiden rungon kautta veteen aiheutuvia vedenalaisia tärinävaikutuksia, joiden ei kuitenkaan arvioida aiheuttavan merkittäviä vaikutuksia vedenalaiselle eliöstölle.

15.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoimahanke synnyttää vedenpäällistä sekä vedenalaista melua ja melutaso vaihtelee merkittävästi hankkeen eri vaiheissa (rakentaminen, käyttöaika, purkaminen).

Rakentamisajan vedenalainen ja -päällinen melu koostuu voimaloiden perustusten asennustoiminnan melusta, merikaapelin ja merisähköaseman rakentamisen melusta sekä vedyntuotantolaitosten ja vetyputkien rakentamisen melusta.

Käytönajan vedenalainen ja -päällinen melu koostuu voimaloiden käytönajan melusta sekä voimaloiden huoltotoimintaan liittyvien alusten melusta ja maa-alueilla esimerkiksi varaosien kuljetusten melusta.

Hankkeen melun vaikutusarviointi tehtiin sekä asiantuntijatyönä että käyttäen matemaattisia mallinnusmenettelyjä melun leviämisen simuloimiseksi sekä vedenpinnan päällä että veden alla. Vedenpäällisen ja vedenalaisen melun leviämislaskennoista tehtiin vaikutusarvioinnin lisäksi omat erillisraportit (liite 20 ja liite 6).

15.1.1 Vedenpinnan yläpuoliset ja maanpäälliset vaikutukset

Hankkeen meluvaikutukset vedenpinnan yläpuolella syntyvät voimaloiden ja niiden perustusten rakentamisen melusta (komponenttien laivaukset, itse rakentaminen), käytönaikaisesta melusta ja myöhemmin voimaloiden purkamisen aikana muodostuvasta melusta.

Maanpäälliset meluvaikutukset muodostuvat rakentamis- ja purkamisajan komponenttikuljetuksista ja käytönajan melun leviämisestä. Näistä komponenttikuljetukset muodostavat suuremman melukuormitusta aiheuttavan työvaiheen maa-alueilla rakentamisaikana.

Voimaloiden käytönajan vedenpäällisen melun leviäminen laskettiin objektiivisesti melumallinnuksen kautta YM:n melumallinnusohjeen 2/2014 mukaisesti (*Ympäristöministeriö 2014*) missä vedenpinta on mallinnettu akustisesti kovana pintana (G=0) ohjeen mukaisesti.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Valtioneuvoston asetus 1107/2015 tuulivoimamelun ohjearvoista tuli voimaan 1.9.2015. Oheisessa taulukossa on esitetty asetuksen mukaiset keskiäänitason ohjearvot LAeq tuulivoimamelulle päivällä ja yöllä.

Taulukko 15-1. Tuulivoimamelun ohjearvot ulkona, LAeq (A-taajuuspainotettu keskiäänitaso).

Tuulivoimamelun ohjearvot	LAeq päiväajalle (klo 7–22)	LAeq yöajalle (klo 22–7)
Pysyvä asutus, Loma-asutus, Hoitolaitokset, Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Jos tuulivoimalan melu on luonteeltaan impulssimaista (iskumaista) tai kapeakaistaista (ääntä kapealla taajuusalueella, esimerkiksi ujellus) melulle altistuvalla alueella, valvonnan (mittausten) yhteydessä saatuun mittaustulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista asetuksen 3 §:ssä säädettyihin arvoihin.

Tuulivoimarakentamisen ulkomelutason ohjearvot määritetään A-taajuuspainotettuna keskiäänitasona (LAeq) erikseen yhden vuorokauden päiväajan ja yöajan osalta. Kyse ei ole hetkellisistä enimmäisäänitasoista. Kunkin vuorokauden päiväajan 15 tunnin (klo 7–22) keskimääräisen ulkomelutason (LAeq) tulee pysyä annetun päiväajan ohjearvon mukaisena. Vastaavasti kunkin vuorokauden yöajan osalta 9 tunnin (klo 22–7) keskimääräisen ulkomelutason tulee pysyä annetun yöajan ohjearvon mukaisena. (*Ympäristöministeriö 2016b*)

Melumallinnuksessa ei erotella päivä- tai yöajan tilanteita, vaan melun leviämislaskennan tulosten vertailu tehdään vain yöajan alempaan 40 dB:n ohjearvoon nähden.

Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetus 545/2015 asettaa sisätilojen äänitasoille toimenpiderajat erityisesti yöajan äänitasoille nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa sekä pientaajuisen melulle taajuusvälillä 20–200Hz.

Taulukko 15-2. Melutason toimenpiderajat sisätiloissa (STM 545/2015).

Huoneisto ja huonetila	Päivällä klo 07–22	Yöllä klo 22–07
Asuinhuoneistot, palvelutalot, vanhainkodit, lasten päivähoitopaikat ja vastaavat tilat		
asuinhuoneet ja oleskelutilat	35 dB	30 dB*
muut tilat ja keittiö	40 dB	40 dB
Kokoontumis- ja opetushuoneistot		
huonetila, jossa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä	35 dB	-
muut kokoontumistilat	40 dB	-

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Työhuoneistot (asiakkaiden kannalta)		
asiakkaiden vastaanottotilat ja toimistohuoneet	45 dB	-

* Yöaikainen (klo 22—7) musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unihäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona LAeq,1 h (klo 22—7) mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Taulukko 15-3. Pientaajuisen sisämelun tunnin keskiäänitason Leq,1 h toimenpiderajat taajuusvälillä 20-200Hz nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa yöaikaan klo 22–07.

Kaista/Hz	**20**	**25**	**31,5**	**40**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**
Leq, 1h	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

15.1.1.1 Melumallinnusparametrit

Laskennan lähtötiedot on koottu tilaajan lähettämästä aineistosta, Maanmittauslaitoksen digitaalikartta-aineistosta sekä kirjallisuudesta. Mallinnuksen ohjeena toimii Ympäristöministeriön melumallinnusohje YM OH 2/2014.

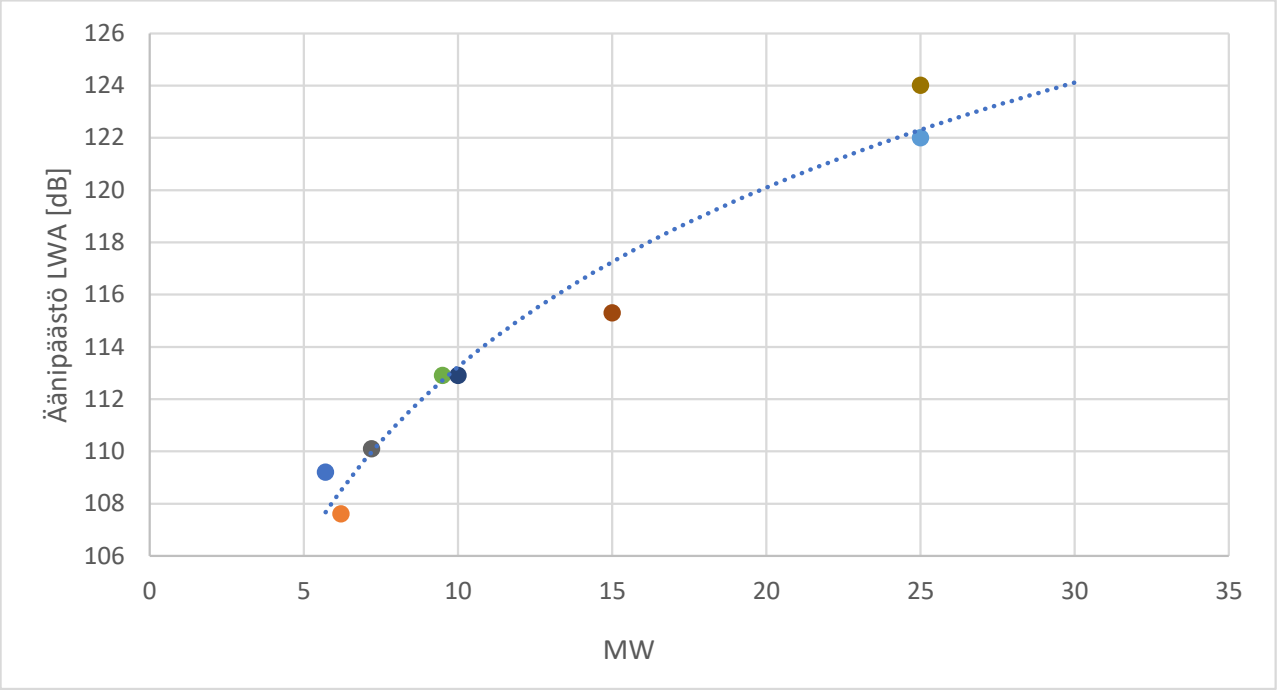
Melumallinnus suoritettiin digitaalikartalle, jonka topografian vertikaalinen korkeusväli maa-alueilla on enintään 0,3 metriä. Merialueilla topografian korkeustaso on 0 metriä. Mallikartoissa on kuvattu tuulivoimaloiden paikkatiedon lisäksi maa-alueiden topografian, rakennusten, teiden ja suojelualueiden paikkatiedot sekä asuntojen käyttötarkoitus siten kuin se on esitetty Maanmittauslaitoksen ja Suomen Ympäristökeskuksen aineistossa. Vesialueille akustinen kovuuskerroin on YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti 0 ja maa-alueille 0,4.

Mallinnus suoritettiin molemmissa vaihtoehdoissa maksimiperiaatteella käyttäen oletettua tulevaisuuden teknologian lähtöäänitasoa 25 MW:n merituulivoimalamallille, jonka A-taajuuspainotetun äänipäästön L_{WA} maksimiarvona käytettiin 124 dB ja napakorkeutena 200 m, joka toimii myös mallinnuksen äänilähteen korkeutena merenpinnasta. Äänipäästön L_{WA} arvo on se lukuarvo, jota käytetään mallinnuksen äänilähteen syöttöarvona taajuuskaistoittain. Hankevaihtoehdossa VE1 yksittäisen voimalan teho on kuitenkin todellisuudessa todennäköisesti maksimissaan noin 15 MW, jolloin YVA-selostuksen yhteydessä tehty mallinnus on melua yliarvioiva. Hankkeen toimintavaiheessa melun arvioidaan olevan mallinnuksen osoittamia melutasoja alhaisempi. Esimerkiksi tällä hetkellä saatavilla olevan yhden voimalatoimittajan 15 MW:n merituulivoimalalle, Vestas V236, on annettu alustava äänitakuuarvo 115,3 dB” (*Vestas 2024*), kun tässä laskennassa on käytetty arvoa 124 dB.

Melun lähtöarvot arvioitiin varovaisuusperiaatteen mukaisesti olemassa olevien kirjallisuustietojen perusteella (maa- ja merituulivoimalat) (ks. Kuva 15-1). Voimalan kokonaiskorkeudella (kun siipi yläasennossa) ei ole vaikutuksia melumallinnuksessa, sillä mallinnus suoritetaan ohjeen mukaan voimalan napakorkeudelle.

Mallinnuksen äänipäästön lähtötietoina on käytetty taajuusjakaumaa oktaaveittain taajuusvälillä 63 Hz – 8 000 Hz ja äänipäästön arvoa 124 dB. Lisäksi laskennassa käytettiin äänipäästön varmuusarvoa K = +2 dB Ympäristöministeriön muistion mukaisesti uusille, vielä tyyppitestaamattomille voimaloille (*YM9/5511/2016*). Siten laskennassa käytetty äänipäästön kokonaisarvo on 126 dB. Vertailun vuoksi uusilla 15 MW:n merituulivoimaloilla äänipäästön takuuarvo on asettunut noin 115 dB:n tasolle (*Vestas 2023*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-1. Eri tuulivoimalamallien (maatuulivoimalat alle 10 MW ja merituulivoimalat 10 MW ja sitä suuremmat) äänipäästön ja tehon suhde sekä niiden logaritminen trendikäyrä. Tässä arvioinnissa käytetty äänipäästö on kuvaajan ylin piste.

Taulukko 15-4. 25MW:n tulevaisuuden tuulivoimalan äänipäästö L_{WA} 124 dB lisättynä +2 dB:n varmuusarvolla.

Taaj./Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	YHT
L_{WA}	106	113	117	120	122	118	112	103	126

Taulukko 15-5. Pientaajuisen melun äänipäästö lisättynä +2 dB:n varmuusarvolla [dB].

Taaj./Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
L_W	128	128	128	127	128	125	124	125	122	121	118

Melun leviäminen ilmassa havainnollistettiin käyttäen tietokoneavusteista melulaskentaohjelmistoa SoundPlan v8.2, missä äänilähteestä lähtevä ääniaalto lasketaan digitaaliseen karttapohjaan äänenpaineeksi vastaanottopisteessä raytracing -menetelmällä. Mallinnusalgoritmina käytettiin standardia ISO 9613-2, jonka parametrisointi on ohjeistettu Ympäristöministeriön melumallinnusohjeessa kappaleessa 4.1.

Mallissa otetaan huomioon kunkin tuulivoimalan äänipäästö oktaavikaistan resoluutiolla, äänen geometrinen leviämisvaimentuminen, maaston korkeuserot sekä maanpinnan ja ilmakehän melun vaimennusvaikutukset. Rakennusten aiheuttamaa äänen varjostusvaikutusta ei laskennassa ole huomioitu eli melun leviäminen lasketaan nk. vapaakenttään maa-alueilla. Melumallinnus piirtää keskiäänitasokäyrät 5 dB:n välein vakioiduilla laskentaparametreilla.

Kaikkiaan tuulivoimamelun laskennan parametrit ovat konservatiivisempia kuin teollisuus- tai tieliikennemelussa yleisesti käytetyt melun leviämislaskennan parametrit (*Ympäristöministeriö 2007*). Melumallinnuksessa käytetyt laskentaparametrit on esitetty alla olevassa taulukossa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 15-6. Vedenpäällisen melulaskennan parametrit (Ympäristöministeriö 2014: Ympäristöhallinnon ohjeita, YM OH, 2/2014).

Lähtötieto	Parametrit
Laskentalogiikka	Standardi ISO 9613-2, ylärajatarkastelu (*YM OH 2/2014* kpl 4.1)
Mallinnusalgoritmit	Peruslaskennat: Teollisuusmelun laskentamalli ISO 9613-2. Pientaajuisen melun etenemisvaimennus, YM OH 2/2014 kpl 4.1.9 sekä suomalaisten pientalojen äänitasoeron 84 % ja 90 % persentiilit (*Keränen ym. 2017, 2019*)
Topografiakartta	Maanmittauslaitos, laserkeilausaineisto (© MML, 2023), topografian pystyresoluutiona on 0,3 m. Laskentaohjelmassa muodostetaan maanpinta erillisen kolmioverkkolaskennan kautta. (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.8)
Sääolosuhteet	Ilman lämpötila 15 °C, ilmanpaine 101,325 kPa, ilman suhteellinen kosteus 70 prosenttia (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.4)
Tuulennopeus	n. 12,5 m/s 200 m:n korkeudella (napakorkeus), myötätuuli joka suuntaan, joka vastaa 8 m/s 10 m:n referenssikorkeudella maanpinnan karheudella 0,05 m (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.1)
Äänilähde	Pistelähde (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.4)
Äänipäästön tunnusarvo	ks. luku 15.1.1.1.
Mallinnuksen äänipäästö	Oktaaveittain 63 Hz – 8 000 Hz (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.1)
Topografiakorjaus	Ei korjausta (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.6)
Laskentaverkko	Laskentapiste 50x50m:n välein laskentaverkolla neljän metrin (4 m) korkeudella seuraten digitaalikartan maanpintaa (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.2). Laskenta-alueen kokonaispinta-ala on yhteensä noin 8641 km^2
Maanpinnan akustinen kovuus	0,4 (maa-alueet), 0 (vesialueet) (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.5)
Laskentavyöhykkeet, LAeq	35 dB, 40 dB, 45 dB, 50 dB ja 55 dB

Tuulivoimalaitosten pientaajuinen melu laskettiin erillisenä taulukkolaskentana YM:n ohjeen 2/2014 mukaisilla laskentaparametreilla. Pientaajuisen melun leviämisvaimentuminen laskettiin käyttäen voimalan painottamattomia geneerisen voimalan äänipäästön tunnusarvon 1/3 oktaavi-kaistatietoja LW taajuusvälillä 20-200Hz. (Ympäristöministeriö 2014: *YM OH 2/2014* kpl 4.1.9)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Pientaajuisen melun leviämislaskennassa on lisäksi hyödynnetty uusinta suomalaista tutkimustietoa pientalojen ilmaäänieristävyyden arvoista, jotka ovat aiempaa DSO 1284 ohjetta alhaisempia (*Keränen ym. 2017, 2019*).

Pientalojen ilmaäänieristävyyden tutkimuksen tulokset on julkaistu julkisivurakenteiden äänitasoeron vähimmäisarvon estimaatin 84 %:n ja 90 % persentiiliarvoina, siten että 84 %:n persentiiliä käytetään asuinrakennuksiin ja 90 % persentiiliä loma-asuinrakennuksiin. Suomessa voimassa olevien asetusten perusteella laskentaa ei voi ulottaa infraäänitaajuuksille asti vertailuarvon puuttuessa. Ympäristöministeriön ohjeen mukainen taajuusalue on 20-200Hz (*Ympäristöministeriö 2014*).

15.1.2 Vedenalaiset vaikutukset

Hankkeen aiheuttamaa vedenalaista melua voi esiintyä sekä rakennus-, käyttö- että purkuvaiheessa. Merkittävä melunlähde on rakennusvaiheessa tapahtuva perustusten asentaminen. Lisäksi rakennusvaiheessa esiintyy laivoista lähtevää vedenalaista melua. Käyttövaiheessa melua aiheutuu tuulivoimaloista ja lisäksi melua voi esiintyä kunnossapitoon ja huoltoon liittyvästä laivaliikenteestä.

Vedenalaisen melun mallinnus tehtiin merituulivoimapuiston rakentamisen ajalle. Käytön ajan vedenalaisen melun vaikutustenarviointi tehtiin asiantuntija-arviona akustikkojen sekä meriympäristön asiantuntijoiden kesken hyödyntäen muista vastaavista hankkeista ulkomailta saatua tietoa ja mittauksia tuulivoimaloiden sekä mm. huoltoliikenteen meluvaikutuksista.

Tuulivoimalan ääni muodostuu aerodynaamisesta äänestä (pyörivät tuulivoimalan lavat) sekä mekaanisesta äänestä. Tuulivoimalan ilmaääni etenee tornin kautta alas perustukseen ja voi levitä sieltä pienitaajuisena äänenä vedenalaiseen ympäristöön.

Vedenalainen melu voi vaikuttaa merinisäkkäisiin ja kaloihin esimerkiksi muuttamalla niiden käyttäytymistä tai aiheuttamalla tilapäisen tai pysyvän kuulon heikkenemisen. Vaikutuksen suuruus riippuu siitä kuinka kova ja pitkäkestoinen ääni on. Käyttäytymisen muutoksella tarkoitetaan ensisijaisesti välttelevää käyttäytymistä, joka voi vaihdella pienestä muutoksesta, kuten lyhyestä ruoanhakuhäiriöstä siihen, että alueelta paetaan.

Melun vaikutusten arviointi tehtiin melumallinnuksen ja asiantuntija-arvioiden avulla. Vedenalaisen melun mallinnus tehtiin käyttämällä dBSea -ohjelmistoa perustuen äänikirjastoihin vedenalaisesta paalutuksesta, louhinnasta, ruoppauksesta ja proomuista. Mallinnuksessa otettiin huomioon paikkakohtaiset ympäristöolosuhteet (esimerkiksi pohjan syvyys ja sedimentin koostumus). (*Niras 2023b, liite 6*)

Vedenalaisen melun leviämisen mallinnus tehtiin neljälle eri paikalle tuulivoimapuiston sisällä, jotka edustavat pahimpia tapauksia, joissa äänen etenemisen arvioitiin olevan suurinta, ja mallinnus ajoitettiin siihen aikaan vuodesta, jolloin äänen eteneminen on suurinta. Vedenalaisen melun mallinnuksessa hyödynnettiin meluntorjuntaa, missä lähtöoletuksena paalutukselle on yksinkertainen kuplaverho ja pehmeä vaiheittainen käynnistys, jotka sisällytettiin äänipäästön lähtötietolaskelmiin paaluperustusten asentamisen aikana. (*Niras 2023b, liite 6*)

Tuulivoimaloiden rakenteen tärinä välittyy perustusten kautta veden alle, missä se aistitaan meluna. Tärinää välittyy merenpohjaan voimaloiden perustuen lähialueelle ja tärinä vaimenee nopeasti siirryttäessä etäämmälle voimalapaikasta. Tärinällä ei arvioida olevan merkittävää vaikutusta esimerkiksi selkärangattomiin eliöihin, jotka elävät sedimentissä. Pinnoille kiinnittyviä lajeja ei havaittu lainkaan avomerialueen kartoituksissa, joten niihin ei myöskään kohdistu vaikutuksia.

15.2 Nykytila

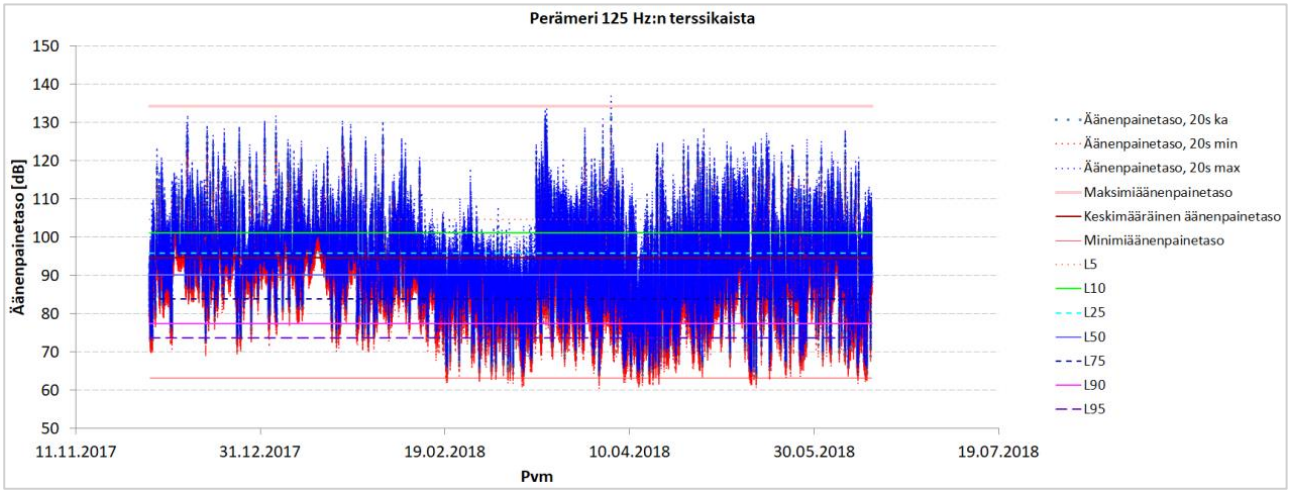
Hankealueen meriympäristön vedenpäällisen ympäristömelun nykytila koostuu pääsääntöisesti rahtilaivojen, kalastusalusten sekä muiden satunnaisten alusten käyntiajan melusta.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Itämeren vedenalaista äänimaisemaa on tutkittu BIAS (The Baltic Sea Information on the Acoustic Sounscape) -hankkeen yhteydessä. Hankkeessa on tehty vedenalaisia äänimittauksia eri puolilla Itämerta. Mittauksissa on havaittu, että tuulen voimakkuus ja siitä seuraava aallon korkeus on määrittävänä tekijänä Itämeren taustakohinassa (*Sairanen 2014*). Laivaliikenne tuottaa myös oman osuutensa vedenalaiseen taustakohinaan. Kaukainen laivaliikenteen melu on aina läsnä Itämeren taustakohinassa erityisesti matalilla taajuuksilla (63 Hz ja 125 Hz, *Sairanen 2014*). Viiden kilometrin säteellä olevien laivojen tuottamat äänenpainetasot ylittävät taustakohinan äänenpainetasot. (*Liikennevirasto 20/2018*)

Poikkeuksena muista meristä, Itämeri myös jäätyy osittain talvisin ja vedenalaisen äänenpainetasot laskevat jääpeitteisenä aikana, koska tuuli ei pääse vaikuttamaan taustameluun. Myös ihmisten vapaa-aikaan liittyvä aktiivisuus ja siitä aiheutuva melu vähenee talvisin ja on voimakkaimmillaan kesällä (*Pajala ym. 2016, Sairanen 2014*).

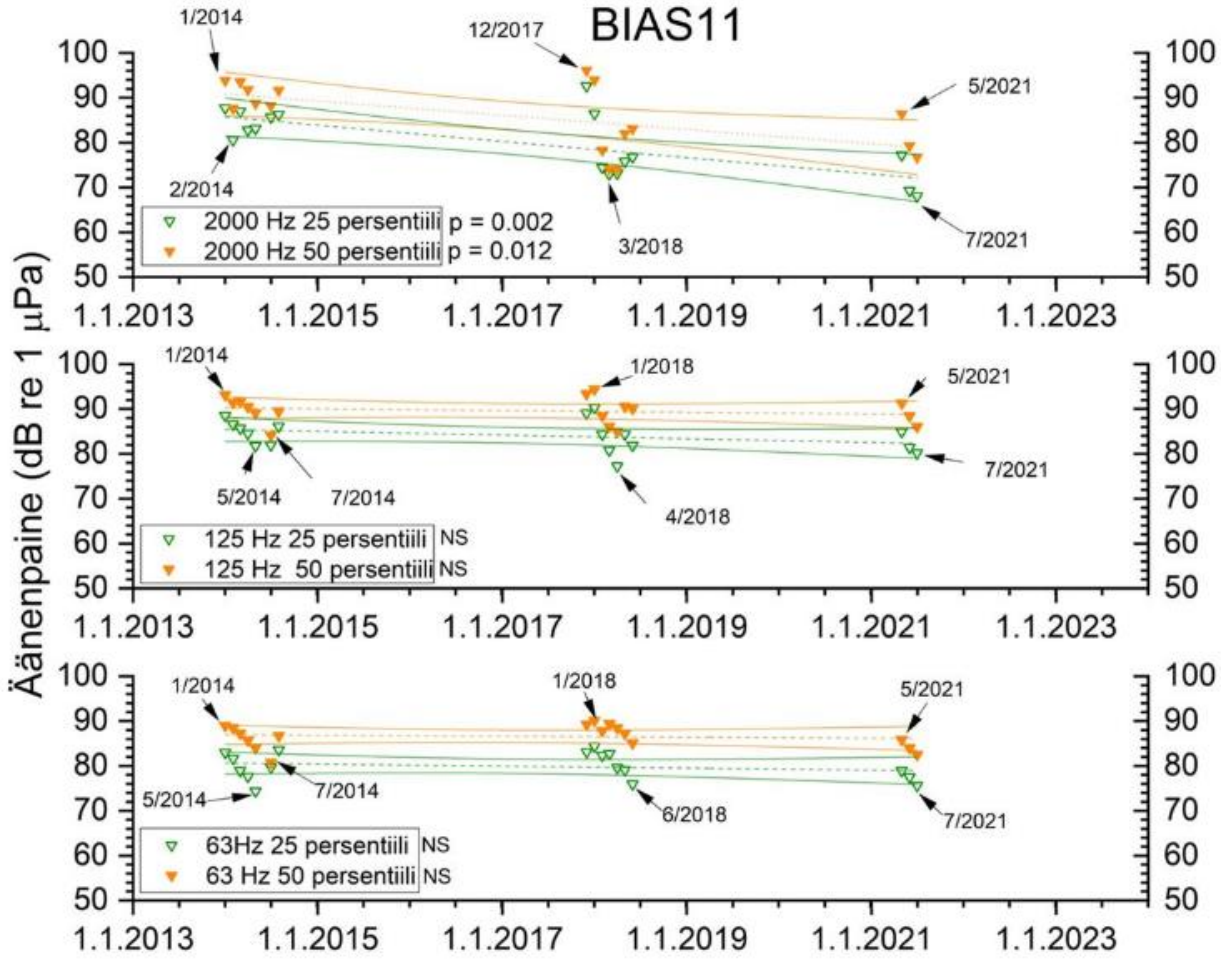
BIAS-hankkeessa Perämerellä sijaitsee yksi hydrofonilla varustettu vedenalainen mittauspiste. Mittaustulosten perusteella alueella vallitsee äänitasollisesti voimakkaasti vaihteleva tilanne (ks. Kuva 15-2).



Kuva 15-2. Perämeren mittauspisteen koko mittausaineiston äänitason vaihtelu 125Hz:n terssikaistan taajuudella (Suomen ympäristökeskus 2019).

Mittauksissa vedenalaiset äänitasot ovat 2021 vuonna olleet keskimäärin 90 dB:n tasolla (50 %:n persentiili) mittauspisteessä tai sen alle hieman vaihdelleen taajuuden mukaan. Korkeamman taajuuden 2000 Hz:n kohdalla äänitaso on mittausten perusteella laskenut vuodesta 2014 noin 5 dB, kun muissa mitatuissa taajuuksissa taso on pysynyt lähes ennallaan (Kuva 15-3).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

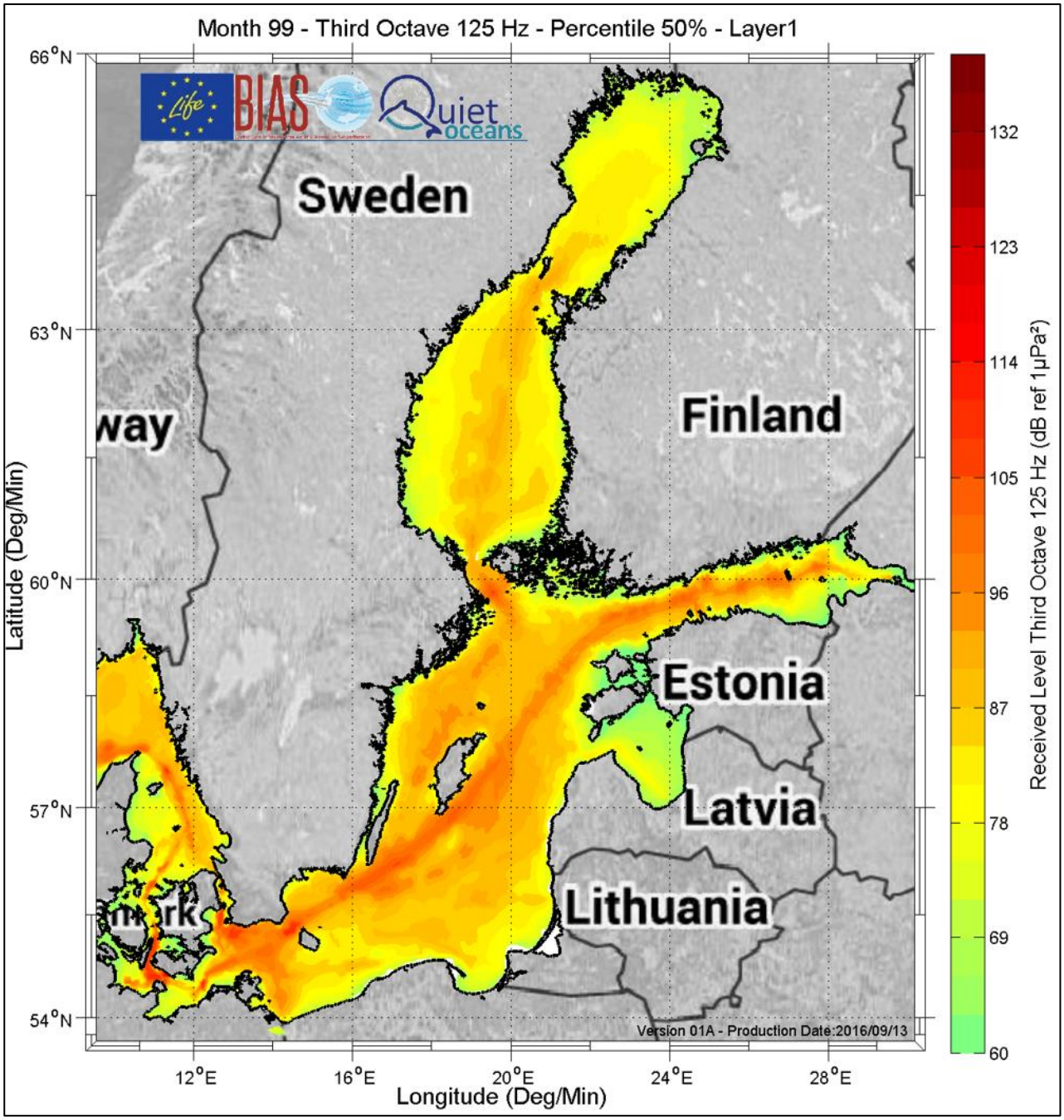


Kuva 15-3. Perämeren vedenalaisen melun voimakkuus 2014–2021 (Itameri.fi 2023).

Merenkurkku sekä Perämeri on vedenalaisen melun osalta myös mallinnettu BIAS-hankkeessa (*BIAS 2016*) eri taajuuksille.

Vedenalaisen melun mallinnustulosten perusteella Perämeren alue on vähemmän kuormittunut kuin Merenkurkku tai Suomenlahti. Mallinnustulokset ovat Perämerellä 125 Hz:n taajuuden kohdalla kuitenkin noin 5–10 dB alhaisempia kuin mittaustulokset (Kuva 15-4). Mallinnustulokset eivät kuitenkaan sisällä vedenalaisen melun luonnollista taustakohinaa, vaan vain alusten aiheuttamaa vedenalaista melua.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-4. 125 Hz:n terssikaista vedenalaisen melun 50 %:n persentiilin mukainen mallinnus koko Itämerelle (BIAS 2014).

15.3 Vaikutusten arviointi

Hankkeen meluvaikutusten arviointi perustui vedenpäällisen ja vedenalaisen melun matemaattisiin mallinnuksiin sekä asiantuntija-arvioon. Mallinnukset toteutettiin eri mallinnusmenetelmiä hyödyntäen, jossa kansallinen ohje koskee vain ulkomelun mallinnusta.

Vedenalainen mallinnus toteutettiin asiantuntijatyönä käyttäen alalle soveltuvaa mallinnusohjelmistoa. Melun vaikutusarviointi on jaettu rakentamisen ajan vaikutuksiin (pääsääntöisesti vedenalaisen melun vaikutuksia) ja toiminnan aikaisiin vaikutuksiin (sekä vedenpäällisiä että vedenalaisia vaikutuksia).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

15.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

15.3.1.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimaloiden rakentamisen aikaiset maan- ja vedenpäälliset meluvaikutukset koostuvat mahdollisista ruoppauksista, kiviaineskuljetuksista, komponenttikuljetuksista sekä rakentamismelusta. Vedenalainen melu syntyy voimaloiden perustusten rakentamisen, pystytyksen sekä alusten ja nostolaitteiden käytöstä.

Vedenalaisista vaikutuksista rakentamisen aikana merkittävin ympäristövaikutus kaloille ja merinisäkkäille on asennustoiminnasta (esimerkiksi paalutus) ja laivaliikenteestä aiheutuva vedenalainen melu (*Madsen ym. 2006*). Merieläimille häiritsevin vaikutus on todennäköisesti perustusasennuksiin liittyvällä paalutuksella. Se voi aiheuttaa viestintäsignaalien peittymistä, välttämisreaktioita, tilapäistä (TTS) ja pysyvää (PTS) kuulonalenemaa ja pahimmassa tapauksessa akustisen vaurion muuhun kuin kuulokudokseen (*Madsen ym. 2006*). Lisäksi paalutusmelu voi aiheuttaa tilapäistä elinympäristökatoa, kun merinisäkkäät ja kalat siirtyvät muualle. (*Niras 2023b, liite 6*)

Merituulivoimapuistoa rakennettaessa yleisimpiä perustusmalleja ovat teräksiset paaluperustukset tai ristikkorakenteiset perustukset, jotka kiinnitetään merenpohjaan 3–4 pienpaalulla, koska ne on helppo asentaa mataliin tai keskisyviin vesiin. Suosituin tapa kiinnittää paaluperustukset tai pienpaalut merenpohjaan on hydraulinen iskupaalutus (vasarointi), joka aiheuttaa voimakasta vedenalaista melutasoa, jolle on ominaista lyhytkestoinen ja jyrkkä energiatason nousu (*Madsen 2006, Bellmann ym. 2020*). Paalutuksen aiheuttaman vedenalaisen melun voimakkuus riippuu muun muassa paalun halkaisijasta. Suurempi halkaisija aiheuttaa voimakkaampaa paalutusmelua (*Bellmann ym. 2020*). (*Niras 2023b, liite 6*)

Merituulivoimapuiston ja sen toimintojen rakentamiseen liittyy mahdollisesti vedenalaisia louhintoja ja räjäytyksiä, joista voi aiheutua tärinää maa- ja kallioperän kautta vesiympäristöön. Rakentamisen aikajänne on kuitenkin rajallinen ja siten vaikutukset jäävät kokonaisuudessaan vähäisiksi.

Vedenalaisen melun arviointimenetelmät

Paalutuksesta aiheutuvan vedenalaisen melun vaikutusten arvioimiseksi tehtiin yksityiskohtainen vedenalaisen melun mallinnus. Vedenalaisen melun mallinnusohjelmistossa dBSea 2.3.4 luotiin 3D-akustinen malli, jossa hyödynnettiin yksityiskohtaista tietoa alueen syvyyskartoituksesta, merenpohjan sedimenttikoostumuksesta, vesimassan suolapitoisuudesta, lämpötilasta ja äänen nopeusprofiileista sekä parhaaseen saatavilla olevaan tietoon perustuvaa muuta lähdemallia. (*Niras 2023b*)

Vedenalaisen melun mallintaminen perustuu Tanskan energiaministeriön suosituksiin (*Energistyrelsen 2022*) sekä National Marine Fisheries Servicen (NMFS) (*2018*) ja Southallin ym. suosituksiin (*2019*). Vedenalaisessa melumallinnuksessa kumulatiivinen äänialtistustaso (selcum) mallinnetaan yhden paalun koko arvioidun paalutuksen aikana, kun oletetaan, että päivässä asennetaan yksi paalu, ja etäisyydet, joilla PTS:ää ja TTS:ää esiintyy, arvioidaan varovaisesti. (*Niras 2023b*)

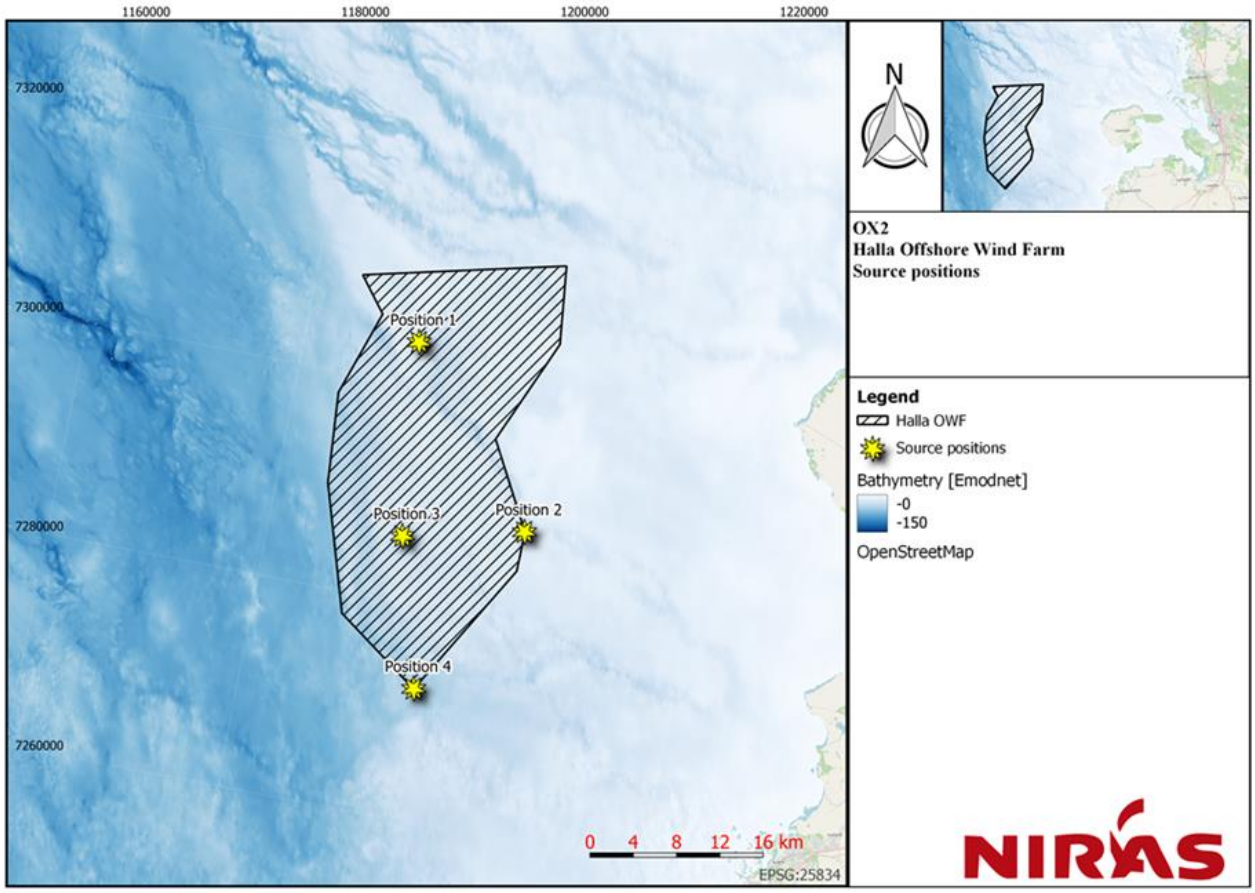
Laskelmissa oletetaan, että käytetään pehmeää käynnistysmenettelyä. Paalutusprosessin alkaessa paalutusvedot suoritetaan pienellä energialla. Paalutuksen voimakkuus iskua kohti kasvaa sitten vähitellen, kunnes täysi paalutusenergia on käytössä. Energiamäärän kasvaessa aiheutuva melu kasvaa hitaasti, jolloin merieläimet voivat siirtyä pois rakennusalueelta ennen kuin melu muuttuu niille fyysisesti haitalliseksi. Mallinnus olettaa myös, että altistuneet eläimet pakenevat melua paalutuksen aikana. (*Niras 2023b*)

Vedenalainen melumallinnus toteutettiin neljälle sijainnille merituulivoimapuiston alueella (Kuva 15-5). Sijainnit on valittu niin, että ne edustavat suurinta odotettua vedenalaisen melun etenemistä. Mallinnus tehtiin toukokuulle, joka on asennuksen aikakehyksessä äänen etenemisen kannalta pahin mahdollinen ajankohta (kuukausi, jossa äänen eteneminen on suurinta). (*Niras 2023b*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vedenalainen melupäästö laskettiin paaluperustukselle (halkaisija 18 m) sekä ankkuroidulle ristikkorakenteiselle perustukselle, jonka pienpaalujen koko on 4 x 8 metriä. (*Niras 2023b*)

Vedenalaisten räjäytysten melua ei ole mallinnettu vaan niiden vaikutukset on arvioitu asiantuntijapohjaisesti.



Kuva 15-5. Äänen etenemismallinnukseen valitut lähdesijainnit (Niras 2023b).

Asennusskenaariot perustuvat realistiseen konservatiiviseen asennusmenettelyyn suhteessa tarvittavaan vasaraenergiaan (6000 kJ), iskujen määrään (10 400) ja paalutuksen suorittamiseen tarvittavaan aikaan sekä realistiseen yleistettyyn pehmeään käynnistys-/voimistusvaiheeseen. Molempien perustustyyppien paaluasennusmenettely sisältää aiemmin kuvatun pehmeän käynnistyksen, (10 % vasaran maksimienergiasta), voimistusvaiheen (20–100 %), ja konservatiivisen arvion asennuksen täystehovaiheesta 100 % vasaraenergialla. (*Niras 2023b*)

Taulukko 15-7 sisältää ohjeistuksia kalalajien tilapäiseen kuulonalenemaan liittyen. Taulukossa turska edustaa kaloja, joilla ei ole suoraa kytkentää uimarakon ja sisäkorvan välillä, kuten lohta, kuoretta ja siikaa, joita kaikkia esiintyy hankealueella. Taulukossa on raja-arvot myös kalojen, mädin ja toukkien kuolleisuuteen vaikuttaville kudosvaurioille ja kuulonalenemalle. Kalalajit, joilla ei ole uimarakkoa, eli pääasiassa pohjakalalajit, ovat paljon vähemmän meluherkkiä, ja voidaan odottaa, että pohjakalojen todelliset sietokynnykset ovat pelagisia kaloja korkeammat. Koska tiedot raja-arvoista ovat kuitenkin hyvin rajalliset, tässä analyysissä käytetään vähiten sietävien kalalajien kynnysarvoja kaikille lajeille, myös pohjakalalajeille. (*Niras 2023b*) Kalastovaikutuksia on arvioitu tarkemmin luvussa 6.3.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 15-7. Painottamattomat raja-arvot kaloille (TTS tilapäinen ja PTS pysyvä kuulonalenema) (Andersson ym. 2016, Popper ym. 2014).

Laji	Uintinopeus [m/s]	Lajikohtaiset painottamattomat raja-arvot (impulssimelu)	
		$L_{E,cum,24h,painottamaton}$	
		TTS [dB]	PTS (Vamma) [dB]
Paikallaan pysyvät kalat*	0	186	204
Nuori turska	0,38	186	204
Aikuinen turska	0,9	186	204
Silli	1,04	186	204
Toukat ja mäti	-	-	207
*Kalat, jotka eivät pakene meluvaikutusta			

Uusimman tieteellisen kirjallisuuden perusteella suositellaan, että $L_{,E,cum,24h}$- ja -taajuuspainotusta käytetään arvioitaessa tilapäistä (TTS) ja pysyvää (PTS) kuulonalenemaa hylje-eläimillä. Paalutusmelulle altistuvien hylkeiden välttämiskäyttäytymisestä ja vaikutusalueista ei ole saatavilla määrällistä tietoa, ja muutamat olemassa olevat tutkimukset antavat vastakkaisia tuloksia. Varotoimenpiteenä on oletettu, että hylkeet reagoivat paalutuksesta aiheutuvaan vedenalaiseen meluun samalla etäisyydellä kuin pyöriäiset, vaikka tämä on todennäköisesti konservatiivinen lähestymistapa. Pyöriäisten käyttäytymisraja-arvoa (103 dB $L_{p,125ms}$ VHF-painotettuna) käytetään siis myös hylkeille. (*Niras 2023b*) Melun vaikutuksia hylje-eläimiin on käsitelty tarkemmin luvussa 5.3.

Taulukko 15-8. Lajikohtaiset painotetut raja-arvokriteerit hylkeille (TTS tilapäinen ja PTS pysyvä kuulonalenema). Tämä on NOAA:n (2018) taulukon AE-1 tarkistettu versio, jossa korostetaan hankealueen tärkeitä lajeja, mukaan lukien käyttäytymisvaste. "xx" tarkoittaa äänen taajuuspainotusta.

Laji	Lajikohtaiset painotetut raja-arvot (muu kuin impulssimelu)		Lajikohtaiset painotetut kynnysarvot (impulssimelu)		
	$L_{E,cum,24h,xx}$		$L_{E,cum,24h,xx}$		$L_{p,125ms,VHF}$
	TTS [dB]	PTS [dB]	TTS [dB]	PTS [dB]	Käyttäytyminen [dB]
Hylje (PCW)	181	201	170	185	103

Muun kuin impulssimelun raja-arvoja sovelletaan jatkuvaan meluun (esimerkiksi laivan meluun), ja vaikka impulssimelun oletetaan muuttuvan jatkuvan melun kaltaiseksi kauempana lähteestä, tämän muutoksen ei odoteta tapahtuvan niillä etäisyyksillä, joilla pysyvää tai väliaikaista kuulonalenemaa voi mahdollisesti esiintyä näiden toimien vuoksi. (*Niras 2023b*)

Paalutuksen vedenalaisen melun laskentatulokset

Merituulivoimapuiston alueelle asennetaan yhteensä enintään 160 perustusta. Yhden perustuspaalun asennuksen kokonaisaika on noin 2 päivää. Perustusten kokonaisasennusaika on siten yli 5,5 kuukautta. Lisäksi asennusaika voi olla pidempi esimerkiksi huonojen sääolosuhteiden vuoksi, jolloin paalutusta ei voida joka päivä tehdä. (*Niras 2023b*)

Hallan tuulivoimapuiston alue on kutualueeksi sopimaton tai arvioitu ei-suotuisaksi suurimmalle osalle sitä käyttävistä lajeista. Silakka, muikku, siika, kivinilkka, tuulenkala ja härkäsimppu voivat kutea tuulivoimapuiston matalissa osissa joissain määrin, vaikkakin todennäköisesti

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

rajoitetusti verrattuna lajin tärkeimpiin kutualueisiin lähempänä rannikkoa tai etelämpänä suolaisemmissa vesissä. Alue on useimmille kalalajeille kutualueeksi sopimaton, koska tuulivoimapuisto on liian kaukana rannikosta, suurin osa siitä on liian syvää ja veden lämpötila on kutualueeksi liian matala verrattuna lämpimämpiin ja matalampiin rannikkoympäristöihin.

Useat lajit, kuten siika, kuore, lohi ja muikku hyödyntävät tuulivoimapuiston aluetta ravinnon hankintaan ja jossain määrin myös vaelluskäytävänä. Hallan tuulivoimapuiston alueen merkitys kalojen kutuympäristönä arvioitiin siksi pieneksi, kun taas merkitys kalojen ravinnonhankinta-alueena ja vaelluskäytävänä arvioitiin pieneksi tai kohtalaiseksi.

Kalat

Paalutuksen aiheuttaman vedenalaisen melun (PTS eli vamma) paineen pahimmat vaikutukset kohdistuvat yksilöihin paalutustoiminnan välittömässä läheisyydessä. Kaloille etäisyys on vähemmän kuin 100–2350 metriä ja mädille ja toukille vähemmän kuin 1,5 kilometriä. Tämän lisäksi suurin osa kaloista pakenee kauemmas paineen lähteestä ja palaa, kun melu on lakannut, ja mahdollisesti kärsii vain ajan myötä palautuvasta väliaikaisesta kuulonalenemasta. (*Niras 2023b*)

Mallinnuksen perusteella paaluasennus aiheuttaa kaloille pisimmät vaikutusalueet, ja kalojen arviointi perustuu paaluasennukseen. (*Niras 2023b*)

Taulukko 15-9. Vaikutusetäisyyksien raja-arvot kaloille, kun käytetään DBBC:tä (tuplakuplaverho) 18 m:n junttapaalulle huonoimmassa kuussa eli toukokuussa.

Sijainti	Etäisyyden suhde raja-arvoon		
	Vamma (r_{vamma})		TTS (r_{TTS})
	Kalat	Toukat ja mäti	Kalat
1	<100–1900 m	1150 m	11,1–19,7 km
2	<100–2350 m	1500 m	14–22,6 km
3	< 100–1750 m	1050 m	11–19,1 km
4	<100–1250 m	700 m	15–23,7 km

TTS:n vaikutusetäisyys kaloille on 11–23,7 kilometriä melulähteestä, riippuen kalalajista. PTS:n tai kuolleisuuden riski suurille kalamäärille nähdään merkityksettömänä lyhyiden vaikutusetäisyyksien (< 100–2350 m) vuoksi ja kun käytetään pehmeää käynnistys-/voimistusmenettelyä, joka antaa kaloille aikaa siirtyä vaikutusetäisyyden ulkopuolelle. (*Niras 2023b*)

Lähellä paalutuksen lähdettä vammoja aiheuttavan alueen ulkopuolella, jossa vedenalainen melu on kuitenkin korkea, paine laukaisee välttämisreaktion, jolloin nuoret ja aikuiset kalat pakenevat painetta ja mahdollisesti kärsivät väliaikaisesta kuulonalenemasta. Kalat hyödyntävät Hallan tuulivoimapuiston aluetta kohtalaisesti muihin merialueisiin verrattuna, mutta vain vähän rannikkoalueisiin verrattuna. Ympäröivien alueiden luontotyypit tukevat samojen lajien elämää, useimmissa tapauksissa suuremmalla tiheydellä kuin tuulivoimapuiston alueella. Siksi herkkyys arvioitiinkin pieneksi. (*Niras 2023b*)

Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin kohtalaiseksi negatiiviseksi, koska TTS:n vaikutusetäisyydet ovat suhteellisen pitkiä (jopa 23,7 km). Kaiken kaikkiaan Hallan merituulivoimapuiston hankealueella paaluajon aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan vähäistä kaloille, eikä se vaikuta kalakantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä (liitteen 6 Taulukko 4.2). (*Niras 2023b*)

Kaloihin kohdistuvia vaikutuksia on käsitelty myös luvussa 6.3.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merinisäkkäät

Mallinnustulokset osoittavat, että jos hylkeet ovat alle 100 metrin ja 275 metrin etäisyydellä paalutuspaikasta, kun paalutus suoritetaan DBBC:tä vastaavalla melunvaimennusjärjestelmällä ja pehmeällä käynnistys- ja voimistusvaiheella, myös ne voivat altistua PTS:lle ja TTS:lle (Taulukko 15-10 ja liite 6). Hyvin lyhyiden vaikutusetäisyyksien vuoksi tilapäisen kuulonaleneman (TTS) riski hylkeille on hyvin rajallinen ja pysyvän kuulonaleneman riski (PTS) lähes olematon. (*Niras 2023b*)

Varotoimenpiteenä on oletettu, että hylkeet reagoivat paalutuksesta aiheutuvaan vedenalaiseen meluun samalla etäisyydellä kuin pyöriäiset (19,1 kilometriä tämänhetkisessä mallinnuksessa). Tuulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella voi esiintyä sekä norppia että harmaahylkeitä. Lähin harmaahylkeiden maallenousualue on kuitenkin vähintään 20 kilometrin päässä hankealueelta, eikä aluetta pidetä kummallekaan lajille erityisen tärkeänä ravinnonhankinta-alueena. Hankealueella voi esiintyä lisääntyviä norppia, mutta niitä on siellä vain talvella, jos jääpeite on riittävä. Perustusten asentamisen ei odoteta olevan mahdollista ajanjaksoina, jolloin tuulivoimapuiston alueelle on muodostunut merijäätä ja siten myöskään häiriötä norpille ei aiheudu. (*Niras 2023b*)

Riski sille, että hylkeet kärsisivät pysyvästä (PTS) tai tilapäisestä (TTS) kuulonalenemasta, arvioitiin erittäin lyhyiden vaikutusetäisyyksien (PTS:lle <100 metriä ja TTS:lle < 275 metriä) vuoksi olemattomaksi. (*Niras 2023b*)

Vedenalaisen melun aiheuttamat käyttäytymisreaktiot voivat vaihdella aktiivisuustason pienistä muutoksista pakoreaktioihin, joissa yksilöt välttävät aluetta kokonaan. Hylkeiden herkkyys käyttäytymisvaikutuksille arvioitiin kohtalaiseksi, koska on odotettavissa, että hylkeet välttelevät vaikutusaluetta jossain määrin.

Perustusten paalutuksen teoreettinen kesto on noin 5,5 kuukautta (tehokasta työtä) olettaen, että päivässä asennetaan yhden perustukset ilman taukoja ja paalutusta tehdään 6 tuntia päivässä. Kuten mainittua, perustusten kokonaisasennusaika on kuitenkin yli 5,5 kuukautta. Väliaikaisen elinympäristön menetyksen kestoa ja käyttäytymisen välttämisreaktioiden pysyvyyttä pidetään kuitenkin molempien lajien tapauksessa lyhytaikaisena, koska hylkeet voivat palata alueelle perustusten asennuksen jälkeen. (*Niras 2023b*)

Mallinnuksen perusteella ristikkorakenteisen perustuksen asennus aiheuttaa hylkeille pisimmät vaikutusalueet, ja seuraava hylkeiden arviointi perustuu ristikkorakenteisen perustuksen asennukseen. Hylkeiden vaikutusarviointiin käytetyt tulokset on esitetty taulukossa 15-10. Akustisessa mallinnuksessa oletetaan, että läheiset merinisäkkäät siirtyvät poispäin vedenalaisesta melusta paalutuksen aikana, ja uintinopeudeksi oletetaan 1,5 m/s, mikä on todennäköisesti molempien hyljelajien tapauksessa varovainen arvio. (*Niras 2023b*)

Taulukko 15-10. Vaikutusetäisyyksien raja-arvot hylkeille pysyvän (PTS) ja tilapäisen (TTS) kuulonaleneman suhteen, kun käytetään tuplakuplaverhoa (DBBC) ristikkorakenteisille perustuksille 4 x 8 m:n pienpaaluilla huonoimmassa kuussa eli toukokuussa.

Sijainti	Etäisyyden suhde raja-arvoon			
	PTS (r_{PTS})	TTS (r_{TTS})	Välttämis- ($r_{käytt.}$)	Vaikutusalue (välttämiskäyttäytyminen)
	Hylje	Hylje	Hylkeet	Hylkeet
1	<100 m	<200 m	9,75 km	226 km^2
2	<100 m	275 m	8,1 km	172 km^2
3	<100 m	<200 m	14,5 km	368 km^2
4	<100 m	<200 m	19,1 km	737 km^2

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin vähäiseksi negatiiviseksi, koska kyseessä on pieni osuus hylkeiden koko elinalueesta ja vaikutus siihen on tilapäinen, eli vaikka vaikutusmatkat ovat suhteellisen pitkiä (19,1 km), käyttäytymisen välttämisvasteiden esiintymisen todennäköisyys on pieni. Kaiken kaikkiaan Hallan merituulivoimapuiston hankealueella paaluajon aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan vähäistä hylkeille, eikä se vaikuta hyljekantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä (Taulukko 4.3 liitteessä 6). (*Niras 2023b*)

Tuulivoimapuiston rakentamisen ja operatiivisen kunnossapidon aikana Hallan merituulivoimapuiston alueella ja sen läheisyydessä on odotettavissa sekä pienten että suurten alusten laivaliikenteen kasvua. Vedenalaisen melun leviäminen ympäröivään veteen riippuu vedenalaisen melun taajuudesta, vallitsevista ympäristötekijöistä (esimerkiksi lämpötila, suolapitoisuus ja syvyys) ja muista tekijöistä, kuten käyttönopeudesta, aluksen koosta, lastista jne. (*Niras 2023b*)

Merinisäkkäisiin kohdistuvia vaikutuksia on käsitelty myös luvussa 5.3.

15.3.1.2 Energiansiirtoreitit, sähköasemat ja vedyn tuotanto

Energiansiirtoreitit

Merikaapelien ja/tai vetyputkireitin rakentamisen aikana melua syntyy merialueella kaapelin- ja putkenlaskuun soveltuvien alusten melusta, joka on luonteeltaan etenevää merialusten ääntä, missä päämelulähteitä ovat pääkoneet, putkenlaskun laitteet, generaattorit, ilmanotto ja ilmastointi, potkurin aiheuttama kavitaatio- ja värähtelymelu veden alla sekä aluksen liikkeen hydrodynaaminen melu veden alla. Melu johtuu veteen joko ilman tai pohjarakenteiden värähtelyiden kautta.

Vetyputken ja merikaapelien rantautumiskohdassa melua voi aiheutua kallionporauksesta sekä maan- tai rantautumisalueen merenpohjan kaivuutöistä. Hallan merituulivoimahankkeessa vetyputken suunniteltu rantautumisalue on kuitenkin SSAB:n tehdasalueella Raahessa, jossa rakentamisen aikainen melu sekoittuu teollisuusalueen muuhun meluun.

Vedyn tuotanto

Vedyntuotannon rakentamisen ajan melu riippuu tuotantotavan valinnasta (erilliset keskitetyt asemat vai hajautetusti tuulivoimalan alaosassa) sekä valittavasta perustusvaihtoehdosta. Erillisen aseman rakentamisen ajan meluvaikutus voi kohdistua pääasiassa veden alle aseman perustustavan mukaan. Suurin meluvaikutus voi syntyä, jos perustus tehdään merenpohjaan iskettävien paalujen avulla. Tällöin paalutuksen vedenalaisen melun vaikutus voi vastata tuulivoimalan perustuspaalutuksen melua, jolloin siihen on todennäköisesti kohdistettava myös melun lievennystoimia. Ristikkoperustuksella vaikutus voi olla vähäisempi tai samansuuruinen, mutta pienemmällä määrällä lievennystoimia. Rakentamisen aikana vedenpäällinen melu on vähäisempää kuin vedenalainen melu johtuen puiston alueen suuresta etäisyydestä rannikolle, joka todennäköisesti vaimentaa meluvaikutuksia merkittävästi ennen altistuvia loma-asuinkohteita. Koska rakentamisen ajan melussa on aina jonkin verran impulssimaisuutta, voi se kantautua pidemmälle kuin tasainen toiminnan aikana syntyvä melu.

Sähköasemat

Erillisen merelle asennettavan sähköaseman rakentamisen ajan meluvaikutus voi kohdistua pääasiassa veden alle aseman perustustavan mukaan. Suurin meluvaikutus voi syntyä, jos perustus tehdään merenpohjaan iskettävien paalujen avulla. Tällöin paalutuksen vedenalaisen melun vaikutus voi vastata tuulivoimalan perustuspaalutuksen melua, jolloin siihen on todennäköisesti kohdistettava myös vaimennustoimia. Ristikkoperustuksella vaikutus voi olla vähäisempi tai samansuuruinen, mutta pienemmällä määrällä lievennystoimia. Rakentamisen aikana vedenpäällinen melu on vähäisempää kuin vedenalainen melu johtuen puiston alueen suuresta etäisyydestä rannikolle, joka todennäköisesti vaimentaa meluvaikutuksia merkittävästi ennen altistuvia loma-asuinkohteita. Koska rakentamisen ajan melussa on aina jonkin verran impulssimaisuutta, voi se kantautua pidemmälle kuin tasainen toiminnan aikana syntyvä melu.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

15.3.1.3 Räjäytysten aiheuttama vedenalainen melu ja tärinä

Tuulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien rakentamiseen liittyy mahdollisesti vedenalaisia louhintoja ja räjäytyksiä, joista voi aiheutua melua ja tärinää maa- ja kallioperän kautta vesiympäristöön. Jos louhintaa täytyy tehdä veden alla lähellä rantaa tai maanpäällisillä osuuksilla tärinävaikutuksia voi syntyä lähellä räjäytyskohdetta oleville herkille kohteille kuten asuin- tai lomarakennuksille.

Räjäytyksissä syntyvän tärinän suuruuteen vaikuttaa eniten momentaaninen (täysin samanaikaisesti räjähtävä) räjähdysainemäärä. Lisäksi syntyvään tärinään vaikuttavat erilaiset räjäytystekniset seikat, kuten räjähdysaineen laatu, porauksen ja sytytyksen suuntaus, niin sanotun etutäytteen käyttö ja sytytysjärjestelmän valinta. Tärinän suuruuteen vaikuttavat merkittävästi myös kallion ja maaperän rakenne, niiden kosteus ja lämpötila sekä topografia. Kovassa maapohjassa (esimerkiksi kiinteä kallio ja moreeni) tärinä vaimenee nopeasti.

Räjäytyksessä kallioon syntyy jännitysaalto, joka aiheuttaa tärinää. Tärinä voidaan kuvata sen heilahdusnopeuden (mm/s) ja taajuuden (Hz) avulla. Lähellä louhintaräjäytyspaikkaa tärinän heilahdusnopeus voi olosuhteista riippuen nousta yli tason 100 mm/s. Kauempana olevissa kohteissa tärinä jää usein kymmenesosaan tästä, sillä jännitysaalto menettää energiaansa etäisyyden kasvaessa. Tärinän taajuus lähietäisyyksillä on noin 50–220 Hz, mutta pienenee etäisyyden kasvaessa.

Yleisesti tärinä voi olla rakenteita ja herkkiä laitteita vaurioittavaa sekä ihmisiä ja eläimiä häiritsevää. Rakennusten rakennevaurioiden synty ei johdu pelkästään tärinän voimakkuudesta, vaan myös rakenteen oma paino, kunto sekä muut ominaisuudet ja rasitukset vaikuttavat rakenteen tärinänkestoon. Tärinälle herkkiä laitteita ovat esimerkiksi tietokoneet, mikroskoopit ja mittalaitteet, joihin tärinä voi aiheuttaa vaurioita tai rikkoutumisia. Käytännössä riski rakenteiden ja laitteiden vaurioitumiselle louhintatärinän seurauksena on noin 50–100 metriä suoraan louhinnasta mitattuna. Ihminen kokee tärinän yksilöllisesti. Yhdysvaltalaisen Bureau of Mines -tutkimuslaitoksen mukaan ihminen havaitsee tärinän, kun sen heilahdusnopeus on 2–10 mm/s. Heilahdusnopeudeltaan yli 20 mm/s tärinä koetaan usein häiritsevänä.

Yleisesti tärinä voi olla ulkomerialueella eläimiä häiritsevää. Louhintaräjäytyksistä aiheutuva tärinävaikutus on luonteeltaan lyhytaikaista. Räjäytyksen aiheuttama tärinä kestää yleensä joitakin sekunteja kerrallaan. Tärinä on havaittavaa yleensä korkeintaan 500 metrin etäisyydellä räjäytyspaikasta, kun räjäytykset tehdään hallitusti. Energiansiirtoreitit sijoittuvat paikoin lähemmäksi kuin 500 metriä lähimpien häiriintyvien kohteiden kannalta. Jos näissä sijainneissa on tarvetta suorittaa louhintaa, tärinävaikutuksia räjäytysteknisesti rajoitetaan siten, että aiheutettu tärinä ei ole asuinviihtyvyyttä häiritsevää eikä rakenteita rikkovaa. Yksittäisen kohteen kannalta rakentamisen aikajänne on kuitenkin rajallinen ja siten vaikutukset jäävät kokonaisuudessaan vähäisiksi. Merituulivoimapuiston alue sijoittuu hyvin etäälle lähimpien häiriintyvien kohteiden, kuten asuntojen kannalta. Melun ja tärinän vaikutuksia eläimistöön ja kalastoon on arvioitu luvuissa 5.3 ja 6.3.

15.3.1.4 Ruoppaaminen ja sedimenttien läjitys

Kuten kaikkien vedenalaisten äänilähteiden kohdalla, ruoppaustoiminnan lähdetaso vaihtelee ja siihen voivat vaikuttaa monet tekijät, kuten ruopattava sedimenttityyppi, veden syvyys, meriveden suolapitoisuus ja vuodenaikojen ilmiöt, kuten lämpötilakerrostuneisuus (termokliinin esiintyminen) (*Robinson ym. 2014 ja Jensen ym. 2000*). Nämä tekijät vaikuttavat myös ruoppaustoiminnasta peräisin olevan äänen etenemiseen ja vaikuttavat jo olemassa olevan ympäristön äänen ohella etäisyyteen, jolla ruoppaajan äänet voidaan havaita (*Jensen ym. 2000, Reine ym. 2014*). Erityyppiset ruoppaajat emittoivat myös erilaisia äänitasoja, jotka vaihtelevat edelleen riippuen suoritettavasta toiminnasta (*Reine ym. 2014, Reine ym. 2012*).

Ruoppaaminen aiheuttaa jatkuvaa laajakaistaista melua ja äänenpainetaso on samaa luokkaa yleisen laivaliikenteen kanssa. Suurin osa äänienergiasta on matalilla, alle 500 Hz taajuuksilla. Ruoppaamisesta syntyvä melupäästö vaihtelee 160 ja 180 dB:n (re 1µPA) välillä metrin etäisyydellä äänilähteestä (*Liikennevirasto 20/2018*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

15.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Tuulivoimaloiden toimintaan liittyvät meluvaikutukset muodostuvat aerodynaamisesta ja mekaanisesta melusta, jotka ovat tässä arvioinnissa käsitellyistä melutasoista kaikkein matalimmat. Muista merituulipuistoista tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että useiden toiminnassa olevien tuulivoimaloiden aiheuttama kumulatiivinen melutaso on selvästi alle ympäristön melutason alueilla, joilla alusten aiheuttama melutaso on korkea ja tuulennopeus on suuri (liite 6, *Niras 2023b*). Näin arvioitiin olevan myös Hallan merituulivoimapuiston alueella. Tuulivoimaloiden melun luonteen ja voimakkuuden vuoksi on todennäköistä, että ääniherkät pelagiset kalat, kuten kilohaili ja silakka, havaitsevat sen. Siitä ei ole kuitenkaan viitteitä, että nämä kalat reagoisivat käyttämisellään ja pakenisivat tai siirtyisivät muualle. Tästä johtuen toiminnan aikaisesta melusta arvioitiin aiheutuvan alueen kaloille ja hylkeille merkitykseltään enintään vähäisiä vaikutuksia.

Hankkeessa ei ole tehty erillistä toiminnan aikaisen vedenalaisen melun mallinnusta. Kuten edellä kuvattu, kumulatiivisen ympäristömelun taso ylittää tuulivoimaloista aiheutuvan melutason. Toiminnan aikaisen melun ei ole arvioitu vaikuttavan kalojen tai hylkeiden käyttäytymiseen voimaloiden vieressä, jossa melutasot ovat korkeimmillaan. Toiminnan aikaisen melun mallinnus ei ole vakiintunut tapa, esimerkiksi naapurimaissa kuten Tanskassa tai Ruotsissa, ja mallinnuksia tehdään joskus yksittäistapauksissa kohdistuen tiettyihin hankekohtaisiin herkkiin kohteisiin tai vaikutuksiin. Vedenalaisen melun mallinnus toiminnan aikaiselle melulle tulisi tehdä kohdekohtaisesti (esimerkiksi tiettyyn lajiin keskittyen), sillä eri lajien ja kohteiden herkkyys melulle vaihtelee esimerkiksi taajuuden osalta ja täten yleismallinnus ei tuota tällaista tietoa. Mikäli hankkeessa todetaan tarve toiminnan aikaiselle mallinnukselle, esimerkiksi tietyn kohteen suhteen, tai tarkemmalle tarkastelulle, voidaan se toteuttaa tarvittaessa hankkeen jatkoluvituksessa.

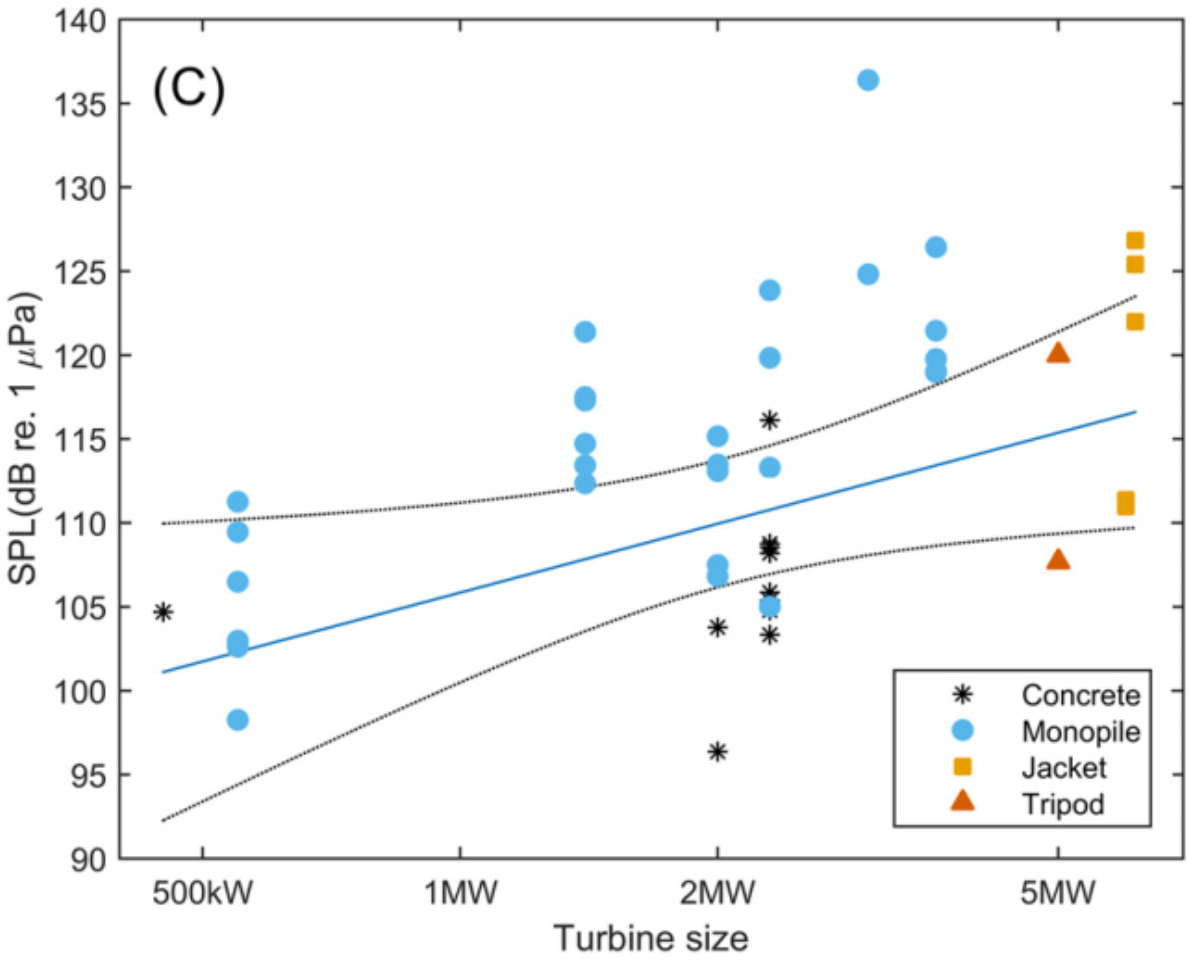
15.3.2.1 Merituulivoimapuisto, vedenalaiset meluvaikutukset

Voimalan toiminnanaikaiset vedenalaiset vaikutukset koostuvat tuulivoimalan siipien ja koneiston käyntiäänistä, jotka välittyvät tornia ja perustusta pitkin veden alle. Koneistoon kuuluvat generaattori, mahdollinen vaihteisto, sähkölaitteet, ilmastointi/jäähdytyslaiteet sekä muut tornin ja siipien asentosäätöön osallistuvat moottorit.

Voimalan rungon kautta välittyvä tuulivoimamelun runkomelu on tasoltaan alhaista ja vastaa usein esimerkiksi laivaliikenteen vedenalaista melutasoa usean sadan metrin päässä laivaväylästä. Voimalan perustusmalli vaikuttaa kuitenkin merkittävästi runkoäänen välittymiseen veden alle riippuen perustusrakenteesta. Näistä painovoimaperustus aiheuttaa vähiten runkomelua, koska runkoääntä välittävän runkoputken osuus on vaihtoehdoista tyypillisesti vähäisin. Äänessä voi kuitenkin esiintyä paikoin merkityksellistä kapeakaistasuutta riippuen tuulivoimamallista sekä säätilasta, joka voi kasvattaa osaltaan vedenalaisen melun vaikutuksia. Lisäksi runkoäänen taajuus on usein alle 1000 Hz:n taajuudella (*Tougaard ym. 2020*).

Eräässä tutkimushankkeessa toiminnan aikaista vedenalaista tuulivoimamelua mitattiin 14 eri merituulivoimapuistoissa, joissa käytettiin erilaisia perustustapoja ja pääsääntöisesti äänitaso oli noin 10–20 dB alle laivaliikenteen tason samalla etäisyydellä (*Tougaard ym. 2020*). Melussa havaittiin kapeakaistaisuutta taajuuksilla 14 Hz – 400 Hz, missä tyypillinen hallitseva taajuus oli alle 200 Hz:n taajuudella. Mitatut voimalat olivat kooltaan kuitenkin alle 7 MW:n tehotasolla (200 kW – 6,15 MW) ja iältään vanhempia, jolloin tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia isompien ja uudemman sukupolven voimaloiden kanssa. Mitatuista tiedoista oli mahdollista tehdä karkea lineaarinen korrelaatio äänitasosta 100 metrin päässä (ks. Kuva 15-6) (*Tougaard ym. 2020*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-6. Kuvassa esitetty sovitettu regressiokäyrä (sininen) ja vaihteluvälit (mustat viivat) äänitason mittaustuloksista, jotka on normalisoitu 100 metrin päähän voimalasta (Tougaard ym. 2020).

Yllä olevan kuvan yleisen regressiokäyrän (sininen) perusteella voidaan karkeasti arvioida, että äänitasoltaan 100 metrin päässä noin 25 MW:n laitoksen äänitaso käyttöaikana voisi olla tasolla 155–160 dB (re 1µPa) laitoksen nimellisteholla, joka on samalla tasolla aktiivisen laivaväylien melutason kanssa noin 300–500 metrin etäisyydellä laivan kulkiessa havaintopaikan ohi. Kyseessä on kuitenkin vasta yhden voimalan hyvin karkeasti arvioitu äänitaso, jolloin kumuloituva äänitaso muodostuu koko tuulivoimapuiston kaikista voimaloista. Asteikko sisältää kuitenkin merkittäviä epävarmuuksia, sillä voimalakoon kasvu ei välttämättä korreloi lineaarisesti voimalakoon kasvun kanssa vaan voi noudattaa myös asteikon alempaa regressiokäyrää.

Tuulivoimapuiston rakentamisen ja operatiivisen kunnossapidon aikana Hallan merituulivoimapuiston alueella ja sen läheisyydessä on odotettavissa sekä pienten että suurten alusten laivaliikenteen kasvua. Vedenalaisen melun leviäminen ympäröivään veteen riippuu vedenalaisen melun taajuudesta, ympäröivästä ympäristöstä (esimerkiksi lämpötila, suolapitoisuus ja syvyys) ja muista tekijöistä, kuten käyttönopeudesta, aluksen koosta, lastista jne. Alueella odotetaan käytettävän sekä pieniä ja nopeita veneitä että suurempia, hitaammin liikkuvia aluksia. (*Niras 2023b*)

Tuulivoimapuiston alueella esiintyy laivaliikennettä (Kuva 4.1 liitteessä 6), ja siksi Hallan hankealueen odotetaan altistuvan pienitaajuuksiselle laivamelulle. BIAS-hankkeesta saatujen tietojen perusteella 500 Hz:n taajuusalueella mitatun vedenalaisen melutason arvioidaan olevan yli 80–95 dB re 1uPa hankealueen keskeisissä osissa (50 % ajasta), erityisesti talvikaudella, jolloin äänellä on taipumus kulkea pidemmälle kuin kesäkaudella. (*Niras 2023b*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hallan merituulivoimapuiston hankealueen lähistöllä on Pohjanlahden päälaivaliikennealueita ja väyliä. Aluetta hallitsee siis jo nyt vedenalaista melua aiheuttava alusliikenne, ja alueella olevat kalat ovat todennäköisesti jo mukautuneet tiettyyn määrään vedenalaista melua. Kalat käyttävät Halla-hankkeen aluetta kohtalaisesti, mutta sekä pelagisten että pohjakalojen herkkyys laivaliikenteestä aiheutuvalle vedenalaiselle melulle on pieni. Laivamelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin olemattomaksi, koska käyttäytymisreaktiot tapahtuvat lähellä alusta. Kaiken kaikkiaan laivoista aiheutuvan vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan vähäisiä kalojen osalta, eikä melu vaikuta kantoihin lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. (*Niras 2023*)

Suurin vaikutus laivamelulla on todennäköisesti hylkeisiin ja niiden käyttäytymiseen. Se voi esimerkiksi aiheuttaa muutoksia niiden ravinnonhankintakäyttäytymisessä alusten läheisyydessä. Hylkeiden herkkyys laivamelulle arvioitiin pieneksi, koska lisääntyvän laivaliikenteen vaikutus käyttäytymiseen tulee olemaan rajallinen ja hyvin lyhytkestoinen. Alue ei ole tärkeä ravinnonhankinta-alue norpille tai harmaahylkeille. Laivamelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin vähäiseksi negatiiviseksi, koska käyttäytymisreaktioiden odotetaan tapahtuvan vain aluksen välittömässä läheisyydessä. Myös se tulee pitää mielessä, että hankealueella esiintyy jo nyt laivaliikennettä. Rakentamiseen ja operatiiviseen kunnossapitoon liittyvän laivaliikenteen lisävaikutus arvioitiin näin ollen vaatimattomaksi. Kaiken kaikkiaan laivoista aiheutuvan vedenalaisen melun seuraukset hylkeille Hallan merituulivoimapuiston hankealueella arvioitiin vähäisiksi, eikä melu vaikuta kantoihin lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. (*Niras 2023b*)

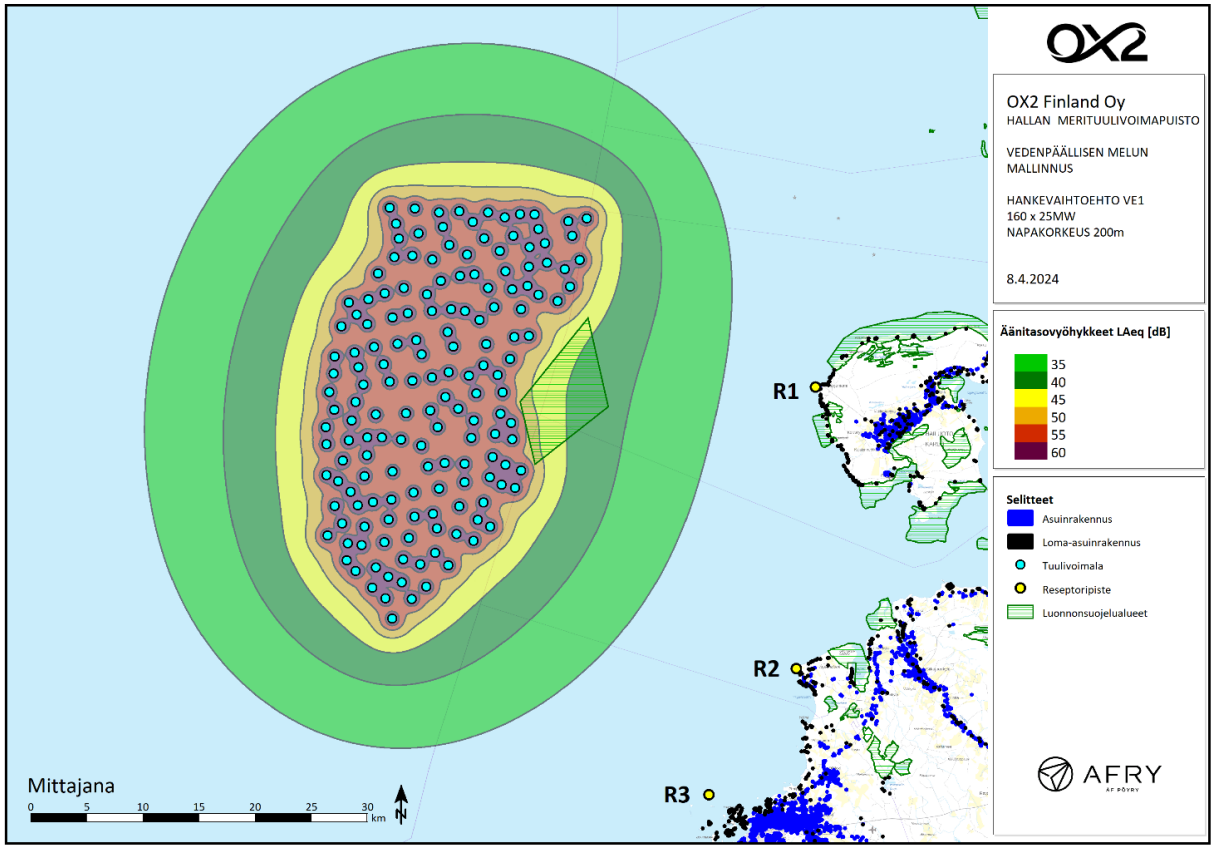
Tuulivoimaloilla saattaa olla perustamistavasta ja laitostyypistä riippuen myös tuulivoimaloiden rungon kautta merenpohjaan aiheutuvia tärinävaikutuksia. Merenpohjassa tärinävaikutukset vaimenevat voimaloiden välittömässä läheisyydessä. Tärinällä ei ole vaikutusta lähimpien häiriintyvien kohteiden kannalta.

15.3.2.2 Merituulivoimapuisto, vedenpäälliset meluvaikutukset

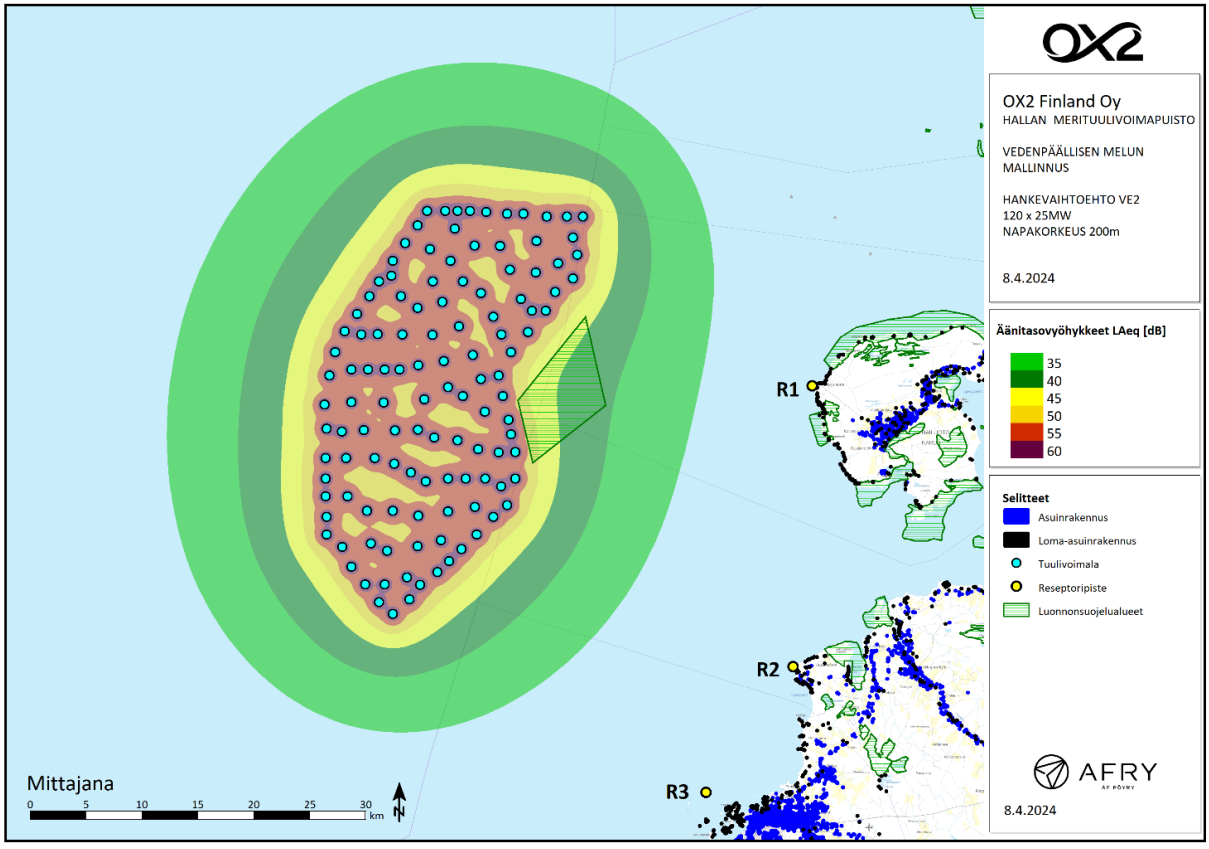
Toiminnan aikainen vedenpäällisen melun leviäminen Hallan hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 voimaloista on esitetty oheisissa melukartoissa (Kuva 15-7 ja Kuva 15-8). Pienitaajuisen melun laskentatulokset lähimmille altistuville kohteille on esitetty kaaviokuvan avulla seuraavassa kappaleessa.

Melumallinnuksen LAeq keskiäänitason tulokset on laskettu 35 dB:n vyöhykkeelle asti. Oheisessa kuvassa on esitetty melun VE1 leviämiskartta keskiäänitasolla LAeq meluvyöhykkeineen. Meluvyöhykkeet on esitetty 5 dB:n välein siten, että tummanvihreän alueen raja vastaa LAeq 40 dB:n tasoa ja vaaleankeltaisen alueen raja 45 dB:n tasoa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-7. Vedenpäällisen melun leviämismallinnuskartta, 160 voimalaa, VE1.



Kuva 15-8. Vedenpäällisen melun leviämismallinnuskartta, 120 voimalaa, VE2.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Edellä olevien melun leviämiskarttojen lisäksi oheisessa taulukossa on esitetty maa-alueilla sijaitsevien lähimpien altistuvien kohteiden reseptoripistetulokset (Taulukko 15-11). Reseptoripisteiden sijainnit on esitetty yllä olevissa kartoissa. Valitut kohteet ovat merkitty loma-asuinrakennuksiksi Maanmittauslaitoksen kartta-aineistossa.

Taulukko 15-11. Maan- ja vedenpäällisen melulaskennan tulokset kolmessa eri reseptoripisteessä.

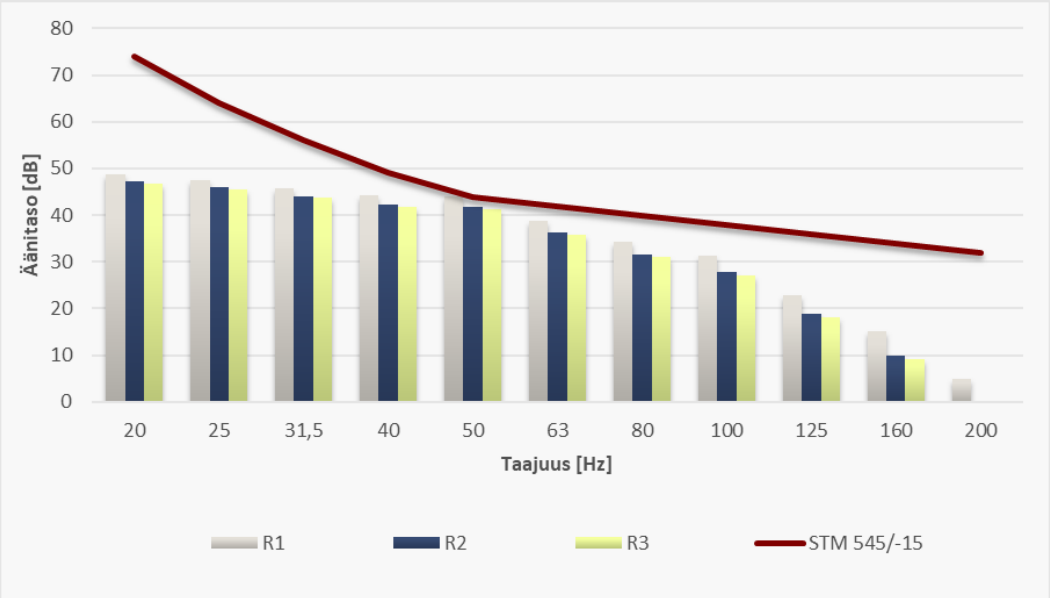
Reseptori-piste	X	Y	Korkeus [m]	LAeq VE1 [dB]	LAeq VE2 [dB]
R1	384985,5	7215110,6	4	31	30
R2	375507,2	7178800,23	4	28	27
R3	383288,7	7190039,1	4	27	26

Ulkomelun leviämislaskentojen perusteella tuulivoimamelun yöajan ohjearvoa 40 dB ei ylitetä huolimatta varsin konservatiivisista voimaloiden äänipäästöarvoista. Vaikutuksiltaan VE2 on noin 1 dB pienempi kuin VE1. Tulokset edustavat puhdasta tuulivoimamelun osuutta, eivätkä sisällä äänen peittovaikutusta lisäävää taustakohinaa, joka on läsnä etenkin rannikkoalueiden ulapan puoleisella rannalla, missä sijaitsevat myös valitut lähimmät reseptoripisteet.

Tuulikohina esimerkiksi puustossa on taajuuskaistaltaan laajakaistaista ja tuulensuunnasta, puulajeista, vuodenajasta ja tuulennopeudesta riippuva. Puustokohinan äänitaso mittauskorkeudella 1,5 metriä voi nousta kuitenkin tuulennopeuden mukaan kokemusperäisesti jopa yli 60 dB:n tasolle (*Halstead & Tam 2019*). Vastaavasti aallokon ääni ilmassa voi aallon murtuessa tuottaa yli 75 dB:n äänitasoja lähietäisyydellä riippuen voimakkaasti aallon ja kohtaavan maanpinnan koosta ja muodosta (*Bolin 2012*).

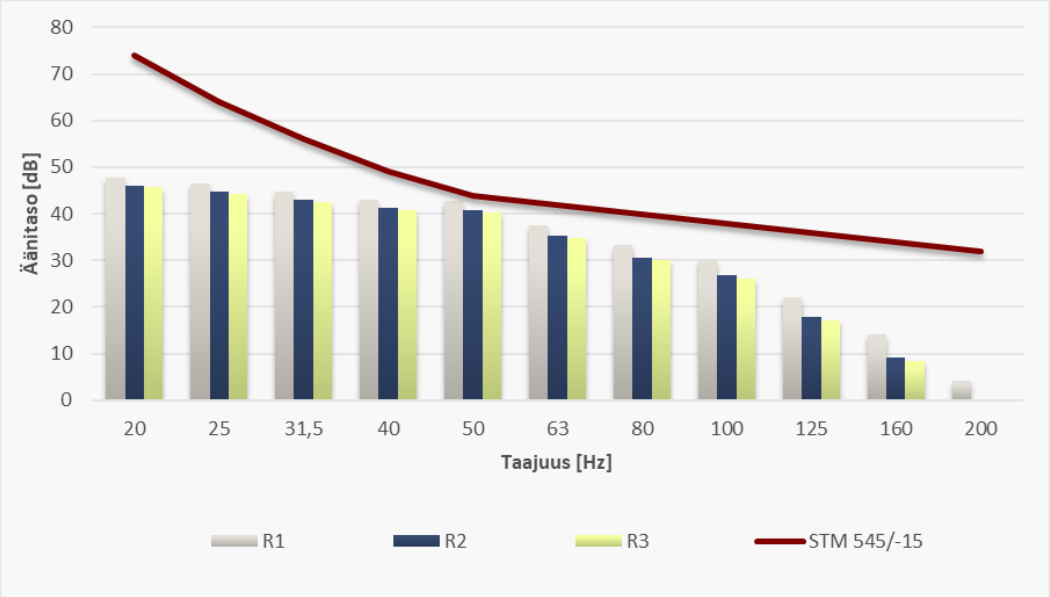
15.3.2.3 Vedenpäälliset pienitaajuisen melun mallinnustulokset

Tuulivoimalaitosten vedenpäällinen pienitaajuinen melu laskettiin käyttäen painottamattomia äänitehotason 1/3 oktaavikaistatietoja taajuusvälillä 20–200 Hz. Laskenta suoritettiin YM laskentaohjeen mukaisesti käyttäen suomalaistutkimuksen antamia pientalojen julkisivurakenteiden äänitasoeron estimaattiarvoja DL84 % ja DL90 %, jotka ovat aiempaa DSO 1284 ohjetta alhaisempia (*Keränen ym. 2017, 2019*).



Kuva 15-9. Pienitaajuisen melun laskentatulokset lähimmissä reseptoripisteissä R1-R3, VE1.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-10. Pienitaajuisen melun laskentatulokset lähimmissä reseptoripisteissä R1-R3, VE2.

Laskennan mukaan sisätilan toimenpiderajat alittuvat reseptoripisteissä sekä VE1:ssä että VE2:ssa. Tulokset ovat kuitenkin lähellä toimenpiderajaa taajuudella 50 Hz. On syytä korostaa, että laskenta on suoritettu käyttäen konservatiivisia äänipäästöarvoja, taajuusjakaumaa sekä reseptoripisteissä alhaista rakennusten ääneneristävyyttä.

15.3.2.4 Merikaapeli tai vedyntuotanto ja vetyputkireitit

Vedyn tuotantolaitos merellä aiheuttaa paikallista melua etenkin pumppujen ja puhaltimien vuoksi. Koska tuotantolaitos sijaitsee avomerellä kaukana rannikon tai Hailuodon loma-asuinrakennuksista, kohdistuu meluvaikutus vain avomerialueelle tuotantolaitoksen ympärille ja melu on luonteeltaan tasaista teollisuusmelua.

Merikaapelit eivät aiheuta käytönaikaista vedenalaista melua, ja vetyputken virtausmelu on tasaista ja tasoltaan matalaa, jolla voi olla vain vähäisiä negatiivisia vedenalaisen melun vaikutuksia.

15.3.2.5 Sähköasema

Avomerellä tuulivoimapuiston luona sijaitseva erillinen sähköasema aiheuttaa paikallista, tyypillisesti hieman kapeakaistasta melua, jossa pääosa äänienergiasta on verkkotaajuuden mukaisella kapealla taajuusvälillä ja sen kerrannaisilla. Koska asema sijaitsee avomerellä kaukana rannikon tai Hailuodon loma-asuinrakennuksista, kohdistuu meluvaikutus vain avomerialueelle aseman ympärille ja melu on luonteeltaan tasaista teollisuusmelua.

15.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Toiminnan jälkeen tuulivoimalat puretaan, jolloin syntyy jonkin verran vedenpäällistä paikallista melua purkamistöiden sekä purkualusten toiminnasta. Maanpäällinen melu rannikolla ja sisämaassa on tällöin pääasiassa raskaiden ajoneuvojen tieliikennemelua. Tieliikennemelun taso muodostuu ajettavien kuormien liikennetiheydestä, reitistä ja ajonopeuksista. Kuljetusten aiheuttama keskiäänitaso on arviolta samaa luokkaa tai pienempi kuin rakentamisvaiheen aikana ja voi vaihdella eri työvaiheiden aikana merkittävästi.

Purkamistöiden aiheuttama vedenalainen melu voi koostua etenkin perustusten poistamisesta, johon voi kuulua materiaalien leikkausta ja pohjaruoppausta, sekä osien siirron laivaliikenteen vedenalaista melua. Vedenalaisen melun määrään vaikuttavat paljolti toteutettu perustustyyppi sekä valitut purkamismenettelyt. Perustusten vedenalainen leikkaaminen voi tapauskohtaisesti

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

olla toimintana äänekästä ja siten aiheuttaa meluhaittoja kaloille ja vesinisäkkäille (*Topham & McMillan 2017*). Tällöin on tapauskohtaisesti tarkasteltava purkamisessa syntyvää meluhaittaa sekä meluntorjuntakeinoja pahimman häiriövaikutuksen välttämiseksi.

15.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Melumaisema pysyy nykyisellään, jos hanketta ei toteuteta. Alueen muut toiminnot vaikuttavat edelleen ja muut mahdolliset tulevat hankkeet voivat muuttaa alueen melumaisemaa.

15.4 Yhteisvaikutukset

Yhteisvaikutusten arviointi perustuu hankkeen vaikutusarviointiin sekä muihin paikallisiin tai alueellisiin hankkeisiin tai suunnitelmiin, jotka voivat vaikuttaa kumulatiivisiin ympäristövaikutuksiin. Yhteisvaikutuksia syntyy, kun useat samalle alueelle suunnitellut hankkeet vaikuttavat samaan aikaan samoihin ympäristövastaanottajiin. Tässä luvussa on jaettu yhteisvaikutukset vedenpäällisiin ja vedenalaisiin yhteisvaikutuksiin.

Perämerelle on suunnitteilla useita merituulivoimahankkeita. Hallaa lähimmät ovat Suomen puolella ovat Kiisla, Kihu, Siikajoki-Hailuoto, Raahe-Siikajoki, Ebba, Pooki ja Maanahkiainen. Yhteisvaikutukset muiden Suomen puolella sijaitsevien, suunnittelun alkuvaiheessa olevien hankkeiden kanssa voidaan arvioida tarkemmin vasta, kun hankkeet ovat pidemmällä. YVA-menettelyssä hankkeiden yhteisvaikutusten arvioinnin vastuu on sillä hankkeella, jonka YVA-menettely seuraa jäljessä eli edellä mainittujen Suomen puolen hankkeiden vastuulle jää huomioida Hallan hanke omissa YVA-menettelyissään.

Hallan merituulivoimapuistoa lähimmät hankkeet Ruotsin puolella ovat Polargrund Offshore ja Bothnia Offshore Omega.

15.4.1 Vedenpäällisen melun yhteisvaikutukset

Vedenpäällisen melun käytönajan yhteisvaikutukset niiden merituulivoimapuistojen osalta, jotka ovat arviolta samassa hankekehitysvaiheessa, arvioitiin tässä hyvin vähäisiksi, sillä viereinen hanke, Ruotsin puolella oleva Polargrund, on Hallan hankealueen länsipuolella ja siten kaukana rannikolta. Keskiäänitason muutos Suomen puolella on todennäköisesti olematon ja pienitaajuisen melun muutos vähäinen, sillä jo Hallan pienitaajuisen melun laskenta osoittaa, että kauimmaisten voimaloiden vaikutus on noin 15–30 dB alhaisempi kuin pienitaajuisen melun tulokset hankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2.

15.4.2 Vedenalaisen melun yhteisvaikutukset

Hallan merituulivoimapuiston tapauksessa vedenalaisen melun kumulatiivisia vaikutuksia voi syntyä, jos samaan aikaan rakennetaan muita tuulivoimapuistoja tai muita hankkeita, jotka aiheuttavat samantyyppisiä vaikutuksia. Arviointi perustuu rakennusluvan saaneisiin hankkeisiin sekä suunnitteluvaiheessa oleviin hankkeisiin ja merituulivoimapuistojen samanaikaiseen rakentamiseen. Suhteellisen lähelle Hallan merituulivoimapuiston kehitysaluetta on suunnitteilla yksi merituulivoimapuisto, Polargrund, Hallan länsipuolelle. Koska Hallan merituulivoimapuiston rakennusvaihe on suunniteltu vuosille 2029–2031 ja Polargrundin vuosille 2028–2030, näiden kahden merituulivoimapuiston rakennusvaiheet osuvat osittain samaan aikaan. (*Niras 2023b*)

Jos kummallakin merituulivoimapuistoalueella paalutetaan samaan aikaan, kumulatiiviset vaikutukset eläinten käyttäytymisreaktioihin ovat hyvin todennäköisiä, koska tuulivoimapuistojen välinen etäisyys on noin 3 km. Kaksi vaikutusaluetta yhdessä voi muodostaa suuren, yhtenäisen vaikutusalueen. Siirtymä yhdeltä kohdealueelta voi myös johdattaa eläimiä toisen kohteen vaikutusalueelle ja lisätä siten yleistä häiriövaikutusta. Tuulivoimapuistojen samanaikaisten paalutusten kumulatiivisten vaikutusten todennäköisyydestä ei ole mahdollista tehdä yksityiskohtaisia ennusteita, koska kumulatiivisten vaikutusten epävarmuustekijät ovat edelleen liian suuria, sillä molemmat hankkeet ovat vasta aikaisessa hankekehitysvaiheessa, jolloin toteuttamisaikataulussa on vielä epävarmuuksia. (*Niras 2023b*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Omegan merituulivoimapuiston, Maanahkiaisen merituulivoimapuiston sekä Ebban, Pyhäjoen, Raahen ja Suurhiekan rakentamisen aikana ei ole odotettavissa samanaikaista paalutusta. Hallan merituulivoimapuiston ja näiden hankeiden kumulatiivisten vaikutusten odotetaan siksi olevan merkityksettömiä. (*Niras 2023b*)

Lisäksi hankkeilla voi olla käytönaikaisia yhteisvaikutuksia pääsääntöisesti hankealueiden välissä riippuen toteutettavasta voimalakoosta sekä hankkeiden voimalamääristä. Yhteisvaikutukset voivat olla arviolta samalla tasolla kuin Hallan hankkeen omat käytönajan vaikutukset. (*Niras, 2023b*)

15.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Vaikutusten merkittävyys ja vaihtoehtojen vertailu tehtiin rakentamisajalle sekä käytönajalle erikseen. Nämä jaettiin vielä veden- ja maanpäällisiin sekä vedenalaisiin meluvaikutuksiin näiden erilaisten vaikutuskohteiden vuoksi.

15.5.1 Rakentamisen meluvaikutusten vertailu ja merkittävyys

Rakentamistoiminnan vedenpäällinen meluvaikutus kohdistuu merituulivoimapuiston rakentamisen osalta avomerialueelle kaukana lähimmistä altistuvista kohteista, mutta rakentamiseen liittyvän meriliikenteen osalta meluvaikutus kohdistuu lisäksi rannikolle ja sen ympäristöön. Vastaavasti maanpäällinen meluvaikutus kohdistuu kuljetusliikenteen kautta pääasiassa tiealueille sekä teollisuusalueille.

Rakentamistoiminnan **veden- ja maanpäällisen meluvaikutuksen** muutoksen suuruus arvioitiin tässä vähäiseksi ja herkkyys kohtalaiseksi (loma-asuinrakennukset) eri merituulivoimapuiston eri hankevaihtoehtojen (VE1 ja VE2) osalta. Vaikutusten kokonaismerkittävyys on siten vähäinen, eikä vaihtoehtojen välillä ollut suuria eroja. Energiansiirtoreittien osalta vaikutusten kokonaismerkittävyys oli myös vähäinen (Taulukko 15-12).

Vedenalaisen melun osalta hylkeiden herkkyys käyttäytymisvaikutuksille arvioitiin kohtalaiseksi, koska on odotettavissa, että hylkeet välttelevät vaikutusaluetta jossain määrin. Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin kohtalaiseksi negatiiviseksi lieventämistoimien kanssa, koska tilapäisen kuulonaleneman (TTS) vaikutusetäisyydet ovat suhteellisen pitkiä (jopa 23,7 km).

Hallan merituulivoimapuiston hankealueella paaluajon aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan vähäistä kaloille, eikä se vaikuta kalakantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä.

Merituulivoimapuiston perustusten rakentamisen vedenalaisten meluvaikutusten muutoksen suuruus lieventämistoimien kanssa arvioitiin tässä siten kokonaisuudessaan kohtalaiseksi ja herkkyys kohtalaiseksi. Vaikutusten kokonaismerkittävyys on siten kohtalainen eikä vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ollut suuria eroja (Taulukko 15-12). Mikäli perustustapa on jokin muu kuin paalutus, on sen meluvaikutus todennäköisesti paalutusta pienempi. Tämä ei kuitenkaan muuta vaikutuksen merkittävyyden tulosta, sillä tällöin ei ole yhtä suurta tarvetta kohdistaa työvaiheisiin lieventämistoimia.

Merikaapelin ja/tai vetyputkireitin rakentamisen meluvaikutus arvioitiin tässä vähäisen negatiiviseksi ja kohteen (merinisäkkäät) herkkyys kohtalaiseksi eikä vaihtoehtojen välillä ollut eroa (Taulukko 15-12). Melu on pääasiassa luonteeltaan etenevää työalusten normaalia ääntä. Lisäksi melua aiheutuu matalilla osuuksilla ja rannan lähellä louhinnasta ja räjäytyksistä sekä ainakin osalla reittiä rakenteiden peittämisestä kiviaineksella, joiden vaikutus arvioitiin kohtalaisen kielteiseksi. Rakentaminen kestää tietyllä paikalla vain lyhyen aikaa, edeten suhteellisen nopeasti reittiä pitkin, jolloin meluvaikutus tietyllä alueella jää ajallisesti lyhyeksi ja siten kielteiset vaikutuksetkin kohtalaisiksi. Merinisäkkäät karkottuvat kovista äänistä ja työn suunnittelun suhteen on tärkeää varmistaa, ettei alueella ole merinisäkkäitä lähellä mahdollisia räjäytyskohteita (aiheesta lisää luvussa 15.7 ”Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen”).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vedyntuotantolaitosten rakentaminen sisältyy molempiin hankevaihtoehtoihin VE1 ja VE2. Vedyntuotantolaitoksen rakentamisen vedenalaiset vaikutukset voidaan kuitenkin jakaa erillislaitoksen (3–8 kpl) ja tuulivoimaloiden rakennettavien laitosten vaikutuksiin ja tässä niiden vaikutuksia on kuvattu hieman tarkemmin. Vaikutukset on arvioitu vain eniten melua aiheuttavan rakentamisvaihtoehdon eli paalutuksen osalta.

Erillislaitosten rakentamisen kohdalla kohteen (hylkeet) herkkyys on samalla tasolla kuin tuulivoimalan rakentamisen (kohtalainen) ja muutoksen suuruus kohtalainen negatiivinen (sisältää myös tuulivoimaloiden rakentamisen). Arvion lähtöoletuksena on, että rakentamiseen kohdistetaan lieventämistoimia aivan kuten tuulivoimaloiden rakentamisessa, mikäli joudutaan käyttämään paalutusta (Taulukko 15-12). Tuulivoimalan yhteyteen rakennettavien vedyntuotantolaitosten vedenalaisen melun muutoksen suuruus on vähäisempi, mutta itse tuulivoimaloiden rakentamisen merkittävyys on kohtalainen molemmissa hankevaihtoehdoissa.

Vedenpäällinen meluvaikutuksen merkittävyys arvioitiin molemmissa rakentamisvaihtoehdoissa vähäiseksi, sillä meluvaikutus on enintään paikallinen (sisältää myös tuulivoimaloiden rakentamisen) (Taulukko 15-12). Rakentaminen voi sisältää monia eri vaiheita, mutta näiden ei uskota aiheuttavan kuin enintään vähäisiä paikallisia negatiivisia vaikutuksia.

Taulukko 15-12. Veden- ja maanpäällisten (ml. rantautumisalueet) sekä vedenalaisten meluvaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				MVE1 MVE2 MVE3 VVE1					
	Kohtalainen			VE1* VE2*	VE1 VE2 MVE1* MVE2* MVE3* VVE1*	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

*) Vedenalaisten meluvaikutusten merkittävyys

15.5.2 Toiminnan aikaisten meluvaikutusten vertailu ja merkittävyys

Merituulivoimapuiston molempien hankevaihtoehtojen (VE1 ja VE2) käytönaikaisten **veden- ja maanpäällisten** meluvaikutusten muutoksen suuruus arvioitiin tässä kohtalaiseksi ja herkkyys kohtalaiseksi suurimman vaikutuksen perusteella (pienitaajuinen meluvaikutus) (Taulukko 15-13). Keskiäänitasolla merituulivoimapuiston käytönaikaisen melunvaikutuksen muutoksen suuruus on vähäinen, mutta pienitaajuisen melun taajuusalueella kohtalainen.

Huoltoalustoiminnan muutoksen suuruus on vähäinen, samoin huoltotoiminnan maaliikenteen. Maaliikenteessä herkkyys voi kuitenkin olla kohtalainen, mutta huoltoalustoiminnassa vähäinen. Vaikutusten kokonaismerkittävyys on siten vähäinen, eikä vaihtoehtojen välillä ollut suuria eroja. Huoltoalustoiminta sisältyy merituulivoimapuiston toiminnan aikaisiin meluvaikutuksiin, jotka sisältyvät jo edellä esitettyyn vaikutusarvioon.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapeli- tai vetyputkireiteistä ei aiheudu veden- tai maanpäällisiä meluvaikutuksia (Taulukko 15-13).

Hallan merituulivoimapuiston hankealueen lähistöllä on Pohjanlahden päälaivaliikennealueita ja väyliä. Aluetta hallitsee siis jo nyt **vedenalaista melua** aiheuttava alusliikenne, ja alueella olevat kalat ovat todennäköisesti jo mukautuneet tiettyyn määrään vedenalaista melua. Kalat käyttävät Halla-hankkeen aluetta kohtalaisesti, mutta sekä pelagisten että pohjakalojen herkkyys laivaliikenteestä aiheutuvalle vedenalaiselle melulle on pieni. Laivamelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin olemattomaksi, koska käyttäytymisreaktiot tapahtuvat lähellä alusta.

Hylkeiden herkkyys laivamelulle arvioitiin pieneksi, koska lisääntyvän laivaliikenteen vaikutus käyttäytymiseen tulee olemaan rajallinen ja hyvin lyhytkestoinen.

Käytönajan laivaliikenteen sekä voimaloiden toiminnasta aiheutuvan vedenalaisen meluvaikutuksen herkkyys arvioitiin vähäiseksi ja muutoksen suuruus kohtalaiseksi molemmissa hankevaihtoehdoissa (VE1 ja VE2) johtuen ennen kaikkea voimalakoon käytönajan meluvaikutustason epävarmuuksista, sillä tämän kokoluokan voimaloiden käytönajan vaikutuksista ei ole saatavissa tietoa (Taulukko 15-13). Vaikutusarvioinnin voimalan äänitasojen arviointi on tehty hyödyntäen olemassa olevaa dataa ja tulokset on extrapoloitu vastaamaan 25 MW:n voimalakoon tasoa.

Vetyputkireitin käytönaikainen meluvaikutus arvioitiin tässä vähäiseksi negatiiviseksi (Taulukko 15-13). Vetyputkireitin melutaso, joka muodostuu vedyn virtausmäärästä ja putken ominaisuuksista sekä eristeen määrästä, on todennäköisesti merkityksetön eikä sitä pystyttäne mittauksilla todentamaan. Muutoksen suuruus on pieni ja kohteiden herkkyys virtausmelulle on todennäköisesti vähäinen. Merikaapelista ei aiheudu melua (Taulukko 15-13).

Vedyn tuotannon mahdollisuus sisältyy molempiin hankevaihtoehtoihin VE1 ja VE2. Vedyntuotannon käytönaikainen meluvaikutus kohdistuu pääasiassa veden päälle avomerelle. Vedyntuotannon aiheuttama melutaso on suurimmillaan laitoksen vieressä ja leviää vastaavalla tavalla kuin tuulivoimamelu. Laitteiden äänipäästön summa voi vastata yhden tuulivoimalan äänipäästötasoa, mutta mahdollisesti eri tavalla suuntautuen ja alemmalta korkeudelta. Tällöin voidaan todeta, että muutoksen suuruus on tuulivoimalan käyntitasoa jonkin verran vähäisempi (suuruus vähäinen), mutta kohteen herkkyys on kuitenkin kohtalainen (loma-asuinrakennukset). Siten vedyntuotannon vaikutuksen merkittävyys arvioitiin tässä vähäiseksi negatiiviseksi. Eri hankevaihtoehdoilla on vain vähäisiä eroja. Itse tuulivoimaloiden meluvaikutus on edellä arvioitu kuitenkin kohtalaiseksi molemmissa hankevaihtoehdoissa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 15-13. Tuulivoimapuiston toiminnan ajan veden- ja maanpäällisen sekä vedenalaisen melun merkittävyys ja vaihtoehtojen vertailu.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen			VE1* VE2*	VVE1*	MVE1 MVE2 MVE3 VVE1 MVE1* MVE2* MVE3*				
	Kohtalainen			VE1 VE2		VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

*) Vedenalaisten meluvaikutusten merkittävyys

15.6 Arvioinnin epävarmuudet

Vedenpäällisen mallinnuksen epävarmuus on käytönaikaisen toiminnan osalta huomioitu siten, että äänipäästöön on tehty +2 dB:n äänipäästöä korottava korjaus Ympäristöministeriön muistion ohjeen mukaisesti (*YM9/5511/2016*). Mallinnus laskee jo lähtökohtaisesti ylärajatilanteen, jossa voimalan äänipäästö on arvioitu korkeaksi, tuulensuunta vastaa myötätuulitilannetta jokaisesta äänilähteestä jokaiseen tarkastelupisteeseen ja mallinnuksen muu parametrisointi on tehty Ympäristöministeriön mallinnusohjeen mukaisesti (*Ympäristöministeriö 2014*).

Vedenalaisen melumallinnuksen kaikissa parametreissa on epävarmuustekijöitä, ja mallinnuksessa käytettiin realistista pahimman tapauksen lähestymistapaa. Paalutusperustuksen vedenalaisen melun leviämislaskentaan sisältynyt lähtötaso perustuu keskimääräisiin empiirisesti mitattuihin tietoihin, jotka ekstrapoloitiin ehdotettuun paalukokoon. Äänen etenemisen osalta valittiin sedimenttiä, suolapitoisuutta ja lämpötilaa koskien konservatiiviset huonoimman tapauksen parametrit saatavilla olevien historiallisten tietojen perusteella siten, että mallinnettua äänen etenemistä voidaan pitää konservatiivisena. Vaikka tässä ennusteessa sovellettiin tuplakuplaverhoa (DBBC) vastaavaa lieventävää vaikutusta, paalu- ja ristikkorakenteisista perustuksista on mainittava, että tarvitaan myös yksityiskohtainen laskelma todellisesta lievennysratkaisusta, jota käytetään todellisessa paalun asennuksessa, kun lopullinen perustussuunnitelma on saatavilla.

Toiminnan aikaa ei erikseen mallinnettu. Mikäli hankkeessa todetaan tarve toiminnan aikaiselle mallinnukselle, esimerkiksi tietyn kohteen suhteen, tai tarkemmalle tarkastelulle, voidaan se toteuttaa tarvittaessa hankkeen jatkoluvituksessa.

15.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

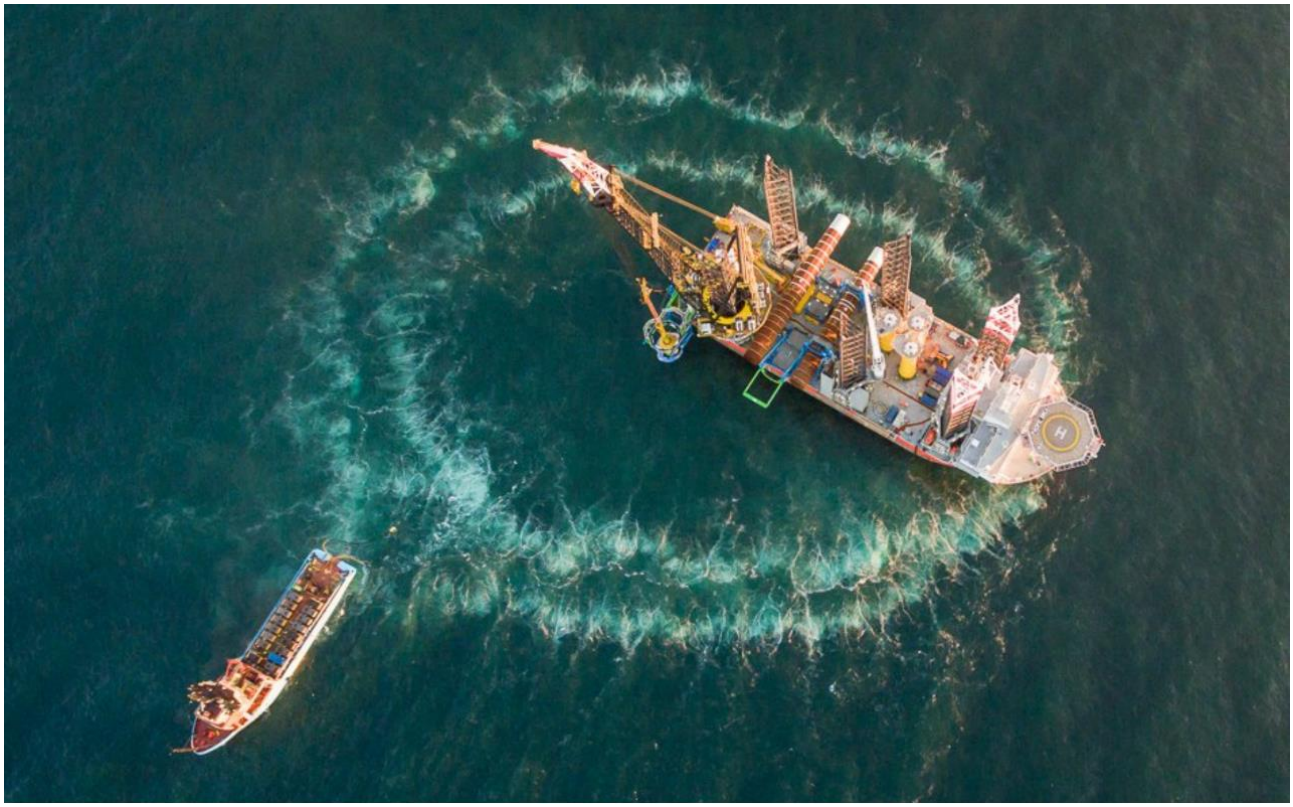
Vedenalaisen melun haitalliseen vaikutusalueeseen voidaan vaikuttaa laskemalla melulähteen äänitasoa, vaimentamalla melun etenemistä sekä huomioimalla alueella esiintyvien lajien erityispiirteitä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

15.7.1 Rakentamisajan haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Hankkeen rakentamisen vedenalaisten meluvaikutusten lieventämiseksi on tarjolla nykyisin useita teknisiä vaihtoehtoja. Keskeisin vedenalaisen melun torjuntakeino on voimakkaan äänialtistuksen vaimentaminen mm. paalutuksissa sekä louhintaräjäytyksissä kuplaverhouksen tai meluesteen avulla, jonka vaimennusvaikutus riippuu valittavasta tekniikasta ja on tyypillisesti 5–18 dB:n luokkaa (*Andersson ym. 2016*). Ennen voimakasta vedenalaista melua aiheuttavia työvaiheita käytetään tapauskohtaisesti menetelmiä, joissa melutasoa kasvatetaan vaiheittain (nk. ”soft start” -menetelmä), mikä mahdollistaa esimerkiksi kalojen ja vesinisäkkäiden siirtymisen kauemmas rakennuspaikalta. Kuplaverhon vaimentava taajuusvaikutusalue on välillä 80-800Hz ja paalutusmelun suurimmat desibeliarvot ovat taajuusalueella 100-300Hz.

Kuplaverhot ovat yksi yleisimmin käytetyistä menetelmistä vedenalaisen melun vaimentamiseen varsinkin paalutus- ja räjäytystöissä. Kuplaverho muodostetaan päästämällä paineilmaa pohjasta rei’itetyn letkun läpi, joka on ankkuroitu pysymään pohjassa. Verhoja voi olla yhdessä tai kahdessa rivissä riippuen tarvittavasta vaimennustarpeesta.



Kuva 15-11. Esimerkkikuva kaksirivisen kuplaverhon käytöstä (Liikennevirasto 20/2018)

Merenpohjan louhinnan räjäytyksistä syntyvän shokkiaallon voimakkuuteen voidaan vaikuttaa myös räjähdyksen latauskoolla. Jos porausreikien välistä etäisyyttä lyhennetään, voidaan käyttää pienempiä räjähdemääriä. Myös käytettävällä räjähteellä on vaikutusta räjähdysnopeuteen. Samoin kuin paalutusmelun torjunnassa, louhinnan yhteydessä voidaan harkita ns. ”soft start” -menetelmää, jossa merinisäkkäät karkotetaan kauemmaksi louhinta-alueelta pienemmillä panoksilla ennen varsinaista louhintaa. (*Liikennevirasto 2018*)

15.7.2 Käytönajan haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Käytönajan vedenpäällisten sekä vedenalaisten meluvaikutusten laajuuteen voidaan vaikuttaa teknisten vaimennusratkaisujen, tuulivoimalamallin sekä siipityypin valinnalla. Vedenpäällisiin ja osin vedenalaisiin meluvaikutuksiin voidaan vaikuttaa käyntitehon optimoinnin kautta siten että tuulivoimaloita on mahdollista ajaa nk. melumoodeilla, jolloin esimerkiksi roottorin pyörimisnopeutta rajoitetaan kovemmilla tuulennopeuksilla siiven lapakulmaa säätämällä. Näitä

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

meluoptimointiajomoodeja on yleensä eritasoisia riippuen tarvittavasta vaimennustarpeesta. Säätöparametreiksi voidaan valita tuulennopeus, -suunta ja kellonaika. Meluoptimoitu ajo rajoittaa tehontuoton lisäksi myös voimalan äänipäästöä. Vedenpäällisen melumallinnuksen perusteella tarvetta nk. melumoodin käytölle tässä hankkeessa ei kuitenkaan ole.

Käytönajan vedenalaisen meluvaikutuksen ehkäiseminen toteutetaan parhaiten hankkeen suunnittelun yhteydessä. Käytönajan lieventämistoimet ovat joitain osin sidoksissa samaan vedenpäällisen melutason optimointiin sekä lisäksi laitteistojen kunnossapitoon.

Vedenalaisten räjäytysten tärinävaikutuksia rannan lähellä, missä on kiinteistöjä, voidaan vähentää hyvällä louhintasuunnittelulla. Tarvittaessa räjähdeainemäärää voidaan pienentää tai tihentää panostusreikien väliä, jolloin tärinävaikutuksen etäisyys pienenee.

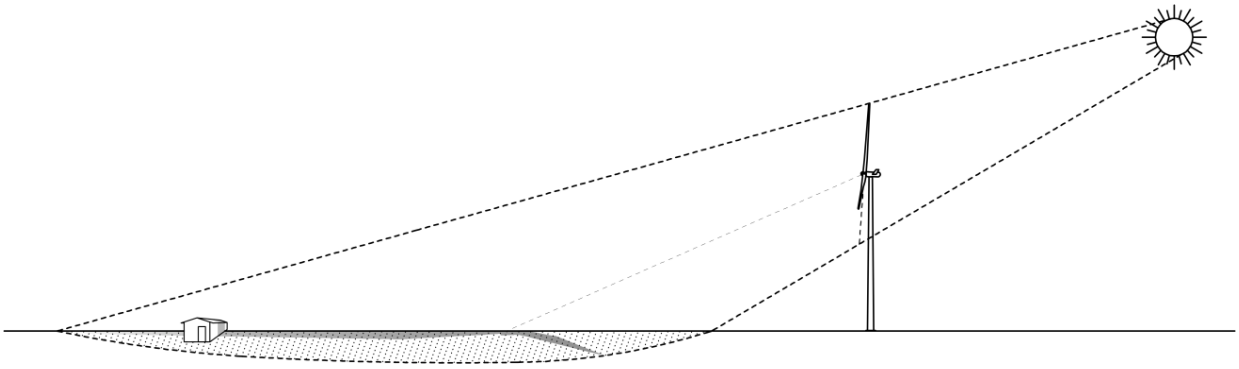
16 VÄLKEVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

YHTEENVETO:

- Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin.
- Tuulivoimahankkeen välkevaikutusta arvioitiin mallintamalla.
- Välkemallinnusten mukaan Hallan merituulivoimahankkeesta ei aiheudu asutukselle välkevaikutusta tarkastelluilla suunnitteluvaihtoehdoilla (VE1 ja VE2), voimalasijainneilla, napakorkeuksilla ja roottorin halkaisijoilla.
- Hallan voimaloiden aiheuttama välkevaikutus rajoittuu pelkästään merialueille, eikä ulotu Suomen tai Ruotsin maa-alueille.

16.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin. Tällöin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon, joka voi ulottua jopa 3 kilometrin päähän. Välkkeen kantama ja kesto riippuvat siitä, missä kulmassa auringon valo osuu lapoihin, lapojen pituudesta ja paksuudesta, tornin korkeudesta, maaston muodoista, ajankohdasta sekä näkyvyyttä vähentävistä tekijöistä kuten kasvillisuudesta ja pilvisyydestä. Tuulivoimapuistojen lähiympäristöön leviävä välke tapahtuu usein juuri auringonnousun jälkeen tai auringonlaskua ennen, jolloin voimaloiden varjot ylettyvät pisimmälle. Muulloin varjot jäävät lyhyiksi voimaloiden läheisyyteen. Tuulivoimalan aiheuttama välke saattaa aiheuttaa häiriötä esimerkiksi voimaloiden läheisyydessä asuville ihmisille. Ilmiötä on havainnollistettu oheisessa kuvassa (Kuva 16-1).



Kuva 16-1. Havainnollistus välkkeestä. Tuulivoimalan lavat voivat aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo paistaa tuulivoimalan takaa ja osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Välkevaikutusta, eli varjon vilkkumisen vaikutuksia, aiheuttavat siis ainoastaan voimalan pyörivät lavat, eikä esimerkiksi tuulivoimaloiden torneista tai voimajohdoista ei aiheudu välkettä.

Tuulivoimahankkeen välkevaikutusta on arvioitu mallintamalla AFRY Numerola mallinnusohjelmistolla. Laskentamalli huomioi tuulivoimapuiston sijainnin (auringonpaistekulma, päivittäinen valoisa aika), tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelman, voimaloiden aiheuttaman vilkunnan yhteisvaikutuksen ja tuulivoimaloiden mittasuhteet (napakorkeus, roottorin läpimitta, lapaprofiili). Mallinnuksen erillisraportti on liitteenä (liite 21).

Välkevaikutus laskettiin 1,5 metrille eli suunnilleen ihmisen silmänkorkeudelle. Auringonpaistekulman rajana horisontista käytettiin kolmea astetta, jonka alle menevää säteilyä ei oteta huomioon varjostuksessa. Merialueiden lisäksi välkevaikutuksen laskenta ulottui myös maa-alueille. Maa-alueilla maanpinnan korkeuserot on saatu Maanmittauslaitoksen aineistosta *Korkeusmalli 10 m*. Laskennassa huomioitiin maanpinnan korkeuserot siten, että jos auringon, voimalan ja tarkastelupisteen kautta kulkeva jana leikkaa maanpintaa, niin varjostusta ei esiinny.

Välkelaskennassa kaikille voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 metriä, roottorin halkaisijaa 340 metriä (kokonaiskorkeus 370 metriä) ja lapaprofiilia, jonka maksimileveys on 8,6 metriä 10 % etäisyydellä lavan tyvestä ja joka kapenee lineaarisesti arvoon 3,4 metriä 90 % etäisyydellä lavan tyvestä

Välkevaikutuksen laskenta tehdään sekä todennäköisen välkkeen että teoreettisen maksimivälkkeen menetelmin. Todennäköisen välkkeen menetelmä ottaa huomioon paikallisen tuulen suunnan jakauman, sekä paikalliset auringonpaistehavainnot. Tämä menetelmä antaa realistisen arvion todennäköisestä välkkeen määrästä. Teoreettisen maksimivälkkeen laskennassa oletetaan, että päiväaikaan aurinko paistaa jatkuvasti, tuulivoimaloiden roottorit pyörivät jatkuvasti ja roottorit ovat aina kohtisuorassa aurinkoa kohden. Menetelmä antaa absoluuttisen ylärajan, jota välkevaikutuksen kesto ei voi ylittää.

Välkevaikutus huomioidaan mallinnuksissa, mikäli lapa peittää vähintään 20 % auringosta. Käytännössä tämä asettaa lavan leveydestä riippuvan maksimietäisyyden yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamalle välkevaikutukselle, eikä sen ulkopuolella välkevaikutusta ole. Yleensä välkelaskennan maksimietäisyyden laskenta perustuu lavan keskimääräiseen leveyteen, joka määrää maksimietäisyyden. Käytännössä voimalan lapa ei ole vakiolevyinen: levein kohta sijaitsee lähellä voimalan napaa, ja lapa kapenee huomattavasti kärkeä kohti liikuttaessa. Tällä perusteella lavan tyven välkevaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin lavan kärjen, kun arviointiperusteena käytetään auringon peittoastetta. Tässä selvityksessä välkelaskennassa ei ole käytetty tavanomaista maksimietäisyyttä, vaan on huomioitu tuulivoimalan muuttuva lapaprofiili.

Todelliseen välkevaikutukseen vaikuttavat tuulivoimaloiden käyttöaste ja paikallinen säätila (pilvisyys ja tuulisuus). Voimaloiden roottorit asettuvat tuulensuunnan mukaan ja roottorin orientaatio vaikuttaa merkittävästi välkevaikutuksen määrään. Suurin välkevaikutus syntyy, kun roottori on kohtisuoraan tarkastelupisteen ja auringon välissä. Jos roottori kääntyy tarkastelupisteen ja auringon linjaan nähden poikittain, niin välkettä ei synny. Tämä tuulen suunnan vaikutus on huomioitu laskemalla välkevaikutus usealla eri roottorin orientaatiolla, josta saadaan realistinen välkeaika painottamalla tuulen suuntien todennäköisyyksillä. Tuulen suuntien todennäköisyydet otettu Suomen tuuliatlaksesta tuulivoima-alueen keskeltä korkeudelta 200 metriä.

Realistisen välkeajan laskennassa paikallinen pilvisyys on huomioitu skaalaamalla eri roottoriorientaatioilla laskettuja varjostusaikoja Oulun sääasemalta mitattujen auringonpaistetuntien suhteellisella osuudella teoreettisesta maksimipaistetuntien määrästä. Suuntakohtaisesti skaalatut välketuntimäärät yhteen laskien saadaan arvio todellisesta, säätilan huomioonottavasta välketuntimäärästä tarkastelualueella.

Laskennan tuloksena saadaan arvio siitä, kuinka monta tuntia vuodessa alueen eri kohteet ovat välkevaikutuksen alaisena. Todennäköinen vuotuinen välkeaika esitetään karttakuvina. Tulosten havainnollistamista varten määritetään niin kutsuttuja reseptoripisteitä (lähellä tuulivoimaloita sijaitsevia vakituisia ja vapaa-ajan asuntoja), joille lasketaan yksityiskohtaisemmat tulokset. Reseptoripisteiden oletetaan olevan ”kasvihuonetyyppisiä”, jolloin joka suunnasta tuleva välke

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

otetaan huomioon. Reseptoripisteiden kohdilla lasketut välkeajat esitetään taulukkomuodossa, sekä todennäköiselle välkkeelle että teoreettiselle maksimivälkkeelle.

Välkemallinnuksesta on laadittu erillinen raportti, joka on liitteenä 21.

Arvioinnin on suorittanut välkevaikutuksiin perehtynyt asiantuntija.

16.1.1 Sovellettavat raja- ohjearvot

Suomessa ei ole raja-arvoja koskien tuulivoimaloista aiheutuvaa välkevaikutusta tai olemassa olevia suosituksia sen mallintamisesta. Ympäristöhallinnon ohjeen (*Ympäristöministeriö 2016b*) mukaan Suomessa välkevaikutusten arvioinnissa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden suosituksia. Samassa oppaassa mainitaan asutuskohteiden lisäksi muut häiriintyvät kohteet, mutta näidenkään välkemääriä ei käsitellä tarkemmin, vaan viitataan muiden maiden ohjeistuksiin. Välkevaikutusten arvioinnin taustaksi esitellään seuraavassa Ruotsissa, Tanskassa ja Saksassa käytössä olevia raja-arvoja, ohjeita ja suosituksia.

Ohjeistus Saksassa

Saksassa on annettu yksityiskohtaiset ohjeet välkevaikutuksen raja-arvoista ja mallinnuksesta (*WEA-Shcattenwurf-Hinweise 2002*). Saksan ohjeistuksessa annetaan kolme erilaista raja-arvoa suurimmalle sallitulle tuulivoimapuistosta syntyvälle välkevaikutukselle:

- Korkeintaan 30 tuntia vuodessa ns. teoreettisessa maksimitilanteessa
- Korkeintaan 30 minuuttia päivässä ns. teoreettisessa maksimitilanteessa
- Mikäli voimalan automaattinen säätely on käytössä, ns. todennäköinen välkevaikutus tulee rajoittaa korkeintaan kahdeksaan tuntiin vuodessa.

Ohjeistus Ruotsissa

Ruotsissa ei ole virallisia raja-arvoja välkevaikutukselle, vaan ainoastaan suositukset (*Boverket 2009*), jotka perustuvat Saksassa olevaan ohjeistukseen. Ruotsin suositusten mukaan todennäköinen välkevaikutus saa olla asutuskohteissa korkeintaan 8 tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä. Käytännössä vuotuisen välkkeen rajoittamisesta 8 tuntiin on tullut Ruotsin viranomaisten vaatimus (*Vindlov 2020*).

Ohjeistus Tanskassa

Tanskan suosituksen (*Danish Government 2015*) todennäköistä välkevaikutusta saa syntyä korkeintaan 10 tuntia vuodessa.

16.2 Vaikutusten arviointi

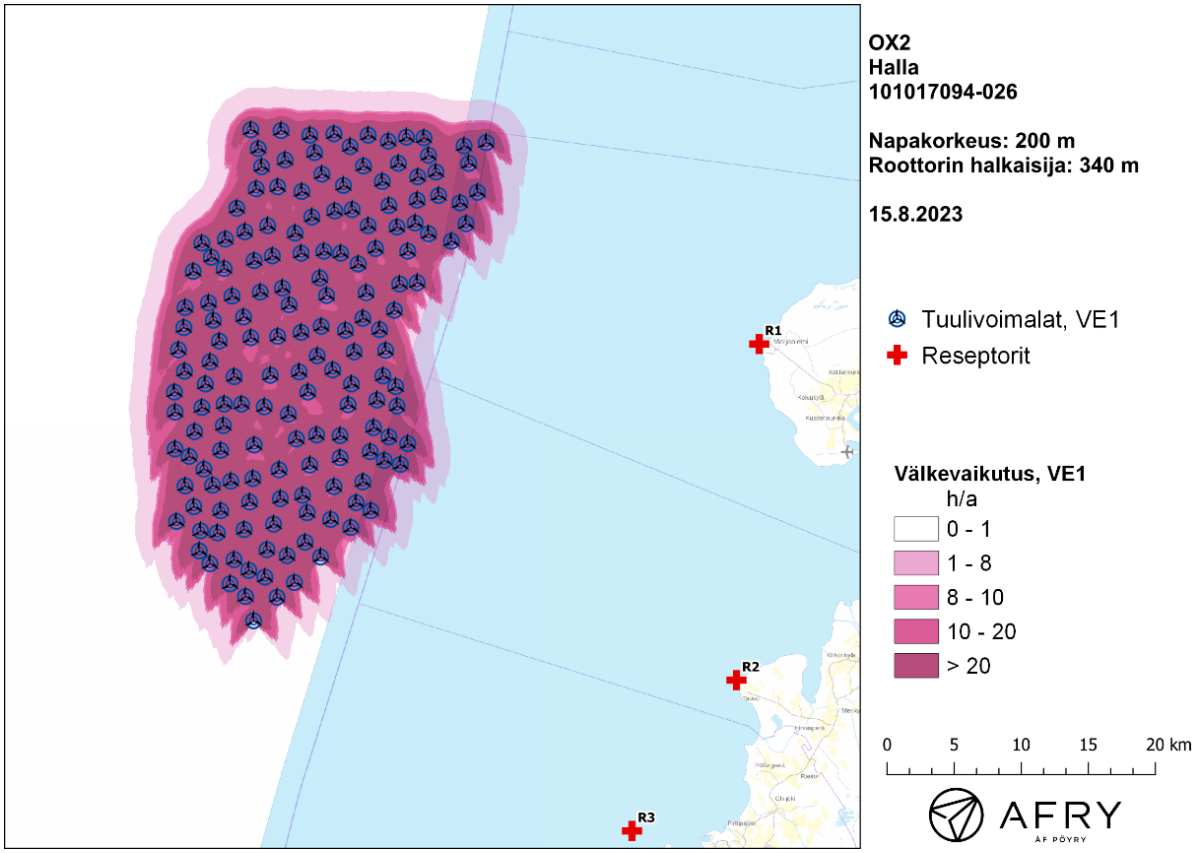
16.2.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Vain pyörivistä tuulivoimaloista aiheutuu välkevaikutusta, joten rakentamisen aikaisia välkevaikutuksia merituulivoimapuistossa ei ole.

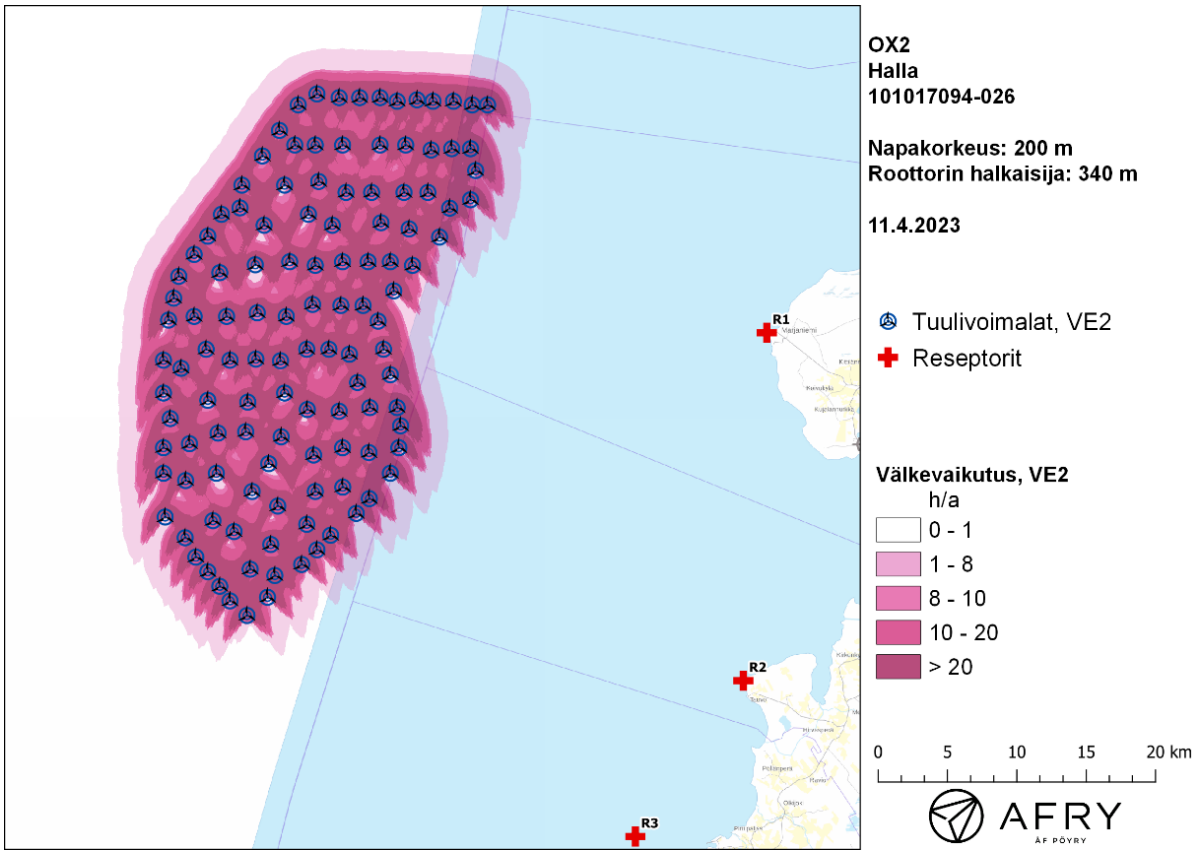
16.2.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Mallinnettu todennäköinen vuotuinen välketuntien määrä toteutusvaihtoehdoille VE1 ja VE2 on esitetty oheisissa kuvissa (Kuva 16-2 ja Kuva 16-3). Taulukossa 16-1 on lueteltu molemmille toteutusvaihtoehdoille todennäköinen välkevaikutus ja teoreettinen maksimivälke reseptoreiden kohdilla, sekä vuotuisena tuntimääränä että suurimpana päiväkohtaisena arvona. Mallinnusten perusteella Hallan voimaloiden välkevaikutus ei ulotu asutukseen saakka, vaan rajoittuu pelkästään merialueille. Koska välkevaikutuksen alueella ei ole asutusta, välkevaikutuksen ohjearvot eivät ylity.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 16-2. Todennäköinen vuotuinen välkevaikutus Hallan vaihtoehdolle VE1.



Kuva 16-3. Todennäköinen vuotuinen välkevaikutus Hallan vaihtoehdolle VE2.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 16-1. Mallinnusten mukaiset välkeajat reseptoripisteittäin Hallan hankealueella. Taulukossa on esitetty vuotuinen välketuntien määrä (h/a) ja suurin päiväkohtainen arvo (h/d). Reseptoripisteiden koordinaatit on esitetty ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa.

			Vaihtoehto VE1				**Vaihtoehto VE2**			
			Todennäköinen välke		Teoreettinen maksimivälke		Todennäköinen välke		Teoreettinen maksimivälke	
	Itä-koordinaatti	Pohjois-koordinaatti	h/a	h/d	h/a	h/d	h/a	h/d	h/a	h/d
R1	384986	7215111	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R2	383289	7190039	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R3	375507	7178800	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00

16.2.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Vain pyörivistä tuulivoimaloiden lavoista aiheutuu välkettä ja välkevaikutusta ei ole, jos voimalat eivät ole käytössä.

16.2.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Välkevaikutusta ei ole, jos hanke jätetään toteuttamatta.

16.3 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Suomessa sovellettavat välkevaikutuksen arvioinnin kriteerit koskevat vain asutusta, eikä meriä ole määritelty välkevaikutukselle herkiksi alueiksi. Koska Hallan tuulivoimalat eivät aiheuta välkevaikutusta asutukselle, Hallan voimaloiden välkevaikutus voidaan arvioida merkityksettömäksi.

Taulukko 16-2. Vaikutusten merkittävyys välkkeeseen eri hankevaihtoehdoissa.

Vaikutuksen merkittävyys		**Negatiivinen**				**Muutoksen suuruus**				**Positiivinen**
		Erittäin suuri	**Suuri**	**Kohtalainen**	**Vähäinen**	**Ei muutosta**	**Vähäinen**	**Kohtalainen**	**Suuri**	**Erittäin suuri**
Kohteen herkkyys	**Vähäinen**									
	Kohtalainen					**VE0 VE1 VE2**				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

16.4 Yhteisvaikutukset

Hallan voimaloiden aiheuttama välkevaikutus rajoittuu pelkästään merialueille, eikä ulotu Suomen tai Ruotsin maa-alueille, joten sillä ei ole yhteisvaikutuksia muiden hankkeiden kanssa asutuksen kohdalla.

16.5 Arvioinnin epävarmuudet

Teoreettisen maksimivälkkeen mallinnus antaa sääolosuhteista riippumattoman ylärajan välkkeen vaikutusalueelle ja kestolle. Maksimivälkkeen arviossa ei siis ole säähän tai vuotuiseen vaihteluun liittyvää epävarmuutta.

Koska Hallan voimalat sijaitsevat yli 20 kilometrin etäisyydellä asutuksesta, muutkin välkevaikutuksen arvion epävarmuudet ovat erittäin pieniä asutuksen kohdalla. Arvion perusteella voidaan sanoa hyvin suurella varmuudella, että Hallan voimaloista ei aiheudu välkevaikutusta asutukselle.

16.6 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Tässä välkeselvityksessä esitettyjen tulosten perusteella Hallan merituulivoimapuiston läheisyydessä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin ei kohdistu välkevaikutusta, eikä välkkeen rajoitukselle ole tarvetta.

Tarvittaessa välkevaikutusta voitaisiin vähentää voimalakohtaisella välkkeen hallintatyökalulla, joka sisältää valoanturin ja välkkeenhallintasovelluksen. Työkalun avulla voimala voidaan pysäyttää joko havaitun auringonpaisteen perusteella ja/tai haluttuina vuoden- ja kellonaikoina. Pysäytetty voimala ei aiheuta välkettä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

17 TALOUS JA ELINKEINOT

YHTEENVETO:

Arvioinnin kvantitatiiviset tulokset perustuvat Gaia Consulting Oy:n Halla Offshore Wind Oy:lle tekemään selvitykseen. Selvitys tehtiin suuremmalle hankevaihtoehdolle VE1.

• Merituulivoimapuiston rakentamisella on monipuolisia myönteisiä vaikutuksia alueen talouteen ja elinkeinotoimintaan. Aluetaloudelliset vaikutukset ovat suurimmillaan hankkeen tuotannon aikana ja ne ovat kokonaisuutena merkittävät. Hankevaihtoehdon VE1 vaikutukset ovat hieman suuremmat kuin VE2:n johtuen suuremmasta rakennettavien voimaloiden määrästä.

• Hankkeen investointikustannukset ovat arviolta 6,0 miljardia euroa, mistä noin 60 prosenttia kohdistuu tuulivoimaloihin ja voimalaperustuksiin. Tehdyn selvityksen mukaan, kotimaisten investointikustannuksien osuus on 15 prosenttia, mistä paikallinen osuus on kolmasosa. Investointikustannuksista suurin osa, 85 %, kohdistuu ulkomaille. Aluetaloudellinen potentiaali kohdistuu tyypillisesti etenkin yrityksiin, jotka osallistuvat tuulivoimapuiston infrastruktuurin, kuten perustusten ja sähköverkon rakentamiseen sekä voimaloiden pystytystyöhön, rakentamisessa tarvittavien materiaalien kuljetuksiin ja muihin rakentamisvaiheen palveluihin.

• Hankkeen käyttökustannukset ovat koko hankeajalta arviolta 3,4 miljardia euroa, mistä yli puolet kohdistuu huoltoon, asennuksiin ja varaosiin. Sekä käytönaikaisten vakuutusten että sähkönsiirtokustannusten osuus on vähän alle 20 prosenttia. Kotimaisten käyttökustannusten osuus on yli 90 prosenttia, mistä paikallinen osuus on noin kolmasosa. Käyttökustannuksista noin 9 prosenttia kohdistuu ulkomaille.

• Hankkeen työllisyysvaikutukseksi on arvioitu 15 000 henkilötyövuotta, mistä paikallisen työvoiman osuus on noin kolmasosa. Työllisyysvaikutuksia muodostuu muun muassa suunnittelusta, tuulivoimapuiston infrastruktuurin liittyvästä rakentamisesta, kuljetuksista, tuulivoimaloiden asennus- ja huoltotöistä sekä tuotannon hallinnosta ja valvonnasta. Merituulivoimapuiston on arvioitu tuottavan 35 vuoden elinkaaren aikana yhteensä noin 7,8 miljardin euron verotulot, joista suurin osa, noin 7,6 miljardia euroa, syntyy sähkön myynnin verovaikutuksesta.

• Hankkeella on positiivisia aluetaloudellisia vaikutuksia myös verotulojen kautta. Hankkeeseen suoraan tai välillisesti liittyvät paikalliset työntekijät maksavat ansiotuloistaan kunnallisveroa kotikunnalle. Ansioverotulojen määräksi on arvioitu 190 miljoonaa euroa, mistä alueellinen osuus on noin kolmasosa, joka tässä yhteydessä tarkoittaa lähikuntia. Lisäksi investointi- ja hankekustannuksista maksetaan yhteisöveroa minkä suuruus on arviolta 48 miljoonaa euroa. Hankkeen kiinteistöverokertymään rinnastettava tulo arvioitiin puolestaan olevan suuruusluokaltaan noin 340–680 miljoonaa euroa riippuen sovellettavasta kiinteistöveroprosentista. Voimalat eivät sijaitse minkään kunnan alueella, vaan Suomen talousvyöhykkeellä. Sille rakennettavasta tuulivoimasta ja niiden rakenteista ei talousvyöhykelain (1058/2004) tai sen päivityksen (938/2024) perusteella makseta tällä hetkellä kiinteistöveroa, mutta laskennassa kiinteistöverokertymää rinnastettavaa tuloa on tarkasteltu kahdella eri kiinteistöveroprosentilla, 1,55 % tai 3,1 %. Lisäksi tuotetusta sähköstä maksetaan sähköveroa sekä sähkön arvonlisäveroa minkä kokonaisverokertymäksi on arvioitu noin 7 000–9 000 miljoonaa euroa. Oletuksena on, että sähkön megawattituntihinta on 40 ja 60 euron välillä.

• Läheisten väylien sekä satamien toimintaedellytykset säilyvät ennallaan tuulivoimapuiston toiminnan aikana ja mahdolliset haitalliset vaikutukset pyritään minimoimaan eri osapuolet osallistavalla suunnittelulla. Merituulivoimahankkeet tuovat merkittäviä positiivisia mahdollisuuksia alueen satamille laajentaa liiketoimintaansa kehittämällä palveluitaan merituulivoimahankkeille sopiviksi. Mahdollisia haitallisia vaikutuksia merenkulun navigointiin ja kauppamerenkulkuun pyritään välttämään.

• Muista hankkeista syntyvät mahdolliset yhteisvaikutukset kohdistuvat ennen kaikkea kalatalouteen.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

17.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Aluetaloudellisten vaikutusten kvantitatiivinen arviointi perustuu Gaia Consulting Oy:n Halla Offshore Wind Oy:lle vuonna 2023 tekemään selvitykseen hankkeen aikaan saamista aluetaloudellisista vaikutuksista.

Mallinnus perustuu Tilastokeskuksen vuoden 2008 TOL luokituksiin ja Talous- ja elinkeinoministeriön toimialakohtaiseen dataan. Tarkastelu kattaa maantieteellisesti eriteltynä paikallistason, mihin kuuluvat Pohjois-Pohjanmaan maakuntaan kuuluvat kunnat ja kaupungit, minkä lisäksi tarkastelu kattaa muun Suomen ja ulkomaat. Arviointi kattaa ainoastaan merituulivoimapuistosta syntyvät aluetaloudelliset vaikutukset eikä huomio vedyntuotannon vaikutuksia. Tiedot on kerätty tarkemmin hankekehityksen, rakentamisen, purkamisen sekä käytön ja kunnossapidon osalta. Tulokset esitetty myöhemmin jaettuna kahteen elinkaaren vaiheeseen: tuotantoon sekä suunnittelu, rakentamisen ja käytöstä poisto -vaiheeseen. Tuotanto kattaa kokonaisuutena tuotannon valvonnan ja hallinnon, tasehallinnan, sähkön myynnin ja toimituksen, huollon ja asennuksen, varaosat, käytönaikaiset vakuutuskustannukset, vuokrat ja korvaukset merialueen omistajille sekä sähkönsiirtokustannukset. Arviointi ajoittuu koko merituulivoimapuiston elinkaarelle (35 vuotta).

Hankkeen aluetaloudellisten vaikutusten arvioinnin yhteydessä selvitettiin alueen elinkeinorakenteen nykytila, hankkeen lähialueella sijaitsevat elinkeinot sekä arvioitiin elinkeinoihin ja aluetalouteen kohdistuvia kvalitatiivisia vaikutuksia. Aluetalouteen kohdistuvia vaikutuksia ovat esimerkiksi hankkeen välittömät ja välilliset työllisyysvaikutukset, paikallisten palveluiden ostot sekä lisääntyvät verotulot. Vaikutuksia arvioitiin toteutuneista hankkeista saatujen tulosten sekä kirjallisuuden avulla. Kaupalliseen kalastukseen liittyvät arviointimenetelmät on kuvattu luvussa 6.1.

Vaikka laskennassa onkin huomioitu vain merituulivoimapuiston kokonaisuus, tehtiin vaikutusarviointi asiantuntijapohjaisesti koko hankekokonaisuudelle, joka käsittää merituulivoimapuiston sekä vedyntuotannon ja niihin liittyvät rakenteet merellä, energiansiirron mantereelle sekä sähkönsiirron mantereella. Sähkönsiirron aluetaloudelliset vaikutukset on arvioitu kvalitatiivisesti erillisessä asiakirjassa (YVA-selostuksen B-osa).

Talousvyöhykkeelle sijoittuvasta tuulivoimalasta tai vedyntuotannosta ei nykylainsäädännön mukaan makseta kiinteistöveroa tai maanvuokraa. Tuulivoimalasta aluevesillä kiinteistöverotettavat rakennelmat ovat perustukset, konehuoneen rungot ja tornit. Merituulivoimalassa on kalliimmista perustuksista johtuen maatuulivoimaan verrattuna noin kolminkertainen määrä kiinteistöverotettavaa rakennelmaa (*Suomen tuulivoimayhdistys ry 2021*). Taloudellista hyötyä tulee hankkeen rakentamisen ja operoinnin aikana myös muiden mekanismien kuin suorien veroja vuokratulojen kautta, niin paikallisesti, alueellisesti kuin valtakunnallisestikin. On lisäksi syytä huomioida, että valtioneuvostolla on laaja harkintavalta talousvyöhykkeen hyödyntämiseen liittyen, eikä talousvyöhyke siten ole täysin vapaasti kaupallisesti hyödynnettävissä. Aluetaloudellisissa laskelmissa ei ole huomioitu erikseen inflaation vaikutusta.

Arvioinnin on koostanut aluetaloudellisiin vaikutuksiin perehtynyt asiantuntija.

17.2 Nykytila

Merituulivoimapuiston, merikaapeleiden ja vetyputken reittien keskeiset vaikutusalueet sijoittuvat Raahen, Siikajoen, Hailuodon ja Oulun kuntien alueille. Taulukkoon 17-1 on koottu uusimpia saatavilla olevia Tilastokeskuksen kunnittaisia avainlukuja (*Tilastokeskus 2023*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

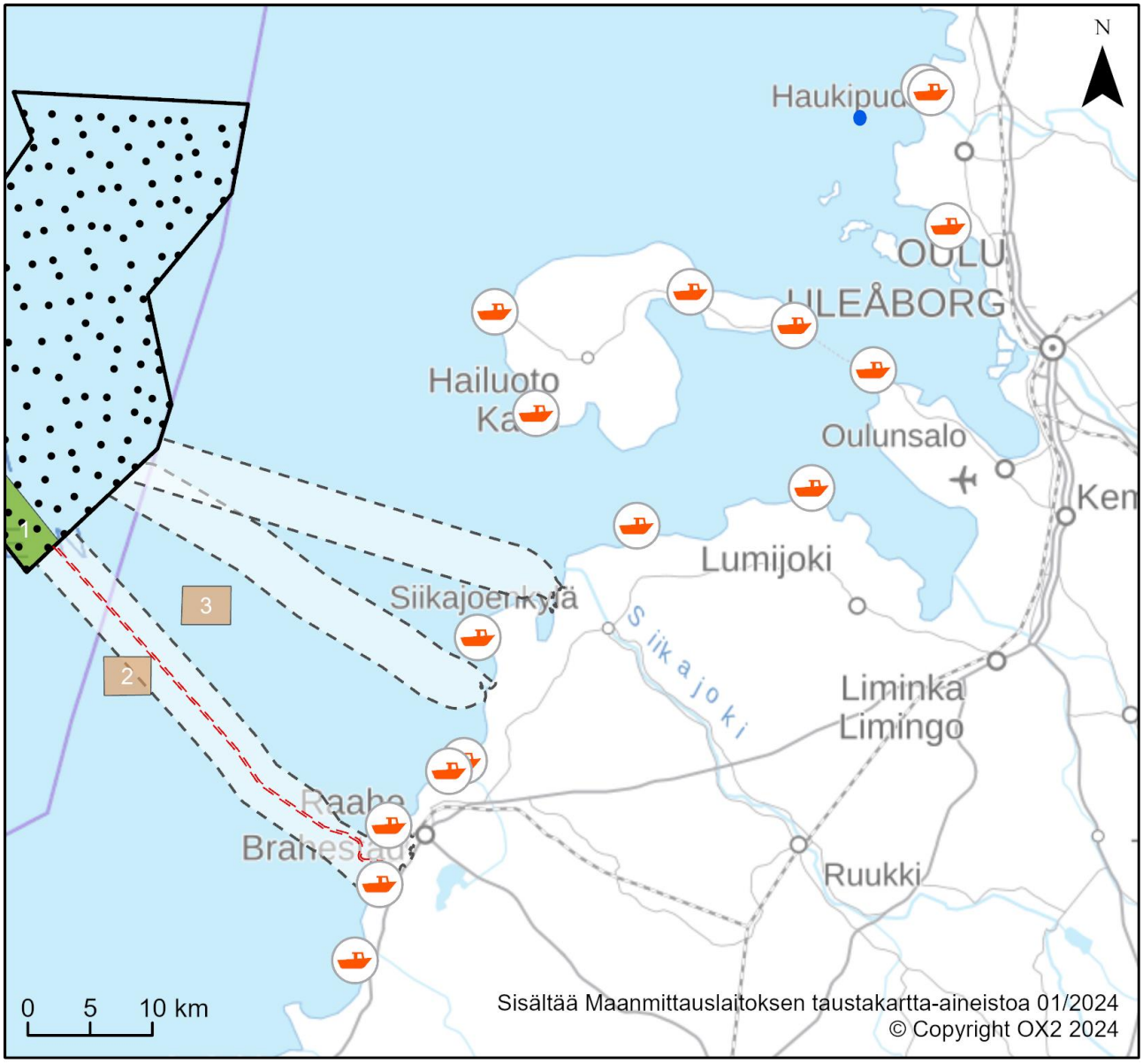
Taulukko 17-1. Raahen, Siikajoen, Hailuodon ja Oulun kuntien avainlukuja sekä vertailun vuoksi koko maan tiedot (Tilastokeskus 2023).

	Raahe	Siikajoki	Hailuoto	Oulu	Koko maa
Väkiluku (vuosi 2022)	24 073	4 897	960	211 848	5 563 970
Työpaikkojen lukumäärä (vuosi 2021):	10 260	1 604	248	94 664	2 377 126
Palvelut %	53,8	55,2	60,5	79,4	75
Jalostus %	43,3	21,7	14,1	19	21,2
Alkutuotanto %	2,2	21,4	23,8	0,6	2,6
Työttömiä työvoimasta % (vuosi 2021)	11	10,0	8,9	11,7	10,2
Työpaikkaomavaraisuus % (vuosi 2021) (työpaikat/työlliset)	114	89,0	73,4	104,3	100

SSAB:n Raahen tehdas on alueella merkittävin työllistäjä. Tehtaalla työskentelee noin 2 500 omaa työntekijää sekä satoja urakoitsijoiden ja yhteistyökumppaneiden edustajia. Raahessa jalostuksen osuus työpaikoista onkin selvästi suurempi kuin maassa keskimäärin. Siikajoella ja Hailuodossa on puolestaan suhteessa keskimääräistä enemmän alkutuotannon (maa-, metsä- ja kalatalous) työpaikkoja. Oulussa työpaikat jakaantuvat toimialoittain koko lailla maan keskiarvon mukaisesti.

Lähiseudun satamien toimintaa on tarkasteltu luvussa 14.2.1. Merituulivoimapuiston ja merikaapelireittien lähiseudun ja vaikutusalueiden kalastusta on käsitelty luvussa 6.2. Laitakarin Kala Oy:n kalankasvattamon sijainti on esitetty kuvassa 17-1. Kuvassa 17-1 on esitetty myös Hallan hankkeen lähiseudun kalasatamat Meri- ja kalatalousverkoston tietojen (*2024*) mukaisesti.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 17-1. Hankealueen lähiseudulla sijaitsevat kalasatamat. Kartalla on esitetty myös Laitakarin Kala Oy:n suunnitteleman kalankasvattamon sijainti merellä.

Hankkeen vaikutusalueen merkittävimpien yksittäisten matkailukohteiden sijainnit on esitetty luvussa 19.3. Raahen saaristossa on tarjolla muun muassa seuraavia matkailupalveluja (*Meri-Raahe 2024*):

- saaristoristeilyt, veneretket ja -kuljetukset
- kalastus- ja pilkkiretket
- rekiretket ja -kuljetukset
- hylkeenpyynti- ja kuvausretket
- fine dining -ruokailut Taskun tai Iso-Kraaselin saaressa

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- majakkaviikonloput
- majoitusta

Raahen Mikonkarissa toimii caravan- ja leirintäalue Lohenpyrstö, joka on valittu vuoden 2019 Caravan-alueeksi. Alueella on 200 sähköistettyä auto- ja vaunupaikkaa, ja osa paikoista sijaitsee rannan tuntumassa. (*Lohenpyrstö 2024*) Mikonkarissa merenrannalla sijaitsee myös Pattijoen veteraanimaja, jota vuokrataan kokous-, juhla-, saunomis- ja majoituskäyttöön. Mikonkarin matkailullista kokonaisuutta tukevat myös uimaranta, lintutorni, luontopolku, kalasatama sekä Mikonkarinlahden merenrantaniitty -luonnonsuojelualue. (*Visit Raahe 2024; Raahen kaupunki 2023c*)

Siikajoen Tauvoon ja Varessäikälle sijoittuu pienimuotoisia matkailupalveluja uimarantojen ja venesatamien yhteyteen asuntovaunu/-autopaikkoineen ja kesäkioskeineen. (*Siikajoen kunta 2024*)

Hailuodon Marjaniemi on monipuolinen virkistys- ja ulkoilualue, jossa sijaitsee muun muassa suosittu uimaranta, retkeilyreittejä, majakka, hotelli, loma-asutusta ja mökkimajoitusta. (*Hailuodon kunnanvirasto 2024a*) Luotsihotelli sijaitsee kalasataman lähettyvillä tarjoten majoituksen ohella ravintola-, kokous- ja juhlapalveluja sekä hyvinvointiaktiviteetteja ja -tapahtumia. (*Luotsihotelli 2024*) Hotellin viereinen Marjaniemen majakka on avoinna yleisölle. Majakkapihalla on tarjolla majoitusta, saunapalveluja ja siellä sijaitsee myös ravintola. Vierassatamassa on palveluja sekä veneilijöille että karavaanareille, ja kesäsesongin ajan siellä on avoinna myös kahvila/grilli. (*Majakkapiha 2024*) Marjaniemessä on vuokrattavia mökkejä, kuten myös hieman etelämpänä muutaman sadan metrin etäisyydellä Rantasumpun alueella. Marjaniemessä järjestetään myös tapahtumia, suurimpina niistä kesällä Bättre Folk -kulttuurifestivaali ja syksyllä Siikamarkkinat. (*Bättre Folk 2024; Hailuodon kunnanvirasto 2024b*) Hailuotoon ollaan rakentamassa kiinteää maantieyhteyttä mantereelle (tämänhetkisen tiedon mukaan tieyhteys otettaisiin käyttöön loppuvuodesta 2026), minkä edesauttamana myös Hailuodon matkailua ollaan kehittämässä muun muassa kaavoituksen kautta sekä Marjaniemen että Rantasumpun alueilla. (*Väylävirasto 2024b; Oulun kaupungin viestintä 2024*)

17.3 Vaikutusten arviointi

17.3.1 Investointi- ja käyttökustannukset

Gaia Consulting Oy:n tekemän selvityksen mukaan Halla-hankkeen investointikustannus on noin 6,0 miljardia euroa. Käyttökustannuksien arvioitiin olevan merituulivoimapuiston elinkaaren aikana noin 3,4 miljardia euroa.

Taulukossa 17-2 on esitetty hankeinvestointikustannusten jakautuminen alueellisesti Pohjois-Pohjanmaan maakuntaan, muuhun Suomeen ja ulkomaille. Noin 85 prosenttia investointikustannuksista jakautuu ulkomaille, minkä arvo vastaa noin 5 100 miljoonaa euroa. Noin 5 prosenttia, eli 300 miljoonaa euroa kaikista hankeinvestointikustannuksista kohdistuu Pohjois-Pohjanmaan maakuntaan ja 600 miljoonaa euroa muualle Suomeen.

Taulukko 17-2. Hankeinvestointikustannusten (6 000 miljoonaa euroa "M€") jakauma alueellisesti.

Alueellinen taso	Osuus, %	Arvo, M€
Paikallinen	5	300
Muu Suomi	10	600
Ulkomaat	85	5 100

Investointikustannuksista yli puolet, noin 60 prosenttia kohdistuu tuulivoimaloihin ja perustuksiin, mikä vastaa arvoltaan noin 3 420 miljoonaa euroa. Noin neljäsosa kustannuksista, noin 1 600 miljoonaa euroa kohdistuu sähköinfraan. Kierrätyskategorian vaikutusten on oletettu

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

olevan 3 % kokonaiskustannuksista ja kohdistuvan 100 % Suomeen. Loput investointikustannuksista (12 %) jakautuvat hankekehityksen ja muiden kustannusten välillä (Taulukko 17-3).

Taulukko 17-3. Hankeinvestointikustannusten (6 000 M€) jakauma käytön mukaan.

	Osuus, %	Arvo, M€
Tuulivoimalat	39	2 340
Perustukset	18	1 080
Sähköliitynnät	27	1 620
Kierrätys	3	180
Hankekehitys	1	60
Muut kustannukset	11	660

Taulukossa 17-4 on esitetty käyttökustannusten jakautuminen alueellisesti Pohjanmaan maakuntaan, muuhun Suomeen ja ulkomaille. Noin 67 prosenttia investointikustannuksista jakautuu muualle Suomeen ja vastaa arvoltaan noin 2 300 miljoonaa euroa. Neljäsosa, eli 850 miljoonaa euroa kaikista käyttökustannuksista kohdistuu Pohjanmaan maakuntaan, ja loput noin 300 miljoonaa euroa (9 %) ulkomaille.

Taulukko 17-4. Käyttökustannusten (3 400 M€) jakauma alueellisesti.

Alueellinen taso	Osuus, %	Arvo, M€
Paikallinen	25	850
Muu Suomi	67	2 278
Ulkomaat	9	306

Käyttökustannuksista yli puolet, noin 50 prosenttia kohdistuu huoltoon, asennukseen ja varaosiin, mikä vastaa arvoltaan noin 1 800 miljoonaa euroa. Noin viidesosa kustannuksista, eli noin 600 miljoonaa euroa kohdistuu sekä sähkönsiirtokustannuksiin, että käytönaikaisiin vakuutuksiin. Noin 10 %, eli noin 300 miljoonaa euroa kuluu tuotannon valvontaan ja hallinnollisiin kuluihin ja loput 3 prosenttia, noin 100 miljoonaa euroa, vuokriin ja tuotannon tasapainon kustannuksiin, sähkön myyntiin ja toimitukseen (Taulukko 17-5). Halla-hankkeen investointien ja käytön suurin paikallinen vaikutus, noin 19 prosenttia syntyy huollosta, asennuksista ja varaosista.

Taulukko 17-5. Käyttökustannusten (3 400 M€) jakauma käytön mukaan.

	Osuus, %	Arvo, M€
Huolto, asennus ja varaosat	53	1 802
Sähkönsiirtokustannukset	18	612
Käytönaikainen vakuutus	17	578
Tuotannon valvonta ja hallinto	9	306

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

	Osuus, %	Arvo, M€
Vuokrat	2	68
Tuotannon ja kulutuksen tasapainon kustannukset, sähkön myynti ja toimitus	1	34

Suomen Tuulivoimayhdistyksen arvion mukaan merelle rakennettaessa tuulivoimalan investointikustannukset ovat 20–50 % per MW korkeammat kuin maalle rakennettaessa (*Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024a*). Hallan merituulivoimahankkeessavoimaloiden yksikköteho on 160 voimalan vaihtoehdossa (VE1) maksimissaan 25 MW. Hankkeen tässä suunnitteluvaiheessa ei vielä tiedetä käytettävää voimalatyyppiä, mutta kokoluokaltaan Tuulivoimayhdistyksen arvioidun tiedon pohjalta merituulivoimalan investointikustannukset ovat noin 1,44–2,25 milj. € per MW (*Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024a)*. Tuulivoimapuiston kokonaisinvestointi koostuu hankekehityksen jälkeen itse tuulivoimaloiden lisäksi perustuksista, sähköinfrasta, sähköverkkoon liittämisen kustannuksista, suunnittelun ja valvonnan kustannuksista, asennus- ja käyttökustannuksista sekä vakuuttamisesta.

Tuulivoimalan vuotuiset käyttö- ja kunnossapitokustannukset ovat Tuulivoimayhdistyksen mukaan noin 2–3 % projektin alkuperäisistä investointikustannuksista ja ne muodostuvat huolto-, vakuutus-, korjaus- ja hallinnointikustannuksista (*Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024b*). Huolto- ja korjauskustannukset vaihtelevat voimakkaasti riippuen mm. tuulivoimapuiston koosta ja laitosten yksikkökoosta sekä huoltoetäisyyksistä ja -yhteyksistä. Merituulivoimaloiden huolto on huomattavasti kalliimpaa kuin maalla sijaitsevien voimaloiden. Voimaloiden ikääntyessä huolto- ja korjauskustannukset yleensä vähitellen kasvavat. Tuulivoimapuiston käytöstä poistosta muodostuu kustannuksia ja sitä myötä taloudellisia vaikutuksia liittyen mm. määrätyllä tavalla tehtävään puiston infrastruktuurin purkamiseen. Suomessa ei ole tietoa vastaavan kokoluokan merituulivoimahankkeisiin liittyvistä alueellisten investointien arvosta, koska kyseisen kokoisia tuulivoimapuistoja ei ole toteutettu. Suomessa on toteutettu vain yksi varsinainen merituulivoimahanke, olemassa oleva Tahkoluodon merituulivoimapuisto.

Yleisesti talous- ja työllisyysvaikutuksia tarkasteltaessa on huomioitava, että kyseessä ovat suuruusluokkatason arviot, joihin vaikuttavat erityisesti valittava tuulivoima- ja erityisesti perustustekniikka, paikalliset olosuhteet sekä toimitusketjuja koskevat valinnat. Tuulivoimapuiston rakentamisaikana usean vuoden ajan alueella työskentelee laajalti myös paikkakunnan ulkopuolisia asentajia pitkäaikaisesti majoittuen alueen majoitusliikkeissä. He myös hyödyttävät ostovoimallaan paikallisia yrityksiä tuomalla lisätuloja tukien näin esimerkiksi ympärivuotisen toiminnan kannattavuutta.

Vedyntuotannon vaikutusmekanismit investointien kautta aluetalouteen ovat samantyyppisiä kuin merituulivoimankin ja niiden voidaan arvioida tässä hankkeessa aiheuttavan samansuuntaisia ja suuruisia vaikutuksia alueelle. Hankkeessa voidaan lopputilanteessa tuottaa joko pelkästään sähköä tai pelkästään vetyä tai osin sähköä ja osin vetyä. Hankkeen aluetaloudelliset vaikutukset Pohjois-Pohjanmaalla ovat suurimmillaan hankkeen operoinnin aikana ja ne ovat kokonaisuutena merkittävät.

Käytön aikaiset investoinnit jäävät suuremmissa määrin paikallisiksi ja Suomen laajuisiksi. Gaia Consulting Oy:n arvion mukaan käyttökustannukset jakautuvat alueellisesti noin 25 %, muualle Suomeen noin 67 % ja Suomen ulkopuolelle 9 %.

17.3.2 Työllisyysvaikutukset

Gaia Consulting Oy:n tekemän selvityksen mukaan Halla työllistää suunnittelu- ja rakentamisvaiheissa sekä käyttöaikana noin 15 000 henkilötyövuotta ja tuottaa yhteensä noin 7,8 mrd.€ veroja. Selvityksen tulokset on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 17-6).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 17-6. Henkilötyövuosien jakautuminen aluekohtaisesti ja elinkaaren aikana.

	Osuus, %	Henkilötyövuotta
Aluekohtaisesti, yht. 15 000 HTV		
Alueellisesti	35	5 250
Muu Suomi	65	9 750
Elinkaaren vaiheittain, yht. 15 000 HTV		
Suunnittelu, rakentaminen ja käytöstä poisto	28	4 200
Tuotanto	72	10 800

Tuulivoiman todennäköisiä suoria työllisyysvaikutuksia muodostuu tuulivoimaloissa käytettävien osien ja materiaalien valmistamisesta sekä hankkeiden suunnittelusta, rakentamisesta, käytöstä, kunnossapidosta ja käytöstä poistosta. Etenkin rakentamisvaiheessa on käytetty laajalti muiden toimialojen tuottamia välituotteita ja palveluja liittyen mm. koneisiin, rakennusmateriaaleihin ja monenlaisiin palveluihin. Todennäköisiä työllistäviä vaikutuksia syntyy mm. seuraaville sektoreille:

- Projektikehitys- ja asiantuntijapalvelut
- Infrastruktuurin rakentaminen ja asentaminen
- Satama- ja teollisuusalueet
- Maa- ja merikuljetukset
- Majoitus- ja ravitsemuspalvelut
- Rahoitus- ja vakuutuspalvelut
- Sosiaali- ja terveyspalvelut

Työllisyysvaikutus jakautuu sekä hankealueen lähiseudulle Pohjois-Pohjanmaalla että kauemmas tuulivoimapuistossa käytettävien raaka-aineiden sekä voimalaitoskomponenttien kautta. Arviot tuotannon työllisyysvaikutusten alueellisesti jakaumasta on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 17-7).

Taulukko 17-7. Tuotannon työllisyysvaikutusten jakauma alueellisesti.

	Paikallinen, %	Muu Suomi, %	Ulkomaat, %
Huolto, asennus ja varaosat	90	0	10
Tuotannon valvonta ja hallinto	50	50	0
Tasehallinta, sähkön myynti ja toimitus	0	100	0

Yleensä rakentamisen aikana työllisyysvaikutuksia muodostuu ennen muuta suunnittelusta, vesirakennustöistä ja muusta tuulivoimapuiston infrastruktuurin liittyvästä rakentamisesta (mm. ruoppaukset, läjitykset, voimaloiden perustukset ja sähkönsiirto), kuljetuksista ja tuulivoimaloiden asennustöistä. Rakentamisvaiheessa tarvittavia alihankintapalveluita ovat esimerkiksi erilaiset konetyöt, kuljetukset (esimerkiksi kiviainesten ajo ja meriliikennöinti), voimaloiden perustustöihin liittyvät rakennustoimenpiteet, erilaiset asennuspalvelut, majoitus- ja ruokailupalvelut,

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vartiointipalvelut, koneiden ja laitteiden vuokraus, siivous ja jätehuolto sekä polttoaineiden hankinta. Tuulivoimapuiston rakentamisessa käytetään mahdollisuuksien mukaan paikallista työvoimaa, mikä on riippuvainen siitä, miten alueella toimivat yritykset pystyvät tarjoamaan tarvittavia alihankintapalveluja. Paikallisen työvoiman osuus selviää hankkeen myöhemmässä suunnittelu- ja kilpailutusvaiheessa. Mitä enemmän tuulivoimapuiston infrastruktuurin rakentamisessa voidaan hyödyntää paikallista työvoimaa, kalustoa sekä palveluita, sitä enemmän kohdentuu hyötyä paikalliselle elinkeinotoiminnalle ja sen kautta myös esimerkiksi verotuloja kunnille. Alueella työskentelevät paikkakunnan ulkopuoliset asentajat käyttävät lähiseudun palveluja monipuolisesti hyödyttäen näin alueen yrityksiä ja luomalla edellytyksiä työpaikoille.

Gaia Consulting Oy:n selvityksen mukaan hanke työllistää tuulivoimapuiston operointivaiheessa suoraan noin 10 800 henkilötyövuoden verran, eli 72 % hankkeen elinkaaren aikaisista henkilötyövuosista. Hanke työllistää jaksottaisesti ja välillisesti erilaisien työtehtävien kautta liittyen esimerkiksi tuulivoimaloiden ja tuulivoimapuiston muun infrastruktuurin huoltoon, kunnonvalvontaan, erilaisiin selvityksiin ja seurantoihin sekä tuotantoon liittyviin toimiin. Lisäksi koko tuulivoimapuiston elinkaaren ajan on kysyntää majoitus-, ravintola- ja muille tuulivoima-alan ulkopuolisille palveluille. Yleensä operointivaiheessa käytetään paljon paikallista työvoimaa. Esimerkiksi valvonnasta, kunnossapidosta ja huollosta vastaa tuulivoimalavalmistajan käyttämä paikallinen koulutettu työvoima. Yleensä erityisosaamista vaativa voimalakohtainen osaaminen hankitaan koulutuksin tuulivoimalavalmistajalta, jotta huolloista voi ensisijaisesti vastata paikallinen työvoima työssäkäyntialueelta.

Tuulivoimapuiston toiminnan lopettaminen työllistää saman tyyppisellä tavalla kuin rakennusvaihe, muttei kuitenkaan kokonaisuutena yhtä mittavasti. Työvoiman tarve on pitkälti riippuvainen puiston infrastruktuurin purkamisen mittakaavasta, joka tehdään määrätyllä tavalla.

Yhteenvetona voidaan todeta hankkeesta aiheutuvan paikallisesti ja seudullisesti merkittäviä positiivisia suoria ja välillisiä työllisyysvaikutuksia, joiden merkitys arvioitiin kokonaisuutena merkittäväksi. Vuosikohtaiset vaikutukset ovat todennäköisesti suurimmillaan tuulivoimapuiston rakentamisen aikana, mutta hanke työllistää jatkuvasti myös koko operointivaiheen ajan, mikä näkyy suurimpana osuutena koko elinkaaren henkilötyövuosien määrän arvioinnissa. Toiminnan lopettamisen aikana ulkopuolisen työvoiman tarve todennäköisesti kasvaa hetkellisesti.

17.3.3 Verotulot

Gaia Consulting Oy:n tekemän selvityksen mukaan suurimmat mahdolliset verotulot syntyvät sähkön hintaan sisältyvästä arvonlisäverosta sekä sähkön hinnasta riippuvasta joko yhteisö- ja sähköverosta. Alla esitettävät mallinnukset perustuvat Tilastokeskuksenvuoden 2008 TOL-luokkiin ja toimialadataan. Työllisyys- ja ansiotuloverovaikutus perustuu toimialakohtaisiin tietoihin liikevaihdon rahavirtojen jakautumisesta ja alan keskimääräisistä palkkatiedoista.

17.3.3.1 Ansiotulovero

Gaia Consulting Oy:n tekemän arvion mukaan hankkeesta syntyvän ansiotuloveron määräksi on arvioitu 190 miljoonaa euroa, mistä 32 prosenttia kohdistuu alueellisesti Pohjois-Pohjanmaan maakuntaan ja 68 prosenttia muualle Suomeen. Palkansaajan keskimääräiseksi ansiotuloveroprosentiksi on arvioitu 30 %. Kunnallisveron keskimääräinen osuus ansiotuloverosta on 24,6 % ja valtion osuus 75,4 %.

Taulukko 17-8. Ansio- ja yhteisöveron (190 M€ ja 48 M€) jakauma tuotantovaiheiden mukaan.

	Ansioverotulo	Yhteisövero
Tuotanto, %	68	77
Tuotanto, arvo M€	129,2	39,96

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

	Ansioverotulo	Yhteisövero
Suunnittelu, rakentaminen ja käytöstä poisto, %	32	23
Suunnittelu, rakentaminen ja käytöstä poisto, arvo M€	60,8	11,04

17.3.3.2 Yhteisövero

Gaia Consulting Oy:n tekemän arvion mukaan hankkeesta syntyvän yhteisöveron määräksi on arvioitu 48 miljoonaa euroa, mistä 23 prosenttia kohdistuu alueellisesti Pohjois-Pohjanmaan maakuntaan ja 77 prosenttia muualle Suomeen. Yhteisöveron määrä on laskettu olettaen yhteisöveroprosentiksi 20 %. Kuntien osuus yhteisöverosta on 23,9 % ja valtion osuus 76,1 %. Lisäksi hankkeen tuottaman sähkön myynnistä syntyy arviolta 600–2300 miljoonan euron yhteisöverotulot. Yhteisöverolaskelmien taustaoletuksena on, että OX2 perustaa hankekohtaisia projektiyhtiöitä (kuten tässä tapauksessa Halla Offshore Wind Oy), jotka sijaitsevat Suomessa, minkä seurauksena yhteisövero maksetaan kokonaisuutena Suomeen. Yhteisöverosta 77 prosenttia on arvioitu kohdistuvan tuotantovaiheeseen ja loput 23 % suunnittelu-, rakentamis- ja käytöstä poistovaiheeseen.

Taulukko 17-9. Sähkön myynnistä kerättävä yhteisöveron määrä (M€). (Gaia Consulting Oy 2023)

	Yhteisövero, M€
Energian hinta 40 €/MWh	600
Energian hinta 60 €/MWh	2 300

Yhteisövero on arvioitu kassavirtapohjaisesti perustuen OX2:n toimittamiin hankeinvestointi- ja käyttökustannuksiin sekä sähkön myynnistä saatavaan liikevaihtoon, joka on arvioitu kahdella eri energian hinnalla: 1) 40 €/MWh ja 2) 60 €/MWh. Käytetty yhteisöveron suuruus on 20 %. Yhteisöveron suuruus on arvio teknologiakohtaisesti (merituulivoima, maatuulivoima ja aurinkosähkö). Yhteisövero on tämän jälkeen jyvitetty projektikohtaisesti tuotetun energian perusteella. Lisäksi laskennassa on oletettu, että projektiyhtiöiden liiketoiminnasta vierasta pääomaa olisi 70 % ja omaa pääomaa 30 %. Lainan koroksi on oletettu 5 % ja poistot on jyvitetty tasaisesti koko laitoksen sähköntuoton ajalle.

Taulukko 17-10. Ansio- ja yhteisöveron (190 M€ ja 48 M€) jakauma alueellisesti.

	Ansioverotulo	Yhteisövero
Paikallinen, %	32	23
Paikallinen, arvo M€	60,8	11,04
Muu Suomi, %	68	77
Muu Suomi, arvo M€	129,2	36,96

17.3.3.3 Sähkön arvolisävero

Sähkön arvonlisänvero (24 %, arviointilaskelman kirjoittaessa) on arvioitu tuotetun energian ja sähkönhinnan perusteella. Arvonlisäverokertymälaskelmissa sähkön hintana on käytetty kahta arviota: 1) 40 €/MWh 2) 60 €/MWh. Alemmalla 40 euron megawattituntihinnalla

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kokonaisarvonlisäverokertymäksi on arvioitu 4 000 miljoonaa euroa ja korkeammalla 60 euron megawattituntihinnalla 6 000 miljoonaa euroa.

17.3.3.4 Sähkövero

Merituulivoimapuiston tuottamasta sähköstä saatavan sähköveron kokonaiskertymäksi on arvioitu 3 000 miljoonaa euroa. Sähköveron suuruus on arvioitu oletuksella, että 30 % energiasta käytetään sähkön veroluokka I:ssä ja 70 % sähkön veroluokka II:ssa. Sähköveron suuruudeksi veroluokassa I on arvioitu 22,53 €/MWh ja veroluokassa II 0,63 €/MWh.

17.3.3.5 Kiinteistövero

Hanke on selvityksessä oletettu sijoitettavan talousvyöhykkeelle ja sen tuottamat kiinteistöverotuloon rinnastettava tulot on mallinnettu nykyisen lainsäädännön mukaan (0 %) sekä huomioiden kaksi potentiaalista eri veroprosenttia (1,55 % & 3,10 %). Korkein kiinteistöveroon rinnastettava tulo syntyisi 3,1 prosenttiyksikön kiinteistöverolla mikä vastaisi noin 680 miljoonan euron verotuloja. Puolet pienemmällä veroprosentilla, 1,55 % kiinteistöverotuksen kokonaiskertymä olisi noin 340 miljoonaa euroa. Mikäli kiinteistöverossa sovellettaisiin nykyistä lainsäädäntöä, olisi veroprosentti nolla ja kiinteistöverokertymä myös siten 0 euroa (Taulukko 17-11). Esitetyillä veroprosenteilla on pyritty skaalaamaan mahdollisia talousvyöhykkeellä sovellettavia kiinteistöveroprosentteja sekä haettu verrokkia olemassa oleviin energiantuotantolaitoksiin. Voimalaitosten tapauksessa kiinteistövero saa olla korkeintaan 3,1 % ja 1,55 % kiinteistövero skenaariota missä veroprosenttia pienennettäisiin tästä puoleen. On tärkeää huomioida, että kiinteistöveroon rinnastettavat tulot ovat teoreettisia arvioita eivätkä perustu mihinkään julkaistuun tietoon mahdollisesti tulevasta verosta talousvyöhykkeelle.

Taulukko 17-11. Kiinteistöveroon rinnastettavat tulot eri kiinteistöveroprosenttien mukaan.

	Kiinteistöveroprosentti, %	Kiinteistöveroon rinnastettava tulo, M€
Nykyinen lainsäädäntö	0	0
Mahdollinen merituulivoimaan sovellettava kiinteistövero-%	1,55	340
Korkein voimalaitokselle asetettava kiinteistövero-%	3,10	680

17.3.4 Kvalitatiiviset vaikutukset

Hankkeen synnyttämillä verotuloilla on positiivisia aluetaloudellisia vaikutuksia. Hanke työllistää laajalla alueella työntekijöitä, jotka maksavat ansiotuloistaan kunnallisveroa kotikunnalle. Positiivisia vaikutuksia seuraa sekä suorista että epäsuorasti syntyvistä uusista työpaikoista ja olemassa olevien työpaikkojen säilymisestä. Paikalliset yritykset hyötyvät hankkeen rakentamisesta ja toiminnasta sekä maksavat kunnalle veroja esimerkiksi yhteisöveron muodossa.

Varsinaisen tuulivoimapuiston ja vedyntuotannon toiminnasta kertyy yhteisöveroa, mutta sen määrä vaihtelee eikä veron saaja ole automaattisesti hankkeen sijaintikunta. On mahdollista, että Suomen talousvyöhykelain uudistuksen myötä jatkossa maksettaisiin kiinteistöveroja tai niihin rinnastettavia veroja myös talousvyöhykkeen hankkeiden osalta. Jo nyt talousvyöhykkeen merituulivoimahankkeet maksaisivat kiinteistöveroa alueen kunnille maalle sijoittuvan sähköaseman osalta.

Hankkeen vaikutukset luontomatkailulle riippuvat siitä, voidaanko merituulivoimapuiston sisällä liikkua edelleen esimerkiksi vapaa-ajan veneilyyn ja kalastukseen liittyen, vai estyykö se vai

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

voidaanko puolestaan matkailun edellytyksiä jopa lisätä. Sidosryhmäkeskusteluissa mm. kalastajien ja metsästäjien kanssa on noussut esille pohdintaa siitä, voisiko merituulivoimaloiden perustukset toimia oikein rakennettuina kaloille sopivana elinympäristönä ja siten lisätä kalastusmahdollisuuksia tai puolestaan toimia ampuma-alustana, ja näin edistää esimerkiksi hylkeenmetsästyksen mahdollisuuksia muuten luodottomalla avomerellä. Näitä merialueen monikäyttöön eli MariPark-konseptiin liittyviä mahdollisuuksia suositellaan selvitettävän hankkeen jatkosuunnittelussa, jolloin voidaan vähentää mahdollisia kielteisiä vaikutuksia matkailuun, veneilyyn, kalastukseen (virkistyskalastus ja kalankasvatus) sekä metsästykseen liittyen ja jopa edistää niiden toimintaedellytyksiä jossain määrin.

Vero- ja suoraan hankkeeseen liittyvien työllisyysvaikutusten lisäksi hankkeella on vaikutusta myös muuhun aluetaloudelliseen toimintaan, kuten alueella harjoitettavaan kalastukseen ja kalatalouteen. Rakentamisen aikana kalastus voi joillain alueilla estyä kokonaan ja samentuminen voi aiheuttaa muun muassa pyydysten likaantumista, jolla voi olla vaikutusta kalansaaliisiin. Näitä vaikutuksia on esitetty tarkemmin luvussa 6.

17.3.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli hanketta ei toteuteta (VE0), jäävät hankkeen myötä syntyvät merkittävät positiiviset talous- ja työllisyysvaikutukset toteutumatta. Toisaalta tällöin myös rakentamisen aikaiset haitat kalastukselle sekä mahdolliset haitat ja hyödyt luontomatkailulle jäävät toteutumatta.

17.4 Yhteisvaikutukset

Hankealueen luoteiskulmasta (VE1) lyhimmillään 3 kilometriä luoteeseen Ruotsin puolella on suunnitteilla 70–120 voimalasta koostuva merituulivoimapuisto (Polargrund, Skyborn Renewables). Lähimmät muut suunnitteilla olevat merituulivoimahankkeet sijaitsevat noin 20–30 kilometrin etäisyydellä. Epävarmuutta yhteisvaikutusten arviointiin tuo suunnitteilla olevien hankkeiden aikatauluihin kohdistuva epävarmuus. Tuulivoimahankkeista aiheutuvat kalastukseen kohdistuvat haitalliset yhteisvaikutukset voivat olla merkittäviä, sillä troolikalastus voi kokonaan estyä tuulivoimaloiden sijoittamisesta johtuen. Hallan merituulivoimapuiston alueella on kuitenkin vain vähän troolikalastusta. Kalastuksen määrä ei ole tiedossa myöskään muiden hankkeiden alueilla, joten tässä vaiheessa yhteisvaikutuksia on vaikea arvioida tarkemmin. Kaapelireittien alueella kalastukselle aiheutuvat haittavaikutukset voivat olla vähäisiä tai kohtalaisia valitusta kaapelien asennus- ja suojaustavasta riippuen.

Johtuen Hallan sijainnista talousvyöhykkeellä, kuntiin kohdistuu suoria kiinteistöveroja tämänhetkisen lainsäädännön mukaan vain maalle rakennettavista sähköasemarakennuksista. Näin ollen mahdollisista muista vastaavista hankkeista ei synny paikallisen tason suoria kiinteistöverotuloja.

17.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Hallan hankkeella arvioitiin olevan merkittäviä positiivisia aluetaloudellisia vaikutuksia. Suunnittelun, rakentamisen ja käytöstä poiston ajalta vaikutus arvioitiin VE1 ja VE2 hankevaihtoehdoissa *kohtalaisen positiiviseksi* ja tuotannon ajalta *positiivinen* vaikutus arvioitiin *suureksi*. Ero muutoksen suuruudessa johtuu vero- ja työllisyysvaikutusten painottumisesta tuotantoon, eli toiminnan aikaisiin vaikutuksiin. Kohteen herkkyys arvioitiin molempien hankevaihtoehtojen koko elinkaaren osalta kohtalaiseksi johtuen ennen kaikkea rakentamisen aikaisista, mahdollisista lievistä negatiivisista ulkoisvaikutuksista hankealueen kalataloudelle.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 17-12. Vaikutusten merkittävyys talouteen ja elinkeinoihin eri hankevaihtoehdoissa suunnittelun, rakentamisen ja käytöstä poiston aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen									
	Kohta-lainen					VE0		VE1 VE2		
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Taulukko 17-13. Vaikutusten merkittävyys talouteen ja elinkeinoihin eri hankevaihtoehdoissa toiminnan aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen									
	Kohta-lainen					VE0			VE1 VE2	
	Suuri									
	Erittäin suuri									

17.6 Arvioinnin epävarmuudet

Hankkeen talous- ja elinkeinovaikutuksia arvioitaessa epävarmuutta lisää se, että hanke on varsin alkuvaiheessa, jolloin laskennan lähtötiedot on esitetty hyvin yleisellä tasolla. Hankkeen työllisyysvaikutusten ja taloudellisten vaikutusten merkittävyys ja alueellinen kohdistuminen riippuvat olennaisesti tuulivoimatoimijan tekemistä valinnoista, suomalaisesta kyvykkyydestä tarjota ulkomerialueen tuulivoimarakentamista sekä alueen palvelutarjonnasta koskien materiaalien ja urakoiden toimitusketjuja. Suomessa toimivien tuulivoimapuistojen työllistävyydestä ja aluetaloudellisista vaikutuksista on vasta vähän systemaattisesti kerättyä tietoa. Lisäepävarmuutta arviointiin tuo se, että suunniteltu Hallan merituulivoimapuisto on yksi Suomen ensimmäisistä tämän kokoluokan merituulivoimapuistoista, joten vastaavantyyppisistä hankkeista ei ole olemassa kerättyä tietoa toteutuneista talous- ja elinkeinovaikutuksista.

Suurten merituulivoimahankkeiden osalta voi olla hankkeen alkuvaiheessa vaikea saada kattavaa kokonaiskuvaa siitä, mikä on hankkeen lopullinen hyöty hankkeen lähialueelle tai koko Suomelle.

Työllisyysvaikutuksia syntyy muun muassa suunnittelusta, rakentamisesta ja kuljetuksista sekä tuotannonaikaisesta huollosta ja ylläpidosta. Hankkeet myös työllistävät välillisesti, sillä työntekijät ja urakoitsijat tarvitsevat erilaisia palveluita, laitteita ja tuotteita. Taloudellisten etujen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

suhteen on tärkeää pohtia esimerkiksi, kuinka paljon hanke ja muut Pohjanlahden merituulivoimahankkeet synnyttävät investointeja ja esimerkiksi satamainfran kehittämistä. Lisäksi tulee arvioida myös muun paikallisen tai alueellisen infrastruktuurin (mm. uusia satamia, tie-, raide-, sähkö, tietoliikenneyhteyksiä) kehittämistä tai alueen merellisen matkailun edellytyksien (mm. virkistyskalastus- ja metsästysmatkailu) kehittämistä. Vaikutusarviointia tehdessä ei ole ollut vielä selvillä siirretäänkö hankkeen loppuhyödykkeet (sähkö ja/tai vety) paikalliseen tai alueelliseen käyttöön vai kenties ulkomaille. Nämä edellä mainitut talouteen vaikuttavat mekanismit eivät ole olleet vielä YVA-menettelyn aikana selvillä, mikä tuo arviointiin epävarmuutta.

17.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Mahdollisia tuulivoimahankkeesta muihin elinkeinoihin kohdistuvia haitallisia vaikutuksia voidaan lieventää hankkeen suunnittelu- ja operointivaiheen aikaisella vuoropuhelulla hankevastaavan ja paikallisten elinkeinojen edustajien ja asukkaiden välillä.

Hankkeen hyväksyttävyyden näkökulmasta on olennaista, että mahdollisimman suuri osa hankkeesta muodostuvista positiivisista talousvaikutuksista kohdistuisi lähiseudulle. Tämän vuoksi on suositeltavaa pyrkiä etenkin hankkeen käyttövaiheessa hyödyntämään alueen yritysten ja työntekijöiden osaamista ja työpanosta. Tuulivoima-alan tulee panostaa yhdessä koulutussektorin kanssa alan osaamisen synnyttämiseen Suomessa.

Hankkeen vesistörakentamisen ajankohdalla sekä voimaloiden sijoittelulla voidaan vähentää kalastuselinkeinoon kohdistuvia haittoja. Lisäksi on pohdittu merituulivoima-alueiden mahdollisuuksia toimia ns. yhteiskäyttöalueina ja sen kautta esimerkiksi MariPark-konseptien luomisen alustana, missä esimerkiksi kalankasvatusta voitaisi harjoittaa merituulivoimapuiston alueella. Nämä ovat kuitenkin vasta kehitysasteella Suomessa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

18 LUONNONVARAT

YHTEENVETO:

- Luonnonvarojen hyödyntämisen näkökulmasta merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon vaikutukset ovat suurimmillaan hankkeen rakentamisvaiheessa, jolloin käytetään runsaasti erilaisia luonnonvaroja sekä energiaa eri rakenneosien valmistukseen ja rakentamiseen.
- Merituulivoimapuisto mahdollistaa tuulen hyödyntämisen energiantuotantoon tuottamalla joko sähköä, vetyä tai molempia. Merivedestä voidaan tuottaa fossiilivapaata vetyä, joka vastaa myös tarpeeseen säästää niukkoja makean veden luonnonvaroja.
- Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon rakentamiseen tarvitaan erityisesti kiviaineksia, betonia ja terästä, joiden lisäksi tarvitaan monipuolisesti muitakin materiaaleja. Rakenneosien valmistamisessa käytettävien materiaalien valmistaminen edellyttää suuria määriä raaka-aineita sekä energiaa, mistä aiheutuu ympäristövaikutuksia.
- Rakentamisen aikainen merenpohjan ruoppaus ja läjitys voi aiheuttaa muutoksia veden laatuun ja aiheuttaa sen samentumista. Muutokset laadussa ja sameutumisessa voivat haitata luonnonvarasta saatavia välittömiä ja välillisiä hyötyjä esimerkiksi virkistyskäytössä tai elinympäristönä kalastolle.
- Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon rakenteiden huolto- ja korjaustoimenpiteet edellyttävät luonnonvarojen käyttöä ja energiaa vastaavalla periaatteella kuin rakentamisvaiheessa, mutta vaikutukset ovat kokonaisuutena huomattavasti pienempiä.
- Hankkeen elinkaaren viimeinen vaihe on sen käytöstä poisto sekä rakenneosien ja materiaalien kierrättäminen ja jätteiden käsittely. Tällä hetkellä tuulivoimalan materiaaleista suurin osa, etenkin metallit, ovat helposti kierrätettävissä. Suurimman haasteen kierrätykselle aiheuttavat lasi- tai hiilikuitukomposiiteista tehdyt roottorin lavat, mutta alalla tapahtuvan jatkuvan kehityksen vuoksi on oletettavaa, että tuulivoimapuiston käytöstä poiston aikana kierrätettävyys on huomattavasti vakiintuneempaa.
- Huomioitaessa hankevaihtoehtojen vaatimat materiaalimäärät VE2:n vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen ovat hieman suuremmat kuin VE1:n, koska tehokkaammat voimalat ovat kooltaan isompia, jolloin rakenneosien valmistamisessa tarvitaan enemmän luonnonvaroja sekä energiaa. Ruoppausmäärä on suurempi VE1:ssa voimaloiden määrän ollessa suurempi.
- Materiaalikulutuksen näkökulmasta sähköntuotannolla on vedyntuotantoa suuremmat vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen sen kuluttaessa enemmän materiaaleja. Sähköä tuotettaessa rakentamisvaiheen aikainen ruoppausmäärä ja sitä myötä vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen ovat myös merkittävästi suuremmat kuin vetyä tuotettaessa. Toiminnan aikana vedyntuotannon vaikutukset ovat suuremmat meriveden kulutuksen vuoksi.
- Merikaapelireiteistä pisimmän (MVE1) arvioitiin aiheuttavan eniten negatiivisia vaikutuksia luonnonvaroihin materiaalitarpeen ja merenpohjan muokkauksen alan kasvaessa.

18.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Luonnonvara tarkoittaa kaikkea luonnossa olevaa, mitä ihminen kykenee hyödyntämään, esimerkiksi materiaalit, joista ihminen valmistaa esineitä. Luonnonvaroja on uusiutumattomia ja uusiutuvia riippuen siitä, onko kyseessä rajallinen varanto. Toinen jako voidaan tehdä aineettomien ja aineellisten luonnonvarojen välillä. Uusiutumattomia luonnonvaroja ovat esimerkiksi fossiiliset polttoaineet ja metallit. Tuuli ja metsät ovat puolestaan esimerkkejä uusiutuvista luonnonvaroista. Tuuli on aineeton ja metsä aineellinen luonnonvara.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimapuiston ja merikaapelin tai vetyputken rakentamisesta aiheutuu luonnonvarojen hyödyntämiseen kohdistuvia vaikutuksia sekä luonnonvarojen käytön mahdollistumisesta että estymisestä johtuen. Luonnonvarojen hyödyntämistä tarkasteltiin muun muassa hankkeen tarvitsemien materiaalien kulutuksen näkökulmasta sekä hankkeen vaikutuksista muiden luonnonvarojen hyödyntämiseen. Hanke voi vaikuttaa luonnonvarojen hyödyntämiseen myös ihmisiin ja elinkeinoihin kohdistuvien vaikutusten kautta.

Hanke vaikuttaa luonnonvarojen hyödyntämiseen myös mahdollistamalla aineettoman luonnonvaran, tuulen, hyödyntämisen sähkön- tai vedyntuotantoon. Vetyä tuotettaessa mahdollistetaan myös meriveden hyödyntäminen energiantuotantoon. Arvioinnissa huomioitiin myös hankkeen mahdolliset vaikutukset muiden lähiseudulle suunniteltujen tuulivoimahankkeiden kannalta.

Tässä osiossa käsitellään hankkeen vaikutuksia luonnonvarojen hyödyntämiseen, joko estymisen tai mahdollistumisen näkökulmasta. Hankkeen toteuttamiseen tarvittavien ajoneuvojen ja työkoneiden vaatima polttoainekulutus on huomioitu ilmastolaskennassa luvussa 13, eikä polttoaineiden määrälaskelmaa tehdä tässä osiossa. Luonnonvaroista vesiympäristön (luku 5) sekä maa- ja kallioperän ja pohjaveden (luku 7) vaikutusarviot on tehty erikseen, ja niiden osalta tässä luvussa huomioidaan vain käytettävät materiaalit.

Hankkeen suorat vaikutukset luonnonvaroihin:

- Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon rakenteiden tarvitsemat materiaalit. Tarkastelussa on arvioitu merituulivoimapuiston sekä sähkön- tai vedyntuotannon rakentamisen vaatimien materiaalien tarvetta.
- Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon rakentamisen vaikutus alueen luonnonvaroihin ja niiden hyödyntämiseen. Vaikutuksia on arvioitu selvittämällä merenpohjan muokkauksen ja meriveden hyödyntämisen vaikutuksia.
- Vaikutukset luonnonvaroja hyödyntävään elinkeinoelämään (maa-aineksenottoalueet).
- Vaikutukset luonnonvaroja hyödyntävään virkistyskäyttöön. Kaukana avomerellä sijaitsevan merituulivoimapuiston alueella ei ole merkittävää virkistyskäyttöä, mutta merikaapelien tai vetyputken alueella lähempänä rannikkoa ja saaristoa voidaan muun muassa veneillä ja purjehtia.
- Hankkeen myötä muodostuvan jätteen määrä ja kierrätettävyys. Hankkeen vaikutusten arvioinnin osana on selvitetty merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon rakentamisesta, huoltamisesta ja purkamisesta muodostuvan jätteen määrä ja hyödyntämismahdollisuuksia.

Hankkeen välilliset vaikutukset luonnonvaroihin:

- Merituulivoimapuiston mahdollistama uusiutuvan tuulivoiman hyödyntäminen energiantuotannossa. Hanke tukee Suomen tavoitetta saavuttaa hiilineutraalius vuonna 2035.

Hankkeen vaikutuksia luonnonvaroihin ovat arvioineet alan kokeneet asiantuntijat.

18.2 Nykytila

Merituulivoimapuiston ja merikaapelireittien alueilla hyödynnetään luonnonvaroja siten, että siellä harjoitetaan ammatti- ja virkistyskalastusta luvussa 6.2 kuvatulla tavalla. Lisäksi etenkin rannikkojen läheisyydessä vesialueita voidaan hyödyntää veneilyyn, purjehtimiseen, ja muuhun virkistykseen.

Suomen merialueilla on kartoitettu lähes kaikki potentiaaliset hiekka- ja sora-ainesten esiintymisalueet mantereelta merialueille jatkuviin harjumuodostumiin ja Salpausselkiin liittyen. Kartoitukset ovat rajoittuneet pääosin Suomen aluevesille ja talousvesivyöhykkeeltä niitä on tehty vain vähän (*Ympäristöministeriö 2021b*). Hallan merituulivoimahankkeen merikaapelireitin MVE2 kohdalle tai läheisyyteen sijoittuu Tauvon edustalla sijaitseva hiekka- ja sora-ainesten esiintymisalue, jolla ei ole voimassa olevaa maa-ainesten ottolupaa. Alueen laajuus on 200 ha ja maa-ainesmäärä arviolta 300 000–500 000 m^3. Merialueiden hiekka- ja soravarantojen hyödyntämisellä voidaan muun muassa varmistaa tarvittavan maa-aineksen saatavuus sekä välttää

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

maa-alueilla tapahtuvan maa-aineksenoton ulottamista pohjavedenpinnan alapuolelle. (*Morenia Oy & FCG Planeko Oy 2009*) Muita hiekka- tai soravarantoalueita ei ole hankkeen lähialueella noin 20 kilometrin säteellä. Yleisesti merellä vain pieni osa hiekasta ja sorasta on tosiasiassa hyödynnettävissä, eikä tällä hetkellä ole tiedossa hanketta, jossa kaapelireittien lähialueen varantoja hyödynnettäisiin. Hankkeen merialueelle tarvittava maa- ja kiviaines tuodaan lähtökohtaisesti mantereelta.

Merikaapelireitin MVE1 ja vetyputkireitin VVE1 rantautumisalueella on kaksi toiminnassa olevaa tuulivoimapuistoa, Raahen Tuulienergia Oy:n Elkon tuulivoimapuisto (2 tuulivoimalaa) ja Suomen Hyötytuuli Oy:n Kuljunniemen tuulivoimapuisto (5 tuulivoimalaa). Merikaapelin tai vetyputken rakentamisella ei ole vaikutuksia tuulivoimapuistojen toimintaan, kun rantautumispaikat eivät sijoitu suoraan yksittäisten tuulivoimaloiden sijainneille.

18.3 Vaikutusten arviointi

18.3.1 Merituulivoimaloiden, voimajohtojen ja vetyputkistojen valmistamisen materiaalit

Hankkeessa käytettävä merituulivoimaloiden tornityyppi valikoituu käytettävän voimalamallin perusteella, mutta merituulivoimaloiden tornit ovat tyypillisesti terästorneja, minkä lisäksi voimaloiden konehuoneessa käytetään myös esimerkiksi alumiini- ja kuparikomponentteja. Roottorin lavat ja konehuoneen rakennus valmistetaan yleisimmin komposiittimateriaaleista, joissa käytetään yleensä lasi- ja hiilikuituja sisältävää komposiittia. Lasi- ja hiilikuitukomposiiteille ollaan kehittämässä myös korvaavia materiaaleja. Lisäksi merituulivoimaloissa käytetään kemikaaleja ja öljyjä arviolta noin 25 000 litraa/voimala.

Merituulivoimalat asennetaan meriperustukselle, joka voi olla pohjan ominaisuuksien mukaan betoni- tai teräsrakenteinen gravitaatio- eli painovoimaperustus, teräsristikkorakenteinen perustus, hybridigravitaatioperustus tai teräsrakenteinen paaluperustus. Perustustapoja on kuvattu tarkemmin luvussa 1.5. Voimaloiden perustuksiin tarvittavan kiviaineksen määrät ovat suuria ja ne riippuvat sekä perustamistavasta, joka päätetään tarkempien maaperätutkimusten perusteella, että paikallisista olosuhteista, mutta periaatteena on kuitenkin minimoida tarvittavan kiviaineksen määrä kussakin olosuhteessa. Merituulivoima-alueelle tarvittava maa- ja kiviaines tuodaan lähtökohtaisesti mantereelta meriteitse. Merenpohjan ruopattavat sedimentit on tarkoitus läjittää rakennettavan puiston alueelle erikseen osoitettaville läjitysalueille tai mahdollisuuksien mukaan sedimentit siirretään rakennuspaikan välittömään läheisyyteen, jolloin niitä voidaan hyödyntää rakentamisessa.

Merituulivoimapuiston tuottaessa sähköä merikaapelit asennetaan merenpohjaan ja ennen kaapelin laskua merenpohjaa joudutaan mahdollisesti muokkaamaan kaapeliojan tekemiseksi. Kaapeloinnissa käytetään painavaa pohjalle laskeutuvaa merikaapelia, joka rakentuu useista eri materiaaleja sisältävistä komponenteista. Kaapelit ja suojaputket suojataan tarpeen mukaan esimerkiksi betonilla, kiviaineksilla tai laatoilla. Suojaaminen voi edellyttää paikoin myös pienimuotoista louhintaa. Merituulivoimapuiston sisäiset kaapelit haudataan merenpohjaan suihkuttamalla, eikä suojausta tarvita. Merisähköasemien rakentaminen edellyttää myös pohjan muokkausta sekä rakennusmateriaaleja. Merisähköaseman perustuksen koko ja siihen kuluvat materiaalit riippuvat valitusta perustustyypistä samaan tapaan kuin merituulivoimaloissa.

Vedyntuotanto voidaan toteuttaa eri tavoilla, jotka on esitetty teknisessä kuvauksessa. Vaikutusarviossa on arvioitu vaikutukset luonnonvaroihin siinä tapauksessa, jossa vety tuotetaan kahdeksalla erillisellä meriasemalla, joiden rakentaminen vaatii eniten pohjan muokkausta ja rakennusmateriaaleja tuotantovaihtoehdoista. Vetyaseman perustus riippuu valitusta perustustyypistä, joita ovat samat vaihtoehdot kuin merituulivoimaloilla ja sähköasemilla. Vety kuljetetaan mantereelle vetyputkistoa pitkin, jonka on oletettu olevan muovia. Vedyn varastointi on esitetty YVA-selostuksen B-osassa sen sijoitteussa mantereelle.

Merituulivoimaloiden, sähköntuotannon ja vedyntuotannon päärakenneosat ja -materiaalit on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 18-1). Tiedot materiaalimääristä ovat pääosin

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

hankekehittäjältä (viitattu *OX2 2023* tai *OX2 2024*) tai muista taulukossa esitetyistä lähteistä. On huomioitavaa, että taulukossa esitetyt arviot ovat suurimpia arvioituja materiaalimääriä, ja esimerkiksi tuulivoimaloiden perustuksiin käytettävien kiviainesten määrään voidaan vaikuttaa merkittävästi teknisellä suunnittelulla. Merituulivoimapuistossa voidaan tuottaa joko sähköä, vetyä tai molempia, ja materiaalitarve on suurimmillaan tilanteessa, jossa tuotetaan 100 % sähköä. Kiviainesten tarve on arvioitu vain sähköntuotannon kokonaisuudelle kuvastamaan maksimivaikutusta.

*Taulukko 18-1. Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon päärakenneosat ja -materiaalit ja arvioitu massa. *Alkuaineet: alumiini, boori, kromi, kupari, dysprosium, rauta, mangaani, molybdeeni, neodyymi, nikkeli, praseodyymi, terbium ja sinkki.*

Rakenneosa	**Materiaali**	**Massa**
Merituulivoimala		
Perustus	Kiviainekset	9 000–10 000 t/voimala (*OX2 2024*)
Perustus	Betoni	243 000 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Perustus, torni	Teräs	119 500 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Napa, lavat	Polymeerit	4 600 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Lavat, napa	Lasi-/hiilikuitukomposiitit	8 100 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Torni, napa, lavat	Alkuaineet	21 109 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
100 % sähköntuotanto		
Merisähköasema		
Perustus	Betoni	7 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Perustus	Teräs	1 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Sähköasema	Teräs	1 750 t/sähköasema (*OX2 2023*)
Merituulivoimapuiston sisäinen sähkönsiirto		
Merikaapelit	Teräs, alumiini, kupari	2 kg/m (*Fingrid 2015*)
Merituulivoimapuiston ja mantereen välinen sähkönsiirto		
Merikaapelit	Teräs, alumiini, kupari	2 kg/m (*Fingrid 2015*)
Suojaus	Kiviainekset	2 740 000 t/yht. (*OX2 2024*)
100 % vedyntuotanto		
Merivetyasema		
Perustus	Betoni	7 000 t/perustus (*OX2 2023*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Rakenneosa	Materiaali	Massa
Perustus	Teräs	1 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Vetylaitos	Teräs	1 750 t/sähköasema (*OX2 2023*)
Vetyputket		
Vientiputket	Muovi	18 400 t (*OX2 2023*)
Merituulivoimapuiston putket	Muovi	21 300 t (*OX2 2023*)

Kokonaan sähköä tuottavan merituulivoimapuiston rakennusosien yksikkömassojen perusteella on laskettu eri reittivaihtoehdoille viitteellinen materiaalimäärä, joka kuvastaa suurinta arvioitua materiaalikulutusta. Määrälaskennassa merisähköasemien määräksi on arvioitu kahdeksan. Merituulivoimapuiston sisäiseen sähkönsiirtoon on laskettu yksi kaapeli kulkemaan jokaisen tuulivoimalan välillä. Sähkönsiirtoon mereltä mantereelle tarvittavien merikaapelien määrä on yhteensä 10. Merikaapeleita voidaan sijoittaa korkeintaan viisi yhdelle reitille, paitsi MVE1:lle voidaan sijoittaa kaikki tarvittavat 10 merikaapelia. Eri reittivaihtoehtojen pituudet on arvioitu suurpiirteisesti karttatarkastelun perusteella. Arviossa on oletettu, että kaikki merikaapelireitit peitetään kiviaineksilla, vaikka todellisuudessa 15 metriä syvemmälle sijoittuvia kaapeliosuuksia ei peitetä. Rakentamisen vaatimat suuntaa antavat raaka-ainemäärät eri hankevaihtoehdoille on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 18-2).

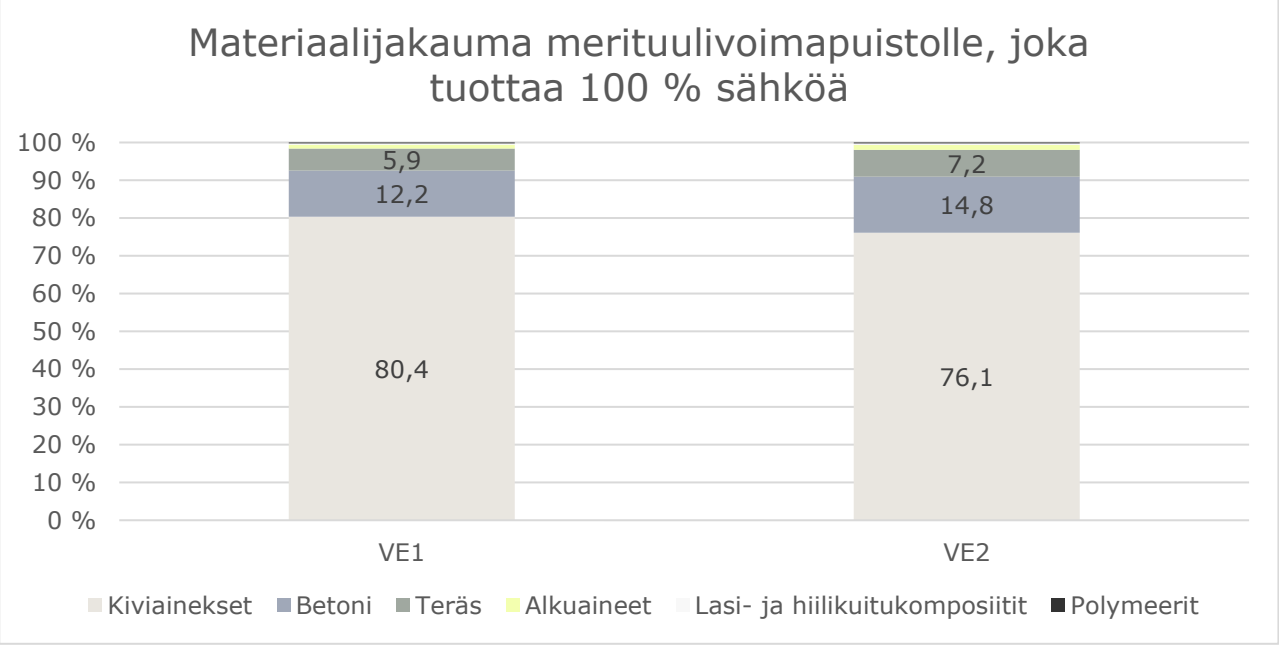
*Taulukko 18-2. Suuntaa antava arvio merituulivoimapuiston, joka tuottaa 100 % sähköä, vaatimasta suurimmasta materiaalimäärästä. *Alkuaineet: alumiini, boori, kromi, kupari, dysprosium, rauta, mangaani, molybdeeni, neodyymi, nikkeli, praseodyymi, terbium ja sinkki.*

Merituulivoimapuisto	**VE1**	**VE2**
Merituulivoimaloiden lkm.	**160**	**120**
Merituulivoimaloiden teho [MW]	15	25
Kiviainekset yhteensä [t]	1 476 000	1 300 000
Betoni yhteensä [t]	583 200	729 000
Teräs yhteensä [t]	286 800	358 500
Polymeerit yhteensä [t]	11 040	13 800
Lasi-/hiilikuitukomposiitit yhteensä [t]	19 200	24 000
Alkuaineet yhteensä* [t]	50 660	63 327
Kokonaismateriaalimäärä merituulivoimaloille [t]	**2 426 900**	**2 488 627**
100 % sähköntuotanto	**VE1**	**VE2**
Merisähköasemien max. lkm.	**8**	**8**
Betoni yhteensä [t]	56 000	56 000

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimapuisto	**VE1**	**VE2**
Merituulivoimaloiden lkm.	**160**	**120**
Teräs perustuksiin yhteensä [t]	8 000	8 000
Teräs sähköasemaan yhteensä [t]	14 000	14 000
Merituulivoimapuiston sisäisen sähkönsiirron pituus voimaloiden välillä [km]	1,9	2,2
Teräs, alumiini, kupari yhteensä [t]	610	530
Merituulivoimapuiston ja manteereen välinen sähkönsiirto [km]	35–40	35–40
Merikaapelien määrä	10	10
Teräs, alumiini, kupari yhteensä [t]	700–800	700–800
Kiviainekset yhteensä [t]	2 740 000	2 740 000
Kokonaismateriaalimäärä sähköntuotannolle [t]	**2 819 310–2 819 410**	**2 819 230–2 819 330**
Kokonaismateriaalimäärä 100 % sähköä tuottavalle merituulivoimapuistolle [t]	**5 246 210–5 246 310**	**5 307 850–5 307 950**

Hankevaihtoehtojen kokonaismateriaalimäärien materiaalijakaumat sähköä tuottavalle merituulivoimapuistolle on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 18-1).



Kuva 18-1. Materiaalijakauma merituulivoimapuistolle, joka tuottaa 100 % sähköä. Kuvaajissa on käytetty eri merikaapelireittivaihtoehtojen kokonaismateriaalimäärän keskiarvoa. Merikaapelien materiaalit on sisällytetty kokonaisuudessaan alkuaineisiin. Alle kahden prosentin osuuksia ei ole esitetty lukuarvoina.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

18.3.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Luonnonvarojen hyödyntämisen näkökulmasta merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon vaikutukset ovat suurimmillaan hankkeen rakentamisvaiheessa. Merituulivoimaloiden sekä sähkön- tai vedyntuotannon rakenneosien ja perustusten valmistamisessa käytettävien materiaalien valmistamiseen tarvitaan suuria määriä raaka-aineita sekä energiaa, mistä aiheutuu ympäristövaikutuksia esimerkiksi metallien louhimisesta. Ympäristövaikutusten suuruuteen vaikuttavat tuottamisessa käytetyt toimintatavat sekä käytettävän energian tuotantotapa. Hankkeen rakentamisessa käytetään runsaasti erilaisia työkoneita ja -aluksia, joiden käyttäminen edellyttää niin ikään luonnonvaroja niin materiaalina kuin energiana.

Rakentamisen aikana ruopattavia maamassoja arvioitiin hankealueella olevan enimmillään tilanteessa, jossa merituulivoimapuisto tuottaa 100 % sähköä ja hankkeen jokainen tuulivoimala sekä sähköasemat toteutetaan painovoimaperustuksella. Tällöin ruopattavia massoja on enintään noin 3 000 000 m^3. Siirtokaapelin vaatimien ruoppausmäärien arvioitiin olevan enimmillään 1 200 000 m^3. Meriläjitysalueet sijoitetaan merituulivoimapuiston alueelle ja lähelle kaapelireittejä. Ruoppaus- ja läjitystoiminta voivat vaikuttaa hetkellisesti veden laatuun ja samentumiseen haitaten luonnonvaran välittömiä ja välillisiä hyötyjä esimerkiksi virkistyskäytössä tai elinympäristönä kalastolle.

Merikaapelireitin MVE2 kohdalle tai sen läheisyyteen sijoittuu Tauvon edustan hiekka- ja soraainesten esiintymisalue (kts. luku 7.2.3). Mikäli merikaapelireitti sijoittuisi kulkemaan esiintymisalueen läpi, se voisi se estää hiekka- ja soravarannon mahdollisen hyödyntämisen tulevaisuudessa, käsittäen arviolta korkeintaan 500 000 m^3. Muiden merikaapeli- tai vetyputkireitin rakentamisella ei ole vaikutuksia hiekka- tai soravarantoalueisiin tai niiden hyödyntämiseen.

Merikaapeleiden tai vetyputken rakentamisen aikana alueet voivat olla turvallisuussyistä pois virkistyskäytöstä, joka rajoittaa hetkellisesti luonnonvarojen hyödyntämistä esimerkiksi veneilyyn.

18.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston oletettu käyttöikä tulevaisuudessa on 35–40 vuotta, jonka aikana hanke mahdollistaa tuulen hyödyntämisen energiantuotantoon. Käyttöikä varmistetaan toiminnan aikaisilla huolto- ja korjaustoimenpiteillä, jotka edellyttävät luonnonvarojen käyttöä materiaalina ja energiana vastaavalla periaatteella kuin rakentamisvaiheessa, mutta vaikutukset ovat kokonaisuutena huomattavasti pienempiä. Myös sähkön- tai vedyntuotannon rakenteet ja laitteistot vaativat vastaavasti käytön aikana huolto- ja korjaustoimenpiteitä.

Vedyntuotantoon hyödynnetään merivettä päivittäin lähes 5 500 m^3 (elektrolyysin vedentarve) tuulivoimapuiston tuottaessa pelkkää vetyä. Vesi on luonnonvarana uusiutuva, mutta rajallinen. Rajallisuus on uhkana lähinnä makean veden saannille, sillä 97 % maailman vesivaroista on merivettä. Elektrolyysi, jossa fossiilivapaata vetyä voidaan tuottaa hajottamalla vettä vedyksi ja hapeksi, on suotuisampaa luonnonvarojen näkökulmasta kuin fossiilisesta alkuperästä valmistettu vety. Samoin vedyn tuotanto merivedestä kuluttaa vähemmän niukkoja luonnonvaroja verrattuna tuotantoon makeasta vedestä. Vedyntuotannon sivutuotteena syntyvä suolavesi lasketaan takaisin mereen, mikä voi paikallisesti ja hetkellisesti nostaa veden suolapitoisuutta. Ilmiö on marginaalinen merialueella eikä siitä arvioida olevan haittaa luonnonvarojen näkökulmasta. Vedyntuotannon myötä meriveteen kohdistuu myös pientä lämpökuormaa, mutta sen vaikutusten ei arvioida olevan merkittävä luonnonvarojen hyödyntämisen näkökulmasta.

Merikaapelireitin MVE2 sijoittuessa hiekka- ja sora-ainesten esiintymisalueelle, voi arviolta korkeintaan 500 000 m^3 hiekka- ja soravarannon hyödyntäminen estyä jopa kokonaan kaapelin käyttöiän aikana.

18.3.4 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon elinkaaren viimeinen vaihe on käytöstä poisto sekä laitteiden ja materiaalien kierrättäminen ja jätteiden käsittely. Purkamisen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

työvaiheet ja kalusto sekä niiden energiantarve ovat vastaavan tyyppisiä kuin rakennusvaiheessa. Tuulivoimaloiden sekä merisähkö- ja merivetyasemien perustukset poistetaan tarvittaessa kokonaan tai osittain. Myös merikaapelit ja vetyputket voidaan käyttövaiheen päätyttyä poistaa. Merenpohjassa olevien rakenteiden poistaminen voi vaikuttaa hetkellisesti veden laatuun ja samentumiseen haitaten luonnonvaran hyödyntämistä välittömästi tai välillisesti.

Mikäli merikaapelireitti MVE2 sijoittuisi hiekka- ja soravarantoalueelle, alue vapautuisi purkamisen myötä käyttöön merituulivoimapuiston toiminnan päättymisen jälkeen. Tällä ei arvioida olevan vaikutuksia hiekka- ja soraesiintymään tai sen hyödyntämiseen verrattuna tilanteeseen ennen merikaapelia.

Merikaapeleiden tai vetyputken purkamisen aikana alueet voivat olla turvallisuussyistä pois virkistyskäytöstä, joka rajoittaa hetkellisesti luonnonvarojen hyödyntämistä.

Hankkeella ei arvioitu olevan toiminnan jälkeisiä vaikutuksia alueen luonnonvarojen hyödyntämiseen

18.3.5 Kiertotalous ja jätteet

Luonnonvarojen ylikulutusta hillitään kiertotaloudella, jossa materiaaleja hyödynnetään resurssiviisaasti ja kestävästi siten, että ne pysyvät kierrossa pitkään ja turvallisesti. Viime vuosina kiertotaloutta on edistetty lainsäädäntötasolta alkaen, ja kansallinen jätelainsäädäntömme on päivitetty vastaamaan EU:n jätedirektiivin (EU 2018/851) vaatimuksia. Uuden jätelain (714/2021) tarkoituksena on muun muassa edistää kiertotaloutta ja luonnonvarojen käytön kestävyyttä sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta.

Jätteiden käsittely tulee toteuttaa jätehierarkian etusijajärjestyksen mukaisesti (jätelaki 646/2011 § 8):

1. Ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta.
2. Jos jätettä kuitenkin syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmisteltava jäte uudelleenkäyttöä varten.
3. Jos uudelleenkäyttö ei ole mahdollista, jäte on kierrätettävä.
4. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana.
5. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä.

Merituulivoimapuistot rakennetaan mahdollisimman pitkälle esikootuista osista, jolloin rakentamisen aikana muodostuva jätemäärä on melko pieni.

Toiminnan aikana jätteet muodostuvat merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon kunnossapidon jätteistä. Käytöstä poistetut materiaalit pyritään käsittelemään jätehierarkian etusijajärjestyksen mukaisesti. Esimerkiksi vaihteistoöljyt vaihdetaan muutaman kerran voimalan elinaikana, ja käytetty öljy voidaan kierrättää kirkkaana jäteöljynä.

Toiminnan päättyä merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon materiaalit voidaan hyödyntää ensisijaisesti kierrättämällä materiaalit takaisin raaka-aineeksi, kuten perustusten betoniosat voidaan murskata ja käyttää esimerkiksi maanrakennuksen täyteaineena. Kemikaalit käsitellään ja hävitetään asianmukaisesti kemikaalilainsäädännön edellyttämällä tavalla. Eri rakennusosien valmistamiseen tyypillisesti käytettävät materiaalit ja niiden kierrätettävyys on arvioitu oheisessa taulukossa (Taulukko 18-3).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

*Taulukko 18-3. Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon osien materiaalit ja arvio niiden kierrätettävyydestä. *Alkuaineet: alumiini, boori, kromi, kupari, dysprosium, rauta, mangaani, molybdeeni, neodyymi, nikkeli, praseodyymi, terbium ja sinkki. **Materiaalit voidaan teoriassa kierrättää lähes täysin materiaalina, mutta käytännössä perustusten purkaminen ei välttämättä ole kustannustehokas tai ympäristön kannalta järkevä ratkaisu. Esitetty kierrätysprosentti on se osuus perustuksesta, joka oletetaan poistettavan, ja sen oletetaan olevan täysin kierrätettävissä. Loppuosaa perustuksesta ei oleteta purettavan tai poistettavan merenpohjasta.*

Rakenneosa	**Materiaali**	**Kierrätettävyys (arvio)**	**Massa**
Merituulivoimapuisto			
Perustus	Kiviaines	10 %**	9 000–10 000 t/voimala (*OX2 2024*)
Perustus	Betoni	10 %**	243 000 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Perustus, torni	Teräs	90 %	119 500 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Napa, lavat	Polymeerit	50 %	4 600 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Lavat, napa	Lasi-/hiilikuitu-komposiitit	50 %	8 100 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Torni, napa, lavat	Alkuaineet	100 %	21 109 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
100 % sähköntuotanto			
Merisähköasema			
Perustus	Betoni	10 %**	7 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Perustus	Teräs	90 %	1 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Sähköasema	Teräs	100 %	1 750 t/sähköasema (*OX2 2023*)
Merituulivoimapuiston sisäinen sähkönsiirto			
Merikaapelit	Teräs, alumiini, kupari	100 %	2 kg/m (*Fingrid 2015*)
Merituulivoimapuiston ja mantereen välinen sähkönsiirto			
Merikaapelit	Teräs, alumiini, kupari	100 %	2 kg/m (*Fingrid 2015*)
Suojaus	Kiviainekset	10 %**	2 740 000 t/yht. (*OX2 2024*)
100 % vedyntuotanto			
Merivetyasema			

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Rakenneosa	Materiaali	Kierrätettävyys (arvio)	Massa
Perustus	Betoni	10 %**	7 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Perustus	Teräs	90 %	1 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Vetylaitos	Teräs	100 %	1 750 t/sähköasema (*OX2 2023*)
Vetyputket			
Vientiputket	Muovi	100 %	18 400 t (*OX2 2023*)
Merituulivoimapuiston putket	Muovi	100 %	21 300 (*OX2 2023*)

Merituulivoimalan ja sähkön- tai vedyntuotannon rakennusosat koostuvat pitkälti erilaisista metalleista, jotka voidaan hyödyntää lähes täysin uudelleen. Suurimman haasteen kierrätykselle aiheuttavat lasi- tai hiilikuitukomposiiteista tehdyt roottorin lavat. Komposiittimateriaalien kierrätystekniikat kehittyvät jatkuvasti, ja on odotettavissa, että Hallan merituulivoimapuiston käytöstä poistamisen aikaan tuulivoimalat ovat kokonaisuudessaan kierrätettävissä ja nykyisin hankalasti kierrätettävissä olevat materiaalit voidaan hyödyntää tehokkaasti. Esimerkiksi KiMuRa-hankkeessa luodun komposiittijätteen käsittelypolun seurauksena noin puolet materiaalista voidaan kierrättää raaka-aineeksi ja loput hyödyntää energiantuotantoon (*Vaasan Sähkö 2024*). Maanalaiset teräsbetoniperustukset ja perustuksissa käytettävät kiviainekset ovat periaatteessa poiskaivettavissa ja kierrätettävissä, mutta pitkien etäisyyksien päässä sijaitsevien perustusten hyödyntämisen (poiskaivaminen, kuljettaminen, murskaus ja kuljetus hyödyntämispaikalle) ei ole välttämättä teknis-taloudellisesti tai ympäristön kannalta järkevää. On esimerkiksi mahdollista, että perustusten ympärille on ehtinyt tuulivoimapuiston toiminnan aikana syntyä uusi elinympäristö vedenalaisille habitaateille, jolloin perustusten poistaminen poistaa elinympäristön.

18.3.6 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli hanketta ei toteuteta, sen positiiviset ja negatiiviset vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen jäävät syntymättä.

18.4 Yhteisvaikutukset

Tuotannossa olevilla tuulivoimapuistoilla ei ole merkittäviä yhteisvaikutuksia Hallan merituulivoimapuiston kanssa hankkeen toteutuessa. Tuotannossa olevat tuulivoimapuistot mahdollistavat uusiutuvan luonnonvaran, tuulen, hyödyntämisen energiantuotannossa. Muita tuotannon aikaisia vaikutuksia luonnonvarojen hyödyntämiseen aiheutuu lähinnä huolto- ja korjaustoimenpiteisiin kuluvista materiaaleista, joiden määrän ei arvioitu olevan merkittävä.

Merikaapelireitin MVE1 ja vetyputkireitin VVE1 rantautumisalueella SSAB:n tehdasalueen edustalla on suunnitteilla myös Maanahkiaisen merituulivoimapuiston merikaapelin rantautumisvaihtoehto. Useamman hankkeen toteutuessa kuluu enemmän luonnonvaroja sekä vaatii laajemman ranta-alueen muokkausta. Rantautumisalue on kuitenkin pitkälti jo teollisuuskäytössä.

Suunnitteluvaiheessa olevat merituulivoimahankkeet sekä maalla että merellä vaativat toteutuessaan luonnonvaroja samankaltaisilla periaatteilla kuin Hallan merituulivoimapuisto. Suurimmat vaikutukset luonnonvaroihin aiheutuvat hankkeen rakentamisen aikana kuluvan materiaalin ja energian sekä merenpohjan ruoppauksen ja läjityksen myötä. Hankkeiden samanlaiset vaikutukset, luonnonvarojen ja materiaalien kulutus, aiheuttavat kertautuvia yhteisvaikutuksia. Luonnonvarojen näkökulmasta olisi suotuisaa, jos hankkeet eivät olisi rakennusvaiheessa yhtä

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

aikaa, jotta varmistetaan mahdollisimman pitkälle erityisesti lähialueilta saatavien materiaalien, esimerkiksi kiviainesten, riittävyys kaikkiin hankkeisiin. Näin myös ruoppauksesta aiheutuvat veden laadun ja sameuden muutokset eivät kohdistuisi vesistöön samanaikaisesti.

18.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Hankevaihtoehdon VE2 vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen ovat hieman suuremmat kuin vaihtoehdossa VE1 suurempien voimaloiden takia, vaikka voimalamäärä on pienempi vaihtoehdossa VE2 kuin vaihtoehdossa VE1. Toisaalta vaihtoehdossa VE1 ruopattavan aineksen määrä on suurempi kuin vaihtoehdossa VE2.

Sähköntuotannolla on rakennusvaiheessa suuremmat vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen materiaalikulutuksen näkökulmasta, kuin vedyn tuotannolla. Sähköä tuotettaessa myös ruoppausmäärä ja sitä myötä vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen ovat merkittävästi suuremmat kuin vetyä tuotettaessa. Toiminnan aikaiset vaikutukset ovat suuremmat vedyntuotannon tapauksessa vedyntuotantoprosessin merivedenkulutuksen vuoksi. Sähköä tuotettaessa pisin merikaapelireitti MVE1 kuluttaa arviolta eniten materiaaleja ja aiheuttaa suurimman ruoppaustarpeen. Merelle rakennettavien sähkö- tai vetyasemien määrä on sama riippumatta siitä, kumpaa tuotetaan.

Luonnonvarojen hyödyntämisen kannalta vaikutusten merkittävyyttä voidaan tarkastella kahdesta näkökulmasta, luonnonvarojen käytön estymisen tai mahdollistamisen näkökulmasta. Luonnonvarojen käytön estyminen on suurinta rakentamisen aikana, jolloin kuluu suuria määriä materiaaleja ja energiaa. Lisäksi rakentamisen aikana ruopataan merenpohjaa, jolla on vaikutuksia vedenlaatuun ja sameuteen. Rakentamisen aikana alueita voidaan joutua rajaamaan pois käytöstä turvallisuussyistä, jolloin luonnonvarojen hyödyntäminen esimerkiksi veneilyyn rajoittuu. Rakentamisen aikaisten negatiivisten vaikutusten arvioitiin olevan kohtalaisia merituulivoimapuistolle sekä merikaapeli- ja vetyputkireiteille. Vaikutukset ovat selkeästi havaittavissa, mutta niiden ei arvioitu olevan erityisen suuria luonnonvarojen näkökulmasta. Toiminnan aikana merituulivoimapuiston ja merikaapeleiden tai vetyputken alueella ei ole kulkurajoituksia eikä toiminta vaadi pienimuotoisia huolto- ja korjaustöitä lukuun ottamatta materiaalien käyttöä, jonka vuoksi vaikutusten arvioitiin olevan vähäisiä.

Kohteen herkkyyden arvioitiin olevan suuri molemmissa hankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2, koska ne sijoittuvat laajalle alueelle vedenlaadultaan ja ekologialtaan herkässä Perämeressä. Myös merikaapelireitin MVE2 herkkyys arvioitiin suureksi, sen sijoittuessa hiekka- ja soravarantoalueelle estäen sen hyödyntämisen merituulivoimapuiston elinkaaren aikana. Merikaapelireittien MVE1 (joko 5 tai 10 merikaapelia) ja MVE3 sekä vetyputkireitin VVE1 herkkyyden arvioitiin olevan kohtalainen. Merikaapeli tai vetyputki vaatii toteutuessaan merkittävästi pienemmän pinta-alan verrattuna merituulivoimapuiston alueeseen, ja merikaapelin vaatima ruoppausmassa on noin 60 % merituulivoimapuiston arvioidusta ruoppaustarpeesta.

Merituulivoimapuisto mahdollistaa uusiutuvan luonnonvaran, tuulen, ja vedyntuotannon tapauksessa meriveden hyödyntämisen energiantuotannossa. Laajemmasta näkökulmasta tarkasteltuna hanke edistää Suomen hiilineutraaliustavoitetta merkittävästi. Merituulivoimapuiston toteutuessa tuulivoimaloiden maksimimäärällä (VE1, 160 voimalaa) sen vuosittainen sähköntuotanto olisi noin 17 prosenttia Suomen sähköntuotannosta vuonna 2021. Tämän myötä hankkeella arvioitiin olevan sen toimintavaiheessa suuri positiivinen vaikutus.

Vaihtoehtojen merkittävyyttä eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana on kuvattu oheisessa taulukossa (Taulukko 18-4) ja eri hankevaihtoehtojen merkittävyyttä toiminnan aikana on kuvattu oheisessa taulukossa (Taulukko 18-5).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 18-4. Vaikutusten merkittävyys luonnonvaroihin eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen					VE0				
	Kohta-lainen			MVE1 MVE3 VVE1						
	Suuri			VE1 VE2 MVE2						
	Erittäin suuri									

Taulukko 18-5. Vaikutusten merkittävyys luonnonvaroihin eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen					VE0				
	Kohta-lainen				MVE1 MVE3 VVE1					
	Suuri				VE1 VE2 MVE2				VE1* VE2*	
	Erittäin suuri									

*Tarkastelu luonnonvarojen käytön (tuuli) mahdollistamisen kannalta.

18.6 Arvioinnin epävarmuudet

Arvioinnin epävarmuuden liittyvät merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon rakentamiseen liittyviin teknisiin toteutustapoihin ja yksityiskohtiin, jotka varmistuvat hankkeen myöhemmässä suunnittelu- ja luvitusvaiheessa. Esimerkiksi valittavasta perustustavasta riippuen materiaalitarve voi kasvaa tai laskea arviossa käytetystä määrästä.

18.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Vaikutusten suuruuteen vaikuttavat merituulivoimaloiden ja sähkön- tai vedyntuotannon rakenneosien valmistus- ja rakentamistoimenpiteissä käytetyt raaka-aineet, tuotantomenetelmät sekä käytettävän energian tuotantotapa. Mikäli esimerkiksi metallien työstämisessä käytetty energia pystytään tuottamaan käyttämällä mahdollisimman pitkälti uusiutuvia energianlähteitä, voidaan myös tuulivoimapuiston elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia tällä tavoin vähentää. Rakentamisessa tarvittavien luonnonvarojen ja materiaalien määrät pyritään minimoimaan teknistaloudellisten mahdollisuuksien mukaan.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Materiaalien kulutus minimoidaan hyvällä suunnittelulla ja huolellisella toteutuksella. Hankkeessa hyödynnettävät materiaalit on mahdollista kierrättää tehokkaasti etusijajärjestyksen mukaisesti.

Säännöllisillä tarkastuksilla ja ylläpitohuollolla voidaan välttää suuremmat ja enemmän luonnonvaroja kuluttavat korjaustoimenpiteet.

19 IHMISTEN ELINOLOT, VIIHTYVYYS, VIRKISTYSKÄYTTÖ JA TERVEYS

YHTEENVETO:

- Rakentamisvaiheessa hankkeen merkittävimmät vaikutukset ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön aiheutuvat erityisesti lisääntyvästä meri- ja maaliikenteestä sekä rakentamisen aiheuttamasta häiriöstä hankealueella. Virkistyskäyttöön kohdistuvia vaikutuksia voivat olla väliaikaiset häiriöt esimerkiksi veneilyyn ja kalastukseen.
- Toimintavaiheessa hankkeen merkittävimmät vaikutukset ihmisiin muodostuvat erityisesti merituulivoimapuiston maisemavaikutuksista. Tuulivoimalat näkyvät laajalle alueelle siten, että merkittävimmät maisemalliset vaikutukset kohdistuvat läheisille merisaaristo- ja ranta-alueille, joista avautuu suoria näkymiä merituulivoimapuiston suuntaan. Myös lentoeste- ja navigointivalojen näkyminen liittyy maiseman muuttumiseen.
- Merkittävimmät maisemalliset vaikutukset asutukselle kohdistuvat Hailuodon länsirannan loma-asutukselle, joka sijaitsee avoimella ranta-alueella lähimmillään reilun 23 kilometrin etäisyydellä. Kohtalaisia maisemallisia vaikutuksia kohdistuu mantereen puolella Siikajoen ja Raahen pohjoisosien ranta-alueiden loma-asutukselle reilun 30 kilometrin etäisyydellä, joista avautuu esteetön näkymä kohti hankkeen tuulivoimapuistoa. Maiseman muutos ei suoraan vaikuta elinoloihin tai virkistyskäyttöön siten, että se esimerkiksi estäisi alueen käyttöä tai muutoin rajoittaisi toimintaa. Sillä on todennäköisesti viihtyvyyttä heikentävä vaikutus etenkin silloin, kun voimalat näkyvät hallitsevasti maisemassa ja varsinkin silloin, kun henkilölle ns. luonnontilainen maisema on tärkeä osa asunnolla tai alueella viihtymistä. Elinympäristön muutokset koetaan joka tapauksessa yksilöllisesti.
- Merituulivoimapuiston asutukseen kohdistuvat meluvaikutukset ovat vähäisiä tuulivoimapuiston sijaitessa avomerellä. Melutasot eivät ylitä niille asetettuja ohje- tai raja-arvoja. Välkevaikutuksia ei ulotu asutuksen läheisyyteen, vaan se jää merituulivoimapuiston läheisyyteen merelle. Maisema-, melu- ja välkevaikutukset voivat vaikuttaa virkistyskokemukseen heikentävästi merituulivoimapuiston lähialueella, mikäli virkistystä siellä harrastetaan ja henkilö arvostaa ennen muuta luonnontilaista maisemaa. Toisaalta joillekin tuulivoimalat voivat näyttäytyä kiinnostavana elementtinä maisemassa.
- Merituulivoimapuistolla ei ole suoria terveysvaikutuksia missään vaiheessa hanketta.
- YVA-menettelyn yhteydessä tehdyn asukaskyselyn mukaan hankkeella arvioitiin olevan positiivisia vaikutuksia erityisesti ilmastonmuutoksen torjuntaan. Eniten huolia herätti hankkeen maisemavaikutukset. Vastaajista vajaa puolet (45 %) kannatti hankevaihtoehtoa VE1. Lähes yhtä suuri osa vastaajista (42 %) kannatti hankevaihtoehtoa VE0, jolloin merituulivoimapuistoa tai siihen liittyvää sähkönsiirtoa ei rakenneta. Loput vastaajista kannatti vaihtoehtoa VE2 (13 %). Asukaskyselyyn saatiin 178 vastausta. Vastausaktiivisuutta voidaan pitää aiempien YVA-hankkeiden kyselytutkimuksiin verrattuna tavallista matalampana.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

19.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arviointi kattaa vaikutukset ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen. Vaikutuksilla elinoloihin ja viihtyvyyteen tarkoitetaan hankkeen ihmiseen, yhteisöön ja yhteiskuntaan kohdistuvaa vaikutusta, joka aiheuttaa muutoksia ihmisten hyvinvoinnissa, hyvinvoinnin jakautumisessa tai asuinympäristön viihtyvyydessä. Näitä kutsutaan sosiaalisiksi vaikutuksiksi. Terveysvaikutuksilla tarkoitetaan suoraan ihmisen terveyteen kohdistuvia vaikutuksia. Ihmisiin kohdistuva vaikutusten arviointi koostuu siis sosiaalisten vaikutusten ja terveysvaikutusten arvioinnista.

Sosiaaliset vaikutukset ovat kiinteästi sidoksissa hankkeen muihin vaikutuksiin ja muodostavat yhteenvedon kaikesta siitä, miten asukkaat kokevat hankkeen aiheuttamat muutokset. Sosiaalisia vaikutuksia voivat aiheuttaa muun muassa maiseman muutokset, tuulivoimaloista aiheutuva välke ja melu sekä vaikutukset virkistysalueiden käyttöön. Ihmisiin kohdistuvia vaikutuksia voi syntyä sekä merituulivoimapuiston rakentamisen että toiminnan aikana.

Tuulivoimahankkeissa etäisyys on usein määräävä tekijä erityyppisten ihmisiin kohdistuvien vaikutusten jakautumisessa. Lähtökohtana on, että hankkeen haitalliset vaikutukset kohdistuvat pääasiassa tuulivoimapuiston lähialueella ja kuljetusreittien varrella asuviin ihmisiin tai ihmisiin, jotka käyttävät hankealuetta tai sen lähiseutua virkistyskäyttöön. Hankkeen lähivaikutusalue määritellään alueeksi, josta on suora näkö- tai kuuloyhteys hankealueelle, ja jossa hankkeen voidaan olettaa aiheuttavan arkielämässä tuntuvia vaikutuksia tai haittaa.

Sosiaalisten vaikutusten arvioinnissa yhdistyy kokemusperäisen, eli subjektiivisen tiedon analyysi sekä asiantuntija-arvio. Sosiaalisia vaikutuksia on arvioitu asiantuntija-arviona hyödyntämällä muissa vaikutusarviointiosioissa syntyviä laskennallisia ja laadullisia arvioita mm. vesistö-, maisema-, liikenne-, välke- ja meluvaikutuksista. Arvioinnissa on selvitetty ne alueet tai väestöryhmät, joihin vaikutukset kohdistuvat. Aineistona on myös hyödynnetty kirjallisuutta, hankealuetta ja sen lähiseutua kuvaavia tietoja sekä osana vaikutusten arvioinnin tiedonhankintaa toteutetun asukaskyselyn tuloksia. Lisäksi tutustuttiin arviointiohjelmasta annettuihin mielipiteisiin sekä hankkeen yleisötilaisuuksissa ja seurantaryhmässä esille tulleisiin kysymyksiin ja sidosryhmien huolenaiheisiin, jotka on otettu huomioon tässä YVA-selostuksessa. Vaikutusten tunnistaminen ja analysointi on toteutettu aineistolähtöisesti.

Arvioinnissa on huomioitu rakentamis- ja toimintavaiheen aikaiset mahdolliset häiriöt ja rajoitteet. Arvioinnin avulla on etsitty keinoja mahdollisten haittavaikutusten ehkäisyyn tai lieventämiseen. Arvioinnin ovat tehneet alan kokeneet asiantuntijat.

19.2 Vuorovaikutus ja palautteen keruu

Yleisö-, info- ja seurantaryhmän tilaisuudet

YVA-ohjelmavaiheessa järjestettiin kaksi yleisölle avointa tiedotus- ja keskustelutilaisuutta (hanketoimijan järjestämä infotilaisuus hankkeesta 16.2.2022 ja ympäristövaikutusten arvioinnin ohjelmavaiheen yleisötilaisuus 8.9.2022). Infotilaisuudessa esiteltiin hanketta ja ympäristövaikutusten arvioinnin menettelyä. Tilaisuuteen osallistui noin 50 henkilöä ja se pidettiin etätilaisuutena.

YVA-ohjelmavaiheen yleisötilaisuus järjestettiin hybriditilaisuutena, eli osallistujat saivat halutessaan osallistua tilaisuuteen paikan päällä tai etänä. Paikan päällä yleisötilaisuudessa oli noin 20 henkilöä ja etänä tilaisuuteen osallistui 33 henkilöä, josta suurin osa oli tilaisuudessa esityksen pitäviä tahoja, kuten asiantuntijoita ja viranomaisia. Tilaisuudessa esiteltiin hanketta ja arviointiohjelmaa. Yleisöllä oli mahdollisuus saada tietoa sekä esittää kysymyksiään hankkeesta ja ympäristövaikutusten arvioinnista. Yleisön kysymykset liittyivät mm. merituulivoiman tekniseen toteutukseen, kaavoitus ja lupa-asioihin, hankkeen aikatauluun, maanvuokraukseen maanomistajilta sekä kalasto ja kalastuksen vaikutuksiin. Ympäristövaikutusten arviointiselostuksen valmistuttua järjestetään vastaavanlainen yleisötilaisuus kuin YVA-ohjelmavaiheessa.

YVA-ohjelmasta pidettiin seurantaryhmänkokous 23.5.2022. Seurantaryhmään osallistuivat hankevastaavan ja konsultin lisäksi viranomaisia, kuntien edustajia sekä yritysten ja yhdistysten

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

edustajia. Osallistujille esiteltiin hanke ja ympäristövaikutusten arviointiohjelma. Osallistujien kommentit ja kysymykset liittyivät merituulivoimapuiston tekniseen toteutukseen sekä ympäristövaikutusten arvioinnin toteuttamiseen liittyviin asioihin. Kysymyksissä käsiteltiin mm. meriliikennettä, läjitystarvetta ja vaikutuksia kalastoon sekä hankkeen kansainvälisiä vaikutuksia.

Mielipiteet YVA-ohjelmasta

YVA-ohjelmasta (sisältäen A- ja B-osiot) jätettiin yhteensä kolme mielipidettä. Mielipiteissä tuotiin esiin seuraavat seikat:

- Mielipiteen jättäjä ei kannata vaihtoehtoa MVE2, sillä sen rakentaminen voisi estää jatkossa vapaa-ajan asunnon rakentamisen omalle tontille Välimatalan ranta-alueelle.
- Toisessa mielipiteessä vastustetaan koko tuulivoimapuistoa, sillä mielipiteen mukaan hanke tulisi vaikuttamaan kielteisesti oman rantatontin arvoon ja viihtyvyyteen, sillä voimalat näkyisivät mökille Siikajoen kylän Tauvossa, Munahiedanrannalla. Mielipiteessä esitetään myös huoli, että meren kaivaminen ja ruoppaaminen tulevat vaikuttamaan merenpohjan ja veden biodiversiteettiin, ja että alueella elävät linnut tulisivat kärsimään tuulivoimapuiston myötä.
- Lisäksi yksi mielipide jätettiin koskien sähkönsiirtoreitti SVE4:ta, joka ei ole enää vaihtoehtona tässä YVA-selostuksessa. Sähkönsiirron reittivaihtoehdot on käsitelty YVA-selostuksen B-osiossa.

Asukaskysely

Merituulivoimahankkeen ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn liittyen toteutettiin asukaskysely, jolla kerättiin vaikutusten arvioinnin tueksi asukkaiden näkemyksiä ja mahdollisia huolenaiheita liittyen ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön. Asukaskysely toteutettiin aikavälillä 14.8.2023–31.8.2023. Asukaskyselyn keskeiset tulokset on esitetty seuraavaksi. Koko raportti tuloksista on esitetty selostuksen liitteenä 9.

Kaikille avoimena toteutettuun verkkopohjaiseen kyselyyn saatiin yhteensä 178 vastausta. Vastausaktiivisuutta voidaan pitää aiempien vastaavien hankkeiden kyselytutkimuksiin verrattuna tavallista matalampana. Lähes kaikki kyselyyn vastanneista asuivat vakituisesti tai viettivät vapaa-aikaansa jossakin hankealueen kunnista. Suurin osa vastaajista asui Siikajoen (39 %) ja Raahen (34 %) alueilla. Vajaa kolmasosa vastaajista asui vakituisesti tai vietti aikaa vapaa-ajan asunnollaan alle 30 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta ja noin puolet vastaajista (47 %) yli 35 kilometrin etäisyydellä. Yli puolet vastaajista (57 %) uskoi, etteivät Hallan tuulivoimalat tule näkymään heidän kiinteistöilleen.

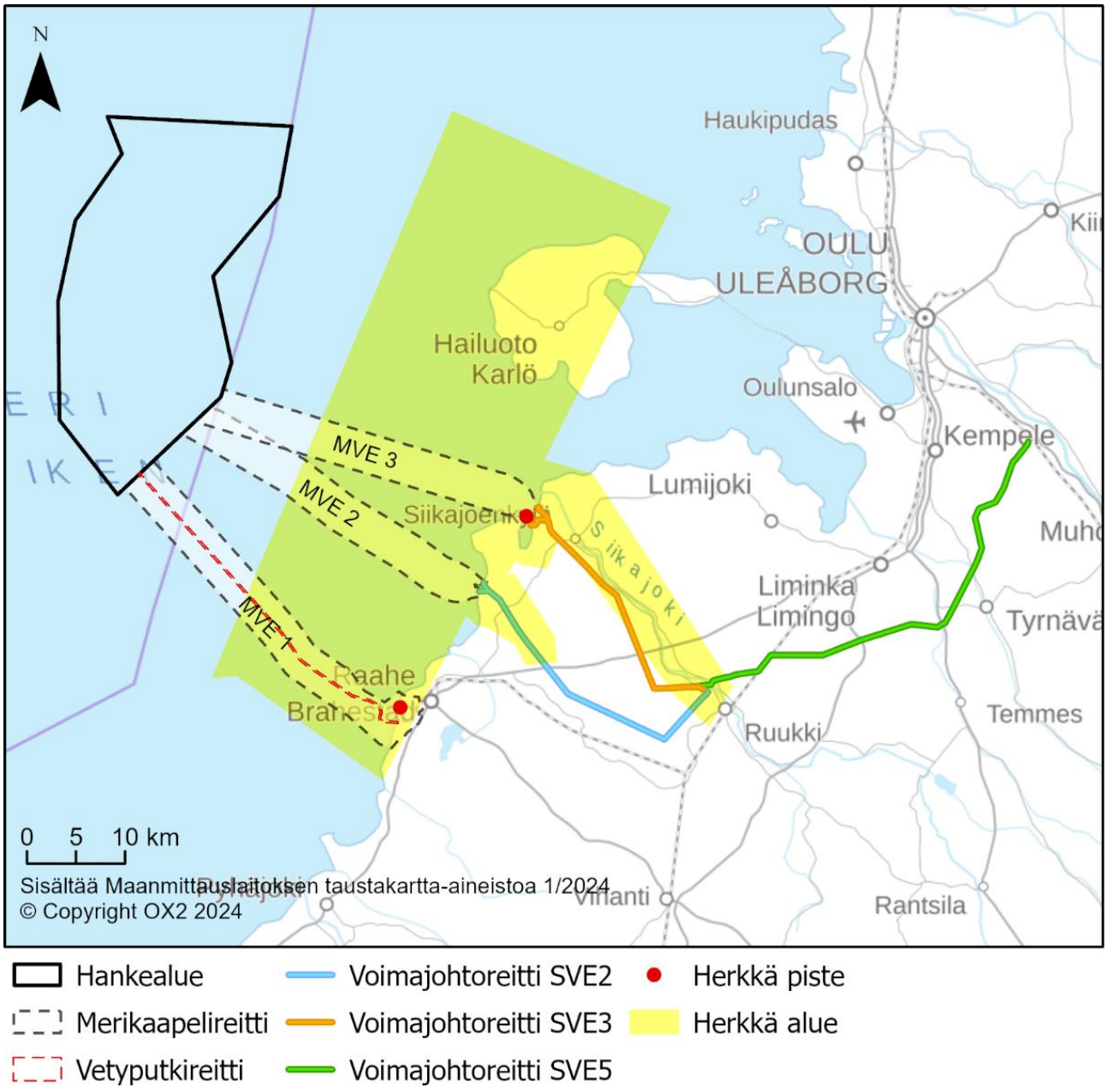
Noin puolet vastaajista koki tuntevansa merituulivoimapuiston alueen erittäin hyvin tai melko hyvin. Sen sijaan suurin osa (68 %) vastaajista tunsi merikaapeleiden ja vetyputken alueen erittäin hyvin tai melko hyvin. Ulkoilua tai luonnossa liikkumista, veneilyä ja luonnon tarkkailua harrastettiin eniten harrastusvaihtoehtojen joukosta niin merituulivoimapuiston kuin myös merikaapeleiden ja vetyputken alueella. Virkistyskalastus oli suositumpaa merikaapeleiden ja vetyputken alueella, jossa sitä harrasti noin kolmasosa, kun taas merituulivoimapuiston alueella virkistyskalastusta harrasti noin neljäsosa vastaajista. Yksi vastaajista kertoi harjoittavansa ammattikalastusta kummallakin alueella. Sekä merituulivoimapuiston että merikaapeleiden ja vetyputken alueella vajaa puolet vastanneista harrasti virkistyskalastusta satunnaisesti avovesikaudella. Säännöllisesti ympäri vuoden tapahtuva virkistyskalastus oli hieman suositumpaa merituulivoimapuiston alueella (41 %) kuin merikaapeleiden ja vetyputken alueella (37 %).

Vastaajat tunnistivat hankealueella ja sen lähiseudulla esiintyviä herkkiä alueita, kohteita tai toimintoja, jotka heidän mielestään tulisi ottaa huomioon hankkeen suunnittelussa. Herkkiä kohteita voivat olla esimerkiksi luonto- tai virkistyskohde. Merkinnät liittyivät luontoon, maisemaan ja virkistykseen. Karttavastauksia saatiin yhteensä 13 kappaletta, joka on kokonaisvastausmäärään verrattuna vähän.

Enintään 300 metrin etäisyydelle merikaapeleiden reittivaihtoehdoista sijoittui kaksi herkkien kohteiden pistemerkintää ja kymmenen herkkien kohteiden aluemerkintää (Kuva 19-1). Vastaavasti vetyputkireitin läheisyyteen sijoittui yksi herkkä aluemerkintä. Merikaapelin MVE1

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

rantautumispisteen läheisyyteen sijoittui yksi herkkä piste, joka ei sisältänyt sanallista perustelua. Kaikkien merikaapeleiden ja vetyputkireitin kanssa ristesi herkän alueen merkintä, jonka selitteenä oli huoli pohjassa olevia rakenteita kohtaan, joihin koukut voivat tarttua. Lähelle merikaapelireitin MVE2 rantautumispistettä sijoittui herkkien kohteiden aluemerkinnät, joissa kuvattiin olevan metsästysseuran alue ja ainutlaatuinen hietikko dyyneineen. Sekä merikaapelireitin MVE2 että merikaapelireitin MVE3 läheisyyteen sijoittui aluemerkintä, jossa kuvattiin olevan erityisesti muuttolinnuston tarkkailuun soveltuvaa aluetta. Merikaapelireitin MVE3 rantautumispisteen läheisyyteen sijoittui lisäksi seitsemän aluemerkintää. Niissä kuvattiin herkkyyden syiksi seuraavaa: maan kohoaminen, mökin sijoittuminen alueelle, Siikajokisuu, golfkenttä, historialliset kohteet, luonnonsuojelualue, joki rantoineen, joen suistoalue, lintuvesialueet, NATURA-alue, RAMSAR-alue ja metsähallituksen luonnonsuojelualueet. Joen herkkyyttä kuvaava aluemerkintä myötäili Siikajokea merikaapelinreitin MVE3 rantautumispisteen läheisyydestä aina Siikajoen sähköasemalle saakka.

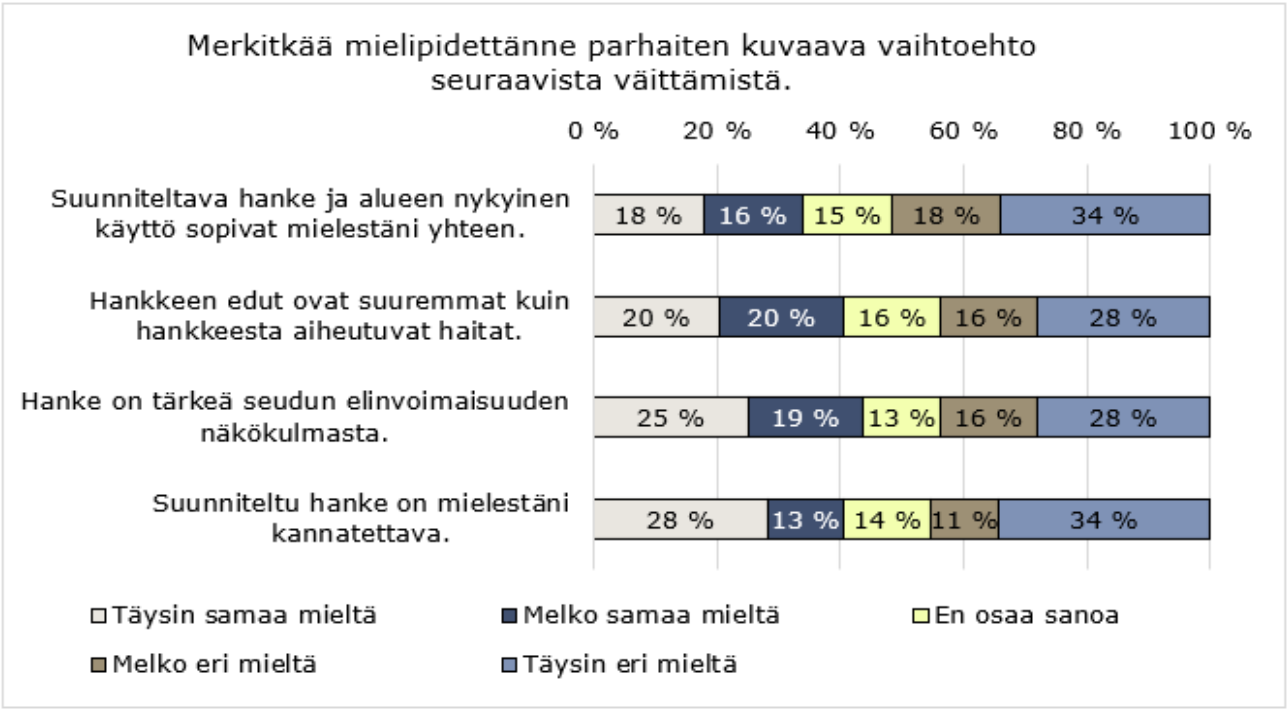


Kuva 19-1. Vastaajien kyselyyn merkitsemät herkät kohteet alueina ja pisteinä (karttavastauksia saatiin yhteensä 13 kappaletta). Aluemerkinnät on kuvattu yhtenä keltaisena alueena.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vastaajista vajaa puolet (45 %) kannatti hankevaihtoehtoa VE1 (vastaajia 93). Lähes yhtä suuri osa vastaajista (42 %) kannatti hankevaihtoehtoa VE0, jolloin merituulivoimapuistoa tai siihen liittyvää sähkönsiirtoa ei rakenneta. Loput vastaajista kannatti vaihtoehtoa VE2 (13 %). Vastaajia pyydettiin arvottamaan myös mieleisin merikaapelireitti. Kuudesta vastaajasta kolme kannatti vaihtoehtoa MVE1, kaksi vaihtoehtoa MVE2 ja yksi vastaaja vaihtoehtoa MVE3. Vetyputkireiteistä vaihtoehto VVE0, eli jossa vetyputkea ei rakenneta, sai kolmen vastaajan ja vaihtoehto VVE1 kahden vastaajan kannatuksen.

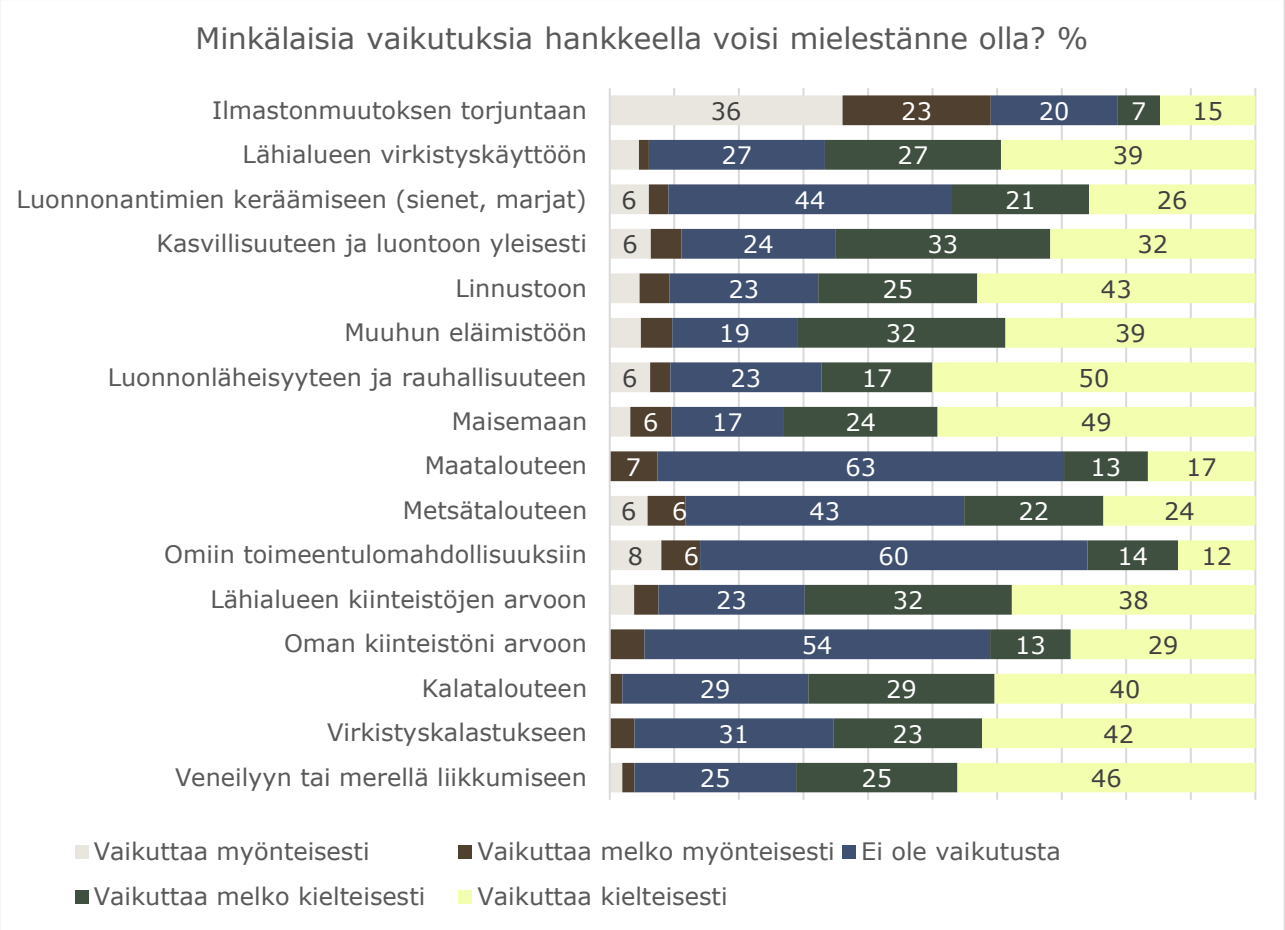
Vastaajien mielipiteet hankkeen kannatettavuudesta olivat hieman enemmän kielteisiä kuin myönteisiä (Kuva 19-2). Reilu puolet vastaajista suhtautui kielteisesti tai melko kielteisesti siihen, että hanke ja alueen nykyinen käyttö sopisivat yhteen. Vastaajista vajaa puolet koki hankkeen haitat suuremmiksi kuin sen hyödyt. Yhtä suuri osa vastaajista (44 %) kannatti ja vastusti väittämää, että hanke on tärkeä seudun elinvoimaisuuden kannalta. Hanketta kannatettavana piti 41 prosenttia vastanneista.



Kuva 19-2. Vastaajien suhtautuminen hankkeen kannatettavuuteen (n=62–64).

Yli puolet vastaajista (59 %) koki hankkeen vaikuttavan myönteisesti ilmastonmuutoksen hillitsemiseen. Muiden vaikutuskohteiden osalta myönteinen suhtautuminen jäi 2–14 prosenttiin (Kuva 19-3). Kaikkein kielteisimmät vaikutukset koettiin olevan maisemaan, muuhun eläimistöön, lähialueen kiinteistöjen arvoon ja veneilyyn tai merellä liikkumiseen. Noin puolet vastaajista koki, ettei vaikutuksia synny luonnonantimien keräämiseen, maatalouteen, metsätalouteen, omiin toimeentulomahdollisuuksiin tai oman kiinteistön arvoon. Noin neljäsosa vastaajista koki hankkeen vaikuttavan omiin toimeentulomahdollisuuksiinsa kielteisesti.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 19-3. Vastaajien suhtautuminen hankkeen vaikutuksiin tuulivoimapuiston toimintavaiheessa (n=50–66). Viiden tai alle viiden prosentin osuuksien lukuarvoja ei ole esitetty kuvaajassa.

Hanke oli jo ennestään kohtalaisen hyvin tunnettu, mutta noin neljäsosa vastaajista luki hankkeesta kyselyyn vastatessaan ensimmäisen kerran. Reilusti yli puolet vastaajista oli lukenut hanketta koskevia some-, mielipide- tai lehtikirjoituksia tai keskustellut hankkeesta lähiympäristön asukkaiden kanssa. Hankkeesta käytyyn julkiseen keskusteluun oli itse osallistunut viidesosa vastaajista ja vain noin joka kymmenes osallistunut yleisötilaisuuteen. Vastaajat kokivat pääosin tietävänsä, mistä saa lisätietoa hankkeesta. Lisätietoa hankkeesta toivottiin jatkossa ensisijaisesti kuntalaistiedotteella.

19.3 Nykytilan kuvaus

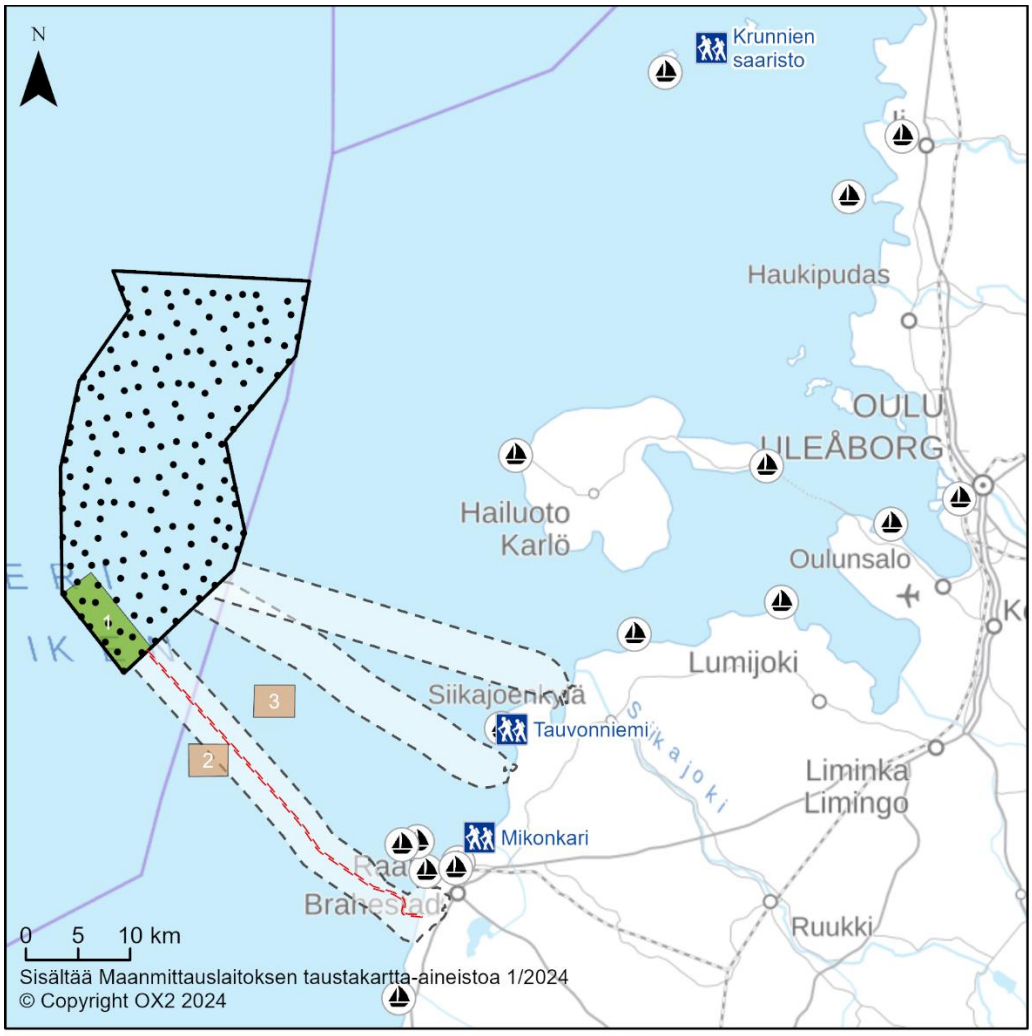
Hankealueen asutus on kuvattu luvussa 3 Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö.

Virkistyskäytön osalta kesämökkeilyn lisäksi hankkeen vaikutusalueella harjoitetaan muun muassa virkistyskalastusta sekä veneilyä merellä. Vaikutusalueeksi on tässä yhteydessä määritetty noin 40 kilometrin säde tuulivoimapuistosta sekä lisäksi merikaapelireittien lähialueet. Itse merituulivoimapuiston alue sijaitsee niin kaukana avomerellä, ettei virkistyskäyttöä kohdistu merkittävissä määrin suoraan kyseiselle alueelle. Veneily, purjehdus ja virkistyskalastus keskittyvät enemmälti rannikon edustalle, esimerkiksi Raahen saaristoon, mutta näiden harrastaminen on mahdollista myös ulompana merellä. Tehdyn asukaskyselyn perusteella merituulivoimapuiston alueella virkistys/vapaa-ajankalastusta harrastaa vastanneista (178) neljäsosa. Vapaa-ajan sekä ammattikalastusta on käsitelty laajemmin luvussa 6. Jäällä tapahtuva virkistäytyminen, kuten hiihto, pilkkiminen ja leijalautailu keskittyy rannikoiden edustoille. Perämerellä harrastetaan hylkeenmetsästystä (halli ja itämerennorppa), perinteisesti esimerkiksi Hailuodon länsipuolella Merikallan alueella sekä pohjoispuolella Suurhiekan alueella, mutta harrastuksen alueelliseen kohdentumiseen vaikuttaa olennaisesti vallitseva jäätilanne.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

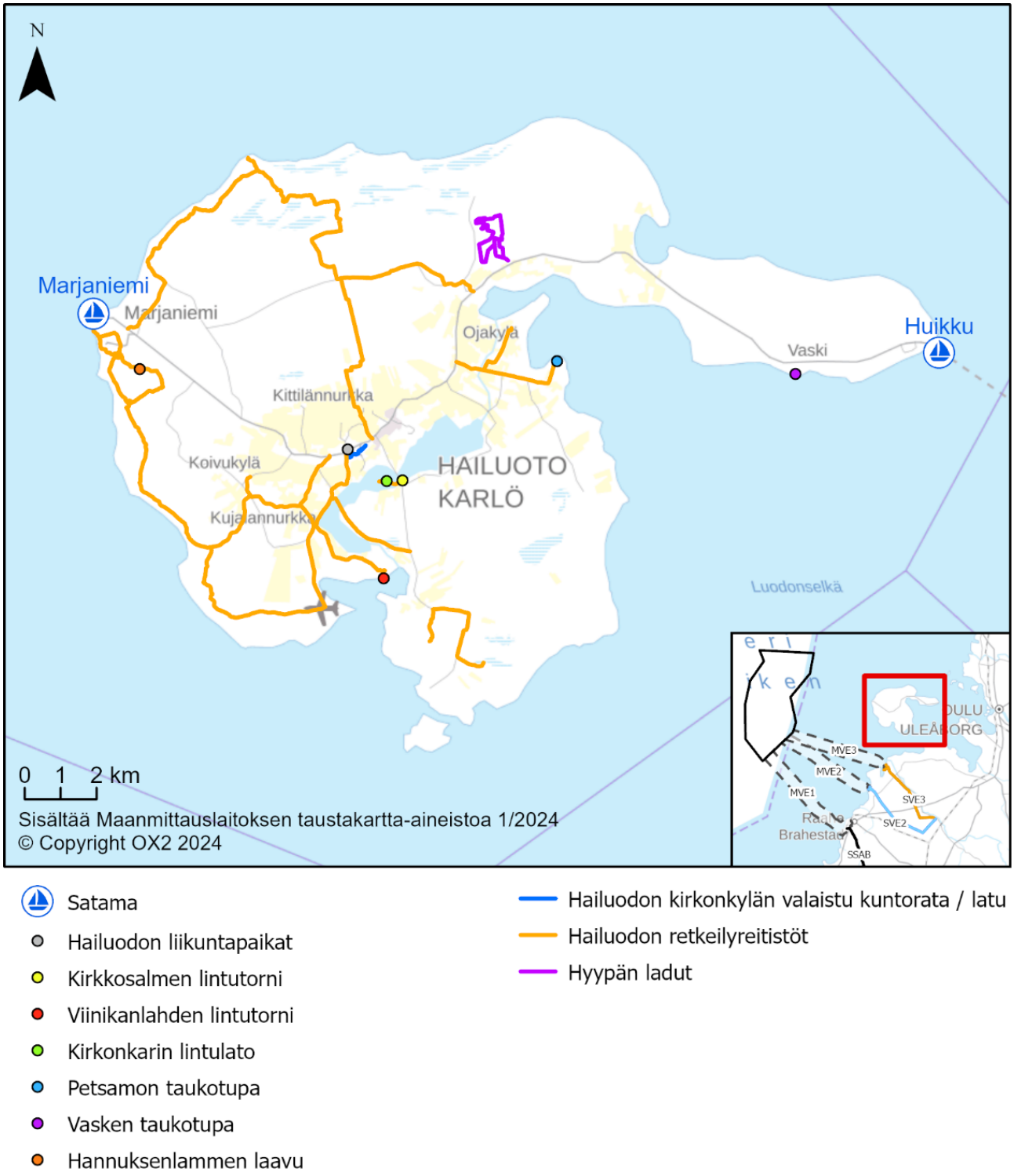
Hankkeen vaikutusalueelle sijoittuu merkittäviä linturetkikohteita kaakkoispuolella Tauvonniemelle (etäisyys tuulivoima-alueelta noin 30 km) ja Pattijokisuulle Mikonkariin (noin 35 km) (Kuva 19-4). Tauvossa sijaitsee myös lintuasema. Myös Krunnien saaristo merituulivoimapuiston koillispuolella noin 40 kilometrin etäisyydellä on merkittävä lintukohde, joskin retkeily siellä on rajoitettua. Krunnien saaristo muodostuu Maakrunnin ja Ulkokrunnin saarista sekä niitä ympäröivistä pienemmistä saarista. Alue on kokonaisuudessaan luonnonsuojelualuetta ja maihinnousu on rajoitettua.

Hankkeen lähiseudun venesatamat on esitetty kuvassa (Kuva 19-4). Lähin niistä sijaitsee Hailuodon Marjaniemessä noin 23 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta (Kuva 19-5). Marjaniemi on monipuolinen virkistys- ja ulkoilualue, jossa sijaitsee muun muassa suosittu uimaranta, retkeilyreittejä, majakka, hotelli, loma-asutusta ja mökkimajoitusta. Alue on tärkeä virkistymiskohde sekä paikallisesti että laajemmalti: etenkin kesällä alueella käydään myös esimerkiksi Oulusta käsin. Alueella järjestetään myös tapahtumia, suurimpina niistä kesällä Bättre Folk -kulttuurifestivaali ja syksyllä Siikamarkkinat.



Kuva 19-4. Merituulivoimapuiston alue ja lähimpiä venesatamia sekä linturetkikohteita.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



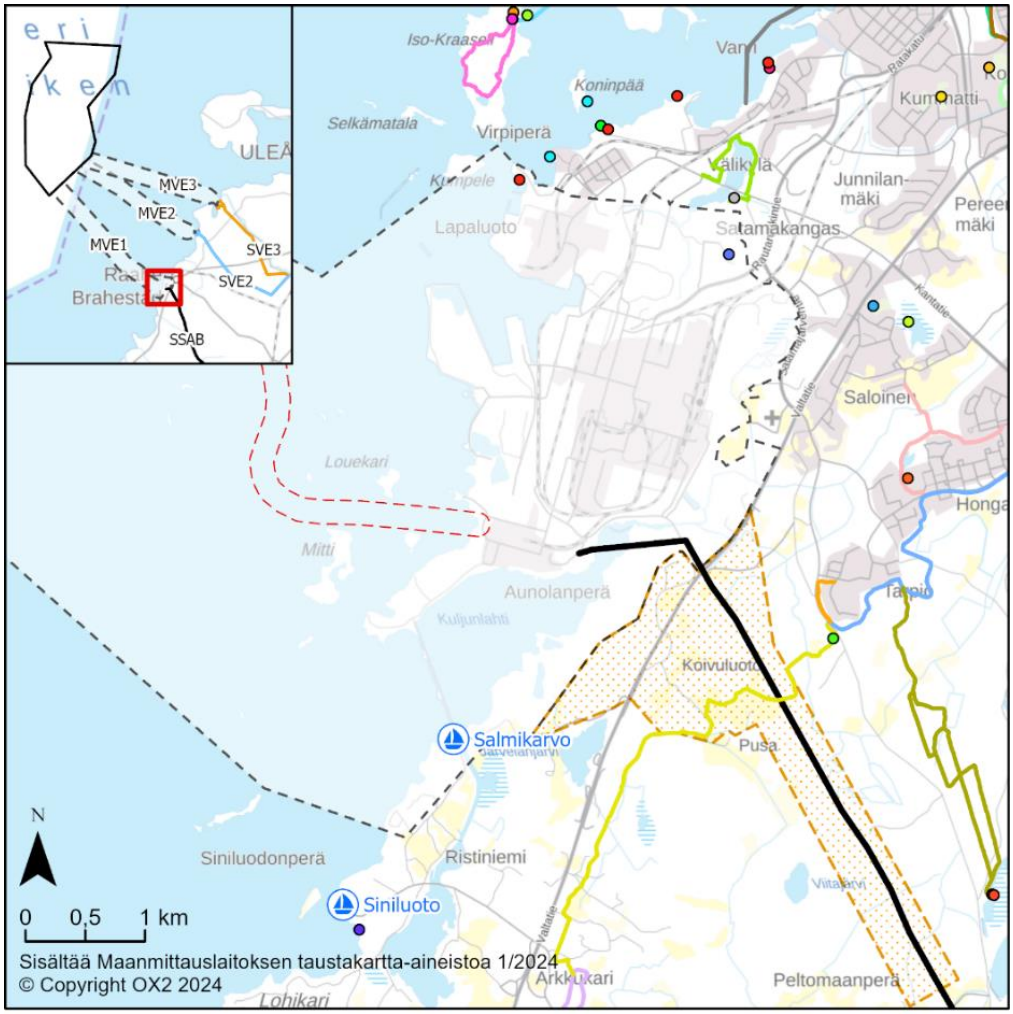
Kuva 19-5. Hailuodon virkistysreittejä- ja kohteita (Lipas.fi).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Raahessa rannikolla ja saaristossa harjoitetaan monipuolista virkistystoimintaa (Kuva 19-6). Raahen saaristo sijaitsee kaupungin edustalla koostuen noin 50 saaresta ja luodosta siten, että uloimmista saarista merituulivoimapuiston alueelle on etäisyyttä noin 30 kilometriä. Saaristoon tehdään kesäisin risteilyjä ja retkiä, ja siellä muun muassa veneillään, melotaan, suppaillaan, uidaan ja kalastetaan. Alueella on useita venesatamia ja -laitureita, kuten myös uimapaikkoja. Talvisin saaristossa liikutaan jäitä pitkin kävellen, hiihtäen, lumikenkäillen, fatbikella ja rekikuljetuksilla. Yksittäisistä kohteista Iso-Kraaselissa on muun muassa luontopolku, laitureita, taukopaikkoja ja saarella voi myös majoittua. Taskun saari sijaitsee ulompana merellä ja siellä on muun muassa uimaranta ja taukotupa. Talvisin saareen ajetaan jäätilanteen salliessa hiihtoladut. Niin ikään ulompana sijaitsevalla Kallan saarella on tupa ja nuotiopaikka. Raahen saaristo valittiin valtakunnalliseksi Vuoden Retkikohteeksi 2016. Merikaapelireittivaihtoehto MVE1 ja vetyputkireitti VVE1 sijoittuvat tuulivoimapuistoalueelta kohti teollisuus- ja satama-aluetta Raahen saariston eteläpuolella.

Mantereella Raahessa on monipuolisia virkistyskäyttömahdollisuuksia esimerkiksi Mikonkarin alueella, jossa sijaitsee muun muassa uimaranta, lintutorni, luontopolku, kalasatama, leirikeskus, Pattijoen veteraanimaja ja karavaanarialue Lohenpyrstö.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



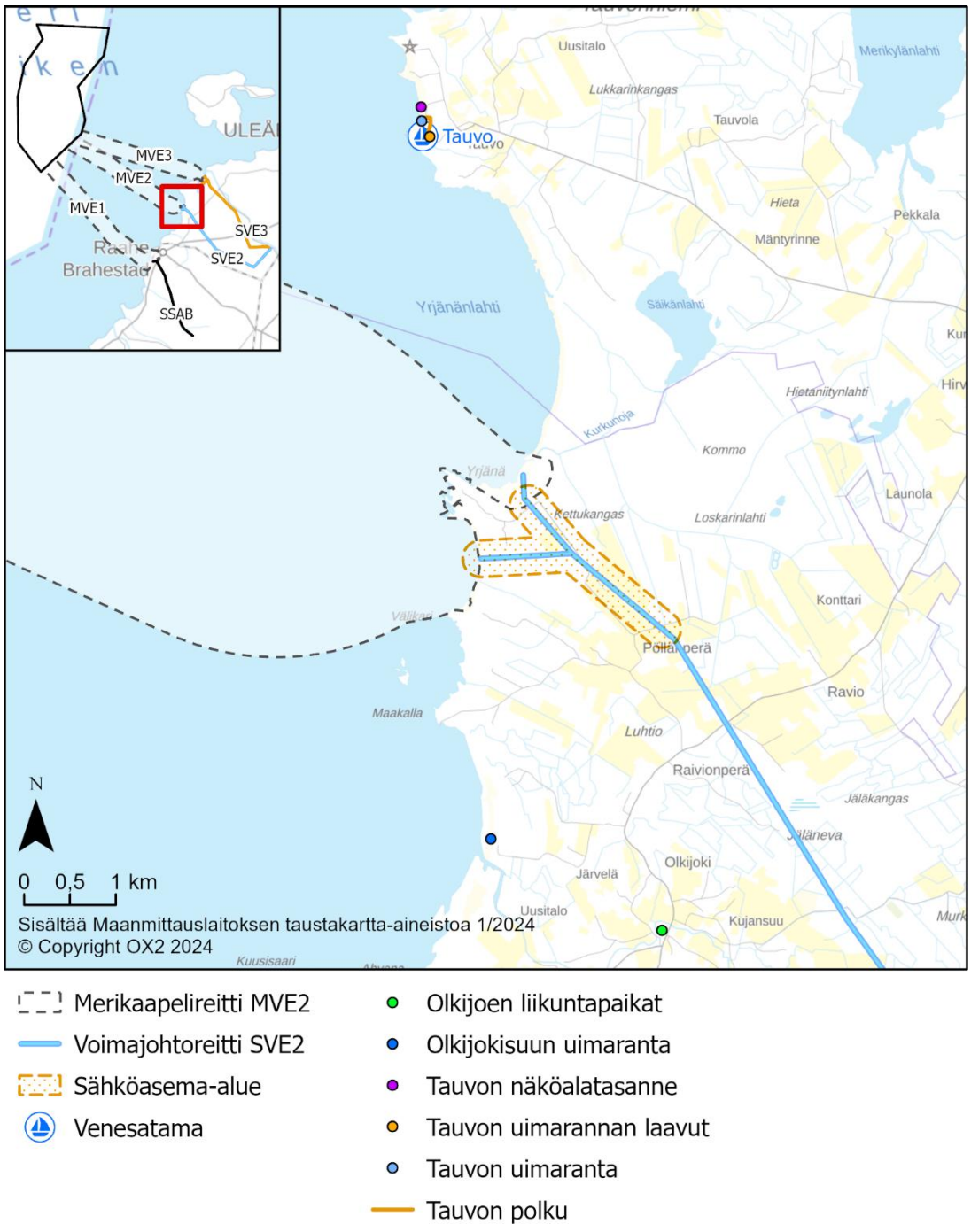
- Voimajohtoreitti SSAB
- Merikaapelireitti MVE1
- Vetyputkireitti
- Sähköasema-alue
- Aittalahden luontopolku
- Haapajoen valaistu kuntorata / latu
- Hongapalon kuntorata / latu
- Iso-Kraaselin luontopolku
- Ketunperäntie - Haapajoki latu
- Ketunperäntie - Raahen hiihtomaja kuntorata / latu
- Ketunperäntie - Raahen hiihtomaja latu
- Koivuluodon kuntorata / latu
- Raahe-Haapajärven tekojärvi
- Radanvarren latu
- Smitti-Iso-Kraaseli jäälatu
- Tarpio-Haapajärven tekoallas latu
- Tasku-Thompson jäälatu
- Venesatama
- Aittalahden lintutorni
- Altaan kota
- Haapajärven lintutorni
- Honganpalon koulun kenttä
- Iso-Kraaselin pooki
- Koivuluodon tenniskentät (4)
- Kummatin lähiliikuntapaikka
- Laavu
- Laituri
- Maivaperän laituri
- Ollinmetsän tenniskenttä
- Oravajärven uimaranta
- Rantautumispaikka
- Saloisten kenttä
- Satamakankaan tenniskenttä
- Siniluodon uimaranta
- Tulentekopaikka
- Varaustupa (Pikkulahden Palvelut)
- Varvin uimaranta
- Vesillelaskupaikka

Kuva 19-6. Raahen alueen virkistysreittejä- ja kohteita (Lipas.fi).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

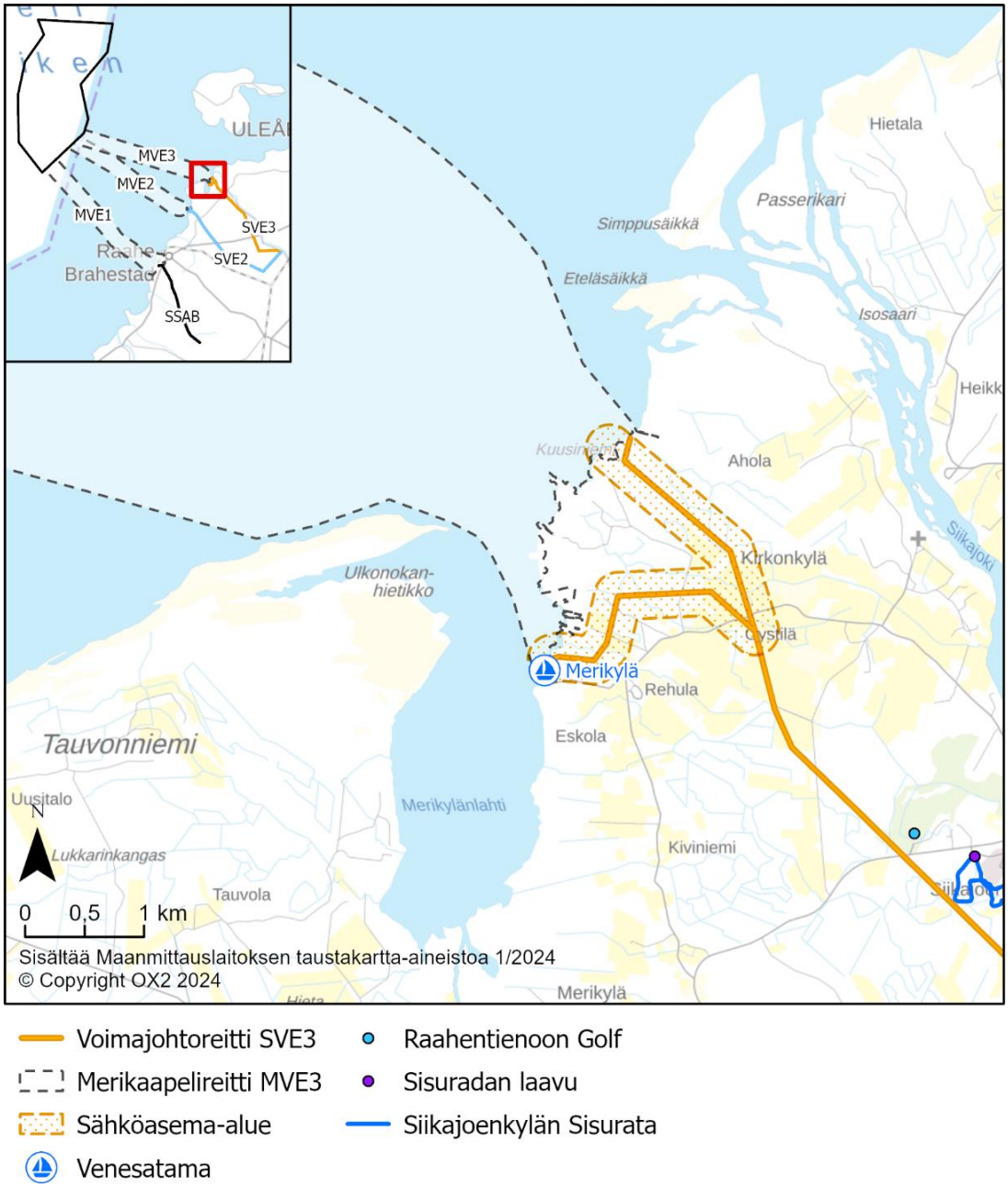
Siikajoen Tauvossa on venesataman lisäksi uimaranta, asuntovaunu/-autopaikkoja sekä kesäkioski noin 30 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuiston alueesta (Kuva 19-6). Merikaapelireittivaihtoehto MVE2 suuntautuu tuulivoima-alueelta mantereelle siten, että rantautuminen sijoittuu Tauvonniemen eteläpuolelle noin 3 kilometrin etäisyydelle. MVE3 rantautuminen sijoittuu Tauvonniemen pohjoispuolelle, jossa sijaitsee muun muassa Merikylän venesatama (Kuva 19-7). Niin ikään Siikajoella sijaitsee Varessäikällä venesataman lisäksi uimaranta, muutama asuntovaunu/-autopaikka sekä kesäkioski noin 38 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta ja noin 8 kilometrin etäisyydellä MVE3 rantautumisalueesta.

Edellä mainittujen niin sanottujen virallisten kohteiden lisäksi hankkeen vaikutusalueella rannikolla ja saaristossa harrastetaan omatoimista virkistäytymistä luonto- ja vesistöympäristöön tukeutuen ympäri vuoden.



Kuva 19-7. Rannikon virkistysreittejä- ja kohteita reittivaihtoehdon MVE2 läheisyydessä (Lipas.fi)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 19-8. Rannikon virkistyskäyttökohteita- ja reittejä reittivaihtoehdon MVE3 läheisyydessä (Lipas.fi).

19.4 Vaikutusten arviointi

19.4.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

19.4.1.1 Vaikutukset elinoloihin ja viihtyvyyteen

Hankkeen rakentaminen kestää noin kolme vuotta, jonka aikana hankkeen merkittävimmät vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen aiheutuvat erityisesti lisääntyvästä maa- ja meriliikenteestä sekä rakentamisen aiheuttamasta häiriöstä, kuten melusta.

Hankkeen rakentamisvaiheessa hankkeen lähialueella tehdään mantereen ja merituulivoima-alueen välillä aluskuljetuksia, josta voi aiheutua ajoittaista ja paikallista häiriötä muulle vesiliikenteelle. Meriliikenteen turvallisuuden vuoksi rakentamisen aikana alueelle asetetaan vesillä liikkumiseen liittyviä ajoittaisia rajoituksia, jotka koskevat kerrallaan niitä osia

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

merituulivoimapuiston alueesta sekä merikaapelointi- ja vetyputkireiteistä, joissa rakentamistoimia suoritetaan.

Merituulivoimapuiston infrastruktuurin rakentamisesta aiheutuu melua paikallisesti siellä missä rakentamistoimenpiteitä tehdään. VE1:n vaikutukset ovat hieman suuremmat VE2:n verrattuna johtuen suuremmasta voimalamäärästä, mikä lisää alueella kulkevaa meriliikennettä ja rakentamistoimenpiteitä, ja niistä aiheutuvia häiriöitä. Merituulivoimapuisto sijaitsee avomerellä etäällä asutuksesta, joten etäisyyden vuoksi on todennäköistä, että rakentamisen ajan melu vaimenee riittävästi ennen altistuvia loma-asuinkohteita (ks. luku 15.3.1.1). Merituulivoimapuiston rakentamisen aikaiset vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen liittyvät erityisesti lisääntyvään alusliikenteeseen rannikon ja saariston tuntumassa. Vaikutukset kohdentuvat myös sen mukaan, mihin rakentamisen ajan tukisatama sijoittuu ja mitä reittejä aluskuljetukset pääosin liikkuvat suhteessa asutuksen sijoittumiseen.

Vetyputken ja merikaapeleiden rakentamisen aikaiset vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen voimistuvat asennustöiden tapahtuessa lähellä rannikkoa, jossa vapaa-ajan- ja vakituinen asutus sijaitsee. Vaikutuksiin kuuluvat lisääntynyt liikenne-, melu- ja muut rakentamisen aiheuttamat häiriövaikutukset. Mantereella merikaapeleiden/vetyputken rantautumisalueen lähialueelle johtavien teiden sekä hankkeen tukisataman läheisen tieverkon liikennemäärät kasvavat rakentamiseen liittyvien kuljetusten ja henkilöliikenteen myötä. Merikaapelireittien rantautumisalueet sijoittuvat lähelle etenkin loma-asutusta (ks. Kuva 3-11, Kuva 3-12 ja Kuva 3-13), eikä niiden läheisyyteen sijoitu muuta teollista toimintaa, vaihtoehtoja MVE1 ja VVE1 lukuun ottamatta, jossa on jo nykyisellään satama- ja muuta teollista toimintaa sekä runsasta liikennöintiä. MVE1:n rantautumisalueen eteläosassa sijaitsee joitakin vapaa-ajan ja vakituisia asuinrakennuksia (ks. Kuva 3-11). MVE2:n rantautumisalueen lähiympäristössä on lomarakennuksia Yrjänän ja Välikarin alueella (Kuva 3-12). Myös MVE3:n rantautumisalueella on lomarakennuksia, ja lisäksi muutama asuinrakennus merikaapelin rantautumisalueen lähiympäristössä (Kuva 3-13). Rehulankarin pienvenesatama sijoittuu MVE3:n etelänpuoleisen rantautumispaikan eteläosaan. Merkittävä määrä projektin komponenttikuljetuksista (esimerkiksi tuulivoimaloiden komponentit) tuodaan ulkomailta merikuljetuksina, eli niillä ei ole vaikutusta maantieliikenteen lisääntymiseen. Kuten edellä todettu, hankkeen tukisatama ei ole vielä tiedossa, joten siihen liittyviä alueellisia vaikutuksia ei voida vielä arvioida. Liikenne- ja meluvaikutuksia on arvioitu yksityiskohtaisemmin luvuissa 14 ja 15 ja maantereen puoleista liikennettä on käsitelty laajemmin osassa B luvuissa 15 ja 17.

Voimaloiden rakentamistöistä, ruoppausmassojen läjityksestä sekä kaapeli/vetyputkireittien asentamisesta aiheutuva veden samentuminen voi aiheuttaa väliaikaista ja paikallista virkistyshaittaa. Veden samentumisen myötä haittaa voi aiheutua esimerkiksi uimiseen rannikolla, mikäli kaapeleiden/vetyputken asennustyöt sijaitsevat muutaman sadan metrin etäisyydellä esimerkiksi mökkirannasta. Vaikutusalueen laajuus riippuu hieman myös kaapeleiden/vetyputken asennusmenetelmästä. Haitta on kuitenkin vain väliaikainen ja kestoltaan arviolta muutaman päivän mittainen.

Hankkeen rakentamisen aikaiset vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen voimistuvat, mikäli rakennustoimenpiteet sijoittuvat lähelle vapaa-ajan tai vakituista asutusta. Merellä ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen vaikuttavat erityisesti lisääntynyt meriliikenne, saaristossa ja rannikolla merikaapeleiden asennustyöt.

19.4.1.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset virkistyskäyttöön

Hankealueen lähellä sijaitsevat virkistyskäyttökohteet painottuvat rannikon tuntumaan ja saaristoon. Siellä kesämökkeilyn lisäksi harjoitetaan muun muassa virkistyskalastusta, veneilyä, retkeilyä ja jäällä liikkumista sekä lintujen- ja luonnon tarkkailua. Merituulivoimapuiston rakentaminen voi aiheuttaa paikallista ja väliaikaista haittaa virkistykseen erityisesti lisääntyvän meriliikenteen sekä rakentamisesta aiheutuvan häiriön vuoksi. Hankkeen rakentamisvaiheessa hankkeen lähialueella tehdään aluskuljetuksia, josta voi aiheutua ajoittaista ja paikallista häiriötä muulle vesiliikenteelle. Rakentamisen aikana alueelle tullaan myös asettamaan vesillä liikkumiseen (esimerkiksi veneilyyn ja sitä kautta muun muassa kalastukseen) liittyviä ajoittaisia

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

rajoituksia, jotka koskevat kerrallaan niitä osia merituulivoima-alueesta ja merikaapelointi-/vetyputkireitistä, joissa rakentamistoimia suoritetaan. Haittojen alueellinen kohdentuminen riippuu sen hetkisestä rakentamisalueesta, mutta vesiliikennettä kulkee rannikon tuntumassa joka tapauksessa, millä voi olla vaikutuksia virkistykseen, mikäli sitä kyseisellä alueella harjoitetaan.

Asukaskyselyn mukaan virkistyskalastusta harrastetaan sekä suunniteltujen merikaapeleiden ja vetyputken alueella, ja jonkin verran myös merituulivoimapuiston alueella. Hankkeen vaikutuksia kalastukseen ja kalastoon on arvioitu luvussa 6. Hankkeen infrastruktuurin rakentamiseen ja meriläjitykseen liittyvät vesistö- ja kalastovaikutukset ovat arvion mukaan paikallisia ja väliaikaisia. Kalastus voi joillain alueilla kuitenkin estyä kokonaan rakentamisen aikana. Rakentamistöistä kalastukseen kohdistuvat haittavaikutukset arvioitiin vähäisiksi tuulivoimapuiston alueella ja kohtalaisiksi kaapelireittien alueella.

Merituulivoimapuiston infrastruktuurin rakentamisesta aiheutuu myös melua paikallisesti siellä missä rakentamistoimenpiteitä tehdään. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole tässä suhteessa suurta eroa, mutta VE1:n vaikutukset ovat kuitenkin hieman suuremmat johtuen suuremmasta voimalamäärästä, mikä lisää alueella suoritettavaa alusliikennöintiä ja rakentamistoimenpiteitä sekä niistä aiheutuvia häiriöitä. Hankkeen rakentaminen suoritetaan tämänhetkisen tiedon mukaan kolmen vuoden aikana avovesikausilla, jolloin hankkeen lähialueen virkistyskäyttökokemus voi muuttua ja heikentyä edellä mainituista syistä.

Rakentamisen aikaiset vaikutukset virkistykseen arvioitiin kohtalaisen kielteiseksi vaihtoehdoissa VE1 ja VE2, jossa vaikutukset virkistyskäyttäjiin liittyvät erityisesti lisääntyvään meriliikenteeseen, jota kulkee rakentamisvaiheen eli noin kolmen vuoden aikana alueella. Rakentamistoimet voivat olla syklittäisiä ja riippua vuodenajasta. Merikaapelien – ja vetyputken rakentaminen aiheuttaa myös muuta häiriövaikutusta erityisesti rannikon läheisyydessä, jonne virkistysalueet painottuvat, kuten lisääntyvää melua ruoppauksesta ja rakentamistoimenpiteistä. Rakentamisen aikaiset vaikutukset arvioitiin suureksi kielteiseksi merikaapeleiden ja vetyputken osalta sillä vaikutukset kohdistuvat lähelle käytössä olevia virkistysalueita.

19.4.1.3 Rakentamisen aikaiset vaikutukset terveyteen

Merituulivoimapuiston rakentamisvaiheessa (noin kolme vuotta) merikaapelien/vetyputkireitin rantautumisalueen lähiteillä kulkee runsaasti raskasta liikennettä rakentamisesta johtuen, josta aiheutuu tien varren asutukselle melu-, tärinä- ja pölyhaittaa. Rakentamisen vilkkaimpana aikana liikenne voi olla ajoittain luonteeltaan jatkuvaa. Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (*2024*) mukaan meluhaitan suuruuteen vaikuttavat mm. äänen fysikaaliset ominaisuudet, kuten voimakkuus ja impulssimaisuus, altistumisen aika ja paikka sekä henkilön yksilölliset ominaisuudet, kuten meluherkkyys ja asenne äänilähdettä kohtaan. Melu voi olla kiusallista tai häiritsevää. Herkimmillä henkilöillä melu voi aiheuttaa elimistöön stressireaktion, joka pitkittyessään voi johtaa muihin terveyshaittoihin. Merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyvän raskaan liikenteen meluvaikutukset rajoittuvat kuitenkin vain rakentamisvaiheeseen, eikä melusta näin ollen aiheudu pysyvää haittaa, mistä voisi syntyä välillisiä terveyshaittoja alueen asukkaille.

Rakentamisvaiheen maantiekuljetuksista voi aiheutua pölyämistä kuljetusreittien välittömään läheisyyteen, mutta haittojen ollessa ajoittaisia ja paikallisia ei siitä arvioida aiheutuvan terveyshaittaa. Liikenne voi lisäksi aiheuttaa rakentamisen aikana käytettävien liikennereittien välittömään läheisyyteen maaperän, rakennusten ja rakenteiden värähtelyä, joka koetaan tärinänä. Liikenteestä aiheutuvaan tärinän suuruuteen vaikuttavat mm. ajoneuvon ja tieväylän ominaisuudet sekä ajonopeudet. Lisäksi maaperän ominaisuudet, etäisyys ja rakennuksen ominaisuudet vaikuttavat tärinäaaltojen etenemiseen. Rakennusten tyyppi vaikuttaa havaittavan tärinän suuruuteen (*Törnqvist & Talja 2006*). Merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyvien maantiekuljetusten aikaansaamalla tärinällä ei arvioida olevan suoria terveysvaikutuksia, mutta yhdessä muiden haittavaikutusten (melu ja pöly) kanssa se voi osaltaan lisätä mahdollisia herkimpien henkilöiden kokemia terveyshaittoja. Joka tapauksessa rakentamisen aikaiset mahdolliset haitalliset terveysvaikutukset ovat koko hankkeen elinkaareen suhteutettuna hyvin lyhytaikaisia.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

19.4.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

19.4.2.1 Vaikutukset elinoloihin ja viihtyvyyteen

Tuulivoimapuiston toimintavaiheessa merkittävimmät vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen muodostuvat pääosin hankkeen maisemavaikutuksista. Hankkeen maisemavaikutukset nousivat esiin myös asukaskyselyssä, jonka vastauksissa moni esitti hankkeen vaikuttavan maisemaan kielteisesti.

Merituulivoimapuiston tuulivoimalat näkyvät laajalle alueelle siten, että merkittävimmät maisemalliset vaikutukset kohdistuvat meren avoimelle selänteelle erityisesti merituulivoimapuiston sisälle ja sen lähiympäristöön. Merituulivoimapuisto näkyy myös saaristoon ja mantereen ranta-alueille. Esimerkiksi Hailuodon länsirannan avoimille ranta-alueille lähimmillään reilun 23 kilometrin etäisyydelle hankkeen maisemalliset vaikutukset ovat voimakkaat ja Tauvon hiekkarannalle reilun 30 kilometrin päähän kohtalaiset. Tauvonniemen loma-asutus on etäämpänä rannasta puuston keskellä, joten niillä on heikompi näkymäyhteys hankkeen merituulivoimapuistoon. Merkittävimmät maisemalliset vaikutukset asutukselle kohdistuvat Hailuodon länsirannan loma-asutukselle, jotka sijaitsevat avoimella ranta-alueella. Kohtalaisia maisemallisia vaikutuksia kohdistuu mantereen puolella Siikajoen ja Raahen pohjoisosien ranta-alueiden loma-asutukselle yli 30 kilometrin päähän tuulivoimapuistosta, joista avautuu esteetön näkymä kohti hankkeen tuulivoimapuistoa. Maisemallisia vaikutuksia kohdistuu laajasti myös muihin merenrannan loma-asuinpaikkoihin, mutta pitkien etäisyyksien takia maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset. Alueen kaupunkien ja kirkonkylien keskustat ja taajama-alueet ovat pääosin hankkeen merituulivoimapuiston näkymisen katvealueilla, jolloin maisemallisia vaikutuksia kohdistuu lähinnä yksittäisille asuinpaikoille laajojen peltoaukeiden yhteydessä tai meren ranta-alueilla. Tuulivoimaloiden maisemavaikutusta on havainnollistettu valokuvasovittein, jotka on esitetty tarkemmin luvussa 4 ja liitteessä 1. Merituulivoimapuiston vaikutukset koetaan subjektiivisesti ja on myös mahdollista, ainakin osin todennäköistäkin, että elinympäristössä tapahtuviin muutoksiin totutaan ajan myötä ja niiden mahdollinen häiritsevyys lieventyy. Tämän hankkeen maisemalliset vaikutukset kohdistuvat erityisesti loma-asutukseen Hailuodon länsirannalla ja kohtalaisesti Siikajoen ja Raahen pohjoisosien ranta-alueiden loma-asutukselle.

Myös tuulivoimaloiden lentoestevalojen näkyminen muuttavat maisemaa. Valot näkyvät pimeällä teoriassa jopa 50 kilometrin etäisyydelle ja vaikutukset suuntautuvat samoin kuin muutkin maisemavaikutukset. Talvella valot näkyvät kauaksi, koska näkyvyyttä rajoittava ilmankosteus on pakkasten aikaan alhainen. Päivänvalossa käytettävät valot erottuvat kauempaa katsottuna heikosti ja ympäröivän valon vähentyessä valot erottuvat yhä selvemmin. Pimeässä voimaloista ei ole havaittavissa muuta kuin valot. Pimeimpään vuoden- ja vuorokaudenaikaan huomiovalojen havainnointiin vaikuttaa lähialueiden valaistuksen määrä, johon vaikuttavat mm. taajamien, asutuspaikkojen ja teiden valaistus. Lentoestevalot voivat teoriassa näkyä Hailuotoon ja rannikolle jopa 50 kilometrin etäisyydelle. Hailuodon rannikko sijaitsee reilun 20 kilometrin etäisyydellä tuulivoimapuistosta, jonne valot näkyisivät maisemassa todennäköisemmin muuta rannikkoa paremmin. Hailuodon rannikolla pääosa asutuksesta on loma-asutusta ja yleisesti loma-asunnoilla voidaan oleilla talviaikaan vähemmän, jolloin pimeää maisemaa olisi havainnoimassa vähemmän loma-asukkaita kuin kesäaikaan. Näin ollen lentoestevalojen maisemalliset vaikutukset olisivat vähäisemmät elinoloihin ja viihtyvyyteen. Loma-asunnoilla saatetaan kuitenkin oleilla myös pimeään vuodenaikaan, esimerkiksi loppusyksystä marjastusaikaan, jolloin vaikutuksia voi syntyä elinoloihin ja viihtyvyyteen lentoestevalojen näkyessä muuten pimeässä maisemassa.

Maisemavaikutusten arvioinnin mukaan maisemavaikutusten merkittävyys on arvioitu molemmissa hankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2 kohtalaisen kielteiseksi. Maisemavaikutusten merkittävyyttä ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen lisää kuitenkin hankkeen sidosryhmiltä saatu palaute nykyisen merimaiseman tärkeydestä ja huolenaihe sen muuttumisesta. Hankkeen toteutuessa tuulivoimaloista aiheutuvia maisemallisia muutoksia ei voida välttää. Maiseman muutos ei suoraan vaikuta elinoloihin siten, että se esimerkiksi estäisi alueen käyttöä tai muutoin rajoittaisi toimintaa, mutta sillä on todennäköisesti viihtyvyyttä heikentävä vaikutus etenkin silloin, kun voimalat näkyvät hallitsevasti maisemassa asunnolle, jonka käyttäjille ns. luonnontilainen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

maisema on tärkeä osa asunnolla ja alueella viihtymistä. Maiseman muutoksesta voi aiheutua viihtyvyyshaittaa asukkaiden lisäksi myös muille alueita käyttäville henkilöille, kuten esimerkiksi retkeilijöille.

Maiseman ja pimeällä valaistusolosuhteiden muutokset koetaan yksilöllisesti siten, että samankaltainen vaikutus voi merkitä toiselle asukkaalle enemmän kuin toiselle, aiheuttaen viihtyvyyttä merkittävästi heikentävän häiriötekijän, kun taas toinen asukas ei välttämättä pidä maiseman muutosta lainkaan häiritsevänä. Maisemavaikutusten kokemiseen vaikuttavat monet seikat, ja myös yksilön asenteet hanketta kohtaan. On syytä huomioida, että ihmiset voivat myös tottua maisemallisiin muutoksiin ajan myötä.

Muita toiminnan aikaisia merituulivoimapuiston vaikutuksia ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen ovat melu ja välke. Merituulivoimaloiden etäisyys lähimpiin vakituisiin asuntoihin ja loma-asuntoihin on kuitenkin suuri, ja tämän myötä tuulivoimamelu ei ylitä melulle asetettuja ohjearvoja lähimmissäkään asuinrakennuksissa melumallinnuksen mukaan. Myös pienitaajuinen melu jää alle sisätilan toimenpiderajojen lähimmissä altistuvissa kohteissa (ks. luku 15).

Tuulivoimala aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo paistaa tuulivoimalan takaa ja osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin. Välkemallinnuksen mukaan Hallan merituulivoimapuistosta ei aiheudu välkevaikutusta asutukselle tarkastelluilla suunnitteluvaihtoehdoilla VE1 ja VE2, voimalasijainneilla, napakorkeuksilla ja roottorin halkaisijoilla. Hallan voimaloiden aiheuttama välkevaikutus rajoittuu pelkästään merialueille merituulivoimapuiston läheisyyteen, eikä ulotu Suomen tai Ruotsin maa-alueille.

Merituulivoimapuiston vaikutukset koetaan subjektiivisesti ja on myös mahdollista, ainakin osin todennäköistäkin, että elinympäristössä tapahtuviin muutoksiin totutaan ajan myötä ja niiden mahdollinen häiritsevyys lieventyy. Erityisesti maiseman muuttuminen voidaan kuitenkin kokea elinoloja ja viihtyvyyttä heikentäväksi tekijäksi erityisesti niillä alueilla, jotka sijaitsevat alle 30 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta, ja jossa maiseman muutos on merkittävä.

19.4.2.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset virkistyskäyttöön

Merituulivoimapuiston rakentamisen myötä avoimelle vesialueelle rakentuu tuulivoimaloita ja rakentamaton vesialue muuttuu hankkeen toimintavaiheessa energiatuotannon alueeksi. Tuulivoimapuiston alue säilyy jatkossakin pääasiassa avoimena vesialueena, jossa liikkumiseen ei kohdistu pysyviä rajoituksia. Tuulivoimapuiston ja sen lähiympäristön vesialueiden käyttö virkistykseen, veneilyyn ja kalastukseen voi jatkua, mutta merituulivoimapuisto muuttaa virkistyskäyttökokemusta sen lähialueella lähinnä maisema-, melu- ja välkevaikutusten vuoksi. Maisemavaikutukset ulottuvat kauas (teoreettinen maksiminäkyvyysalue on 35 kilometriä), jolla voi olla myös virkistyskäyttökokemukseen vaikutuksia esimerkiksi Hailuodossa ja Raahen saaristossa merituulivoimapuiston suuntaan katsottaessa.

Asukaskyselyn mukaan merituulivoimapuiston alueella virkistys/vapaa-ajankalastusta harrastaa kaikista vastanneista (178 kpl) neljäsosa. Vajaa puolet (47 %) alueella kalastavista harrastaa kalastusta satunnaisesti avovesikaudella ja 41 % säännöllisesti ympäri vuoden. Alueen kalastuksesta olemassa olevat tiedot kohdentuvat pääasiassa merikaapeleiden/putkireittien MVE1/VVE1 ja MVE2 väliselle alueelle, jossa on velvoitetarkkailussa tiedusteltu Raahen edustan vapaa-ajankalastuksen määrää (*Eurofins Ahma 2021*). Kaapelireittien MVE1/VVE1 ja MVE2 alueilla harjoitettava kalastus (kaupallinen sekä vapaa-ajankalastus) on monimuotoista. Merituulivoimapuiston alueelta ei ole olemassa tarkkoja/tilastoituja tietoja vapaa-ajankalastuksesta tai esimerkiksi saaliin määrästä. Tuulivoimapuiston alueella kalastukseen kohdistuva haittavaikutus arvioitiin vähäiseksi ja kaapelireittien alueella vähäisiksi tai kohtalaisiksi (ks. luku 6). Merenpohjaan sijoittuvat kaapelit tullaan peittämään siten, että ne jäävät merenpohjan alle, joten verkkokalastukseen ei arvioitu aiheutuvan häiriövaikutusta merikaapeleista.

Hankkeen lähiseudulla harrastetaan myös hylkeen metsästystä. Merituulivoimapuistolla on mahdollinen vaikutus hylkeiden metsästykselle merituulivoimapuiston muodostaman estevaikutusten vuoksi. Merituulivoimapuiston alueella metsästäminen ei kuitenkaan ole lähtökohtaisesti

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kielletty ja kulkua puiston alueella rajoitetaan pääasiallisesti vain turvallisuussyistä, puiston rakennusaikana. Hankkeen vaikutuksista hylkeisiin on kuvattu tarkemmin luvussa 6.

Hankkeen vaikutusalueella, esimerkiksi Hailuodossa, Raahen saaristossa ja rannikolla harrastetaan myös muunlaista virkistäytymistä, kuten esimerkiksi uintia, retkeilyä sekä lintujen ja luonnon tarkkailua. Jäällä tapahtuva virkistystoiminta, kuten hiihto ja pilkkiminen keskittyy rannikon edustalle. Merituulivoimapuiston sijaitessa kilometrien etäisyydellä avomerellä väylien takana, ei kyseisiä harrastuksia siellä juurikaan harrasteta. Hankkeella ei ole vaikutuksia edellä mainittuihin virkistyskäyttömuotoihin muutoin kuin välillisesti pääasiassa maiseman ja pimeällä valaistusolosuhteiden (lentoestevalot) muutoksiin liittyvien mahdollisten viihtyvyyshaittojen muodossa. Merikaapeleilla tai vetyputkella ei ole virkistyskäyttöön kohdistuvia vaikutuksia hankkeen toiminnan aikana.

Merkittäviä linturetkikohteita sijaitsee Tauvonniemellä, Raahen edustalla Mikonkarilla ja etäämmällä tuulivoimapuiston koillispuolella lähes 40 kilometrin etäisyydellä Krunnien saaristossa. Rakennettavat tuulivoimalat voivat vaikuttaa lintujen muuttoreitteihin paikallisesti siten, että muutto voi kulkea joko lähempänä tai kauempana totutusta ja tällöin sillä on merkitystä lintubongauksen kannalta. Harrastus ei kuitenkaan esty tai erityisesti hankaloidu hankkeen myötä. Hankkeen maisemalliset vaikutukset voivat vaikuttaa kuitenkin myös lintuharrastukseen, mikäli harrastaja arvostaa ennen muuta luonnontilaista merimaisemaa.

Hankkeen vaikutukset lähiseudun virkistyskäyttöön eivät ole sitä estäviä, vaan käyttökokemusta mahdollisesti muuttavia ja riippuen siitä millä tavoin alueella virkistäydytään ja minkälaisia kokemuksia alueelta siellä liikuttaessa haetaan. Luonnonrauhaa ja avointa merimaisemaa painottavat retkeilijät todennäköisesti kokevat tuulivoimalat häiritsevänä elementtinä siellä missä voimalat näkyvät hallitsevasti maisemassa, esimerkiksi Hailuodon länsirannan avoimilla ranta-alueilla sekä Tauvonniemen ranta-alueilla. Raahen saariston pohjoisosan hankkeen suuntaan avautuville rannoille, kuten Taskun majakalle, maisemavaikutukset ovat kohtalaiset. Edellä mainitut paikoissa vierailee retkeilijöitä ja niissä sijaitsee virkistyskäyttökohteita.

Voimaloiden lähialueella merellä niistä aiheutuu myös ääntä sekä välkettä. Toisaalta yleisesti ympäristön tilasta kiinnostuneet ja huolestuneetkin henkilöt voivat nähdä voimalat myönteisessä valossa suhteessa ilmastonmuutoksen torjuntaan ja sitä myötä luonnon hyvinvointiin, kun voimaloilla tuotetaan sähköä saasteettomalla tavalla ja korvataan ilmastonmuutosta voimistavia tuotantomuotoja. Tietoisuus tästä voi myös lieventää henkilön kokemaa häiriövaikutusta, vaikka voimalat itsessään eivät heidän mielestään maisemaan sopisikaan. Asukaskyselyssä yli puolet vastaajista koki hankkeen merkittävimmäksi yksittäiseksi myönteiseksi vaikutukseksi ilmastonmuutoksen hillitsemisen. Alueen virkistyskäyttäjät joka tapauksessa todennäköisesti tottuvat maiseman ja lähialueella myös äänimaiseman muutokseen vähintään jossain määrin ja ajan myötä mahdolliset kielteiset kokemuksetkin voivat lieventyä.

Yhteenvetona hankkeen vaikutuksista hankkeen lähialueella tapahtuvaan virkistyskäyttöön voidaan todeta suurimpien vaikutusten aiheutuvan merimaiseman muutoksesta (myös pimeällä), jonka hankevaihtoehdosta riippuen enintään 160 tai 120 tuulivoimalaa aiheuttaa muuttaen alueen käyttökokemusta. Hankevaihtoehdossa VE1 vaikutukset ovat suurempia, koska voimaloita on jonkin verran enemmän. Merikaapelit tai vetyputki eivät vaikuta virkistyskäyttöön toiminta-aikana merellä eikä vaihtoehtojen välillä ole eroja virkistyskäytön näkökulmasta.

19.4.2.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset terveyteen

Merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyvä mantereella tapahtuma toiminta (liikenne ja siitä aiheutuvat melu- ja pölyvaikutukset) ja siihen liittyvät mahdolliset terveysvaikutukset on kuvattu tämän YVA-selostuksen B-osiossa (luku 17).

Tuotantovaiheessa tuulivoima ei aiheuta kasvihuonekaasupäästöjä tai muita ihmisen terveyteen vaikuttavia päästöjä ilmakehään tai ympäröivään luontoon. Keskeisin tuulivoiman tuotantoon liittyvä mahdollinen terveysvaikutus liittyy meluun, jota tuulivoimalat tuottavat useiden mekanismien kautta merkittävimmän äänen syntyessä roottorien siipien vuorovaikutuksesta ilman kanssa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Valtioneuvoston asetuksen (1107/2015) mukaiset ulkomelutason ohjearvot on asetettu tasolle, joka melun haittavaikutuksia koskevien tutkimusten mukaan ehkäisee tuulivoimamelun aiheuttamia terveyshaittoja sekä ympäristön viihtyvyyden merkittävää heikentymistä. Hallan merituulivoimapuiston sijaitessa kaukana asutuksesta, eivät melun ohje- ja toimenpiderajat ylity lähimpienkään vapaa-ajan ja vakituisen asutuksen luona melumallinnuksen perusteella. Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetus (545/2015) asettaa sisätilojen äänitasoille toimenpiderajat erityisesti yöajan äänitasoille nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa sekä pientaajuisen melulle taajuusvälillä 20–200 Hz. Melumallinnuksen mukaan pienitaajuisen melun osalta sisätilan toimenpiderajat alittuvat lähimmissä vapaa-ajan- tai asuinrakennuksissa sekä VE1:ssä että VE2:ssa. Tulokset ovat kuitenkin lähellä toimenpiderajaa taajuudella 50 Hz. Laskenta on suoritettu käyttäen konservatiivisia äänipäästöarvoja, taajuusjakaumaa sekä reseptoripisteissä alhaista rakennusten ääneneristävyyttä (ks. luku 15). Sosiaali- ja terveysministeriön muistion (26.4.2016) mukaan on epätodennäköistä, että tuulivoimaloiden tuottama ääni (mukaan luettuna infraääni) voisi aiheuttaa merkittäviä terveys- ja hyvinvointihaittoja tuulivoima-alueiden lähellä asuville, kun noudatetaan käytössä olevia ohjearvoja ja toimenpiderajoja. Tuulivoimaloiden infraäänen vaikutuksia ihmisiin on selvitetty lisäksi Valtioneuvoston tilaamassa tutkimuksessa, jossa saatujen tulosten mukaan infraääntä ei havaittu tai koettu häiritsevänä, eikä infraäänen todettu aiheuttavan elintoimintoihin liittyviä oireita (*Maijala 2020*).

Hankkeella ei ole välkevaikutuksia asutukseen, joten merituulivoimapuiston välkevaikutuksella ei arvioitu olevan terveysvaikutuksia.

Vedyn valmistuksessa elektrolyysiprosessissa syntyy happea, joka johdetaan mahdollisesti merenpohjaan tai ilmakehään. Mikäli ihminen hengittää 4–12 tunnin ajan puhdasta happea, voi se aiheuttaa herkille ihmisille kurkun ja rinnan ärsytystä sekä yskää (*Työterveyslaitos 2022)*. Tämän hankkeen suunniteltu elektrolyysiprosessi tultaisiin toteuttamaan avomerellä kaukana asutuksesta. Terveysvaikutuksia ei arvioida syntyvän hapen ilmakehään johtamisesta, kunhan elektrolyysilaitoksen hapen poistoputken välittömässä läheisyydessä ei oleilla tunteja. Ilmanlaatuun hapella ei arvioida olevan vaikutuksia. Vedyntuotannossa syntyvän suolakuorman ei arvioida aiheuttavan terveysvaikutuksia ihmisille.

Asukaskyselyssä nousi esiin hankealueen lähiseudun käyttövirkistyskäyttöalueena esimerkiksi ulkoilun, luonnontarkkailun, veneilyn ja kalastuksen merkeissä. Kyseiset harrastukset ylläpitävät osaltaan lähiseudun asukkaiden terveyttä monin tavoin. Tutkimusten mukaan luonnossa oleskelu mm. laskee sydämen sykettä ja verenpainetta, ja liikkuminen kohentaa myös mielialaa. Liikkumisella on luonnollisesti jo itsessään suoria terveysvaikutuksia. Merituulivoimapuiston hankealuetta ja sen lähiseutua voi käyttää tuulivoimaloiden välittömiä lähialueita lukuun ottamatta virkistyskäyttöön entiseen tapaan, joten virkistyskäytöstä poistuva pinta-ala on pieni. Merituulivoimapuisto sijaitsee lisäksi etäällä rannikolta, joten sen aluetta käytetään vähemmän virkistykseen kuin esimerkiksi rannikon seutua. Hankkeen rakentamisvaihe haittaa alueella tapahtuvaa kalastusta ja veneilyä väliaikaisesti mm. liikkumisrajoitusten vuoksi. Toimintavaiheen häiriövaikutukset (esimerkiksi melu, välke ja maisema) ovat voimakkaimpia merituulivoimapuiston alueen sisällä, joten voimaloiden lähialueilla ei luonnollisesti ole sellaista rauhan ja hiljaisuuden tunnetta kuin nykyisin. Virkistyskäyttö etäällä rannikosta sijaitsevalla merituulivoimapuiston lähialueilla on kuitenkin nykyiselläänkin vähäistä. Merituulivoimalat myös näkyvät maisemassa laajalle alueelle, mikä voi heikentää lähiseudulla luonnonrauhaan perustuvaa virkistäytymistä, jos henkilö kokee maisemanmuutoksen häiritsevänä. Asian kokeminen on joka tapauksessa subjektiivinen asia.

Vaikka merituulivoimapuistolla ei nykytietämyksen mukaan ole suoria haitallisia terveysvaikutuksia, on kuitenkin mahdollista, että hankkeella on vaikutuksia koettuun terveyteen. Erilaiset välilliset tekijät, kuten esimerkiksi voimaloiden näkyminen asuntoon, voi aiheuttaa herkimmille yksilöille stressiä, jolla on puolestaan suora yhteys fyysiseen terveyteen.

19.4.3 Toiminnan jälkeiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston toiminnan jälkeiset työvaiheet, eli voimaloiden purkaminen, aiheuttaa samankaltaisia, mutta lievempiä vaikutuksia kuin hankkeen rakennusvaihe. Näin ollen myös

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen sekä virkistykseen ovat samankaltaiset, esimerkiksi ajoittaiset alueen käyttörajoitukset ja tätä kautta aiheutuva ajoittainen häiriö alueella liikkuville. Purkamisesta aiheutuu myös jonkin verran melua sekä liikennevaikutuksia, joiden vaikutukset ovat lyhytaikaisia. Merituulivoimapuiston infrastruktuurin purkamisen vaikutukset vedenlaadun ja kalaston suhteen ovat niin ikään samankaltaisia kuin rakennusvaiheessa, joten niistä voi aiheutua ajoittaisia ja paikallisia vaikutuksia esimerkiksi kalojen karkottumisen muodossa, ja sitä myötä kokonaisuutena vähäistä tai kohtalaista haittaa kalastukselle.

19.4.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli merituulivoimapuistoa ei rakenneta, jäävät hankkeen rakentamisen, toiminnan ja toiminnan jälkeiset vaikutukset ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön toteutumatta kokonaisuudessaan. Hankkeen toteuttamisesta ei arvioitu aiheutuvan suoria terveysvaikutuksia, joita ei luonnollisesti aiheudu myöskään, jos hanketta ei toteuteta.

19.5 Yhteisvaikutukset

Tällä hetkellä muista hankkeista saatavilla olevilla tiedoilla yhteisvaikutuksia voidaan arvioida olevan Polargrundin ja Omegan hankkeiden kanssa. Muut suunnitteilla olevat Suomen puolen hankkeet ovat vielä alkuvaiheessa, eivätkä hankkeet ole edenneet YVA-menettelyyn, joten esimerkiksi tuulivoimaloiden sijoittumista tai niiden sähkönsiirron vaihtoehtoja ei vielä täysin tiedetä. Hankkeet on esitelty luvussa 21.

Hankkeen yhteisvaikutukset ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen, virkistyskäyttöön ja terveyteen lähiseudun muiden merituulivoimapuistojen ja toimintojen kanssa voivat muodostua lähinnä maisemaan, meluun ja välkkeeseen liittyvistä vaikutuksista. Hankkeen rakentamisvaiheessa myös liikenteellisiä yhteisvaikutuksia on mahdollisia syntyä, mikäli hankkeiden rakentaminen ajoittuu samaan ajankohtaan. Polargrundin hankkeesta voi syntyä rakentamisen aikaisia yhteisvaikutuksia Hallan hankkeen kanssa, mutta ne kohdistuvat kauaksi rannikosta ja näin ollen vaikutuksia ihmisten elinoloihin ei synny. Kalastukseen hankkeiden rakentamisella voi olla vaikutuksia, mutta virkistyskalastusta ja veneilyä harjoitetaan hankkeiden alueella kuitenkin vähemmän, joten vaikutukset ovat vähäiset virkistyskäyttöön. Omegan hankkeella ei ole rakentamisen aikaisia yhteisvaikutuksia Hallan hankkeen kanssa, sillä hankkeiden etäisyys toisistaan on suuri.

Toiminnan aikana Hallan tuulivoimaloiden aiheuttama välkevaikutus rajoittuu pelkästään merialueille, eikä ulotu Suomen maa-alueille, joten sillä ei ole yhteisvaikutuksia muiden hankkeiden kanssa asutuksen kohdalla. Käytönajan melun yhteisvaikutukset arvioitiin olevan hyvin vähäiset, sillä Ruotsin puolella oleva Polargrund on Hallan hankealueen länsipuolella ja siten kaukana rannikolta. Näin ollen melun ja välkkeen osalta yhteisvaikutukset ihmisten elinoloihin arvioitiin vähäisiksi. Virkistyskäyttöön ei arvella kohdistuvan kuin vähäisiä toiminnan aikaisia yhteisvaikutuksia, sillä hankkeet sijaitsevat etäällä rannikosta, johon virkistyskäyttö pääosin painottuu. Terveyteen ei arvioida kohdistuvan suoria kielteisiä yhteisvaikutuksia.

Hallan hankkeella on maisemallisia yhteisvaikutuksia Polargrundin ja Omegan merituulivoimahankkeiden kanssa, ja ne kohdistuvat voimakkaimmin hankkeiden välisille merialueille. Mantereen tai saariston kannalta maiseman yhteisvaikutukset ovat vähäiset merituulivoimapuistojen ja rannikon suuren etäisyyden vuoksi, joten maisemallisia yhteisvaikutuksia asumisviihtyvyyteen ja elinoloihin ei siltä osin juurikaan synny.

Suomen puolella sijaitsevat muut merituulivoimahankkeet ovat, Raahen ja Pyhäjoen edustalle sijoittuvaa Maanahkiaisen hanketta lukuun ottamatta, vasta suunnittelun alkuvaiheessa, jolloin hankkeista ei ole tarkempia suunnittelutietoja. Yhteisvaikutukset muiden Suomen puolella sijaitsevien, suunnittelun alkuvaiheessa olevien hankkeiden kanssa voidaan arvioida tarkemmin vasta, kun hankkeet ovat pidemmällä. YVA-menettelyssä hankkeiden yhteisvaikutusten arvioinnin vastuu on sillä hankkeella, jonka YVA-menettely seuraa jäljessä eli edellä mainittujen Suomen puolen hankkeiden vastuulle jää huomioida Hallan hanke omissa YVA-menettelyissään. Yleisesti voidaan sanoa Hallan merituulivoimapuiston jäävän Pookin, Siikajoki-Hailuoto ja Raahe-

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Siikajoki hankkeiden tuulivoimapuistojen taakse mantereelta katsottaessa, jolloin nämä merituulivoimapuistot hallitsevat maisemaa enemmän.

19.6 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Hankealueen herkkyys ihmisten elinoloihin, virkistykseen ja elinkeinoihin kohdistuville vaikutuksille arvioitiin kokonaisuudessaan kohtalaiseksi, sillä vaikutusalueella on kohtalaisesti asutusta rannikolla ja saaristossa. Lähialueita käytetään erilaisiin virkistystoimintoihin. Vaikutusalueella on kuitenkin jonkin verran ympäristöhäiriöitä aiheuttavia toimintoja, painottuen etenkin Raahen sataman lähettyvillä.

19.6.1 Rakentamisen aikaisten vaikutusten merkittävyys

19.6.1.1 Merituulivoimapuisto

Rakentamisen aikaiset ihmisiin kohdistuvat vaikutukset arvioitiin molemmissa hankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2 kohtalaisen kielteiseksi. Merituulivoimapuiston toteutusvaihtoehdoilla VE1 ja VE2 ei ole merkittäviä eroja rakentamisen aikana. Vaihtoehdosta VE1 aiheutuvat vaikutukset ovat kuitenkin hieman suuremmat vaihtoehtoon VE2 verrattuna suuremman voimalamäärän vuoksi. Rakentamisen aikaiset vaikutukset ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön aiheutuvat erityisesti lisääntyvästä maa- ja meriliikenteestä sekä rakentamisen aiheuttamasta melusta. Vaikutukset ovat paikallisia ja kohdistuvat liikennereittien lähialueen vapaa-ajan asutukseen sekä vakituiseen asutukseen. Lisäksi rakentamistoimet ajoittuvat kolmen vuoden ajalle, ja voivat olla keleistä sekä rakentamistoimista riippuen syklittäisiä, jolloin häiriön suuruus voi vaihdella. Rakentamisen aikaisista vaikutuksista ei arvioitu syntyvän suoria terveysvaikutuksia.

19.6.1.2 Merikaapeli- ja vetyputkireitit

Merikaapeli- ja vetyputkireittien rakentamisesta aiheutuvat vaikutukset ovat paikallisia ja suhteellisen lyhytaikaisia. Ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen sekä virkistyskäyttöön kohdistuvat vaikutukset voimistuvat, kun merikaapelin tai vetyputken asentaminen tapahtuu lähellä rannikkoa tai rannikolla rantautumisalueella.

Vapaa-ajan ja vakituista-asutusta sijaitsee kaikkien merikaapelireittivaihtoehtojen rantautumisalueella paitsi vaihtoehdossa MVE2, jossa asutus on ainoastaan vapaa-ajan asutusta (Kuva 3-11, Kuva 3-12 ja Kuva 3-13). Reittivaihtoehdon MVE3 eteläosassa sijaitsee Rehulankarin pienvenesatama. Vaihtoehdon MVE1 rantautumisalue sijoittuu teollisuusalueelle, mutta myös asutusta sijaitsee alueella jonkin verran. Merikaapelireittivaihtoehtojen vaikutus arvioitiin suureksi kielteiseksi kaikkien reittivaihtoehtojen osalta erityisesti rantautumisalueilla sijaitsevan vapaa-ajan ja vakituisen asutuksen läheisyyden vuoksi.

Vetyputki rantautuu olemassa olevalle teollisuusalueelle, jossa asutusta ei sijaitse kuin muutama vapaa-ajan rakennus lähisaarilla lähes 600 metrin etäisyydellä. Vetyputken rakentamisen aikainen vaikutus arvioitiin vähäiseksi kielteiseksi.

Mikäli merikaapelit sijoittuvat kahdelle merikaapelireitille, ovat rakentamisen aikaiset vaikutukset tällöin suuremmat ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön.

Terveyteen ei arvioitu kohdistuvan suoria vaikutuksia missään hankevaihtoehdossa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 19-1. Vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana ihmisiin kohdistuvien vaikutusten osalta.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen									
	Kohtalainen		MVE1 MVE2 MVE3	VE1 VE2	VVE1	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

19.6.2 Toiminnan aikaisten vaikutusten merkittävyys

19.6.2.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston toteutusvaihtoehdoilla VE1 ja VE2 ei ole merkittäviä eroja toiminnan aikana, ja vaikutusten arvioitiin olevan molemmissa vaihtoehdoissa kohtalaisen kielteiset. Toiminnan aikaiset vaikutukset ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön aiheutuvat muutoksesta maisemassa. Merituulivoimapuiston tuulivoimalat näkyvät laajalle alueelle siten, että merkittävimmät maisemalliset vaikutukset kohdistuvat läheisille meri- ja ranta-alueille. Asutuksen kannalta merkittävimmät maisemalliset vaikutukset kohdistuvat mantereen rannoille ja saariston, joista avautuu näkymäyhteys tuulivoimapuiston suuntaan. Myös lentoeste- ja navigointivalojen näkyminen liittyy maiseman muuttumiseen. Valot näkyvät pimeällä kauas ja vaikutukset suuntautuvat samoin kuin muutkin maisemavaikutukset. Muutos on merkittävä niillä näkemäsektoreilla missä on totuttu pimeään merimaisemaan.

19.6.2.2 Merikaapeli- ja vetyputkireitit

Toiminnan aikaiset vaikutukset erityisesti merikaapelireittien osalta kohdistuvat rantautumisalueelle. Merellä merikaapelireitit ja vetyputkireitti eivät aiheuta vaikutuksia ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen tai virkistykseen. Rantautumisalueelle maan alle sijoittuu merikaapelin reitti, joka pidetään puuttomana koko toiminnan ajan, joka aiheuttaa muutoksen maisemassa verraten sen luonnontilaan. Vaikutus on voimakkaampi, mikäli kaapelit sijoittuvat kahden merikaapelin alueelle yhden sijaan. Vaikutus on kuitenkin paikallinen, joten vaikutuksen on arvioitu olevan vähäinen kielteinen kaikissa vaihtoehdoissa. Vetyputkireitti sijoittuu Kuljunniemeen SSAB:n tehtaan läheisyyteen olemassa olevalle teollisuusalueelle, joten vaikutukset ovat vähäiset ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistykseen.

Hankevaihtoehdoilla ei arvioitu olevan suoria terveydellisiä vaikutuksia hankkeen toiminnan aikana.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 19-2. Vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa toiminnan aikana ihmisiin kohdistuvien vaikutusten osalta.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen									
	Kohtalainen			VE1 VE2	MVE1 VVE1 MVE2 MVE3	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

19.7 Arvioinnin epävarmuudet

Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa hyödynnetään muiden osioiden (esimerkiksi melu, maisema, välke ja liikenne) laadullisia ja laskennallisia arvioita. Näin ollen myös muiden vaikutusten arviointiosioiden epävarmuudet tuovat epävarmuutta ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arviointiin.

Vaikutusten merkittävyyden arviointi on usein arvosidonnaista ja myös ihmisten vaikutuksiin liittyvät kokemukset ovat subjektiivisia, mikä tuo vaikutusten tunnistamiseen ja arviointiin epävarmuutta. Asukaskyselyyn tullut vastausmäärä oli tavanomaista matalampi, mikä tuo epävarmuutta kyselyn tulosten yleistettävyyteen.

Terveysvaikutusten arviointiin liittyvät epävarmuudet liittyvät lähinnä tuulivoimapuistoihin liittyvien tutkimusten rajoitteisiin esimerkiksi pitkän aikavälin tutkimusten suhteen.

19.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Hankkeesta aiheutuvia haitallisia vaikutuksia voidaan lieventää hankkeen huolellisella suunnittelulla ja aktiivisesti tiedottamalla alueen asukkaita hankkeen etenemisestä kaikissa sen vaiheissa. Asukkaita sekä muita aluetta käyttäviä tahoja, kuten vesillä liikkujia, tiedottamalla ja kuulemalla voidaan vähentää ihmisten kokemaa epätietoisuutta ja etsiä ratkaisuja hankkeen vaikutuksiin sekä mahdollisiin ristiriitoihin. Tiedotuksessa on hyvä hyödyntää eri viestintäkanavia monipuolisesti, jotta viestintä on mahdollisimman tehokasta ja tavoittaa eri kohderyhmät kattavasti. Jatkamalla hankkeen lähialueella pidettäviä keskustelutilaisuuksia voidaan paikallisten asukkaiden kanssa käydä vuoropuhelua ja jakaa yksityiskohtaisempaa tietoa hankkeesta.

Hankkeen ympäristövaikutuksiin liittyviä lieventämiskeinoja on käsitelty kunkin vaikutusarviointiosion yhteydessä. Nämä lieventämiskeinot lieventävät myös vaikutuksia ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen. Esimerkiksi rakentamisen aikaisia haittoja voidaan vähentää rakennustöiden ajoittamisella, esimerkiksi loma-asutusta lähimpien rakennustoimenpiteiden ajoittaminen kesälomakauden ulkopuolelle.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

20 TURVALLISUUS SEKÄ TUTKA- JA VIESTINTÄYHTEYDET

YHTEENVETO:

- Tuulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien rakentamisen aikana merkittävimmiksi riskeiksi on arvioitu kemikaalivuodot laitteista tai merenkulkualuksista sekä onnettomuudet rakentamisen aikana merellä ja rannassa esimerkiksi nostotöiden aikana. Rakentamisessa noudatetaan rakentamis- ja työsuojelumääräyksiä sekä luodaan turvallisuussuunnitelma. Lisäksi ennen töiden aloitusta laaditaan työkohtaiset riskinarvioinnit ja ohjeet, joilla ehkäistään onnettomuuksien syntymistä. Turvallisuussuunnitelmassa huomioidaan myös kemikaalivuotojen hallinta, kuten kemikaalivuotojen ehkäisy ja poikkeustilanteiden valvonta.
- Muiksi rakentamisen aikaisiksi riskeiksi on arvioitu meriliikenneonnettomuudet sekä tulipalotilanteet. Meriliikenneonnettomuudet ja tulipalojen syttyminen on epätodennäköistä, mutta tapahtuessaan niiden vaikutus voi olla suuri. Kulku merituulivoimapuiston alueelle tapahtuu pääsääntöisesti vesiväyliä pitkin turvallisuusohjeita sekä vesiliikennesääntöjä noudattaen. Tulipaloja varten luodaan erillinen paloturvallisuussuunnitelma. Onnettomuuksia ja riskejä pyritään välttämään myös aktiivisella rakentamisen aikaisella valvonnalla sekä koordinoinnilla eri viranomaisten kanssa.
- Räjähtämättömien ammusten ja miinojen esiintymisestä tehdyn selvityksen perusteella merituulivoimapuiston ja rantaan johtavien merikaapelireittien tai vetyputkireitin alueella ei havaittu kohonnutta riskiä räjähtämättömistä ammuksista tai miinoista, jotka voisivat aiheuttaa tapaturman rakentamisaikana (liite 15).
- Meriliikenteeseen liittyvät riskit (mm. törmäysriski, navigointiin ja viestintälaitteisiin liittyvät riskit, jäänmuodostumiseen ja talvimerenkulkuun liittyvät riskit) on käsitelty liikenneluvussa 14.
- Puolustusvoimien ampuma ja suoja-alueet on käsitelty myös liikenneluvussa 14.
- Vaikutukset tutkajärjestelmiin on kuvattu luvussa 14.
- Talviaikana sopivissa olosuhteissa tuulivoimalan lapoihin saattaa kertyä jäätä, joka voi irrota. Jään kertymistä lapoihin pyritään estämään lapojen jäätymisenestoratkaisuilla. Riski, että irronnut jää aiheuttaisi vahinkoja on erittäin pieni. Merituulivoimapuiston alueella liikutaan hyvin vähän talviaikaan esimerkiksi hylkeenmetsästyksen aikaan.
- Mahdollisiksi vaarallisiksi tilanteiksi on arvioitu esimerkiksi lavan tai voimalan muun osan putoaminen. Tällaiset tilanteet ovat kuitenkin erittäin harvinaisia ja niitä ehkäistään jo ennen toiminnan aloittamista tehtävillä laajoilla käyttöönottokokeilla sekä tarkastuksilla. Tuotannon aikana mahdolliset ongelmat pyritään havaitsemaan säännöllisten huolto- ja tarkastuskäyntien yhteydessä. Tuulivoimaloiden rikkoontumisesta aiheutuvaa turvallisuusriskiä voidaan pitää erittäin pienenä eikä hanke estä alueen hyödyntämistä virkistykseen kuten veneilyyn. Merituulivoimapuistossa tuotettu sähkö siirretään mantereelle suurjännitteisillä merikaapeleilla, jotka asennetaan merenpohjaan siten, ettei niistä aiheudu turvallisuusriskejä merialueen käyttäjille. Merikaapeleiden asennuksessa pyritään hyödyntämään syvänteiden antamaa suojaa ja matalilla alueilla kaapeli suojataan tarvittaessa kaivamalla se maaperään, peittämällä kivimurskeella tai käyttämällä tilanteen mukaan suojaputkia tai betonista valmistettuja mekaanisia suojia tai muita soveltuvia suojauskeinoja.
- Vedyntuotantoon liittyvät merkittävimmät riskit arvioitiin olevan vetyvuodot tuotannonlaitteistoissa ja putkistoissa sekä vetyvuodon syttyminen ja tästä aiheutuva tulipalo tai räjähdys.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- Vaihtoehtoisesti hankkeessa tuotetusta sähköstä tuotetaan vetyä merituulivoimapuiston alueella. Tuotettu vety siirretään mantereelle vetyputken kautta. Ilmateitse tai sisäisen vetyputkiston kautta leviävä tulipalo voi teoriassa pahimman tapauksen arvion mukaan aiheuttaa suuronnettomuuden. Vetyvuotoja seurataan etäseuranta ja -hallintalaitteiston avulla, jolloin vedyn virtaaminen putkistossa saadaan pysäytettyä esimerkiksi putkirikon sattuessa. Lisäksi vetyputket suojataan tarvittaessa mekaanisilta iskuilta, jolla ehkäistään putkirikkojen syntymistä.

20.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Turvallisuuteen liittyviä vaikutuksia arvioitaessa on tarkasteltu tuulivoimaloiden sijaintia lähimpiin merialueen muihin toimintoihin, talviaikaisen jään irtoamista, voimaloiden rikkoutumista, paloturvallisuutta ja muita mahdollisia riskitilanteita. Lisäksi on tarkasteltu vedyntuotantoon ja siirtoon liittyviä riskejä maalla sekä merellä. Tarkastelussa on huomioitu riskien vaara-alueen laajuus. Merituulivoimalat sijoitetaan tuulivoima-alueelle siten, etteivät ne lähtökohtaisesti vaaranna meriliikennettä, mutta voimalat muodostavat mahdollisen turvallisuusriskin mahdollisesti merituulivoimapuiston alueella liikkuville laivoille ja veneille. Isojen kauppamerenkulun alusten liikkuminen merituulivoimapuiston sisällä pyritään estämään lainsäädännön sallimissa rajoissa. Meriliikenteeseen liittyvät riskit mm. törmäysriski, navigointiin ja viestintälaitteisiin liittyvät riskit, jäänmuodostumiseen ja talvimerenkulkuun liittyvät riskit) on käsitelty erikseen luvussa 14.

Hankkeen rakentamisvaiheessa aiheutuu liikennettä sekä merellä että maalla, mikä on huomioitu liikenneturvallisuuden vaikutusten arvioinnissa (luku 14). Turvallisuuteen kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa on huomioitu lisäksi ilmailuturvallisuus sekä Puolustusvoimien toiminta. Vaikutukset turvallisuuteen on arvioitu hankkeen rakentamisen, toiminnan aikaisen ja toiminnan jälkeisen ajan osalta, ja siinä on huomioitu myös merikaapelit, vetyputki sekä vedyntuotanto. Lisäksi on arvioitu hankkeen vaikutukset säätutkien toimintaan ja viestintäyhteyksiin (ks. luku 14).

Hallan merituulivoimapuisto sijoittuu keskeiselle merenkulun alueelle, minkä vuoksi hankevastaava on perustanut työryhmän alan keskeisten toimijoiden kanssa (ml. Väylävirasto, Traficom, Fintraffic VTS, Rajavartiolaitos ja Finnpilot). Työryhmässä on käsitelty hankkeen vaikutuksia merenkulun kannalta eri näkökulmista ja määritetty yhteistyössä, kuinka merenkulku ja merituulivoima pyritään yhteensovittamaan. YVA-selostuksessa on esitetty selvitys merenkulun käyttämistä reiteistä hankealueella ja sen ympäristössä sekä jäänmurtajien liikennöintitiedot mallinnuksessa käytettynä jäätalvena (luku 14, liitteet 16 ja 19). Hankkeen vaikutukset merenkululle, talvimerenkulku mukaan lukien, on arvioitu hyödyntäen aiemmin mainittuja selvityksiä. Merikaapeleiden ja vedyn siirtoputkiston osalta vaikutusarvioinnissa on huomioitu mm. väylästö ja merenkulun turvalaitteet.

Hankkeen suunnittelun tarkentuessa YVA-menettelyn jälkeen tehdään tarvittaessa vielä yhteistyössä viranomaisten kanssa kattavampi selvitys hankkeen vaikutuksista meriliikenteen turvallisuudelle ja alusten tutkajärjestelmille sekä riskienarviointi ja siihen liittyen riskienhallintakeinojen tunnistaminen.

Uutta lakia (934/2024) sovelletaan talousvyöhykkeen merituulivoimahankkeisiin nykyisen talousvyöhykelain (1058/2004) rinnalla ja osin sen sijasta. Valtioneuvosto on 3. lokakuuta 2024 antanut esityksen eduskunnalle laiksi merituulivoimasta talousvyöhykkeellä ja siihen liittyviksi laeiksi (HE 147/2024 vp). Laki astui voimaan 1.1.2025 ja tämän jälkeen on tarkoitus valmistella lakia koskeva asetus. Suomen talousvyöhykkeestä annetun lain päivityksen myötä tekosaariin, laitteisiin ja muihin rakennelmiin sekä niiden toimintaan liittyviin putkiin ja kaapeleihin sovelletaan Suomen ja EU:n sähkö- ja kaasumarkkinoista annettua lainsäädäntöä, lakia vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005), painelaitelakia (1144/2016), päästökauppalakia (1270/2023) ja ilmailulain (864/2014) lentoesteitä koskevia säännöksiä. Laitteella tai rakennelmalla ei tarkoiteta esityksessä putkea tai kaapelia. Lisäksi alusten tavanomaisesta toiminnasta aiheutuvan ympäristön pilaantumisen ehkäisemisestä talousvyöhykkeellä säädetään merenkulun ympäristönsuojelulaissa (1672/2009) ja öljyvahinkojen sekä

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

aluskemikaalivahinkojen torjuntaa koskevista toimenpiteistä säädetään pelastuslaissa (379/2011). Lisäksi talousvyöhykkeellä sovelletaan jätelakia (646/2011).

Kemikaalien teollista käsittelyä ja varastointia säätelee laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005, kemikaaliturvallisuuslaki). Lain 23 §:n nojalla vaarallisen kemikaalin laajamittaista teollista käsittelyä ja varastointia saa harjoittaa vain Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) luvalla. Lupa tarvitaan, mikäli alueella varastoitavien kemikaalien suhdeluku ylittää vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta annetun valtioneuvoston asetuksessa (685/2015) esitetyt rajat. Mahdollinen luvan tarve Hallan merituulivoimahankkeelle koskee vedyn tuotantoa ja varastointia ja tarkempi luvan tarve määritetään suunnittelun edetessä. Lupa laajamittaiselle kemikaalien teolliselle käsittelylle ja varastoinnille voidaan myöntää sen jälkeen, kun yhteysviranomainen on antanut perustellun päätelmän YVA-selostuksesta.

Riskien arviointiin on osallistunut työryhmä, jossa on ollut edustettuna viranomaisia (merenkulku), hankekehittäjä sekä konsultin riskienhallinnan asiantuntijat. Merenkulun navigointiriskien arviointeihin liittyen pidettiin riskityöpajat (2 kpl). Lisäksi merituulivoiman ja vedyntuotannon riskienarviointiin liittyen järjestettiin kaksi riskityöpajaa lokakuussa 2023.

20.2 Vaikutusten arviointi

Riskinarvioinnin taulukoissa on esitetty merituulivoimapuiston ja vedyntuotannon rakentamisen, käytön ajan ja käytöstä poiston aikaiset riskit, kuten vaaratilanteen kuvaus, syy, seuraus, todennäköisyys ja ehdotus riskejä vähentäviksi toimenpiteiksi (liitteet 22 ja 23). Lisäksi navigoinnin riskejä on käsitelty erillisessä raportissa, joka on liitteenä 16.

20.2.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston ja vedyntuotantoon liittyvien rakenteiden ja järjestelmien rakentaminen tapahtuu vaiheittain noin kolmen vuoden aikana. Rakentamisen aikana liikennemäärät merellä sekä maalla kasvavat huomattavasti.

Hankkeen kaikkien merelle sijoittuvien rakenteiden rakentamisen aikana merkittävimmiksi riskeiksi on arvioitu kemikaalivuodot laitteista tai merenkulkualuksista sekä onnettomuudet rakentamisalueella esimerkiksi nostotöiden aikana. Rakentamisessa noudatetaan rakentamis- ja työsuojelumääräyksiä sekä luodaan turvallisuussuunnitelma ja työkohtaiset ohjeet, joilla ehkäistään onnettomuuksien syntymistä. Turvallisuussuunnitelmassa huomioidaan myös varautuminen mahdollisiin kemikaalivuotoihin.

Rakentamisen aikaisen kemikaaleja kuljettavaan/sisältävään alukseen liittyvät riskit (kemikaalisäiliön rikkoutuminen, alusten törmäys) arvioitiin todennäköisyydeltään kohtalaiseksi johtuen alusten runsaasta määrästä rakentamisen aikana. Vaikutusten suuruus ilman lieventämistoimenpiteitä arvioitiin kohtalaiseksi, mutta riskiä voidaan tehokkaasti alentaa pieneksi huolehtimalla logistiikan suunnittelusta, ammattitaitoisen henkilöstön ja modernin kaluston käytöstä sekä toimimisella vain turvallisissa sääolosuhteissa merellä. Edellä mainittujen alusten törmäämisen tai vuodon aiheuttamasta kemikaalien pääsystä veteen aiheutuvat vaikutukset meriluontoon ja kalastoon arvioitiin vähäisiksi kielteisiksi ja paikallisiksi. Mahdollisia öljyvuotoja varten tehdään varautumissuunnitelma sekä suunnitellaan merialueelle soveltuvat öljyntoruntatoimet yhteistyössä pelastusviranomaisen kanssa ennen töihin ryhtymistä.

Muiksi rakentamisen aikaisiksi riskeiksi on arvioitu mm. meriliikenneonnettomuudet sekä tulipalotilanteet. Meriliikenneonnettomuuksien ja tulipalojen tapahtuminen on epätodennäköistä, mutta tapahtuessaan niiden vaikutus voi olla suuri. Kulku merituulivoimapuiston alueelle tapahtuu pääsääntöisesti vesiväyliä pitkin turvallisuusohjeita sekä liikennesääntöjä noudattaen.

Rakentamisalueilla mahdollisesti esiintyvät räjähtämättömät ammukset ja miinat voivat aiheuttaa tapaturmariskin. Tähän liittyvässä selvityksessä (UXO-selvitys, liite 15) tarkasteltiin tiedossa olevia miina- ja ammusvaarallisia alueita Perämeren alueella ja ammusriski määritettiin luokituksella 0–7 välillä. Arvo 0 kuvaa tilannetta, ettei alueella ole tiedossa olevaa riskiä ja 7 taas,

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

että alueella on suuri riski / todennäköisyys löytää ammuksia. Merituulivoimapuiston tai rantaan johtavien merikaapelireittien ja vetyputkireitin alueella ei havaittu kohonnutta riskiä räjähtämättömistä ammuksista tai miinoista.

Sähkönsiirtokaapelin ja vetyputkien rakentamisen riskit liittyvät lisääntyneeseen meriliikenteeseen. Lisäksi riskin voivat aiheuttaa merituulivoimahankkeen energiansiirtorakenteiden kanssa risteävät muut johdot ja mahdolliset putket, jotka tullaan selvittämään ennen rakentamisen aloittamista. Risteäminen tehdään yhteistyössä olemassa olevan rakenteen haltijan kanssa ja rakenteita rikkomatta.

Onnettomuuksia ja riskejä pyritään välttämään myös aktiivisella rakentamisen aikaisella valvonnalla sekä koordinoinnilla eri viranomaisten kanssa.

20.2.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

20.2.2.1 Tuulivoimaloihin liittyvät mahdolliset riskitilanteet

Tuulivoimapuiston rakentamisvaiheen jälkeen tuulivoimapuisto siirtyy tuotantovaiheeseen. Ennen tuotantovaihetta kaikille tuulivoimaloille tehdään käyttöönottokokeet sekä tarkastukset, joilla pyritään havaitsemaan mahdolliset virheelliset asennukset jo ennen varsinaista tuotannon aloittamista. Tuulivoimapuiston toiminnan aikana on olemassa riski, että voimala rikkoutuu ja sen seurauksena siitä voi irrota osio ja pudota voimalan tornin läheisyyteen. Tällainen tilanne on kuitenkin erittäin harvinainen ja niitä pyritään myös havaitsemaan säännöllisten huolto- ja tarkastuskäyntien yhteydessä. Tuulivoimaloiden rikkoontumisesta aiheutuvaa turvallisuusriskiä voidaan pitää erittäin pienenä eikä hanke estä alueen hyödyntämistä virkistykseen kuten veneilyyn.

Talviaikana sopivissa olosuhteissa tuulivoimalan lapoihin saattaa kertyä jäätä, joka voi irrota. Jään kertymistä lapoihin pyritään estämään esimerkiksi lapojen jäätymisenestoratkaisuilla. Riski, että irronnut jää aiheuttaisi vahinkoja, on erittäin pieni. Alueella liikutaan hyvin vähän talviaikaan esimerkiksi hylkeenmetsästyksen aikaan.

Merituulivoimapuiston riskit meriliikenteen tutka- ja viestintäyhteyksille, merijään muodostumiselle ja talvimerenkululle on käsitelty tarkemmin luvussa 14.

Itämeren vuosittainen jäätyminen aiheuttaa riskejä voimalaloille ja niiden perustuksille sekä muille hankkeessa merelle rakennettaville kiinteille rakenteille. Jäätymis- ja sulamisvaiheiden aikana jää voi kohdistaa rakenteisiin huomattavia voimia. Erityisen haasteellinen on ajanjakso, jolloin jää alkaa sulaa ja ahtojäitä sekä ajojäitä kerääntyy merialueelle. Näillä ajelehtivilla jäämassoilla on mahdollisuus muuttua merkittäviksi, liikkuviksi esteiksi, jotka voivat asettaa rakenteisiin kohdistuvia ylimääräisiä sivuttaiskuormituksia (*COWI 2023*). On kuitenkin tärkeää ottaa huomioon, että nämä jääkuormat ja niihin liittyvät riskit voidaan hallita tehokkaasti suunnittelun keinoin. Ne ovat olennainen osa perussuunnitteluprosessia kaikkialla pohjoisella Itämerellä tehtäville hankkeille. Hankkeessa tehdään myös suunnittelun osalta yhteistyötä Teknologian tutkimuskeskuksen (VTT) kanssa jääolosuhteissa rakentamiseen liittyen.

Merituulivoimaloissa käytetään yleensä erilaisia kemikaaleja, kuten öljyä, voiteluaineita sekä jäähdytysainetta. Määrät vaihtelevat voimalamallin ja koon mukaisesti. Tuulivoimala voi sisältää myös hiilidioksidia tai muuta kaasua palosuojauksena. Öljyä tai voiteluaineita sisältävät komponentit on suunniteltu suljettuina järjestelminä vuotojen estämiseksi. Vuodon sattuessa kaikki vuotavat kemikaalit valuvat vuotoaltaisiin tai vastaaviin rakenteisiin, joilla estetään kemikaalien pääsy mereen. Komponenttien ja voimalaosien rakenteet on lisäksi suunniteltu siten, että kemikaalit eivät pääse vuotamaan ympäristöön missään tilanteessa. Kemikaalien ja öljyjen kokonaismäärän yhdessä tuulivoimalassa ei arvioida ylittävän 20 000–25 000 litraa. Riippuen merisähköasemien tarkasta tyypistä ja rakenteesta ne voivat sisältää jäähdytysaineita, öljyjä ja kaasua palosuojana. Muuntajan ympärillä on vuotoallas, joka kerää vuotaneen öljyn vuototapauksessa.

Kemikaalivuodon todennäköisyys arvioitiin erittäin pieneksi ja epätodennäköiseksi. Kemikaalivuotoja ehkäistään ensisijaisesti voimaloiden, vuotoaltaiden ja perustusten rakenteiden

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

suunnittelulla sekä toiminnan aikana säännöllisellä tarkastamisella ja huoltamisella, jolloin mahdolliset rikkoutuneet rakenteet havaitaan ajoissa.

Kemikaali- tai öljyvuodon aiheuttama ympäristöriski arvioitiin erittäin epätodennäköiseksi. Mikäli vuototilanne sattuisi, havaittaisiin se arviolta nopeasti, eikä onnettomuus ehtisi aiheuttaa kemikaalivuotoa merialueelle. Lisäksi kemikaalivuodot kerätään niille tarkoitettuihin vuotoaltaisiin. Riski samanaikaisesta vuototilanteesta useissa voimaloissa arvioitiin käytännössä olemattomaksi. Näin ollen edellä mainitun kemikaalivuotoriskin vaikutukset meriluonnolle sekä kalakantoihin ja kalastukseen arvioitiin hyvin pieneksi.

Merivoimien suoja-alueet ovat rajoiltaan tarkkaan määritettyjä valtakunnan turvallisuuden ja aluevalvonnan järjestämisen kannalta tärkeitä Suomen aluevesien osia. Suoja-alueita on yhteensä 18 ja ne sijaitsevat Suomenlahdella ja Saaristonmerellä (*Puolustusvoimat 2024*). Puolustusvoimien suoja-alueita ei sijaitse Hallan hankealueella tai sen lähellä eikä niihin siten aiheudu vaikutuksia.

20.2.2.2 Sähkönsiirtoon liittyvät mahdolliset riskitilanteet

Tuulivoimaloilla tuotettu sähkö siirretään merituulivoimapuiston alueelta mantereelle suurjännitteisillä merikaapeleilla. Merikaapelit asennetaan merenpohjaan siten, ettei niistä aiheudu turvallisuusriskejä merialueen käyttäjille. Merikaapelit pyritään asentamaan syvälle merenpohjaan ja merikaapelireitin suunnittelussa hyödynnetään syvänteiden antamaa suojaa. Jos kaapeli joudutaan asentamaan matalikolle, jossa on esimerkiksi riskinä, että jääpeite ulottuu pohjaan asti, suojataan merikaapeli tarvittaessa kaivamalla se merenpohjaan tai peittämällä kivimurskeella. Merikaapelin suojaamisessa voidaan käyttää tilanteen mukaan myös suojaputkia tai betonista valmistettuja mekaanisia suojia.

20.2.2.3 Vetyyn liittyvät mahdolliset riskitilanteet merellä

Vedyntuotantoon liittyvät merkittävimmät riskit voitiin arvioida olevan vetyvuodot vedyntuotannon laitteistoissa sekä vetyvuodon syttyminen (ks. liite 22). Vähäisten vuotojen ilmeneminen vedenalaisissa putkistoissa arvioitiin todennäköiseksi, mutta niiden vaikutus arvioitiin lähes merkityksettömäksi. Jos vuoto on suuri ja tapahtuu vedenpinnan alapuolella, esimerkiksi putkirikosta johtuen, tällöin vetykaasu nousee veden pinnalle ja voi muodostaa helposti syttyvän kaasupilven. Jos samanaikaisesti suuren vetyvuodon aikana esimerkiksi merenkulkualus kulkee kaasupilven läpi, voi aluksella oleva mahdollinen syttymislähde sytyttää kaasupilven ja aiheuttaa kaasupilven tulipalon tai räjähdyksen. Suuri vedenalainen vetyvuoto voi myös synnyttää kaasukuplia, jotka aiheuttavat paikallisia tiheyseroja veteen ja muuttaa veden kantovoimaa. Myös vedenpinnan yläpuolisissa vedyn tuotantoon käytettävissä laitteissa, kuten elektrolyysilaitteissa, voi aiheutua vetyvuotoja. Vetyvuoto itsessään ei aiheuta välittömiä seurauksia, vaan syttymätön vetypilvi nousee ilmakehään ja laimenevat. Jos vetyvuoto syttyy esimerkiksi kipinästä tai muusta syttymislähteestä, voi vuotokohtaan syntyä suihkuliekki. Suihkuliekki voi aiheuttaa suihkupalon tai kaasuräjähdyksen.

Vedyn syttymisen seurauksena voi syntyä myös ns. dominoefekti, jolloin tulipalo leviää ilmateitse tai sisäisen vetyputkiston kautta. Tästä on mahdollista erittäin epätodennäköisessä tilanteessa aiheutua suuronnettomuus, joka leviää muihin vedyntuotantolaitoksiin. On kuitenkin otettava huomioon, että tässä YVA-menettelyssä arvioitiin ainoastaan merellä tapahtuvaa vedyntuotantoa, eikä ole oletettavissa, että lähialueella olisi muita vetylaitoksia. Yhteisvaikutuksia muiden hankkeiden kanssa on arvioitu tässä luvussa kohdassa 20.3.

Hankkeen suunnittelu on vielä alkuvaiheessa ja vaihtoehtoina ovat hajautettu vedyntuotanto, jolloin vedyntuotantoasemia on useita jokaisen tuulivoimalan torniin kiinnitettyinä (VE 160 kpl; VE2 120 kpl). Toinen vaihtoehtoinen vedyntuotantotapa on ns. keskitetty vedyntuotanto, jolloin vedyn tuotanto on keskitetty merisähköasemaa vastaavan vedyntuotantoasemaan, joita olisi noin 3–8.

Vetyvuotoja voidaan seurata etäseuranta- ja hallintalaitteiston avulla, jolloin vedyn virtaaminen putkistossa saadaan pysäytettyä esimerkiksi putkirikon sattuessa. Lisäksi vetyputket suojataan

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tarvittaessa mekaanisilta iskuilta, jolla ehkäistään putkirikkojen syntymistä. Suuronnettomuuteen johtavia riskejä selvitetään tarvittaessa tarkemmin mm. mallinnusten avulla hankkeen suunnittelun tarkentuessa.

Vaikutukset tutkiin ja sääasemiin on käsitelty luvussa 14.

20.2.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Tuulivoimapuiston toiminnan lopettamisen jälkeen mahdolliset vaikutukset liittyvät tuulivoimapuiston ja vedyntuotannon infrastruktuurin purkutöihin ja kuljetuksiin liittyviin turvallisuusseikkoihin sekä mahdollisiin öljy-, polttoaine- ja kemikaalivuotoihin samaan tapaan kuin puiston rakentamisvaiheessa.

20.2.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Vaihtoehdossa VE0 tuulivoimapuistoa ei rakenneta, jolloin hankkeen vaikutukset turvallisuuteen sekä tutka- ja viestintäyhteyksiin sekä hankkeeseen liittyvät riskit jäävät toteutumatta kokonaan.

20.3 Yhteisvaikutukset

Hallan merituulivoimahankkeesta voi aiheutua lähialueen suunniteltujen hankkeiden kanssa yhteisvaikutusten myötä erilaisia tai erisuuruisia riskejä kuin mitä Hallan hankkeesta aiheutuisi yksinään. Muut hankkeet on kuvattu tarkemmin luvussa 21.

Suomen aluevesille sijoittuva Metsähallituksen suunnittelema Raahe-Siikajoki merituulivoimapuisto sijaitsee noin 2 kilometriä Hallan alueesta. Raahe-Siikajoki hankkeesta ei ole saatavilla esimerkiksi voimaloiden sijoitussuunnitelmaa, mutta mikäli hanke toteutuisi, muodostaisi se Hallan alueen kanssa yhtenäisen merituulivoimapuiston alueen, sillä lähimmät voimalat sijaitsisivat yhtä etäällä toisistaan kuin hankealueiden sisäiset voimalat. Hankkeen rakentamisaikataulu ei ole tiedossa.

Molempien hankkeiden toteutuessa voisi niistä aiheutua samantyyppisiä riskejä, mitä aiemmassa on kuvattu vain Hallaan liittyen. Kaksi vierekkäistä puistoa voivat kasvattaa esimerkiksi jäänheiton riskiä. Jään kertymistä lapoihin pyritään estämään lapojen jäätymisenestoratkaisuilla, mikä pienentää myös yhteisriskiä. Raahe-Siikajoki hankkeen osalta ei ole tiedossa, suunnitellaanko vedyntuotantoa merituulivoimantuotannon lisäksi.

Ruotsin talousvyöhykkeelle on suunnitteilla Polargrund Offshore -merituulivoimapuisto, jonka lähimmät voimalat sijaitsevat noin 4,7 kilometrin etäisyydellä Hallan voimaloista. Hallan ja Polargrundin hankkeiden vesistörakentaminen voi ajoittua samaan aikaan ja siten voi aiheutua rakentamisen aikaisia yhteisriskejä Suomen talousvyöhykkeen merialueelle ja Ruotsin puolelle. Kemikaalivuodot on arvioitu rakentamisen ajan isoimmiksi riskeiksi sekä merituulivoimaloiden rakenteista että merikuljetuksista. Kemikaalivuodon yhtäaikainen sattuminen kahdessa eri rakentamishankkeessa arvioidaan epätodennäköiseksi tapahtumaksi ja siten riski pieneksi. Paikallisesti rakentamiseen liittyvät kuljetukset kulkevat oletettavasti omia reittejään. Oletettavaa on, että myös Ruotsin puolen hankkeissa noudatetaan samoja rakentamis- ja työsuojelumääräyksiä sekä luodaan turvallisuussuunnitelma ja työkohtaiset ohjeet, joilla myös mahdollisia yhteisiä onnettomuuksia ehkäistään. Turvallisuussuunnitelmissa huomioidaan tyypillisesti varautuminen mahdollisten kemikaalivuotojen rajaamiseen ja siten ehkäistään kemikaalivuotojen yhteisriskiä.

Lisäksi lähellä toisiaan sijaitsevat tuulivoimapuistot lisäävät meriliikenteeseen kohdistuvia riskejä, joita on arvioitu erikseen luvussa 14.

Mikäli Polargrund Offshore -hankkeessa tuottaisi vetyä kuten Hallassakin suunnitellaan, aiheutuisi kahden laajan merelle sijoittuvan vedyntuotantoalueen osalta vedyntuotantoon liittyviä mahdollisia riskejä myös Ruotsin puolelle. Vedyn syttymisen seurauksena voi syntyä myös ns. dominoefekti, jolloin tulipalo leviää ja jolloin on riski suuronnettomuuden syntymiselle, joka voi levitä muihin lähialueen vedyntuotantolaitoksiin. Polargrund hankkeen lähin voimala sijaitsee kuitenkin noin 4,7 kilometrin etäisyydellä Hallan lähimmästä voimalasta, eikä siten ole

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

oletettavaa, että tulipalo voisi ilmateitse levitä merellä niin kauas ja aiheuttaa dominoefektin, vaikka vetylaitokset sijaitsisivat lähimpien voimaloiden yhteydessä.

Puolustusvoimat eivät toimita tutkiensa sijaintia ja tästä syystä niitä ei huomioida yhteisvaikutusten arvioinnissa.

Yhteisriskejä ja onnettomuuksia pyritään välttämään samoilla keinoilla kuin yksittäisen hankkeen riskejä eli aktiivisella rakentamisen aikaisella valvonnalla sekä koordinoinnilla eri viranomaisten kanssa tarvittaessa käyden vuoropuhelua myös Ruotsin viranomaisten sekä Polargrundia kehittävän hankekehitysyhtiön kanssa.

20.4 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Eri hankevaihtoehtojen välillä ei arvioitu olevan merkittävää eroa, kun huomioitiin riskeihin varautumisen keinot jokaisen eri riskitekijän osalta. Koska vaihtoehdossa VE1 on enemmän merituulivoimaloita, voitiin vaihtoehtoon VE1 liittyvät riskit arvioida kokonaisuudessaan hieman suuremmiksi kuin vaihtoehdon VE2.

Vedyn tuotannon riskien eroja hankevaihtoehtojen välillä arvioitiin sitä kautta, että hajautetussa vedyntuotannossa merituulivoimaloihin integroituja vedyntuotantoasemia olisi enemmän vaihtoehdossa VE1, jolloin vedyn tuotantoon liittyvät riskit arvioitiin hieman suuremmiksi kuin vaihtoehdossa VE2. Vetylaitosten määrä keskitetyssä vedyn tuotannossa ei eroa merkittävästi hankevaihtoehtojen välillä, sillä keskitettyjä vedyn tuotantolaitoksia arvioitiin rakennettavan enintään 3–8 kappaletta.

20.5 Arvioinnin epävarmuudet

Arvioinnin epävarmuudet johtuvat siitä, että tuulivoimaloiden ja vedyntuotantoasemien tarkkaa sijaintia samoin kuin toteutettavia energiansiirtoreittejä ei ole vielä valittu vaan ne tarkentuvat myöhemmässä suunnittelussa.

21 YHTEISVAIKUTUKSET MUIDEN HANKKEIDEN KANSSA

Merituulivoimahankkeen vaikutuksia on arvioitu huomioiden lähiympäristön muut toiminnassa olevat sekä vireillä olevat hankkeet, joilla arvioidaan olevan yhteisvaikutuksia Hallan merituulivoimahankkeen toimintojen kanssa. Arvioitavat hankkeet on tunnistettu ja kuvattu YVA-selostukseen. Hankkeen toiminnasta ja muista alueen toiminnoista aiheutuvat yhteisvaikutukset ympäristöön on tarkasteltu kunkin osion yhteydessä osana vaikutusarviointia. Tässä luvussa on käyty yhteisvaikutusten arvioinnin kannalta olennaiset hankkeet siltä osin, kun niistä on ollut tietoja saatavilla julkisesti. Hankkeiden tilanne niin Suomen kuin Ruotsinkin talousvyöhykkeillä muuttuu jatkuvasti jossain määrin, ja tässä arvioinnissa on huomioitu selostuksen tekohetkellä (08/2023–08/2024) saatujen tietojen mukaiset hankkeet. Vaikutusten arviointi on puolestaan tehty sillä tarkkuudella, mikä on saatavilla olevien lähtötietojen perusteella ollut mahdollista. Esimerkiksi voimaloiden sijoittelua ei ole kaikkien hankkeiden osalta saatu tietoon, joten näiden hankkeiden osalta yhteisvaikutusten arviointi on jäänyt yleistasoiseksi.

Seuraavissa kappaleissa on lisäksi eritelty, minkä tyyppisiä yhteisvaikutuksia kullakin tiedossa olevalla hankkeella voisi Hallan hankkeen kanssa olla. Yhteisvaikutusten osalta keskeisiä arvioitavia vaikutuksia ovat mm. rakentamisen aikainen veden samentuminen, vedenalainen melu ja häiriö alueella ja sitä kautta vaikutukset meriluontoon, sekä vaikutukset meriliikenteeseen ja alueella liikkumiseen virkistysmielessä. Toiminnan aikana keskeisiä ovat vaikutukset maisemaan, luontoarvoihin, kalastoon ja kalastukseen sekä alueen käyttöön virkistyksessä. Erityisesti on arvioitu laajemmalle ulottuvia vaikutuksia, kuten vaikutukset maisemaan ja linnustoon. Vaikutusten arvioinnissa on arvioitu, miten lähiympäristön hankkeet lisäävät tai vähentävät toistensa aiheuttamia vaikutuksia. Lisäksi on arvioitu, miten mahdollisia vaikutuksia voidaan lieventää.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Arvioinnissa on hyödynnetty tietoja lähiympäristön hankkeista ja niihin tehdyistä selvityksistä sekä vaikutusten arvioinneista. Aineistona on käytetty myös maakuntakaavoitusta varten tehtyjä selvityksiä.

Vaikutusten arviointi on suoritettu eri alan asiantuntijoiden kesken asiantuntijatyönä.

Kantaverkkoyhtiö Fingrid on julkaisemiensa merituulivoiman liityntäpisteiden perusteella suunnittelemassa yhtä liityntäpistettä merituulivoimalle Pohjois-Pohjanmaalle / Raahen seudulle, jolloin useiden merituulivoimahankkeiden toteutuminen alueelle on epätodennäköistä. Ilman kantaverkkoliityntää merituulivoiman toteutuminen on näillä näkymin mahdollista suurten kulutuspisteiden yhteyteen. Yhteisvaikutuksia on kuitenkin arvoitu laajasti muiden hankkeiden kanssa olemassa olevan tiedon perusteella. (*Fingrid 2024a*)

21.1 Muut hankkeet

Hallan hankkeen lähialueen muut merituulivoimahankkeet on esitetty kuvassa (Kuva 21-1). Kartalla on esitetty yhteisvaikutusten arvioinnin kannalta olennaiset hankkeet.

Kartalle on lisäksi merkitty Ruotsin puolen hankkeita, jotka on tarkemmin esitetty erillisessä kansainvälistä kuulemista varten tehdyssä Rajat ylittävien vaikutusten arvioinnin asiakirjassa.

21.1.1 Suomen talousvyöhykkeen muut merituulivoimahankkeet

Hallan hankkeen kanssa lähes yhtenevälle alueelle on toisella tuulivoimatoimijalla tutkimuslupa Kihu-merituulivoimahankkeelle, josta ei kuitenkaan ole vielä aloitettu YVA-menettelyä. Seuraavassa on kuvattu Kihu-hanke julkisesti saatavilla oleviin aineistoihin perustuen. Hanke on vaihtoehtoinen Hallan hankkeelle ja siten vain yksi hanke voi edetä luvitusvaiheeseen. Lisäksi osin Hallan merituulivoima-alueen eteläreunan kanssa samalle alueelle talousvyöhykkeelle on suunnitteilla Kiisla-merituulivoimahanke, joka on myös kuvattu seuraavassa. Hanke on vaihtoehtoinen päällekkäin menevän alueen osalta Hallan hankkeelle ja siten vain yksi hanke voi edetä luvitusvaiheeseen, ellei jommankumman hankkeen voimalasijoittelua muuteta siten, etteivät alueet mene päällekkäin. Nykyisen suunnitelman mukaan Hallan ja Kiislan hanke muodostaisivat yhtenäisen merituulivoima-alueen.

Suomen Hyötytuuli Oy suunnittelee Perämerelle **Kihu**-merituulivoimapuistoa, joka sijaitsee suurelta osin samalla alueella Hallan hankkeen kanssa. Suomen Hyötytuuli Oy on saanut valtioneuvostolta tutkimusluvan Kihu hankealueelle (päätös TEM/2024/58, 23.5.2024). Hakemuksen kohteena oleva hankealue sijaitsee 12–61 metrin syvyysvyöhykkeellä, ja sen pinta-ala on noin 600 km^2. Merituulivoimapuiston etäisyys Hailuodosta on noin 23 km, Raaheen matkaa on noin 35 km, ja Kemin Ajos sijaitsee noin 57 kilometrin etäisyydellä. Hakemuksen kohteena olevan hyödyntämisoikeuden tavoitteena on rakentaa noin 160 tuulivoimalan merituulivoimapuisto Suomen talousvyöhykkeelle ja tuottaa uusiutuvaa energiaa yhteiskunnan tarpeisiin arviolta 2 500–3 500 MW kapasiteetilla 9 500–12 500 GWh vuodessa. Hankkeen tarkemmasta rakentamisajankohdasta ei ole tietoa. Hankkeen voimaloiden sijoittelua ei ole saatavilla. (*Suomen Hyötytuuli Oy 2023b*)

Toinen Suomen Hyötytuulen suunnittelema merituulivoimahanke **Kiisla**, sijoittuu osin Hallan tuulivoimapuistoalueen kanssa päällekkäin etelässä. Hakemuksen kohteena oleva hankealue sijaitsee 20–77 metrin syvyysvyöhykkeellä, ja sen pinta-ala on noin 260 km^2. Merituulivoimapuiston etäisyys Raahesta on noin 27 kilometriä, Nahkiaiseen matkaa on noin 9 kilometriä, ja Ulkomatala sijaitsee noin 19 kilometrin etäisyydellä. Hakemuksen kohteena olevan hyödyntämisoikeuden tavoitteena on rakentaa noin 70 tuulivoimalan merituulivoimapuisto Suomen talousvyöhykkeelle ja tuottaa uusiutuvaa energiaa yhteiskunnan tarpeisiin arviolta 1 200–1 600 MW kapasiteetilla 4 000–5 300 GWh vuodessa. Hankkeen tarkemmasta rakentamisajankohdasta ei ole tietoa. *(Suomen Hyötytuuli Oy 2023c)* Hanke ei ole saanut valtioneuvoston suostumusta tutkimustoimintaan (päätös TEM/2024/58, 23.5.2024). Hankkeen etenemisestä ei ole tarkempaa tietoa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hallan hankkeesta voi aiheutua rakentamisen aikaisia yhteisvaikutuksia Kiisla hankkeen kanssa, mikäli molemmat toteutuvat ja rakentaminen ajoittuisi samoille vuosille ja mikäli lopullisessa voimalasijoittelussa voimalat sijoittuisivat lähelle toisiaan. Kiislan hankkeen rakentamisen ajoittumisesta ei ole saatavilla tarkempaa arviota. Perustusten ja voimaloiden rakenteiden rakentaminen aiheuttaa melua ja meriliikenteen lisääntymistä, joilla voi olla vaikutusta mm. linnustoon, meriluontoon ja kalastoon (mm. sameuden ja vedenalaisen melun lisääntyminen), kalastukseen ja muuhun merellä liikkumiseen (kauppamerenkulku, virkistyskäyttö). Koska Kiisla sijaitsee suhteellisen kaukana (noin 25 km) Suomen ja Ruotsin välisestä rajasta, ei Hallasta ja Kiislasta arvioida aiheutuvat rajat ylittäviä yhteisvaikutuksia.

Mikäli molemmat hankkeet toteutuisivat, aiheutuisi niistä lisäksi toiminnan aikana yhteisvaikutuksia. Toiminnan aikana yhteisvaikutuksia voi aiheutua maisemaan, linnustoon, vedenalaiseen luontoon (vedenalainen melu), merenkulkuun sekä kalastoon ja kalastukseen sekä riskeihin.

21.1.2 Aluevesien hankkeet

Rajakiiri Oy suunnittelee **Maanahkiaisen** merituulivoimahanketta Perämerelle 27 kilometriä kaakkoon Hallan alueesta, lähimmän voimalan sijaitessa noin 30 kilometriä Hallan lähimmästä voimalasta. Suunnittelualue sijaitsee Raahen ja Pyhäjoen edustan merialueella. Kaavoitusaloite on hyväksytty Raahessa vuonna 2022 (KH 28.3.2022 § 131). Raahen kehittämislautakunta hyväksyi laaditun osallistumis- ja arviointisuunnitelman ja päätti vireilletulosta 17.1.2023 § 5. Vireilletulosta on ilmoitettu 20.1.2023. Osayleiskaavaluonnosta on käsitelty 7.5.2024, jolloin kehittämislautakunta hyväksyi osayleiskaavaluonnoksen ja asetti sen MRL 62 §:n ja MRA 30 §:n mukaisesti julkisesti nähtäville 15.5.–20.6.2024 väliseksi ajaksi mielipiteiden esittämistä varten. (*Raahen kaupunki 2024c*) Myös Pyhäjoella osayleiskaavaa on käsitelty 6.5.2024, jolloin kunnanhallitus päätti asettaa Maanahkiaisen merituulivoimapuiston osayleiskaavan valmisteluaineiston yleisesti nähtäville 15.5.- 7.8.2024 väliseksi ajaksi (MRL 62 §, MRA 30 §) (*Pyhäjoen kunta 2024*).

Maanahkiaisen suunnittelualue ulottuu pohjoisreunaltaan Lännennokalta noin 5,5 kilometriä ja kauimmillaan noin 16,8 kilometriä länteen. Etelässä suunnittelualue ulottuu merialueella Hanhikivenniemestä lähimmillään noin 3,9 kilometriä ja kauimmillaan noin 17,3 kilometriä länteen. Osayleiskaavoitettavan alueen pinta-ala on noin 95,79 km^2, josta noin 42,47 km^2 sijaitsee Raahen puolella ja noin 53,32 km^2 sijaitsee Pyhäjoen puolella. Maanahkiaisen merituulivoimapuiston osayleiskaavan tavoitteena on mahdollistaa Rajakiiri Oy:n suunnitteilla olevan merituulivoimahankkeen sijoittuminen Raahen ja Pyhäjoen edustan merialueelle ja laajimmillaan 40:n tuulivoimalan rakentaminen osayleiskaavaan osoitetuille alueille. Merituulivoimapuisto muodostuu tuulivoimaloista perustuksineen, niitä yhdistävistä merikaapeleista sekä merisähköasemista. Maanahkiaisen merituulivoimapuiston osayleiskaavan suunnittelualueelle Raahen edustan merialueelle suunnitellaan enimmillään kuudentoista (16) yksikköteholtaan 12–30 MW tuulivoimalan rakentamista. Suunnittelualueella Pyhäjoen puolella suunnitellaan 24 vastaavan tuulivoimalan rakentamista. Tuulivoimaloiden kokonaiskorkeus on enintään 350 metriä. Tuulivoimaloiden lisäksi Maanahkiaisen merituulivoimapuiston alueelle rakennetaan lisäksi merisähköasemia. Tuulivoimalat kytketään toisiinsa ja edelleen sähköasemiin merenpohjaan sijoitettavalla merikaapelilla, josta sähkö siirretään mantereelle merikaapelien ja ilmajohtojen avulla. Sähkönsiirron merikaapelien rantautumispaikat sijaitsevat SSAB Europe Oy:n Raahen terästehtaan ja Kultalanperän eteläpuolella Raahessa sekö Syölätin eteläpuolella Keskimatalassa Pyhäjoella. Pohjoisimmassa sähkönsiirron vaihtoehdossa ranta-alueella merikaapeli muutetaan 110 kV:n ilmajohdoksi, joka kytketään SSAB Europe Oy:n Raahen terästehtaan sähköasemaan. Rantautumispaikkoja voi olla yksi tai kaksi. Merikaapelit jatkuvat rantavyöhykkeellä maa-alueelle rantauduttuaan ja muuttuvat ilmajohdoiksi sisempänä mantereella. Sähkönsiirron ilmajohtovaihtoehdot jakautuvat kolmeen päävaihtoehtoon ja niiden alavaihtoehtoihin siten, että erilaisia vaihtoehtoisia reittejä on kaikkiaan kahdeksan kappaletta. (*Raahen kaupunki 2024c*)

Metsähallitus suunnittelee Pyhäjoen ja Raahen edustalle **Ebba**-merituulivoimahanketta, joka sijaitsee 21 kilometriä etelään Hallan alueesta ja on toinen vuonna 2024 Metsähallituksen kilpailuttamasta merituulivoima-alueesta (*Metsähallitus 2024*). Hankkeen kaavoitusaloite on hyväksytty toukokuussa 2023. Pyhäjoen ja Raahen kuntiin hallinnollisesti kuuluvan hankealueen

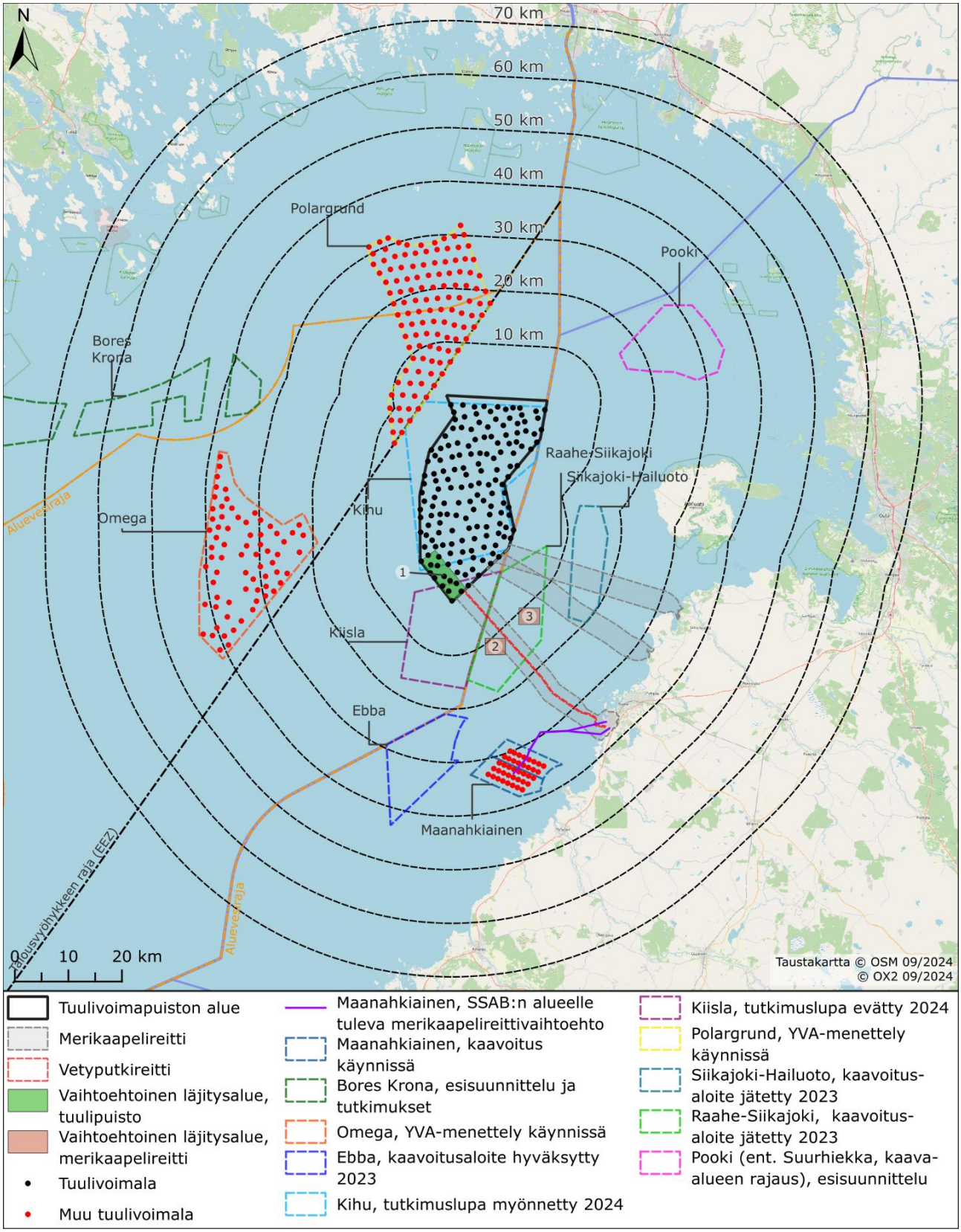
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

omistaa valtio. Noin 160 km^2:n alue on varattu tuulivoimatuotannolle merialuesuunnitelmassa ja Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan luonnoksessa. Alueelle suunnitellun merituulivoimahankkeen kapasiteetti on arviolta 1 400 MW. Hankkeen suunnitellaan valmistuva 2030-luvun alkupuolella. Ebbassa suunnitellaan 80–100 tuulivoimalaa, joiden yhteenlaskettu kapasiteetti 1 400 MW ja vuosituotanto 5 900 GWh. Hankkeen YVA-menettely ei ole vielä alkanut. Hankkeesta ei ole vielä saatavilla voimaloiden sijoittelun suunnitelmaa. Alue on osoitettu tuulivoimaloiden alueeksi lainvoimaisessa Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavassa sekä vireillä olevissa vaihemaakuntakaavoissa.

Metsähallituksen merituulivoiman kehittämisohjelman mukaan vuoden 2024 aikana suunnitellaan kahden uuden merituulivoimahankkeen kilpailutuksen aloittamista. On mahdollista, että näihin sisältyy Perämeren kaksi aluetta: huutokauppa-alueet nro 1: Siikajoki-Hailuoto ja nro 2: Raahe-Siikajoki. Alueet on osoitettu tuulivoimaloiden alueeksi lainvoimaisessa Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavassa sekä vireillä olevissa vaihemaakuntakaavoissa. Hankkeiden tarkemmasta suunnitteluaikataulusta ei ole tietoja saatavilla. **Siikajoki-Hailuoto** hankealue (entinen "Seljänsuunmatala itäinen") sijaitsee noin 11 kilometriä Hallan alueesta itään ja sijoittuu osin Siikajoen kunnan ja osin Hailuodon kunnan alueille. Hankkeen voimaloiden sijoittelua tai muita tarkempia tietoja ei vielä ole saatavilla. Hallan hankkeen merikaapelireitit MVE2 ja MVE3 sijoittuvat Siikajoki-Hailuoto hankealueen sisälle. **Raahe-Siikajoki** hankealue (entinen "Seljänsuunmatala läntinen") sijaitsee noin 2 kilometriä Hallan alueesta kaakkoon ja sijoittuu osin Raahen kaupungin ja osin Siikajoen kunnan alueille. Hankkeen voimaloiden sijoittelua tai muita tarkempia tietoja ei vielä ole saatavilla. Hallan hankkeen kaikki merikaapelireitit ja vetyputkireitti sekä potentiaaliset kaksi meriläjitysaluetta sijoittuvat Raahe-Siikajoki hankealueen sisälle. (*Metsähallitus 2024*).

Skyborn Renewables Offshore Finland Oy (*2024a*) suunnittelee **Pooki**-merituulivoimahanketta (entinen Suurhiekka-hanke) Hallan alueesta noin 16 kilometriä koilliseen. Yhtiö suunnittelee entisen jo luvitetun Suurhiekan tuulivoimapuistoalueen laajentamista sekä suurempia voimaloita. Skyborn Finland allekirjoitti alueen hyödyntämiseen viideksi vuodeksi oikeuttavan sopimuksen Metsähallituksen kanssa kesällä 2023. Tuona viiden vuoden ajanjaksona Skyborn suunnittelee vievänsä YVA-menettelyn läpi. Lisäksi YVA-prosessin yhteydessä tehdään kaavoitusta yhdessä asianosaisten kuntien kanssa. Merituulivoimahanke Pooki sijaitsee Suomen aluevesillä Oulun, Iin, Simon ja Kemin edustalla. Itse merituulivoimapuiston alue sijoittuu Oulun, Iin ja Simon kuntien alueelle, mutta sähkönsiirtoreitit kulkevat myös Kemin kunnan alueella. Mantereelta on suunnitellun tuulivoimapuiston reunaan noin 20–30 kilometriä. Vesisyvyys alueella vaihtelee yhdestä metristä 43 metriin ja alueen pinta-ala on noin 360 km^2. Alueelle suunnitellaan enimmillään 185 voimalaa, joiden enimmäiskorkeus on noin 390 metriä. Tuulivoimapuiston teho on maksimissaan 2 600 MW. Tuulivoimapuiston alueella suunnitellaan lisäksi vedyntuotantoa. Tuotettu sähkö tai vety siirretään kaapeleita tai putkilinjoja pitkin mantereelle. Sähkölinjoja on arvioitu tarvittavan 1–2 kpl. Vaihtoehtoisia reittejä on useampia sekä mahdollisia Fingridin liityntäpisteitä on neljä. Vetyä tuotetaan joko merellä voimaloiden yhteyteen asennettavilla elektrolyysereillä tai keskitetysti merellä olevalla vedyntuotantoasemalla. Vaihtoehtoisesti vetyä voidaan tuottaa mantereelle rakennettavalla vedyntuotantolaitoksella, johon merellä tuotettu sähkö johdetaan. Hankkeen suunniteltu käyttöönotto ajoittuu 2030-luvun alkupuolelle.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 21-1. Hankealueen lähiseudun Suomen ja Ruotsin puolen merituulivoimahankkeet (/muut olennaiset hankkeet) Lähde: Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023, Työ- ja elinkeinoministeriö 2024, voimaloiden sijoittelutietoja saatu muilta hanketoimijoilta.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kaikki edellä mainitut Suomen puolella sijaitsevat merituulivoimapuistohankkeet on huomioitu myös Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavassa (ks. 3.3.2.1), vireillä olevassa Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavassa sekä Suomen Merialuesuunnitelmassa 2030, joista jälkimmäisessä on esitetty lisäksi Seljänsuunmatalan alueen länsipuolelle Hallan hankealueen eteläosaan merituulivoimalle potentiaalinen alue (ks. 3.3.2.4).

21.1.3 Ruotsin puolen hankkeet

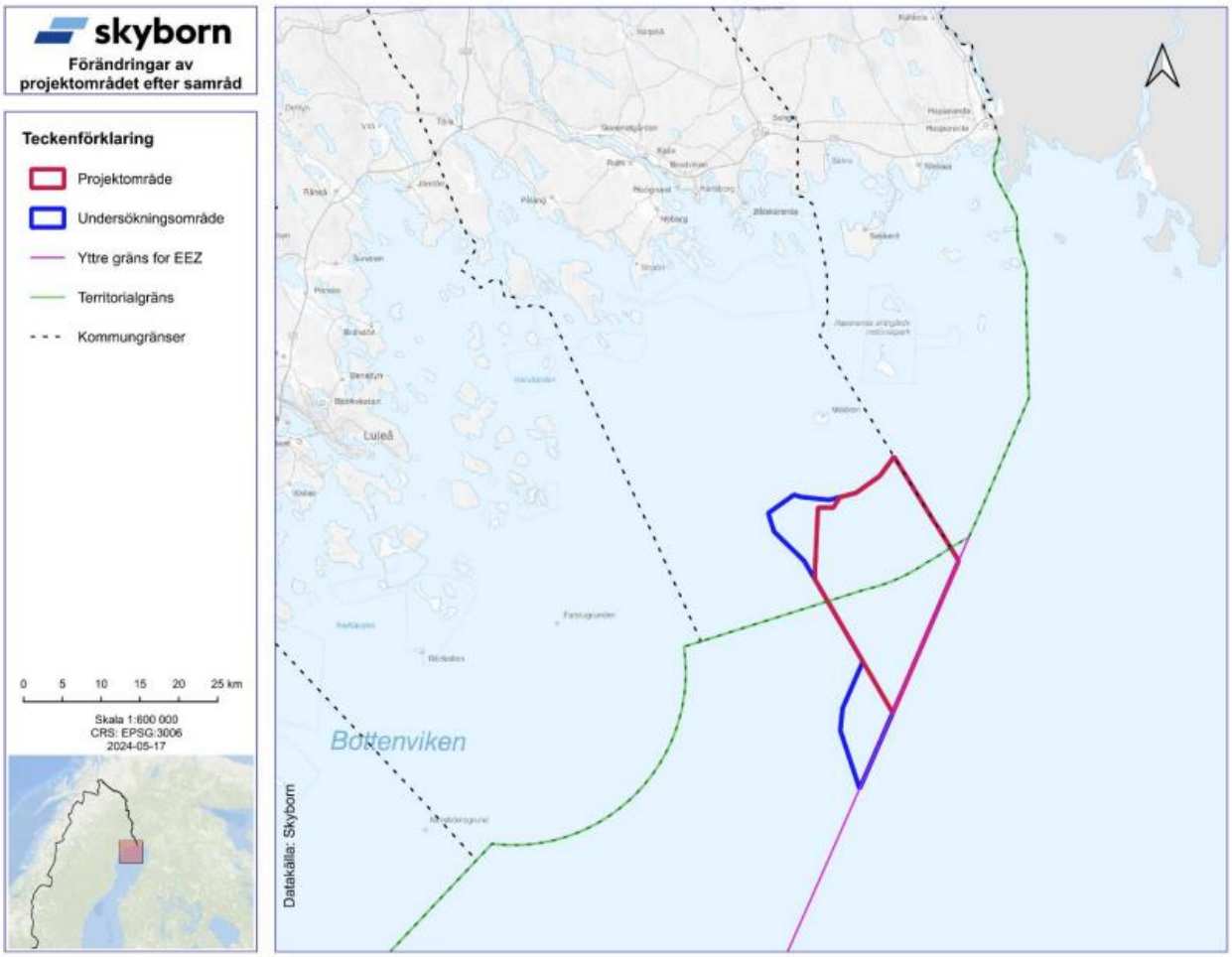
21.1.3.1 Polargrund Offshore

Skyborn Renewables (ent. wpd) suunnittelee Polargrund Offshore- merituulivoimahanketta Ruotsin puolelle Perämerelle. Tutkimusalue sijaitsee osin aluemerellä Kalixin kunnassa ja osin Ruotsin talousalueella (EEZ) lähimmillään 2,8 kilometriä Hallan alueesta länteen, lähimmän voimalan sijaitessa 4,7 kilometrin etäisyydellä Hallan lähimmästä voimalasta (Kuva 21-3). Polargrund Offshore rajoittuu Ruotsin ja Suomen väliseen valtakunnanrajaan. Polargrund Offshoren hankealueen kokonaispinta-ala on noin 341 km^2, josta 191 km^2 sijaitsee aluemerellä ja 150 km^2 Ruotsin EEZ-alueella. Tutkimusalue sijaitsee Kalixin kunnassa noin 10 kilometrin päässä lähimmistä saarista ja noin 33 kilometrin päässä Ruotsin mantereesta. Hankkeessa suunnitellaan 70–120 tuulivoimalan rakentamista, joiden kokonaiskorkeus on enintään 350 metriä. Tuulipuiston suunniteltu vuosituotanto on noin 10 terawattituntia (TWh). Vaihtoehtoisesti tuulipuistoon suunnitellaan vedyntuotantoa enintään 200 000 tonnia vuodessa. (*wpd 2022*)

Hankkeen YVA-menettely on käynnistynyt vuonna 2022 ja siihen on kuulunut Suomen kuuleminen kansainvälisen kuulemismenettelyn mukaisesti. Suomi on antanut hankkeen YVA-ohjelmasta lausuntonsa 30.9.2022 (VN/20433/2022). Hankesuunnittelu on tarkoitus tehdä vuosina 2026–2027, ja tuulivoimapuiston rakentamisen on tarkoitus alkaa vuonna 2028. Polargrund Offshoren arvioidaan olevan toiminnassa vuonna 2030. Suunniteltu käytöstä poisto on arvioitu toteutettavaksi noin vuosina 2060–2070.

Hallan YVA-selostuksen viimeistelyvaiheessa on tullut tietoon, että elokuussa 2024 Ruotsin ympäristöviranomainen (Naturvårdsverket) ilmoitti muutoksista ja pyysi lisäkuulemista. Muutokset koskevat projektialueen kokoa, muutoksia vedyntuotannossa ja vaikutuksia, jotka liittyvä merenpohjan tutkimuksiin. Hankkeesta vastaava on laatinut arviointiohjelmaa vastaavan kuulemisasiakirjan. Suomen ympäristökeskus on asettanut asiakirjan nähtäville lausuntoja ja mielipiteitä varten 2.9 – 2.10.2024 väliseksi ajaksi. Nyt nähtävillä olevassa kuulemisasiakirjassa Polargrund hankkeen suunnittelualue on pienentynyt (aiemmin 442 nyt 341 km^2) (Kuva 21-2). Hallan YVA-selostuksessa on tarkasteltu ja vaikutuksia arvioitu aiemmin saatujen Polargrund hankesuunnitelmien mukaan (Kuva 21-3).

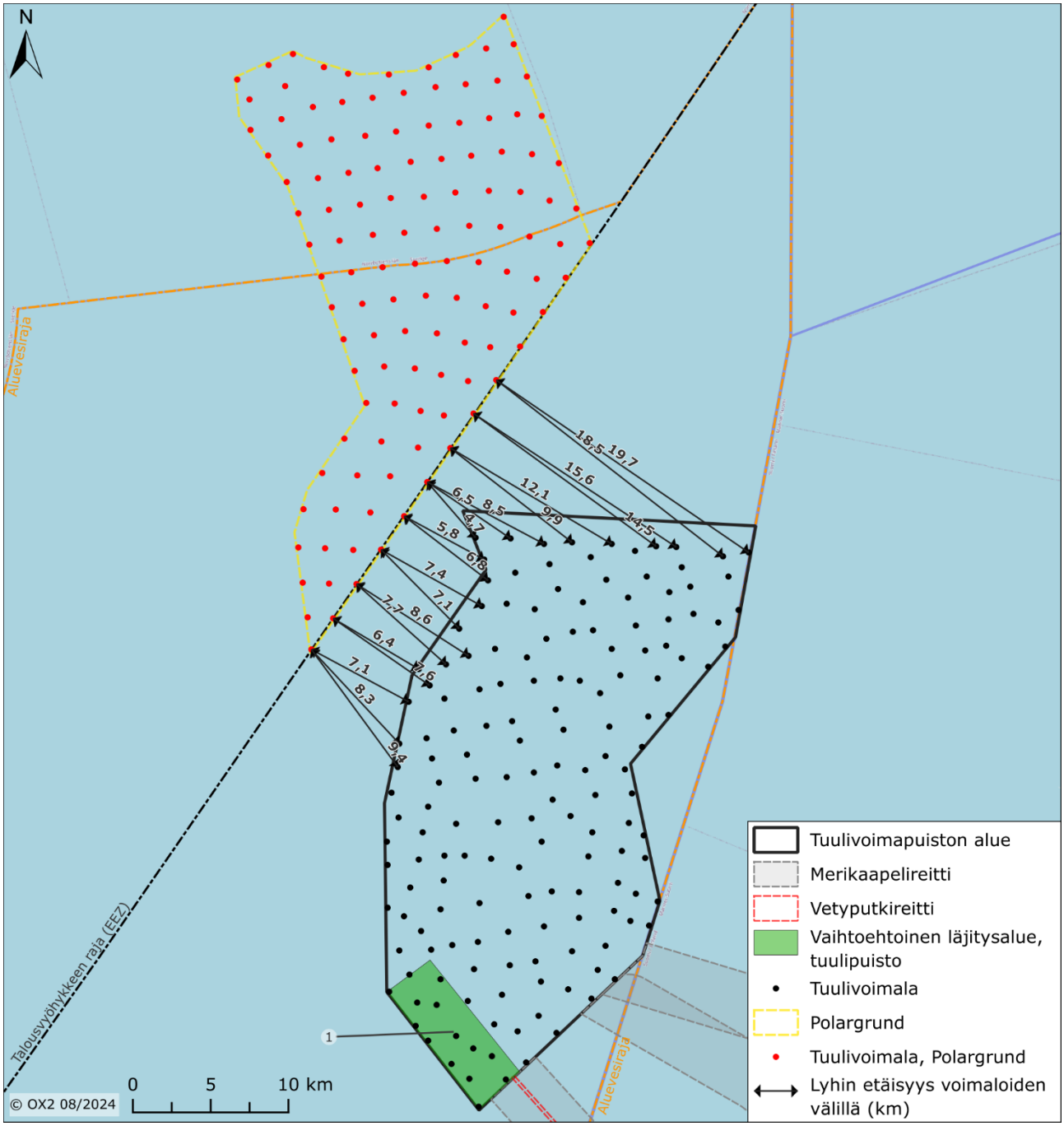
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 21-2. Polargrund Offshore hankkeen tutkimusalue (sininen rajaus) on toiminut pohjana vuoden 2022 kuulemiselle. Vuoden 2024 kuulemisaineistoon hankealuetta on supistettu (punainen rajaus). Kuva Polargrund hankkeen kuulemisasiakirjasta 21.8.2024 (Skyborn Renewables 2024c)

Hallan ja Polargrundin hankkeiden vesistörakentaminen voi ajoittua samaan aikaan ja siten voi aiheutua vesistövaikutuksia Suomen talousvyöhykkeen merialueelle ja Ruotsin puolelle. Perustusten ja voimaloiden rakenteiden rakentaminen aiheuttaa melua ja meriliikenteen lisääntymistä, joilla voi olla vaikutusta mm. linnustoon, meriluontoon ja kalastoon (mm. sameuden ja vedenalaisen melun lisääntyminen), kalastukseen ja muuhun merellä liikkumiseen (kauppamerenkulku, virkistyskäyttö). Myös rajat ylittäviä vaikutuksia voi aiheutua samojen mekanismien kautta, joita on arvioitu erillisessä asiakirjassa. Toiminnan aikana yhteisvaikutuksia voi aiheutua maisemaan, linnustoon, vedenalaiseen luontoon (vedenalainen melu), merenkulkuun sekä kalastoon ja kalastukseen. Käytöstä poiston osalta vaikutukset ovat saman suuntaisia kuin rakentamisen aikana, mikäli rakenteita poistetaan myös vedenalaisilta osiltaan. Käytöstä poiston keston arvioidaan olevan lyhyempi kuin rakentamisen ja sen vuoksi myös vaikutukset ovat vähäisempiä. Vaikutusten arviointi on esitetty kunkin aihealueen luvun yhteydessä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 21-3. Hallan ja Ruotsin puolelle sijoittuvan Polargrund merituulivoimapuiston sijainti ja voimaloiden väliset etäisyydet. Polargrund hankesuunnitelmat on saatu hanketoimijalta maaliskuussa 2024. Polargrund hankealue on tämän jälkeen pienentynyt. Lähde: Skyborn Renewables 2024b.

21.1.3.2 Bothnia Offshore Omega

Njordr Offshore Wind AB (2022) suunnittelee Ruotsin talousvyöhykkeelle Perämeren merialueelle noin 1 500 megawatin (MW) Bothnia Offshore Omega -merituulivoimapuistoa. Hankealue sijaitsee noin 19 kilometriä Hallan suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta länteen. Hankkeen arvioitu vuosituotanto on noin 5,4 terawattituntia. Hankealueen pinta-ala on 419 neliökilometriä. Hanke koostuisi enintään 83 tuulivoimalasta, joiden enimmäiskorkeus on 330 metriä ja teho noin 20 MW. Etäisyys lähimpään saareen, Rödkalleniin, on noin 34 kilometriä. Lyhin matka mantereelle on noin 55 kilometriä Luulajaan ja noin 59 kilometriä Piitimeen. Meren syvyys vaihtelee 50–70 metrin välillä tuulivoimaloiden sijoituspaikoissa. Tuulivoimalat yhdistetään sisäisen

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kaapeliverkon kautta, joka on liitetty yhteen tai useampaan merisähköasemaan maalla tapahtuvaa siirtoa varten yhdellä tai useammalla yhdyskaapelilla.

Hallan hankkeesta ei arvioida aiheutuvan suoria yhteisvaikutuksia Bothnia Offshore Omega -hankkeen rakentamisen aikana, sillä hankealueiden välimatka on 19 kilometriä ja vesistörakentamisen on arvioitu ajoittuvan eri vuosille kuin Hallassa. Rakentamisen aikainen meriliikenne suuntautuu Ruotsin suunnasta ja satamista tuulivoimapuistojen alueille, eikä liikenteestä arvioida näin ollen aiheutuvan suoria vaikutuksia Suomen puolelle. Toimintavaiheessa vähäisiä vaikutuksia voi aiheutua lähinnä Ruotsin puoleiseen maisemaan. Lisäksi vaikutuksia voi aiheutua linnustoon. Vaikutusten arviointi on esitetty maisemaan ja linnustoon liittyvien lukujen (0 ja 0) yhteydessä.

21.1.4 Vetyputkihankkeet

Hallan hankkeessa tuotettu vety voidaan siirtää joko mantereelle tai mahdollisesti myös kansainväliseen vetyputkiverkostoon. The European Hydrogen Backbone -hanke (EHB) pyrkii edistämään vetytaloutta rakentamalla Euroopassa valtioiden rajat ylittävän vetyputkiverkoston EU:n vetytavoitteiden saavuttamiseksi. Hankkeen tavoitteena on edistää hiilineutraalia sähköntuotantoa, vetyverkoston toimintavarmuutta ja eri maiden välistä yhteistyötä. Suomen osalta vetyverkosto on suunniteltu rakennettavan Perämeren ympärille, jolloin merituulivoimahankkeessa tuotettu vety olisi mahdollista syöttää myös suoraan vetyputkiverkostoon (*Sagdur ym. 2023*). Lisäksi Gasgrid Finlandilla ja Nordion Energillä on yhteinen hanke, Nordic Hydrogen Route, joka vauhdittaa vetytalouden luomista rakentamalla vetyinfrastruktuurin valtioiden rajoja ylittävästi sekä avaamalla avoimen vetymarkkinan Perämeren alueelle vuoteen 2030 mennessä. Tavoitteena on rakentaa putkiverkosto, joka kuljettaa ja varastoi energiaa tuottajilta kuluttajille varmistaen samalla pääsyn avoimelle, luotettavalle ja turvalliselle vetymarkkinalle (*Gasgrid 2025*).

21.1.5 Yhteenveto merialueen hankkeiden mahdollisista yhteisvaikutuksista

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 21-1) on esitetty kooste tiedossa olevista muista hankkeista sekä arvio niiden ja Hallan hankkeen rakentamisen ja toiminnan aikaisesta päällekkäisyydestä, mikä voi aiheuttaa yhteisvaikutuksia. Taulukossa (Taulukko 21-2) on esitetty tiiviisti yhteisvaikutusten arvioitu suuruus ympäristön osa-alueittain.

Taulukko 21-1 Muut merituulivoimahankkeet Hallan läheisyydessä.

Hanke / Hankekehittäjä	Maa	Kapasiteetti	Etäisyys OX2 Hallan hankkeeseen	Vaihe	Rakentamisen ajoittuminen	Rakentamisen aikainen päällekkäisyys ja yhteisvaikutusten arviointi	Toiminnan aikainen päällekkäisyys
Polagrund / Skyborn renewables	Ruotsi, talousvyöhykkeellä	3000 MW/120 voimalaa	3 km	YVA käynnissä	2028–2030	Yhteisvaikutuksia sekä rakentamisen että käytön ajalta myös vesistörakentamisen osalta.	Ovat toiminnassa samaan aikaan.
Omega / Njordr	Ruotsi, talousvyöhykkeellä	1500 MW / 83 voimalaa	18 km	YVA käynnissä	2031–2033	Ei vesistörakentamista samaan aikaan, mutta voimaloiden rakentaminen ajoittuu osin päällekkäin. Ei aiheudu rakentamisen aikana	Ovat toiminnassa samaan aikaan.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hanke / Hankekehittäjä	Maa	Kapasiteetti	Etäisyys OX2 Hallan hankkeeseen	Vaihe	Rakentamisen ajoittuminen	Rakentamisen aikainen päällekkäisyys ja yhteisvaikutusten arviointi	Toiminnan aikainen päällekkäisyys
						yhteisvaikutuksia, sillä etäisyys suuri.	
Maanahkiainen / Rajakiiri	Suomi, aluevesillä	550 MW/40 voimalaa	27 km	Kaavoitus käynnissä	n/a	Ei ole tietoa rakentamisen ajankohdasta. Merituulipuiston etäisyys suuri, joten ei rakentamisen aikana yhteisvaikutuksia. Merikaapelien rakentamisen yhteisvaikutukset mahdollisia.	Ovat toiminnassa samaan aikaan.
Ebba, Pyhäjoki ja Raahe / Metsähallitus	Suomi, aluevesillä	1400 MW / 100 voimalaa	22 km	Kaavoitusaloite hyväksytty, YVA-menettely ei vielä käynnistynyt	n/a	Ei ole tietoa rakentamisen ajankohdasta. Ei aiheudu rakentamisen aikana yhteisvaikutuksia, sillä etäisyys suuri. Yhteisvaikutuksia ei ole arvioitu.	Ovat mahdollisesti toiminnassa samaan aikaan
Pooki (ent. Suurhiekka) / Skyborn Renewables	Suomi, aluevesillä	2600 MW / 185 voimalaa	20 km	Ent. Suurhiekka vesilupa saatu. Pookin YVA-menettely ei vielä käynnistynyt	n/a	Ei ole tietoa rakentamisen ajankohdasta. Ei aiheudu rakentamisen aikana yhteisvaikutuksia, sillä etäisyys suuri. Yhteisvaikutuksia ei ole arvioitu.	Ovat toiminnassa samaan aikaan
MHn huutokauppa-alue nro 1 Siikajoki-Hailuoto (entinen "Seljänsuunmatala itäinen")	Suomi, aluevesillä	Ei tietoa	11 km	Huutokauppa mahdollisesti tulossa v 24 aikana	n/a	Ei ole tietoa rakentamisen ajankohdasta. Teoriassa voi aiheutua rakentamisen aikana yhteisvaikutuksia, mutta niitä ei ole arvioitu tiedon puutteen vuoksi.	Ovat mahdollisesti toiminnassa samaan aikaan
MHn huutokauppa-alue nro 2 Raahe-Siikajoki (entinen "Seljänsuunmatala läntinen")	Suomi, aluevesillä	Ei tietoa	2 km	Huutokauppa mahdollisesti tulossa v 24 aikana	n/a	Ei ole tietoa rakentamisen ajankohdasta. Teoriassa voi aiheutua rakentamisen aikana yhteisvaikutuksia, mutta niitä	Ovat mahdollisesti toiminnassa samaan aikaan

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hanke / Hankekehittäjä	Maa	Kapasiteetti	Etäisyys OX2 Hallan hankkeeseen	Vaihe	Rakentamisen ajoittuminen	Rakentamisen aikainen päällekkäisyys ja yhteisvaikutusten arviointi	Toiminnan aikainen päällekkäisyys
						ei ole arvioitu tiedon puutteen vuoksi.	
Kiisla/ Suomen Hyötytuuli	Suomi, talousvyöhyke	1200–1600 MW/70 voimalaa	Pieneltä osin Hallan kanssa päällekkäin	tutkimuslupa evätty 2024	n/a	Ei ole tietoa rakentamisen ajankohdasta. Teoriassa voi aiheutua rakentamisen aikana yhteisvaikutuksia, mutta niitä ei ole arvioitu tiedon puutteen vuoksi.	Voi osin toteutua samaan aikaan.
Kihu/ Suomen Hyötytuuli	Suomi, talousvyöhyke	2500–3500 MW/ 160 voimalaa	Samalla alueella Hallan kanssa	tutkimuslupa saatu 2024	n/a	Ei ole tietoa rakentamisen ajankohdasta. Ei voi aiheuttaa yhteisvaikutuksia toteutuessaan samalle alueelle.	Sama alue Hallan kanssa, ei voi toteutua samaan aikaan.

Taulukko 21-2 Hallan merituulivoimahankkeen merialueelle sijoittuvien toimintojen ja muiden vireillä ja tiedossa olevien hankkeiden arvioitujen yhteisvaikutusten suuruus vaikutuskohteittain. Taulukossa on esitetty yhteisvaikutusten suuruus merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien eli suunniteltujen merikaapeli- ja vetyputkireittien osalta.

Arvioitu vaikutuskohde	Yhteisvaikutusten suuruus	
	Merituulivoimapuisto	**Energiansiirtoreitit**
Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö	Maankäyttöön ja kaavoitukseen ei aiheudu yhteisvaikutuksia merialueella. Yhteisvaikutukset liittyvät meriliikenteeseen.	Merikaapelien rantautumisalueilla on päällekkäisyyksiä, mikä edellyttää jatkosuunnittelun yhteensovittamista. Vaikutukset ovat vähäisen negatiivisia.
Maisema ja kulttuuriympäristö	Maisemalliset yhteisvaikutukset ovat voimakkaimmillaan hankkeiden välisillä merialueilla. Yhteisvaikutukset mantereella ja saaristossa ovat vähäisen negatiiviset.	Energiansiirtoreiteillä ei ole maisemallisia yhteisvaikutuksia.
Vesiympäristö	Rakentamisen aikaiset yhteisvaikutukset vedenlaatuun ovat vähäiset. Toiminnanaikaiset yhteisvaikutukset voivat olla kohtalaisen negatiivisia tuulimuutosten kautta. Merinisäkkäille rakentamisen ja toiminnan aikaiset yhteisvaikutukset jäävät vähäisiksi.	Negatiivisia yhteisvaikutuksia vedenlaatuun voi muodostua rakentamisaikana ruoppauksessa ja läjityksessä, mikäli hankkeet rakentuvat samanaikaisesti. Vesipainepuhalluksella yhteisvaikutukset ovat epätodennäköisempiä. Rakentamisaikana vähäisiä negatiivisia yhteisvaikutuksia kohdistuu meri-

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Arvioitu vaikutus-kohde	Yhteisvaikutusten suuruus	
	Merituulivoimapuisto	**Energiansiirtoreitit**
		nisäkkäisiin. Toiminnan aikana yhteisvaikutuksia merinisäkkäisiin ei kohdistu.
Kalasto ja kalastus	Merituulivoimahankkeista aiheutuvat kalastukseen kohdistuvat haitalliset yhteisvaikutukset voivat olla merkittäviä, sillä troolikalastus voi kokonaan estyä tuulivoimaloiden sijoittamisesta johtuen. Kalojen vaellukseen kohdistuvat yhteisvaikutukset voivat mahdollisesti olla kohtalaisen negatiivisia, mikäli kalojen kulkureiteillä on useita voimalarakenteita laajalla alueella ja kalat voivat joutua jossain määrin muuttamaan vaellusreittejään.	Merikaapeleiden sähkömagneettisella säteilyllä ei arvioida olevan yhteisvaikutuksia, sillä eri hankkeiden kaapelireitit eivät tämänhetkisten tietojen perusteella sijoitu samoille alueille.
Maa- ja kallioperä (pohjaolosuhteet)	Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa arvioitiin vähäisen negatiivisiksi. Vaikutukset ajoittuvat pääosin rakentamisaikaan ja voimaloiden alueelle.	Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa arvioitiin vähäisiksi negatiivisiksi. Merikaapelireitin MVE1 ja vetyputkireitin VVE1 rantautumisalueella muodostuu mahdollisesti negatiivisia yhteisvaikutuksia Maanahkiaisen merikaapelien kanssa.
Rantautumisalueiden kasvillisuus ja luontotyypit	Ei yhteisvaikutuksia.	Merikaapelireitin MVE1 ja vetyputkireitin VVE1 rantautumisalueella muodostuu mahdollisesti negatiivisia yhteisvaikutuksia muiden hankkeiden kanssa luonnonsuojelulain 65 §:n mukaisille kohteille, mikäli hankkeiden rakenteita sijoitetaan samoille alueille. MVE2 ja MVE3 reittien rantautumisalueilla ei muodostu yhteisvaikutuksia.
Eläimistö	Negatiivisia yhteisvaikutuksia lepakoille voi muodostua törmäysriskin kasvusta useamman merituulivoimalan toteutuessa.	Merikaapelien ja vetyputken rantautumisalueilla yhteisvaikutukset eläimistöön arvioitiin vähäisiksi negatiivisiksi.
Linnusto	Rakentamisen aikana veden samentumisesta tai häiriöstä voi aiheutua vähäisiä negatiivisia yhteisvaikutuksia ulkomerellä ruokaileville lajeille, jos hankkeiden rakentaminen on saman aikaan. Toiminnan aikana vaikutuksia voi aiheutua estevaikutuksesta erityisesti muuttolinnustoon. Suhteessa muuttolintujen pitkiin muuttoreitteihin paikallisella muuttoreitin vähäisellä muutoksella ei useamman tuulivoimapuiston osalta arvioida olevan	Rakentamisen aikaiset häiriöja sameuden leviämisestä aiheutuvat negatiiviset yhteisvaikutukset jäävät hyvin vähäisiksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Arvioitu vaikutus-kohde	Yhteisvaikutusten suuruus	
	Merituulivoimapuisto	**Energiansiirtoreitit**
	merkittävyydeltään vähäistä suurempaa vaikutusta.	
Suojelualueet	Rakentamisen aikaiset sameuden leviämiseen ja sedimentaatioon liittyvät yhteisvaikutukset jäävät hyvin vähäisiksi Merikallan Natura-alueelle. Linnuston tai muun eläimistön suojelualueille ei kohdistu yhteisvaikutuksia rakentamisen tai toiminnan aikana.	Rakentamisen aikaiset sameuden leviämiseen ja sedimentaatioon liittyvät negatiiviset yhteisvaikutukset jäävät hyvin vähäisiksi Raahen saariston Natura-alueelle. Ei yhteisvaikutuksia toiminnan aikana.
Ilmanlaatu	Ilmanlaatuun kohdistuvat rakentamisen ja toiminnan aikaiset yhteisvaikutukset arvioitiin vähäisiksi negatiivisiksi.	
Ilmasto	Päästöille on vaikea määrittää yhteisvaikutuksia. Mikäli tuulivoimapuistoista aiheutuu laivaliikenteen reittien pitenemistä, ovat yhteisvaikutukset kielteisiä. Ilmastonmuutoksen aiheuttamissa riskeissä ei arvioida olevan yhteisvaikutuksia merellä.	Päästöille on vaikea määrittää yhteisvaikutuksia. Ilmastonmuutoksen aiheuttamissa riskeissä ei arvioida olevan yhteisvaikutuksia merellä.
Liikenne	Meriliikenteelle aiheutuu merkittäviä yhteisvaikutuksia, mikäli Halla, Polargrund ja Omega tuulivoimapuistot perustetaan. Nordvalen – Kemi meriliikennereitti tulee kulkemaan kahden merituulivoimapuiston välistä (Halla ja Polargrund). Liikenne väylällä voi ruuhkautua. Laajojen tuulivoimapuistojen rakentaminen merialueelle tulee todennäköisesti lisäämään jäänmurtokapasiteetin tarvetta nykytilanteeseen nähden.	Vähäisiä rakentamisen aikaisia yhteisvaikutuksia, jos eri hankkeiden rakentaminen on samaan aikaan ja alukset liikkuvat samoilla alueilla. Toiminnan aikana ei yhteisvaikutuksia.
Melu ja tärinä	Vedenpäällisen melun muodostamat yhteisvaikutukset ovat hyvin vähäisiä. Vedenalaiseen meluun kohdistuva rakentamisen aikainen yhteisvaikutus voi olla kumulatiivinen, mikäli paalutusta tapahtuu samanaikaisesti. Toiminnan aikana yhteisvaikutuksia kohdistuu tuulivoimapuistojen väliselle merialueelle ja niiden suuruus on arvioitu kohtalaisen negatiiviseksi (sama kuin pelkän Hallan käytönaikainen vaikutus).	Merikaapelin ja/tai vetyputkireitin rakentamisen aikana melua syntyy merialueella kaapelin- ja putkenlaskuun soveltuvien alusten melusta, joka on luonteeltaan etenevää merialusten ääntä. Vetyputken ja merikaapelien rantautumiskohdassa melua voi aiheutua kallionporauksesta sekä maan- tai rantautumisalueen merenpohjan kaivuutöistä. Negatiivisia yhteisvaikutuksia melusta ja tärinästä aiheutuu, mikäli eri hankkeiden rakentaminen tapahtuu samaan aikaan. Toiminnan aikana ei muodostu yhteisvaikutuksia.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Arvioitu vaikutus-kohde	Yhteisvaikutusten suuruus	
	Merituulivoimapuisto	**Energiansiirtoreitit**
Välke	Välkkeestä ei muodostu asutukseen kohdistuvia yhteisvaikutuksia.	Ei yhteisvaikutuksia, energiansiirtoreitit eivät aiheuta välkettä.
Talous ja elinkeinot	Aluetaloudellisia yhteisvaikutuksia ei arvioitu muodostuvan. Yhteisvaikutukset kalatalouteen, lähinnä troolikalastukseen voivat olla merkittäviä. Tietoja muiden hankkeiden troolikalastuksen määrästä ei ole, joten yhteisvaikutuksia on vaikea arvioida tarkemmin. Hallan merituulivoimapuiston alueella on vain vähän troolikalastusta.	Kaapelireittien alueella kalastukselle aiheutuvat haittavaikutukset voivat olla vähäisiä tai kohtalaisia valitusta kaapelien asennus- ja suojaustavasta riippuen.
Luonnonvarat	Rakentamisen aikana muodostuu negatiivisia yhteisvaikutuksia luonnonvarojen kulutukseen, mikäli hankkeet ovat rakenteilla yhtä aikaa. Toiminnan aikana ei muodostu merkittäviä yhteisvaikutuksia luonnonvaroihin.	Negatiivisia yhteisvaikutuksia luonnonvarojen kulutukseen, mikäli useampi hanke rakennetaan yhtä aikaa. Samalle rantautumisalueelle sijoittuessaan hankkeet yhdessä vaativat laajemman ranta-alueen muokkauksen, kuin yksittäinen hanke.
Ihmisten elinolot, viihtyvyys, virkistyskäyttö ja terveys	Liikenteelliset yhteisvaikutukset voivat vaikuttaa vähäisen negatiivisesti ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön rakentamisen aikana. Toiminnan aikana maiseman muutos ja vaikutukset virkistyskäyttöön arvioitiin vähäiseksi negatiiviseksi suhteessa ihmisten elinoloihin. Terveyteen ei kohdistu suoria kielteisiä yhteisvaikutuksia.	Merikaapelireitin MVE1 rantautumisalueella voi olla rakentamisaikana melusta johtuvia negatiivisia yhteisvaikutuksia, mikäli Hallan ja Maanahkiaisen rakentamisaika osuu samaan aikaan. Toiminnan aikaisia yhteisvaikutuksia ei ole.
Turvallisuus sekä tutka- ja viestintäyhteydet	Yhteisvaikutukset aiheuttavat samantyyppisiä riskejä kuin Halla, mutta esimerkiksi jäänheitto- ja meriliikenteen riskit kasvavat yhteisvaikutusten myötä. Rakentamisenaikaisia yhteisriskejä aiheuttavat kemikaalivuodot, mutta yhtäaikaisen vuodon riski on hyvin epätodennäköinen.	Mikäli myös muissa hankkeissa tuotetaan vetyä, riski vedyn syttymisen aiheuttamaan dominoefektiin on olemassa. Se on kuitenkin hyvin epätodennäköinen tuulivoimapuistojen välisen pitkän etäisyyden vuoksi.

21.1.6 Merikaapeleiden rantautumisalueiden ympäristöön maalle sijoittuvat hankkeet

Seuraavassa on kuvattu mantereelle lähelle Hallan hankkeen energiansiirtoreittejä, vedyn siirtoputkistoa tai vedyn varastoinnin aluetta sijoittuvat hankkeet, joilla voi olla vaikutuksia Hallan hankkeen kanssa.

SSAB Europe Oy:n Raahen tehtaalla, jonka alueelle Hallan merikaapeli MVE1 ja vetyputki VVE1 rantautuvat ja jonne on suunniteltu Hallan hankkeen vedynvarastointia, on käynnissä tehtaan teräksen tuotantotavan muutoshanke. Hankkeen tavoitteena on siirtyminen fossiilivapaaseen teräksen noin vuodesta 2030 alkaen. Kyseisen muutoshankkeen takia sähkönkulutus

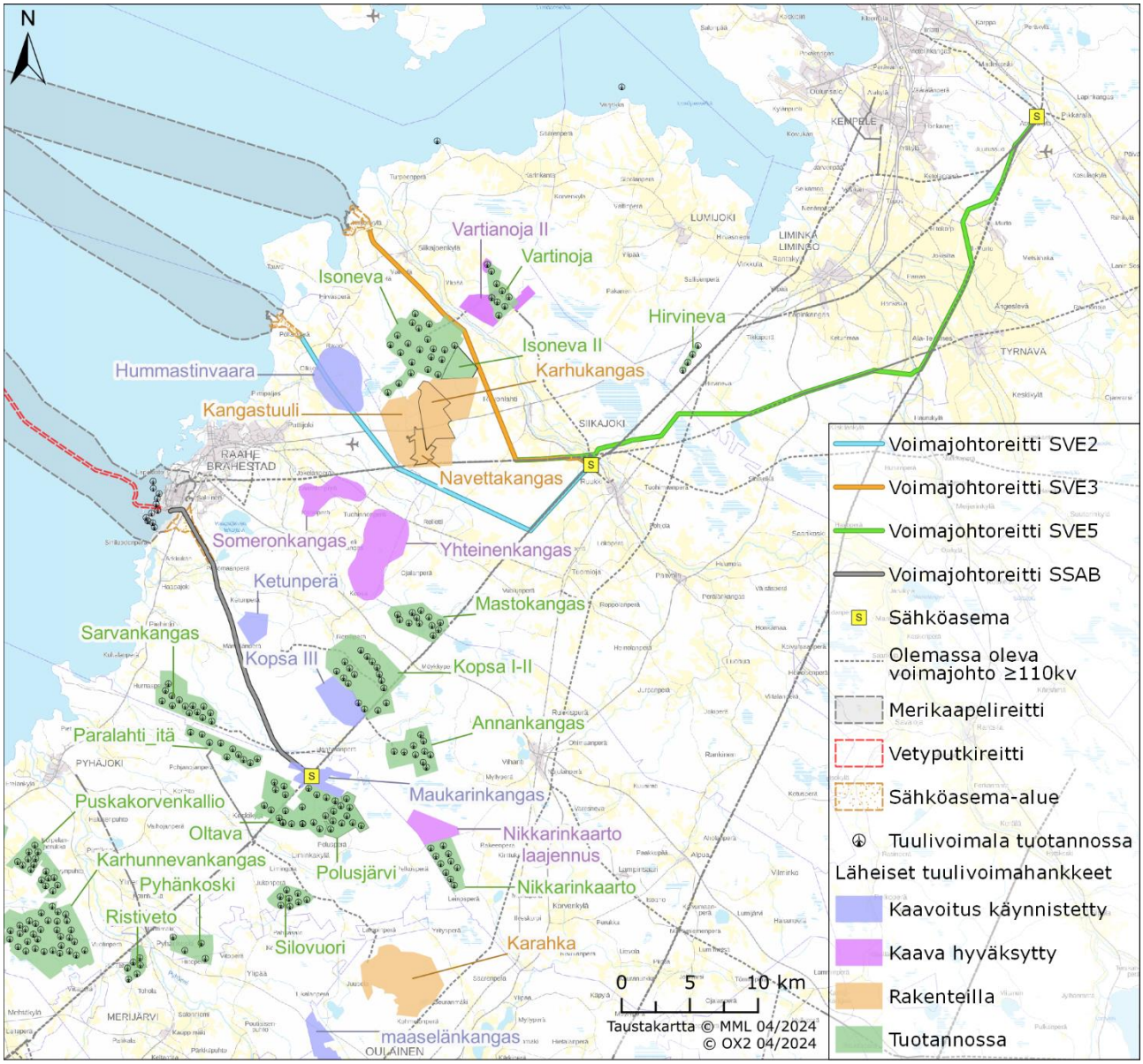
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

terästehtaalla kasvaa huomattavasti ja SSAB on käynnistänyt 400 kV:n voimajohdon YVA-menettelyn. Molempien hankkeiden, Hallan merituulivoimapuiston ja SSAB:n terästehtaan hiilivapaan teräksen tuotannon toteutuessa, tarjoutuu erinomainen mahdollisuus siihen, että merituulivoimapuistossa tuotettua vähäpäästöistä ja uusiutuvaa sähköä voidaan myös mahdollisuuksien mukaan käyttää terästehtaalla. Tämän lisäksi molempien osapuolten sähköntuotanto ja -kulutus olisivat mahdollisimman lähellä toisiaan, mikä mahdollistaisi sähkön siirtokustannusten ja -häviöiden minimoinnin. SSAB:n YVA:ssa tarkastellut voimajohdon reittivaihtoehdot ovat myös vaihtoehtoja Hallan hankkeen mantereen sähkönsiirrolle.

SSAB:n voimajohdon YVA-selostuksesta on saatu perusteltu päätelmä 12.5.2023 ja se löytyy ympäristöhallinnon nettisivuilta https://www.ymparisto.fi/SSABRaahe400kvvoimajohtoyva. Yhteysviranomainen on lausunut yhteisvaikutuksista mm. seuraavaa: ”Arviointiselostuksessa tuodaan esiin Fingridin suunnittelemat voimajohtohankkeet (Siikajoki-Raahe C 110 kV ja Jylkkä-Hanhela-Siikajoki 400 kV) sekä merituulivoimapuisto Hallan 400 kV:n sähkönsiirron reittivaihtoehdot, Raahen Laivan kaivoksen kaivospiiri ja Raahen ja Siikajoen alueen tuulivoimahankkeet. Yhteysviranomainen toteaa, että Pohjois-Pohjanmaan maakunnan alueella on eri vaiheisiin edenneitä useita tuulivoimahankkeita, joiden toteuttaminen edellyttää uusien voimajohtojen rakentamista. Tämän tyyppisten tulevaisuuteen liittyvien yhteisvaikutusten arviointi ja eri toimintojen yhteensovittaminen kuuluu tehtäväksi ensi sijassa maakuntakaavoituksen yhteydessä. Vireillä olevassa Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan syksyllä 2022 nähtävillä olleessa luonnoksessa on osoitettu maakunnan sähköverkon jännitetasoltaan vähintään 110 kV:n voimajohdot, sähköverkon kehittämistarpeet sekä energiahuollon kannalta merkittävät voimalat ja muuntamoalueet.”

Hankealueen lähialueen maatuulivoimahankkeet ja muut olennaiset hankkeet on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 21-4).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 21-4. Hallan merituulivoimapuiston ja merikaapeli- ja vetyputkireittien rantautumisalueiden lähiseudun maatuulivoimahankkeet (/muut olennaiset hankkeet) Lähde: mm. Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023.

Tuotannossa olevista maatuulivoimapuistoista Raahe Elkko (voimalamäärä 2) ja Raahe Kuljunniemi I (voimalamäärä 5) sijaitsevat MVE1:n rantautumisalueella (osoitettu kartalla Kuva 21-4 mustalla ”Tuulivoimala tuotannossa” symbolilla MVE1 rantautumiskohdassa).

Muut tuotannossa olevat maatuulivoimahankkeet ovat hyvin etäällä Hallan meri- ja rantautumisalueiden toiminnoista, eikä niillä arvioida olevan yhteisvaikutuksia:

- Oulunsalo Riutunkari: voimalamäärä 2, etäisyys 48 km MVE3:stä ja 53 km Hallan merituulivoimapuiston alueesta
- Oulu Vihreäsaari Retrofit: voimalamäärä 1, etäisyys 53 km MVE3:stä ja 63 km Hallan merituulivoimapuiston alueesta
- Hailuoto Huikku: voimalamäärä 1, etäisyys 13 km MVE3:stä ja 46 km Hallan merituulivoimapuiston alueesta
- Lumijoki Sähkäle: voimalamäärä 1 kpl, etäisyys 22 km MVE3:stä ja 51 km Hallan merituulivoimapuiston alueesta

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Esisuunnitteluvaiheessa/tarkastelussa olevia tuulivoimapuistoja/alueita ovat:

- Lumijoki, Selkämatala/Nälkämatala: etäisyys 25 km MVE3:stä ja 57 km Hallan merituulivoimapuiston alueesta
- Hailuoto, Hailuodon tuulivoimahanke, voimalamäärä 5, YVA-tarvetarkintakysely tehty ja ELYn päätös: hankkeen tulee soveltaa YVA-lain mukaista arviointimenettelyä (Päätös POPELY/2849/2021, pvm 3.2.2022; https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Solarwind%20Oy%2C%20tuulivoimahanke%2C%20Hailuoto%2C%203.2.2022_0.pdf). Etäisyys reittiin SVE3 noin 22 km.

Mantereella voimajohtoreittien läheisyydessä sijaitsevat tuulivoimapuistot on esitelty YVA-asiakirjan B Osassa (Mantereen sähkönsiirto).

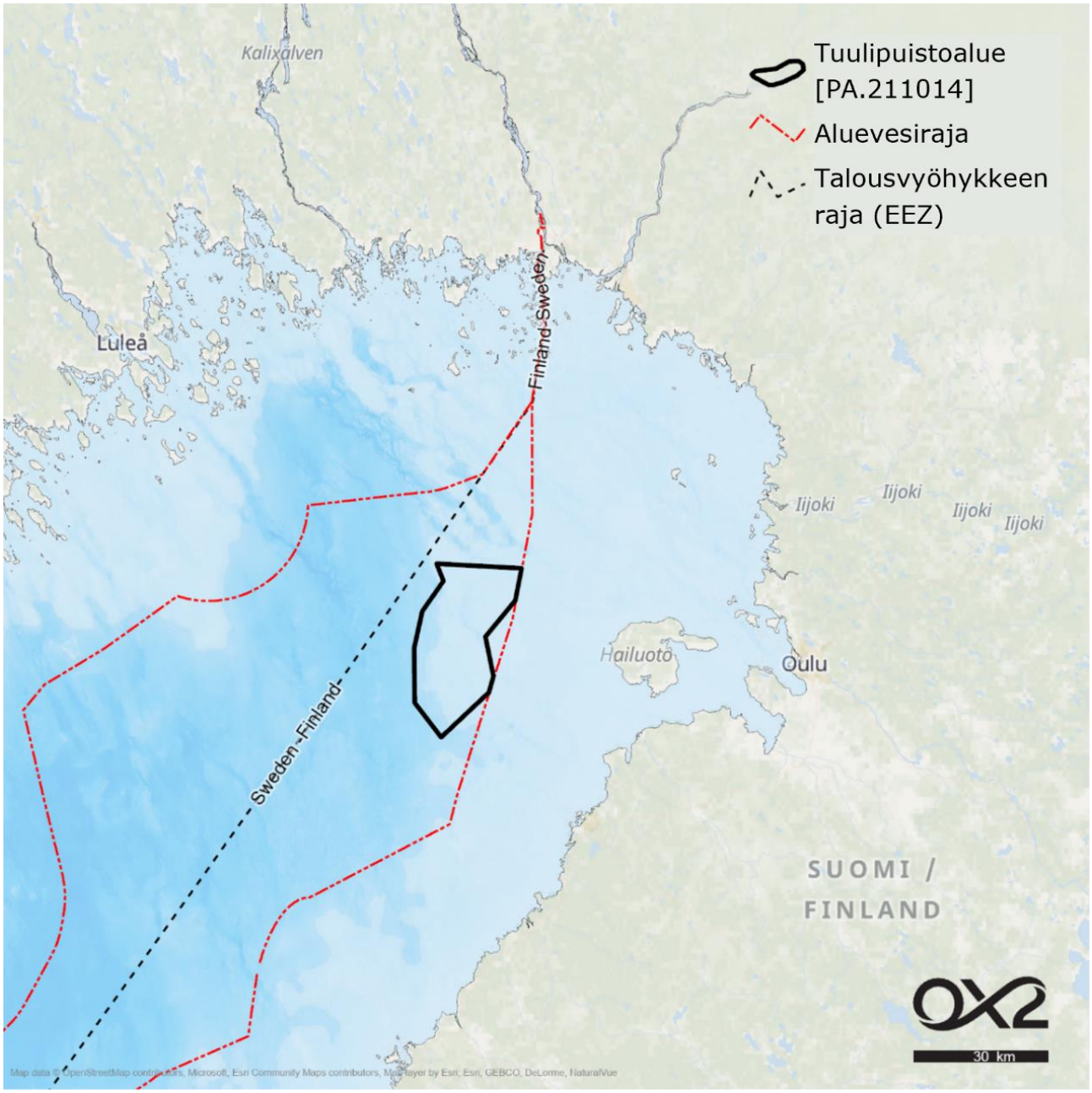
22 RAJAT YLITTÄVIEN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI

Hanke sijoittuu Suomen talousvyöhykkeelle (Kuva 22-1). Koska merituulivoimahankkeella on mahdollinen kansainvälinen ulottuvuus, hankkeessa noudatetaan kansainvälistä menettelyä Espoon sopimuksen mukaisesti valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arvioinnista.

Hankkeen ympäristövaikutusten arvioinnin tarve perustuu Suomessa lakiin ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (252/2017, ”YVA-laki”) sekä Espoon sopimuksen soveltamisen osalta YVA-lain 5 lukuun sekä pykäliin 28 ja 29.

Hallan hankkeeseen liittyvä rakentaminen ja kaikki toiminnot tapahtuvat merialueen osalta sekä Suomen talousvyöhykkeellä että Suomen aluevesillä. Ruotsin rajojen sijoittuminen suhteessa Hallan hankkeeseen on esitetty ohessa (Kuva 22-1). Ruotsin talousvyöhykkeen raja sijaitsee lähimmillään merituulivoimapuistoalueen reunasta noin 3 kilometriä luoteeseen. Lähimmät saaret Ruotsin puolella ovat Malören ja Sandskär, jotka sijaitsevat noin 40 kilometriä Hallan merituulivoimapuistoalueen pohjoisreunasta pohjoiseen. Sandskärillä sijaitsee myös lähin asutus. Ruotsin rannikolle on matkaa Hallan alueen reunasta lähimmillään noin 65 kilometriä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 22-1. Hallan merituulivoimapuistoalueen sijainti (VE1) merialueella suhteessa Ruotsin talousvyöhykkeeseen ja aluevesiin.

Mahdollisista rajat ylittävistä vaikutuksista on kerrottu tarkemmin YVA-selostuksen erillisessä rajat ylittävien vaikutusten arvioinnin sisältävässä kansainvälisen kuulemisen tiivistelmässä (Yleistiedot-osa, liite Y4). Seuraavassa on tiivis kuvaus Ruotsin puolen nykytilasta sekä hankkeen merkittävimmistä Ruotsin puolelle kohdistuvista vaikutuksista.

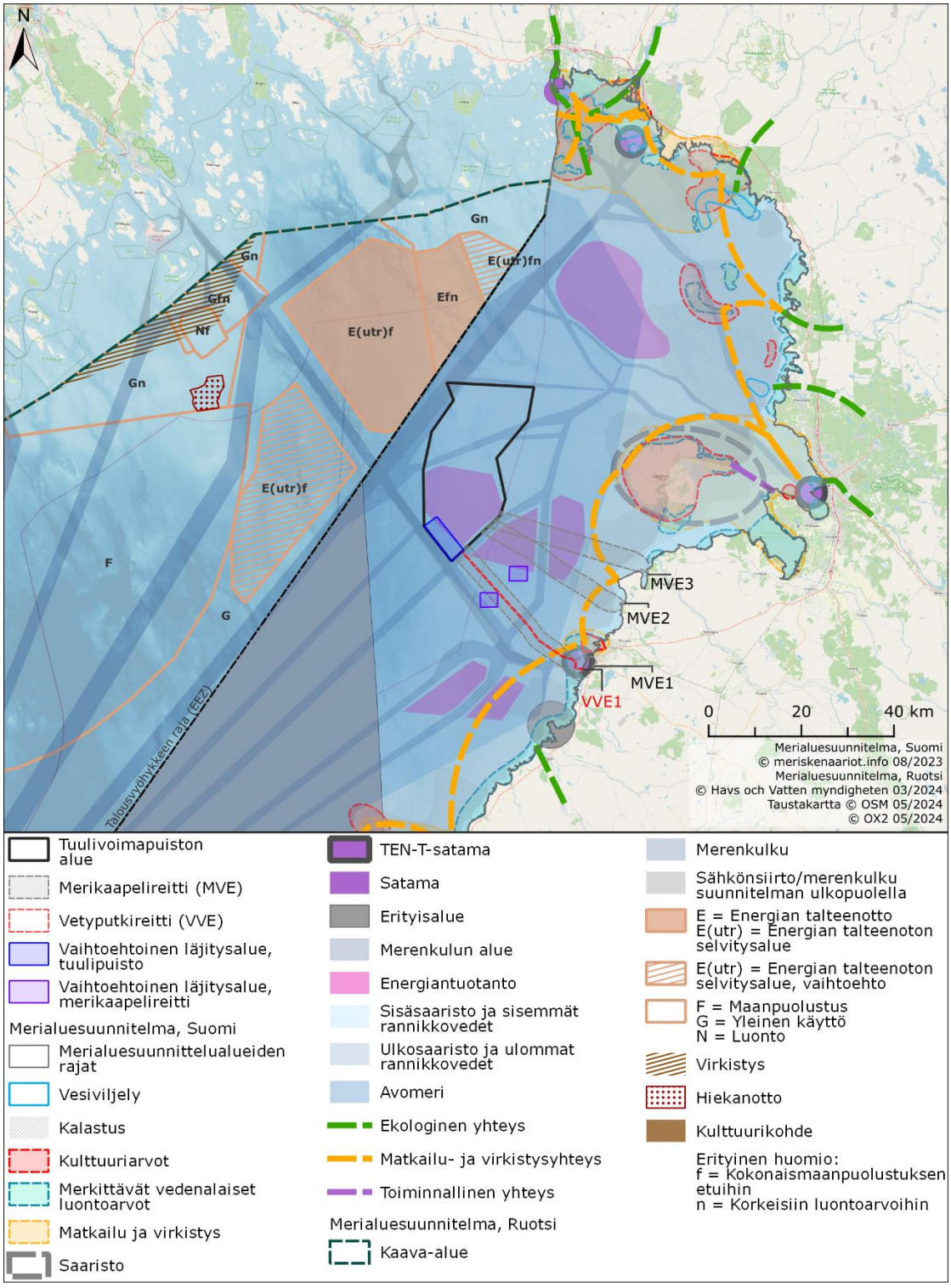
22.1 Ruotsin puolen nykytila

Seuraavissa luvuissa on kuvattu ulkomerialueen tilaa Hallan merituulivoimapuiston ympäristössä keskittyen Ruotsin puoleen. Aineistona on hyödynnetty alueella muita tehtyjä YVA-menettelyitä sekä muita julkisesti saatavilla olevia ruotsalaisia ja kansainvälisiä aineistoja - kuten ruotsin ympäristöhallinnon verkkosivuja ja kansainväliseen ammattikalastukseen liittyviä verkkosivuja.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

22.1.1 Merialuesuunnitelma

Ruotsi on laatinut merialuesuunnitelmat Pohjanlahdelle, Itämerelle ja Pohjanmerelle (Kuva 22-2). Merialuesuunnittelulla edistetään merialueen tehokasta ja kestävää käyttöä ja merialue-suunnitelmassa osoitetaan meren eri alueiden sopivimpia käyttömuotoja (*Havs och vatten-myndigheten 2024*).



Kuva 22-2. Ote Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merialuesuunnitelmasta 2030 sekä Hallan merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien (MVE/VVE) sijainnit. (Merialuesuunnittelu 2023 ja Havs och vattenmyndigheten 2024)

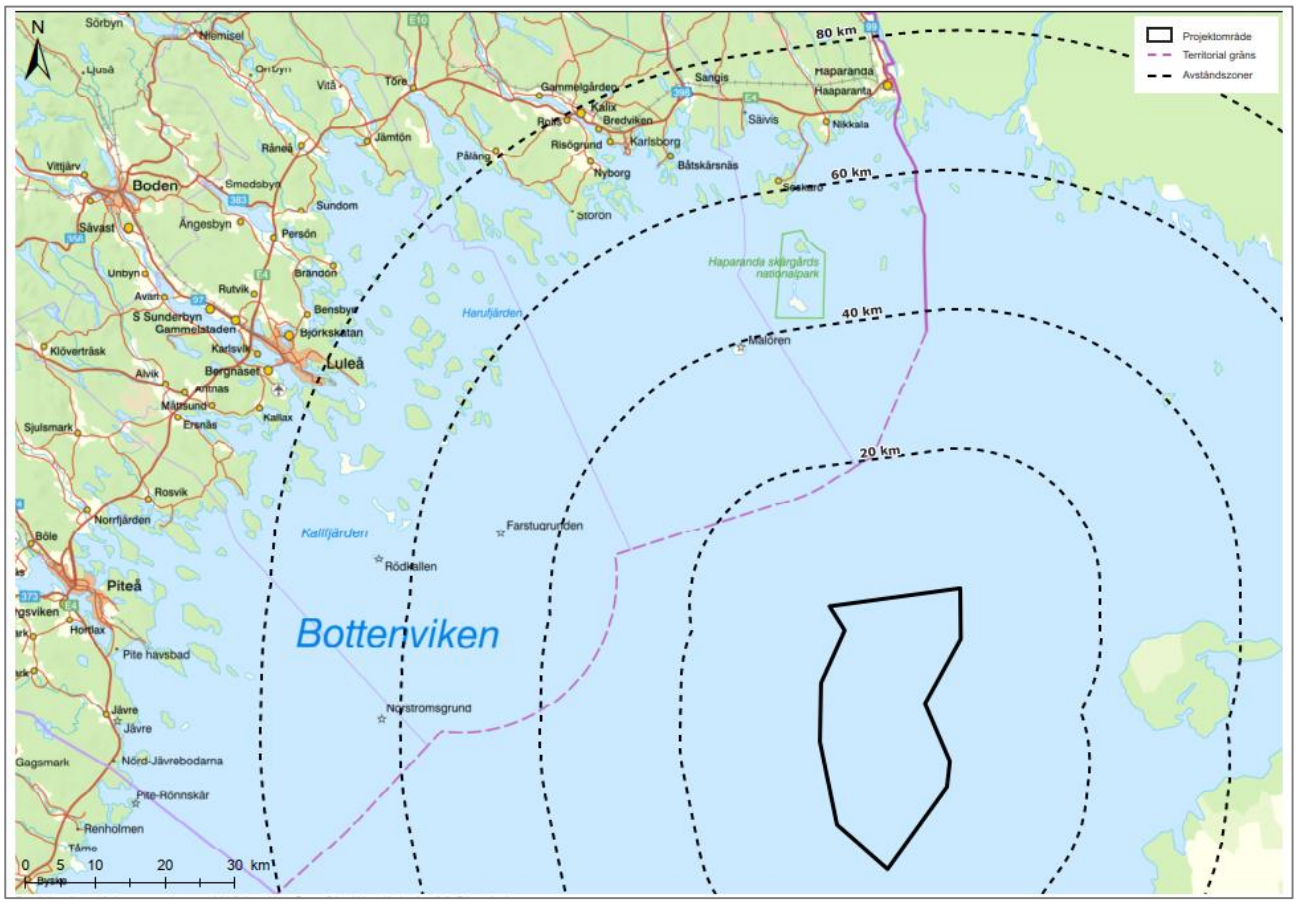
Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ruotsin puolella merialuesuunnitelmassa lähimmillään noin 4,7 kilometrin etäisyydellä Hallasta on esitetty kaksi energian talteenoton aluetta, joiden sisälle vireillä olevat hankkeet Polargrund Offshore ja Bothnia Offshore Omega sijoittuvat (Kuva 22-2). Hallan alueen ja energian talteenoton alueiden välissä on Ruotsin puolella lisäksi merenkulun alueita. Lisäksi on merkinnät maanpuolustus ja luonto lähimmillään noin 5 kilometrin etäisyydellä Hallan alueesta.

22.2 Asutus ja virkistyskäyttö

Hallan merituulivoimapuiston alue sijaitsee noin 65 kilometrin päässä Ruotsin rannikosta. Ruotsin puolella lähimmät saaret Malören ja Sandskär sijaitsevat noin 40 kilometriä Hallan merituulivoimapuiston alueen pohjoisreunasta pohjoiseen. Sandskärillä sijaitsee myös lähin vapaa-ajan asutus (Kuva 22-3).

Norrbottenin rannikko- ja saaristoalueeseen kuuluu neljä kuntaa, Piteå, Luulaja, Kalix ja Haparanda Pohjanlahden pohjoisimmassa osassa. Suurin osa rannikon ja saariston väestöstä asuu neljässä kunnassa Piteåssa, Luulajassa, Kalixissa ja Haparandassa. Suurin asukasluku on Luulajassa (lähes 79 000 asukasta) ja Piteån kunnassa (lähes 41 500 asukasta), kun taas Haaparandran ja Kalixin kunnissa on vähemmän asukkaita, noin 16 000 asukasta (Haaparanta) ja noin 9 200 asukasta (Kalix).



Kuva 22-3. Hallan merituulivoimapuiston alueen (VE1) etäisyysvyöhykkeet Ruotsin lähimpiin saariin ja rannikkoon. (Pohjakartta: © Lantmäteriet, hankkeen toiminnot ja etäisyydet: AFRY Sverige 2024)

Pysyvää väestöä on koko Ruotsin rannikolla ja lisäksi saarilla pääasiassa Luulajan ja Haaparannan saaristossa. Saaristossa harjoitetaan pienimuotoista maanviljelyä, kalastus ja hylkeenpyyntiä. Vapaa-ajan asutusta on koko rannikolla ja lisäksi useimmilla suurimmilla saarilla.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

22.3 Luonnonympäristö

Hallan merituulivoimapuiston ja Ruotsin rannikon välillä luonnonympäristöön vaikuttaa voimakkaasti meren läheisyys sekä lisäksi Norrbottenin rannikko- ja saaristoalue. Rannikolla olevan kallioperän kaltevuus on loiva, mikä johtaa laajaan saaristovyöhykkeeseen rannikon lähellä. Rannikkomaisema sisä- ja ulkosaaristoineen koostuu tasaisista alueista, joiden korkeus vaihtelee 10–70 metrin välillä merenpinnan yläpuolella. Maisemaa muokkaa jääpeite ja maankohoaminen, joka jatkuu edelleen jääkauden jälkeen. Kalixin saaristossa sijaitsevat Bergön ja Rånön ovat koko Norrbottenin saariston korkeimmat saaret, kun taas alueen muut saaret ovat alavia.

22.3.1 Vesistö

Pohjanlahti on maailman pohjoisin murtovesialue ja vedenpinta vaihtelee jopa kaksi metriä. Meri voi olla jäässä puolet vuodesta. Meren syvyys Ruotsin sisäsaaristossa on matala ja vaihtelee 10–40 metrin välillä. Hieman kauempana ulkomerellä syvyys on 40–100 metriä. Perämeri on ainutlaatuinen murtovesi- ja maankohoamisympäristö. Maankohoaminen luo vähitellen uusia rantoja, luotoja ja matalia alueita, jotka ovat usein tärkeitä elinympäristöjä eläimille ja kasveille.

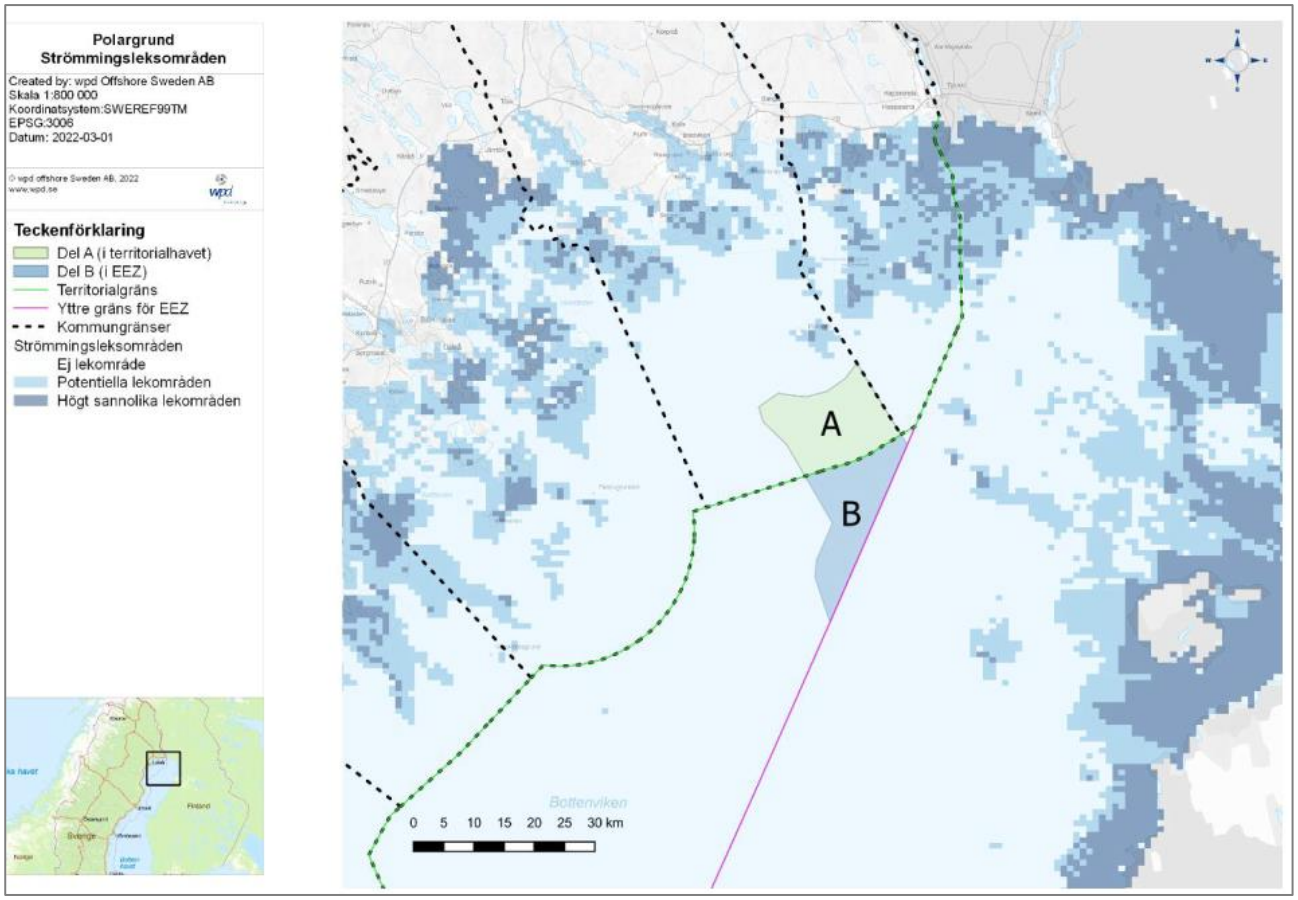
Pohjoisella Perämerellä **pohjaeliöstöyhteisöt** ovat suhteellisen lajiköyhiä, etenkin verrattuna muihin etelämpänä Ruotsissa sijaitseviin merialueisiin. Lajistoa rajoittavia tekijöitä meriympäristössä ovat mm. alhainen suolapitoisuus ja voimakas jäiden vaikutus talvella. Jääpeitteinen kausi voi vaihdella vuosien välillä, mutta se kestää useimmiten marraskuusta huhtikuuhun, minkä vuoksi suurin osa alueella esiintyvästä kasvillisuudesta on yksivuotista. Jään aiheuttama eroosiovaikutus vaikuttaa noin 10 metrin syvyyteen ulottuvaan **kasvillisuusvyöhykkeeseen** (*Forsberg & Pekkari 1999*). Hallan lähialueen Ruotsin puoleisen merialueen pohja koostuu pääasiassa sekä hienosta että karkeasta hiekasta, sorasta, kivistä ja jonkin verran myös savesta SGU:n kartan mukaan (*SGU 2020*). Polargrund Offshoren -hankkeen kuulemisasiakirjassa (*wpd 2022*) ei ole esitetty pohjaeläinten tai **kasvillisuuden** tutkimustietoja, mutta asiakirjan mukaan suhteellisen homogeeninen pohja viittaa siihen, että koko tutkimusalueella on todennäköisesti samoja lajeja. Tätä tukee myös Hallan merituulivoimapuiston alueelta tehdyt havainnot. SMHI:n (*2021*) inventaariotietojen mukaan joillakin asemilla, jotka sijaitsevat aivan Polargrund Offshoren -hankkeen tutkimusalueen pohjoisosien ulkopuolella, havaittiin valkokatkaa (*Monoporeia affinis*), jäännemassiaista (*Mysis relicta*) ja liejuputkimatoa (Marenzelleria sp.) vuosina 1990–2021.

22.3.2 Kalasto ja ammattikalastus

Polargrund Offshoren -hankkeen kuulemisaisakirjan (*wpd 2022*) mukaan AquaBiota Water Research suoritti vuonna 2008 Naturvårdsverketin toimeksiannosta Piitimen korkeudella sijaitsevassa Svalanin ja Falkenin matalikossa inventoinnin pääasiassa pohjakalojen osalta.

Yksi kaupallisesti tärkeistä makean veden lajeista Perämerellä on muikku (*Coregonus albula*). Toinen kaupallisesti tärkeä laji alueella on silakka. Silakka kutee rannikkoalueilla koko Ruotsin itärannikolla kattaen näin myös Norrbottenin ja Västerbottenin rannikkoalueet. Kuvassa (Kuva 22-4) on esitetty nimetyt kutualueet, joilla kutemisen todennäköisyys vaihtelee. (*wpd 2022*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 22-4. Polargrund Offshoren -hankkeen tutkimusalue suhteessa mahdollisiin ja hyvin todennäköisiin silakan kutualueisiin Perämeren pohjoisosassa. (wpd 2022)

Perämerellä esiintyy myös lohta (*Salmo salar*) ja taimenta (*Salmo trutta*), ja ne ovat tärkeitä lajeja sekä ammatti- että virkistyskalastuksen kannalta. Myös Polargrund Offshoren -hankkeen lähialueen aiemmissa inventoinneissa esiintyvien kalalajien oletetaan esiintyvän koko em. hankkeen tutkimusalueella, mutta tutkimusalueen kalayhdyskuntaa tutkitaan ja kuvataan tarkemmin ympäristövaikutusten arvioinnin laatimisen yhteydessä. (*wpd 2022*)

Kalastuksella on pitkät kulttuuriperinteet ja tärkeä rooli merimaisemassa (*Boverket 2021*). Ammattikalastus tuo yhteiskunnalle monia arvoja: sekä liiketaloudellisia arvoja kala- ja äyriäismarkkinoiden muodossa että kansantaloudellisia arvoja avosatamien, kulttuuriympäristöjen säilyttämisen, elinvoimaisten rannikkoyhteisöjen, matkailun ja houkuttelevien asuinympäristöjen muodossa (*Waldo & Lovén 2019*).

Ruotsin merialuesuunnitelman mukaan tutkimusaluetta ei ole erikseen nimetty ammattikalastukseen, vaan se on määritetty yleiseen käyttöön ja luontoalueeksi. Erityistä huomiota kiinnitetään mm. kalojen kutemiseen (*Havs- och Vattenmyndigheten 2024*).

Perämerellä harjoitettava kalastus tapahtuu enimmäkseen passiivisilla pyydyksillä (*Havs- och Vattenmyndigheten 2019*). Kaupallista kalastusta harjoitetaan alueella pääasiassa trooleilla sekä rysillä, mutta ammattikalastuksessa käytetään suhteellisen usein myös verkkoja ja harvemmin mertoja ja nuottia/kierrenuottia.

Haaparannan, Kalixin ja Luulajan mantereen puoleisilla rannikoilla on ammattikalastukseen liittyviä valtakunnallisesti merkittäviä alueita. Polargrund Offshore -kuulemisasiakirjan mukaan (*wpd 2022*) Perämeren vuosien 2009–2018 saalistietojen mukaan ammattikalastuksen pääasialliset kohdelajit 60 kilometrin säteellä tutkimusalueesta ovat muikku (noin 80 % saaliista), silli/silakka (noin 10 % saaliista) ja lohi (noin 7 % saaliista) (*Havs- och Vattenmyndigheten*

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2018). Saaliit koostuivat pääasiassa lohesta, mutta myös yksittäisiä siika- ja muikkusaaliita saatiin.

22.3.3 Merinisäkkäät

Perämerellä esiintyvät **merinisäkkäät** ovat norppa (*Pusa hispida*) ja harmaahylje (*Halichoerus grypus*). Havainnot osoittavat, että Polargrund Offshoren -tutkimusalueen läheisyydessä olevat saaret ovat paikkoja, joissa harmaahylkeet ja norpat nousevat maalle lepäämään, vaihtamaan turkkia jne (*wpd 2022*). Haaparannan saariston joillakin saarilla on myös havaintoja saukosta (*Lutra lutra*), ja lähempänä mannerta majavasta (*Castor fiber*). Itämerennorpan suurin kanta (noin 80 %) löytyy Perämereltä, mikä tarkoittaa, että laji hyödyntää suuria osia Pohjanlahdesta ravinnonhankintaan (*Oksanen ym 2015*). Harmaahylkeen levinneisyysalue on suurempi kuin norpan, eikä harmaahylje ole yhtä riippuvainen koko talven kestävästä merijäästä kuin norppa. (*wpd 2022*)

22.3.4 Lepakot

Polargrund Offshoren -kuulemisasiakirjan laatimisen yhteydessä on wpd:n mukaan (*2022*) tehty **lepakoiden** esiintymistä koskeva alustava selvitys. Sen tarkoituksena oli kartoittaa aiemmin tunnettuja lepakkoesiintymiä alueella ja mahdollisia muuttoreittejä. Alustavaa tutkimusta varten otettiin yhteyttä kahteen lepakkotutkijaan, jotka mm. tutkivat eri lepakkolajien muuttokäyttäytymistä Ruotsissa ja Suomessa. Myös Västerbottenin lääninhallituksen lepakoista tietävän virkamiehen kanssa on kuulemisasiakirjan mukaan käyty vuoropuhelua. Tämän lisäksi on tarkasteltu Artportalen-järjestelmän ja Suomen lajitietokeskuksen asiakirjoja sekä Merenkurkun yli muuttavia lepakoita koskevaa raporttia.

Ruotsissa esiintyvistä lepakkolajeista neljä luokitellaan pitkälle muuttaviksi, ja ne voivat siirtyä vähintään 1 500 kilometrin pituisia matkoja Euroopassa (*Batlife Sweden 2022*). Tällaisia lajeja ovat isolepakko (*Nyctalus noctula*), metsälepakko (*Nyctalus leisleri*), pikkkulepakko (*Pipistrellus nathusii*) ja kimolepakko (*Vespertilio murinus*), joista metsälepakko on määritelty vaarantuneeksi lajiksi.

Merialueilla voi esiintyä ajoittain, etenkin muuttoaikaan, lepakoita. Ei ole kuitenkaan tietoa, missä määrin alueella on merkitystä lepakoiden muuttoreittinä, tai miten paljon yksilöitä merialueella liikkuu. Oletus on, että lepakot suosivat merialueella kapeampia kohtia meren ylityksessä. Lepakoiden esiintymistä merialueella on käsitelty tarkemmin luvussa 9 (eläimistö).

22.3.5 Linnusto

Aineistot ja menetelmät

Linnuston tarkkailun menetelmät Hallan hankkeeseen liittyen Suomen puolelta on kuvattu kattavasti tämän YVA-selostuksen luvussa 10 (linnusto) ja seuraavassa on vain tiivistelmä aiheesta keskittyen Ruotsin puoleen.

Seuraavassa on esitetty linnuston nykytilan kuvausta osin perustuen Hallan hankkeen yhteydessä kerättyyn aineistoon sekä osin mm. Polargrund Offshore hankkeen aineistoon. Lintujen osalta aineiston keruun tarkka maantieteellinen sijainti ei ole niin määräävä lintujen ollessa elintavoiltaan liikkuvaisia, ja Hallan merituulivoimapuiston alueelta tehdyt havainnot pätevät todennäköisesti hyvin myös laajemmankin ulkomerialueen linnustopopulaation kuvaamiseen.

Nykytila

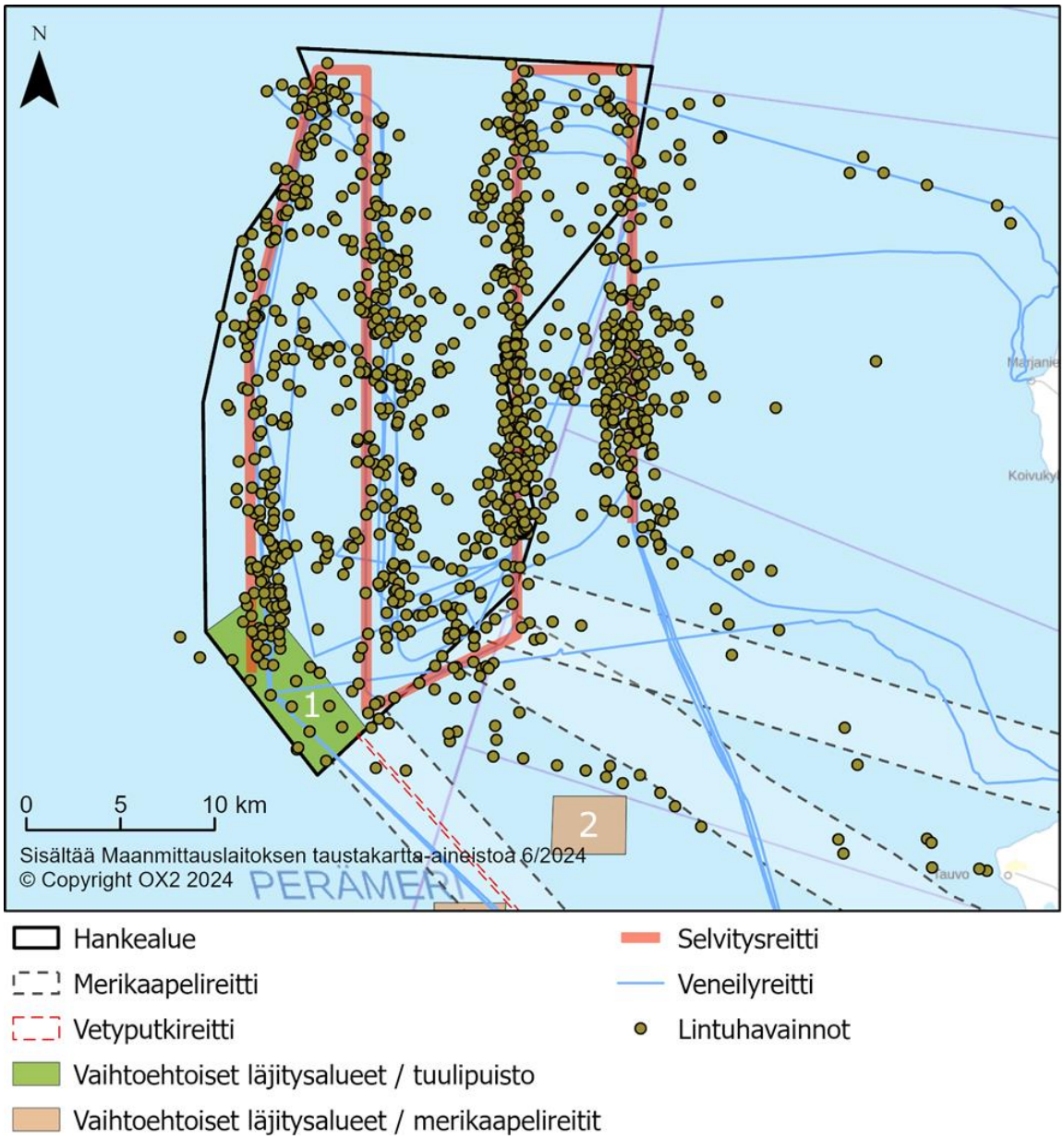
Etenkin keväällä Pohjanlahden ja Perämeren rannikko muodostaa yhden merkittävimmistä muuttoväylistä useille Suomen ja muun Pohjois-Euroopan sekä arktisen tundran alueella pesiville lintulajeille (esimerkiksi *Toivanen ym. 2023*). Vallitseva käsitys on, että muutto seurailee valtaosin rannikkoa, yksilömäärien laskiessa nopeasti rannikolta ulkomerelle ja toisaalta sisämaahan edetessä. Olemassa olevan tiedon ja linnustoselvitysten havaintojen perusteella merkittävimmän poikkeuksen tähän muodostavat kuikkalinnut, etenkin kuikka, joiden muuttoreitti osittain kulkee Merenkurkun pohjoispuolella ulkomeren kautta koilliseen kohti Perämeren

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

koillisrannikkoa, mistä ne jatkavat edelleen sisämaahan. Hallan hankealue sijoittuu osittain tälle reitille.

Kokonaisuutena selvityksissä havaituista linnuista selvästi suurin osa havaittiin kevätmuuton aikaisten käyntien aikana. Syksyllä Perämeren muuttoreitit eivät ole yhtä selväpiirteisiä kuin keväällä. Lajit voivat jossain olosuhteissa, kuten itätuulella, kulkea myös hankealueen kautta.

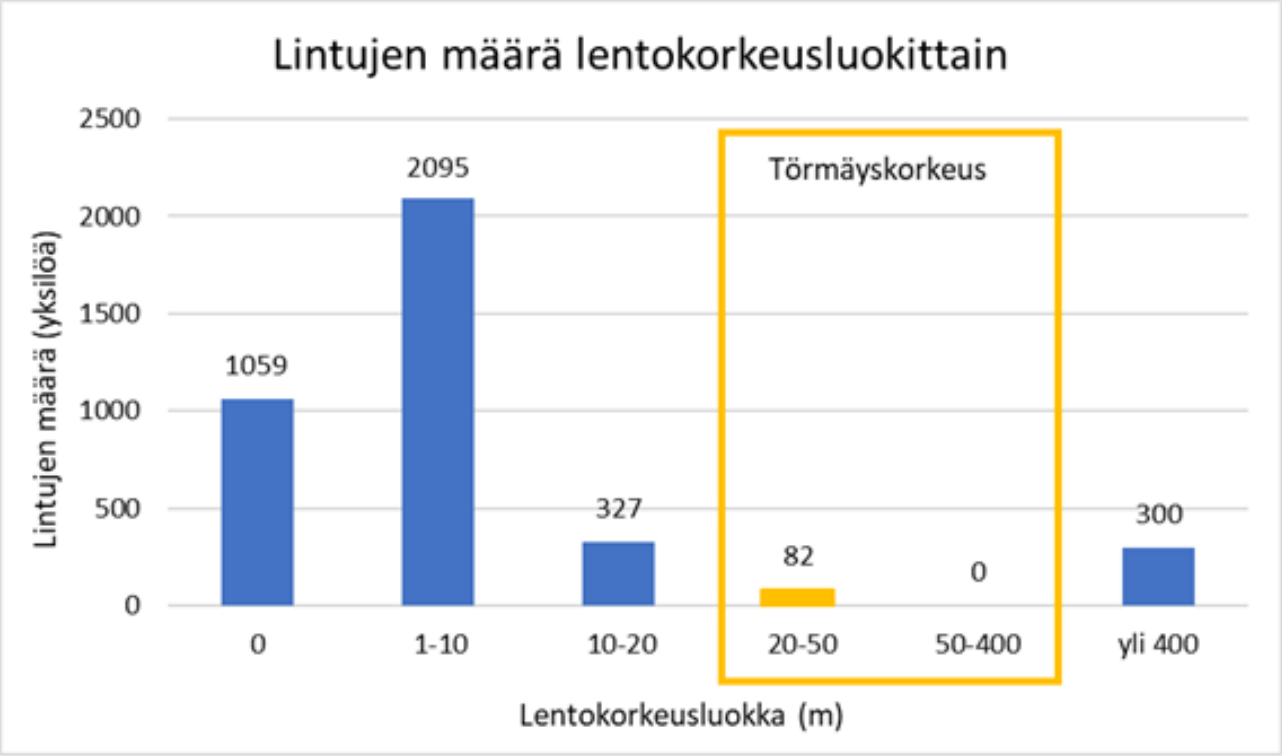
Sekä muutonaikaisten (kevät ja syksy), että kesänaikaisten selvitysten aikana havaitut linnut jakautuivat varsin tasaisesti koko hankealueen ja selvitettyjen reittien alueelle ilman havaittavia ympäröivästä merialueesta erottuvia alueita, joilla olisi ollut enemmän lintuyksilöitä. Jossain määrin oli todettavissa, että aivan hankealueen etelä- ja itäosassa keskimääräinen lintutiheys oli muuta hankealuetta hieman korkeampi. Myös hankealueen itäpuolisella Merikallan Natura-alueella, joka on syvyydeltään matalampaa kuin hankealueen vesialue, todettiin jossain määrin enemmän lintuja, mutta ero ei ollut merkittävä (Kuva 22-5).



Kuva 22-5. Koontikartta kaikista vuosina 2021–2023 toteutetuissa Hallan merituulivoima-alueen selvityksissä merkatuista lintuhavainnoista sekä esimerkkejä kulkureiteistä. Punainen viiva kuvaa suunniteltua selvitysreittiä, ohuet siniset viivat kuvaavat veneellä kuljettuja reittejä. Muutamat suorat viivat/kulmat reitissä johtuvat paikannuslaitteen pätkimisestä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kaikista havaituista lintuyksilöistä merkittiin, että oliko lintu lennossa tai uimassa. Lentävistä linnuista merkittiin lisäksi lentokorkeus. Lentäviä lintuja havaittiin kaikkiaan 2804 yksilöä (Kuva 22-6). Niistä 74,7 % lensi korkeusluokassa 1–10 metriä. Törmäyskorkeudella (20–50 metriä tai tätä korkeammalla) todettiin lentävän vain 2,9 % (82 yksilöä) linnuista. Havaintojen perusteella avomeriolosuhteissa sekä muuttavat että alueella muuten liikkuvat linnut siis lentävät pääasiassa matalalla pinnan tuntumassa. Lokit olivat ainoa lajiryhmä, joiden yksilöitä havaittiin säännöllisesti lentävän korkeammalla, tosin niistäkin valtaosa lensi törmäyskorkeuden alapuolella. Yksi todennäköinen mustalintuparvi (300 yks.) havaittiin lentävän hankealueen kautta korkealla, selvästi yli 300 metrin korkeudessa, eli törmäyskorkeuden yläpuolella. Korkeusluokassa 50–300 metriä ei siis havaittu yhtään lintuyksilöä. Tämä arvioidaan selvitysten merkittävimmäksi havainnoksi arvioitaessa linnustoon kohdistuvia vaikutuksia.



Kuva 22-6. Kaavio kaikkien havaittujen lintujen (n=3863 yksilöä) lentokorkeuksista. Korkeusluokat 20–50 metriä ja 50–400 metriä luokitellaan varovaisuusperiaatteen mukaisesti törmäyskorkeudeksi (kaaviossa merkitty keltaisilla palkeilla ja keltaisella rajauksella). Korkeusluokassa 50–400 metriä ei havaittu yhtään lintua.

Vuoden 2023 osalta samaan aikaan ja usein Hallan (ja Laineen) kanssa peräkkäisinä päivinä toteutetuissa Selkämeren talousvyöhykkeelle sijoittuvan Tyrskyn (OX2) merituulipuiston linnustoselvityksissä todettiin merkittävä ero nimenomaan muuton aikaan lepäilevän linnuston yksilömäärissä verrattuna Perämeren yksilömääriin. Merenkurkun eteläpuolella laskettiin enimmillään 20 000 alueella lepäilevää mustalintua sekä tuhansia haahkoja ja pilkkasiipiä. Siirryttäessä Perämerelle Merenkurkun pohjoispuolelle, paikalliset linnut käytännössä loppuivat kokonaan. Aiemmin keväällä tämä johtui pääasiassa siitä, että Perämeri oli vielä ainakin osittain jäässä, mutta ilmiö oli todettavissa vielä koko Perämeren vapauduttua jäistä. Havaintojen perusteella arktiset vesilinnut kerääntyvät odottelemaan Merenkurkun eteläpuolelle otollisia muuttosäitä ja -olosuhteita, ja lähtiessään muutolle ne eivät enää juuri pysähdy Perämeren alueella.

Selkämerellä lepäilevien runsaiden arktisten vesilintumäärien kohdallakin oli todettavissa selkeästi, että käytännössä ne kaikki havaittiin korkeintaan 20 kilometrin etäisyydellä rannikosta alueella, missä vedensyvyys ei ylitä 20 metriä. Talousvyöhykkeellä sijaitsevalla Tyrskyn hankealueella arktisia vesilintuja ei havaittu sen enempää kuin Hallan alueellakaan.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Yksittäisistä lajeista muuttolinnuston osalta merkittävin laji on kuikka, joita havaittiin Hallan hankealueella tai sen välittömässä läheisyydessä 1077 yksilöä. Lähes kaikki havaitut kuikat muuttivat koilliseen ja lentokorkeus oli matala, lähellä veden pintaa. Yksilömäärältään runsain Perämeren kautta muuttava lajiryhmä ovat arktiset vesilinnut, joiden muuttoreitti, kuikasta poiketen, seuraa pääasiassa jompaakumpaa rannikkolinjaa Perämeren pohjukkaan saakka, jolloin merkittävästi suurempi osa muuttokannasta muuttaa selvästi hankealueen itä- tai länsipuolelta.

Pesimäaikana havaituista lajeista merkittävimmät ovat selkälokki ja ruokki. Molempia lajeja havaittiin hankealueella pesimäaikana ja on todennäköistä, että kyse oli pesivistä linnuista, joiden ravinnonhankintalennot ulottuvat Hallan hankealueelle saakka. Molempia lajeja on merkitty gps-lähettimillä ja paikannusaineiston perusteella yksittäiset lennot voivat ulottua jopa 60 kilometrin etäisyydelle pesimäpaikoilta. Näin ollen on mahdollista, että alueelle tulee selkälokkeja ja ruokkeja molempien rannikoiden pesimäyhdyskunnista.

Havainnot jakautuivat varsin tasaisesti koko hankealueelle ja yleiskuva näiden, kuten muidenkin havaittujen lajien osalta oli, että lintuja esiintyi hankealueella hyvin harvakseltaan yksittäin tai pikkuparvina. Alueella satunnaisesti esiintyvien pikkukalaparvien houkuttelemia korkeintaan muutamien kymmenien lokkien keskittymiä havaittiin muutamia.

Merikotkat (*Haliaeetus albicilla*) pesivät Haaparanta-Sanskerissa, noin 10 kilometrin päässä Polargrund Offshore hankkeen -tutkimusalueesta. Polargrund Offshoren -kuulemisasiakirjan mukaan on mahdollista, että tutkimusalueella saattaa esiintyä yksittäisiä petolintuja muuttolennon aikana, mutta arvio on, että nämä yksilöt ovat todennäköisesti poistuneet normaalilta lentoreitiltään (*wpd 2022*). Hallan merituulivoimapuiston alueella havaittiin merikotkia jäällä kevättalvella, joten on oletettavaa, että niitä havaitaan myös muualla ulkomerialueella jääpeitteiseen aikaan.

Sekä kevät- että syksymuuton aikaan useimmat **petolinnut** seuraavat rantaviivaa mahdollisimman pitkään ja lentävät veden yllä vain silloin, kun se on tarpeen. Mieluiten linnut ylittävät vesistön siellä, missä ylitys on mahdollisimman lyhyt tai missä on saaria, jotka lyhentävät lentomatkoja avomeren yllä. Näin ollen wpd:n mukaan (*2022*) karttaa tutkimalla on mahdollista löytää petolintujen lyhimmät vesiväylät ja arvioida, missä petolinnut ensisijaisesti lentävät. Tällöin petolintujen pääasiallisen muuttoreitin Ruotsin ja Suomen välillä oletetaan olevan Ahvenanmaan merialueen halki tai siellä, missä Perämeri on kapeimmillaan eli Merenkurkun pohjoisosassa Uumajan lähellä. Tätä käsitystä vahvistavat myös raportit Koncentrationer av hotade termikflyttande fåglar i Fennoskandia (*Hansson 2019*) (Uhanalaisten termiikkiä hyödyntävien muuttolintujen keskittymät Fennoskandiassa) ja Flaskhalsar för flyttande rovfåglar i Fennoskandia (Muuttavien petolintujen pullonkaulat Fennoskandiassa) (*Hansson 2020*).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

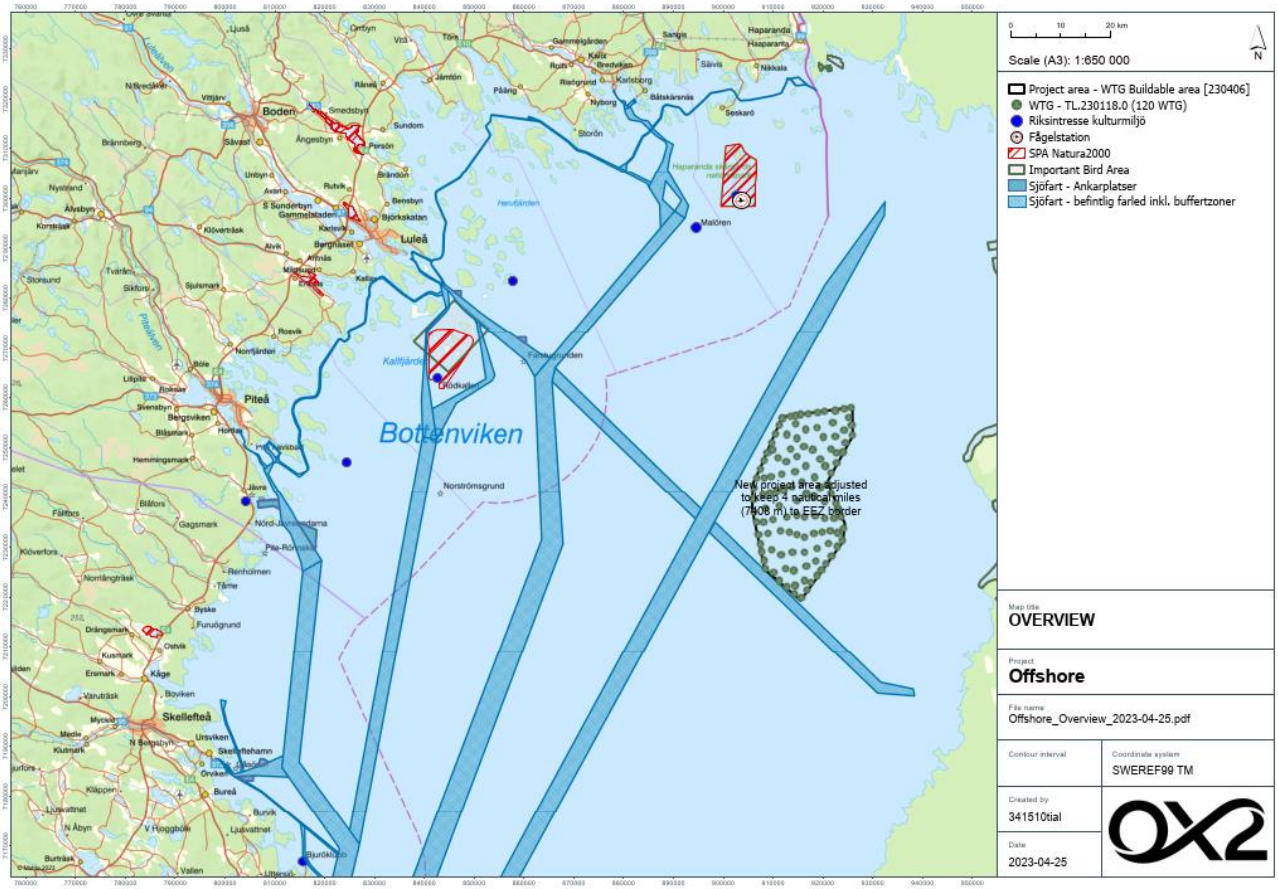
Kuva 22-7. Petolintujen oletetut pääasialliset muuttoreitit, jotka on arvioitu karttatutkimusten avulla (punaiset nuolet). Sininen katkoviivanuoli osoittaa mahdollista kulkureittiä kyseessä olevalla tutkimusalueella, mikä merkitsisi periaatteessa pisintä reittiä avoveden yli pääasiallisiin muuttoreitteihin verrattuna. (wpd 2022)

Ruotsin puolella sijaitsevat lähimmät linnustollisesti arvokkaat alueet (SPA Natura 2000 -alueet sekä IBA-alueet), lintuasemat sekä muut suojelualueet on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 22-8).

Lähimmät linnustollisesti arvokkaat Natura 2000 -alueet sekä IBA-alueet sijaitsevat noin 40–45 kilometrin etäisyydellä Hallan merituulivoimapuiston alueesta. Aluetta lähin suojelualue on Haaparannan saariston Natura 2000 – alue (SPA) ja kansallispuiston alue, joka sijaitsee 44 kilometrin etäisyydellä. Sandskär on Haaparannan kansallispuiston suurin saari. Haaparannan kansallispuisto sijaitsee Ruotsin puolella, suurin piirtein Perämeren kansallispuiston kohdalla. Rannoilla uivat tukkakoskelo, tukkasotka, lapasotka ja jouhisorsa. Alueilla on myös kahlaajia. Alueella pesivät lisäksi itäiset lajit kuten idänuunilintu ja pikkusirkku Syrjäisimmillä luodoilla pesii mm. tiiroja, naurulokkeja, pikkulokkeja, karikukkoja, hanhia ja sorsia. (*NOF 2024*)

Rödkallen-Sörespenin saari sijaitsee 67 kilometrin etäisyydellä Hallan alueesta ja kuuluu Natura 2000-verkostoon sekä on luokiteltu IBA-alueeksi. Vaikka Rödkallen-Sörespenin saari on vain muutamien hehtaarien kokoinen, on saarella monia tärkeitä elinympäristöjä, kuten lintujen pesimäpaikkoja. Saarella pesii useita lintulajeja, kuten *Artemisia campestris bottnica* ja *Moehringia laterifolia*.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 22-8. Ruotsin puolella sijaitsevat lähimmät linnustollisesti arvokkaat alueet (SPA Natura 2000 -alueet sekä IBA-alueet), lintuasemat sekä muut suojelualueet. (OX2 2023)

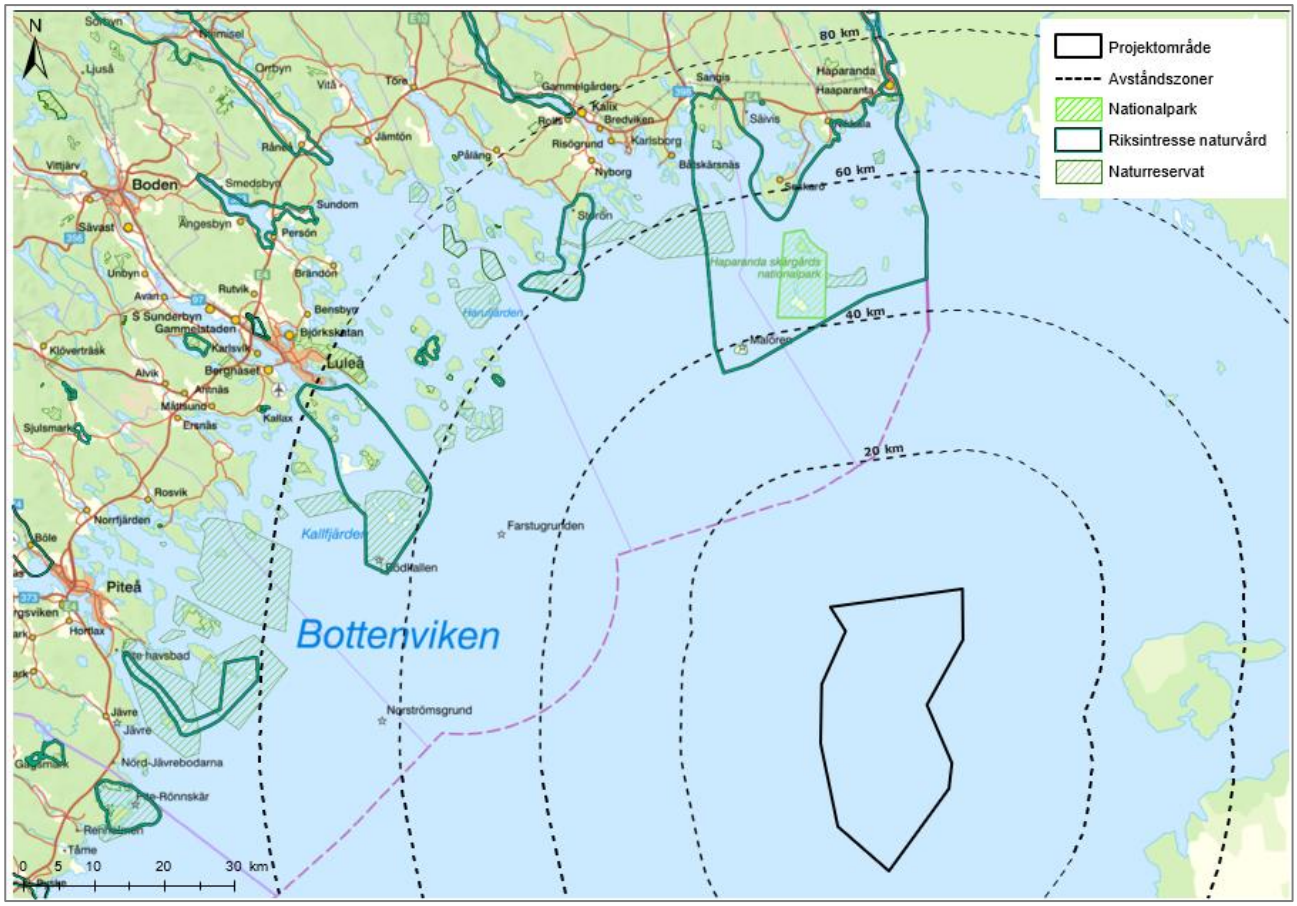
22.3.6 Suojelualueet

Hallan hankealueen ja Ruotsin rannikon välillä on useita suojeltuja luontoalueita, kuten luonnonsuojelualueita, valtakunnallisesti arvokkaita luonnonsuojelualueita, Natura 2000 -alueita ja kansallispuisto (Haaparannan saariston kansallispuisto). Hallan merituulivoimapuisto sijaitsee noin 40–45 kilometrin päässä nimetystä kansallispuistosta, Haaparannan saariston kansallispuistosta.

Haaparannan saariston kansallispuisto koostuu useista Pohjanlahden saarista. Haaparannan saariston kansallispuisto perustettiin 1995 Pohjanlahden pohjoisosan ainutlaatuisen saaristoluonnon suojelemiseksi, ja sen pinta-ala on 6000 hehtaaria, josta 800 maata. Maa on kohonnut peräti 85 senttiä sadassa vuodessa, eli historiallisesti saari on hyvin nuori. Kansallispuisto on kooltaan 60 neliökilometriä. Kansallispuiston tarkoituksena on säilyttää Haaparannan saariston ainutlaatuinen saaristomaisema.

Kansallispuiston suurin saari on Haaparanta Sandskär. Sandskärissä on erilaisia luontotyyppejä, kaikkea pitkistä hiekkarannoista haapametsiin, joissa on useita harvinaisia kasveja. Seskar-Eurö on myös osa Haaparannan saariston kansallispuistoa, ja siellä on mäntyjen hallitsemia metsäympäristöjä ja rantoja, joissa on suurempia hiekkadyynejä.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 22-9. Kartta Hallan merituulivoimapuiston alueen ja Ruotsin rannikon välillä sijaitsevista suojelualueista. (Lähde: suojelualueet Naturvårdsverket 2024 ja pohjakartta Lantmäteriet. Kartta: AFRY Sverige 2024)

22.4 Luonnonmaisema

Ruotsin rannikon läheiselle maisemalle ovat ominaisia saaret, jotka muodostavat ryhmiä leveiden lahtien ympäröimänä. Rannikolta merialueen syrjäisimmälle luodolle, Malöreniin on matkaa noin 5 kilometriä. Piteån, Luulajan ja Kalixin saaristossa suurin osa saarista kulkee luoteesta kaakkoon, kun taas Haaparannan saaristo kulkee pohjoisesta etelään. Myös saariston saarten luonne vaihtelee sisäsaariston suljetuimmista ja metsäisemmistä saarista ulkosaariston karuun maisemaan mukulakivipeltoineen. Haaparannan saaristossa on tasaisia saaria hiekkarantoineen. Selvempiä maatalousmaisemia löytyy joistakin suurimmista saarista. Metsätaloudella on ollut merkittävä vaikutus suuriin metsäisiin saariin, ja on saaria, joiden metsät ovat lähes kokonaan hakattuja. Tyypillistä saaristossa on hyvin tasainen maisema, jossa saaret ovat kohonneet juuri vedenpinnan yläpuolelle ja joissa on jälkiä kalastuksesta, hylkeenpyynnistä ja jossain määrin laiduntamisesta.

22.5 Kulttuuriympäristö

Hallan ja Ruotsin rannikon välisellä merialueella on vaihteleva maisema saariston kulttuuriympäristöineen. Saarten tyypillisiä piirteitä ovat rantojen punaiseksi maalatut kalamajat ja venevajat, joissa on historiallisia kappeleita. Merimerkit ja majakat ovat yhteisiä piirteitä ulkosaaristossa ja todistavat viimeisestä etuvartiosta ennen avomerta. Nämä osoittavat meren merkityksen rannikko- ja saaristoväestölle, kun saaret ja mantereet nousivat merestä jääkauden jälkeen. Saaristolla on ollut rannikkoväestölle keskeinen rooli pitkään, ja historialliset asutus-, metsästys- ja kalastusjäännökset osoittavat, että Norrbottenin rannikkomaisema on asutettu jääkauden jälkeen. Kalastus, hylkeenpyynti ja maatalous olivat pitkään Norrbottenin saariston pääelinkeinoja.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Keväällä ja talvella hylkeitä metsästettiin jäällä ja kesällä kampelan kalastus oli tärkeää. Sisäsaaristossa on ollut jo keskiajalta asti kalastusta ja hylkeenpyyntiä harjoittavia siirtokuntia, ja 1600-luvulla saarillekin alkoi muodostua pienempiä maatalouskyliä.

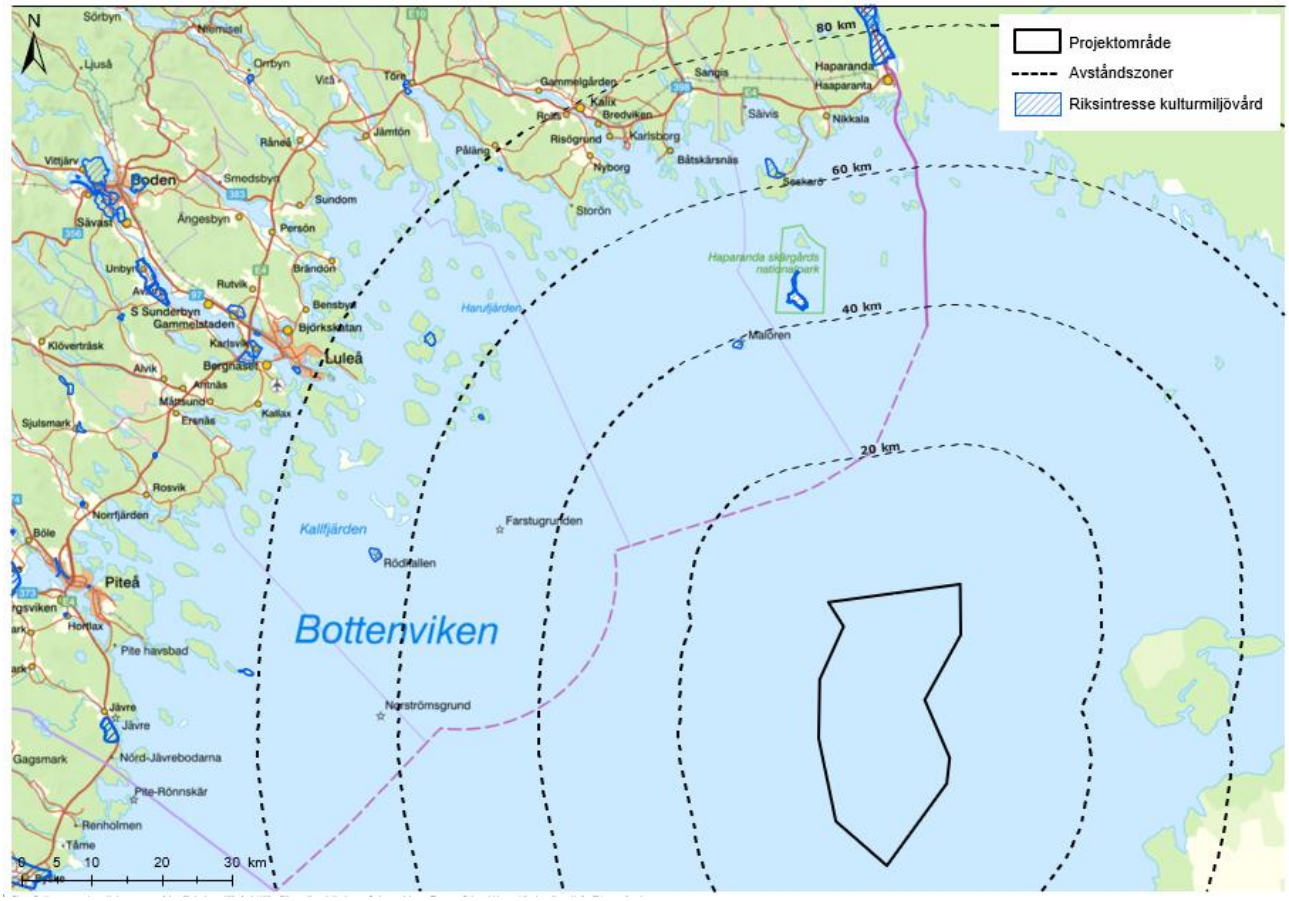
Norrbotten oli aiemmin kalastuksen tukikohta saariston ympärillä sijaitsevine kalastajakylineen. Noin viisikymmentä hyvin säilynyttä kalastajakylää punaiseksi maalatuine taloineen kertovat kalastuksen tärkeydestä alueella. Ne palvelivat kausiluontoisina majoituspaikkoina, kun läheisillä vesillä kalastettiin.

Haaparannan saariston saaret ovat esimerkkejä alueen kulttuurihistoriallisesti arvokkaasta ympäristöstä. Kulttuuriympäristöissä näkyy suuri määrä kalastukseen ja hylkeisiin liittyviä muinaisjäännöksiä sekä hyvin säilyneitä kalastusalueita, jotka osoittavat kalastuksen ja hylkeenpyynnin suuren merkityksen toimeentulolle ja taloudelle Norrbottenissa pitkään.

Saaristossa on maamerkkejä, kuten majakoita, labyrinttejä ja muita jäänteitä entisistä merireiteistä, jotka johtivat kyliin ja kaupunkeihin. Nämä historialliset jäljet ovat tärkeitä kulttuuri- ja meriperintöjä, jotka kertovat alueen rikkaasta historiasta ja sen läheisistä siteistä mereen. Ulkosaaristossa olevat majakat todistavat viimeisistä etuvartioista ennen avomerta ja useita majakoita on suojeltu. Alueella on rakenteita, kuten Malörenin majakkapaikka, noin 40 kilometrin päässä suunnitellusta tuulipuistosta. Majakka on vuodelta 1850 ja kirkko vuodelta 1770 luovat Malörenille omaleimaisen siluetin.

22.5.1 Kulttuuriympäristön suojelualueet

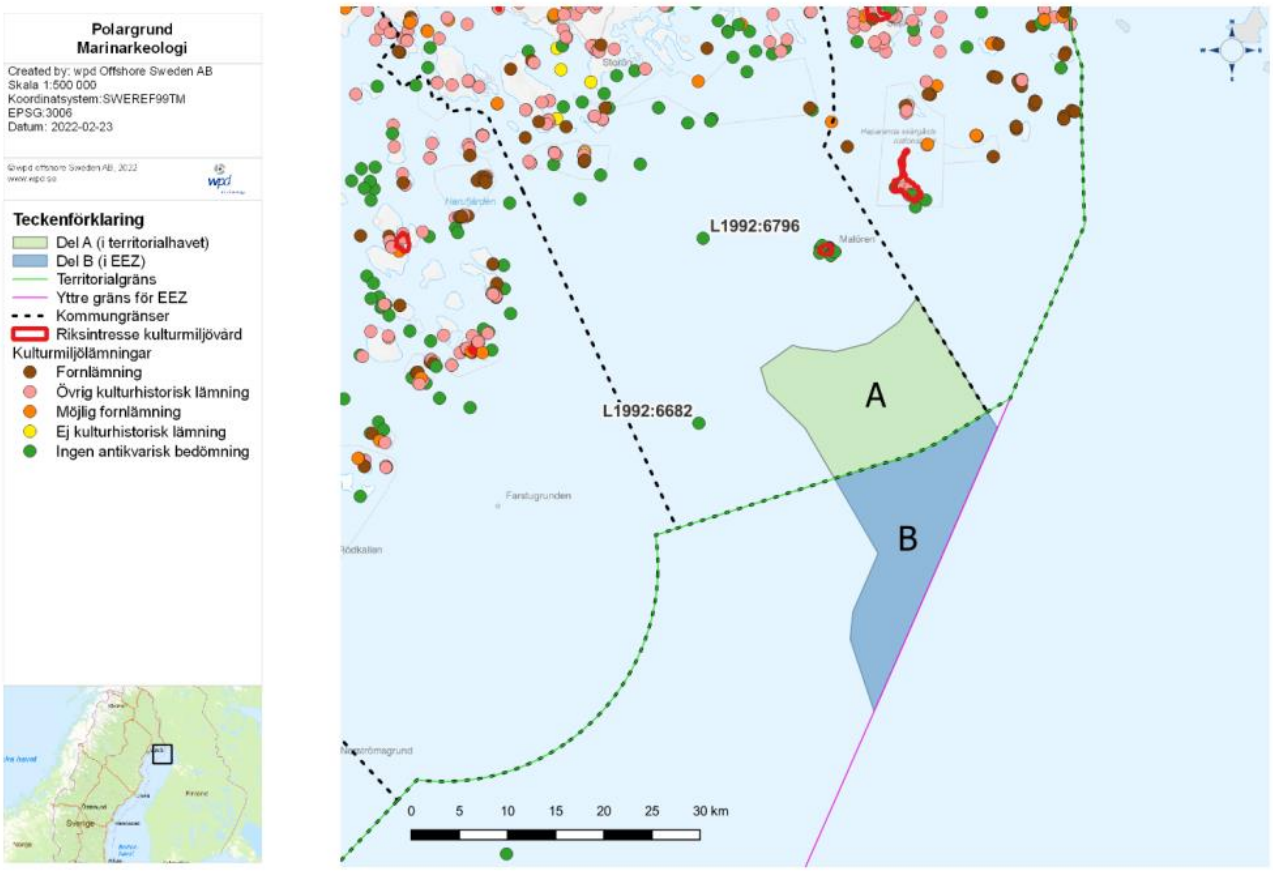
Hallan ja Ruotsin rannikon välisellä merialueella on useita suojeltuja kulttuuriympäristöjä, kuten kansallisesti arvokkaita kulttuuriympäristön suojelualueita sekä useita muinaisjäännöksiä ja rakennuksia (Kuva 22-10).



Kuva 22-10. Kartta kulttuuriympäristön arvokohteista Ruotsin puolella. (Lähde: Riksantikvarieämbetet. Pohjakartta © Lantmäteriet. Kartan lähde: AFRY Sverige 2024)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ruotsin merialueella lähellä Hallaa ei sijaitse tunnettuja meriarkeologisia kohteita (*wpd 2022*). Ruotsin puolella merellä on kaksi suhteellisen lähellä sijaitsevaa jäännöstä, joita ei ole arvioitu museoviranomaisen toimesta. Toinen (L1992:6796) sijaitsee noin 14,5 kilometriä luoteeseen ja toinen (L1992:6682) noin 8 kilometriä lounaaseen Polargrund Offshore -tutkimusalueesta (*wpd 2022*). Jäännökset ovat aluksen/veneen jäänteitä. Aivan Malörenin ja Sanskerin ulkopuolella on muita jäännöksiä, joita ei ole arvioitu tarkemmin.



Kuva 22-11. Kulttuuriympäristön suojeluun liittyvät valtakunnallisesti merkittävät alueet ja kulttuurihistoriallisset jäännökset Polargrund Offshore -tutkimusalueen läheisyydessä (Riksantikvarieämbetet, 2021). (Lähde: wpd 2022)

22.6 Virkistysalueet ja matkailu

Hallan hankealueen ja Ruotsin rannikon välinen maisema koostuu suurelta osin sisä- ja ulkosaaristoympäristöistä rannikko- ja merialueineen. Saaristoympäristöt ovat yleensä tärkeitä virkistyksen ja ulkoilun kannalta, sillä ne kantavat arvokkaita luonto-, kulttuuri- ja ulkoiluarvoja vierailtavaksi tai koettavaksi. Norrbottenin rannikot ja rannat ovat suhteellisen hyödyntämättömiä (erityisesti ulkosaaristo), mikä tarkoittaa alueella olevan sellaisia ominaisuuksia, kuten hiljaisuus, koskemattomuus ja häiriöttömyys. Myös monilla rannikkokylillä on perinteisesti ollut kalastajakylänsä ulkosaaristossa. Sisäsaaristoa käytetään yleensä enemmän virkistys- ja ulkoilukäyttöön, koska se on helpommin saavutettavissa eikä vaadi venettä tai muuta kulkuvälinettä saavuttamiseen. Tämän ansiosta sisäsaaristossa on myös enemmän ulkoilukohteita, kuten piensatamia, vesiväyliä, vuokramökkejä, leirintäalueita ja merkittyjä polkuja.

Alueen ulkoilutavat vaihtelevat vuodenajan mukaan. Kesällä, kun aurinko paistaa suurimman osan vuorokaudesta, saaristoa käytetään veneilyyn (vapaa-ajan veneet, purjehdus, melonta, melonta), uintini, rantaelämään ja purjelautailuun hiekkarannoilla. Virkistyskalastus, kävely ja patikointi, marjastus ja sienestys, metsästys ja lintujen tarkkailu ovat myös suosittuja

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

harrastuksia. Vaellusreittejä ja luontopolkuja löytyy esimerkiksi Småskärin ja Kluntarnan saarilta sisäsaaristossa lähellä Luulajaa.

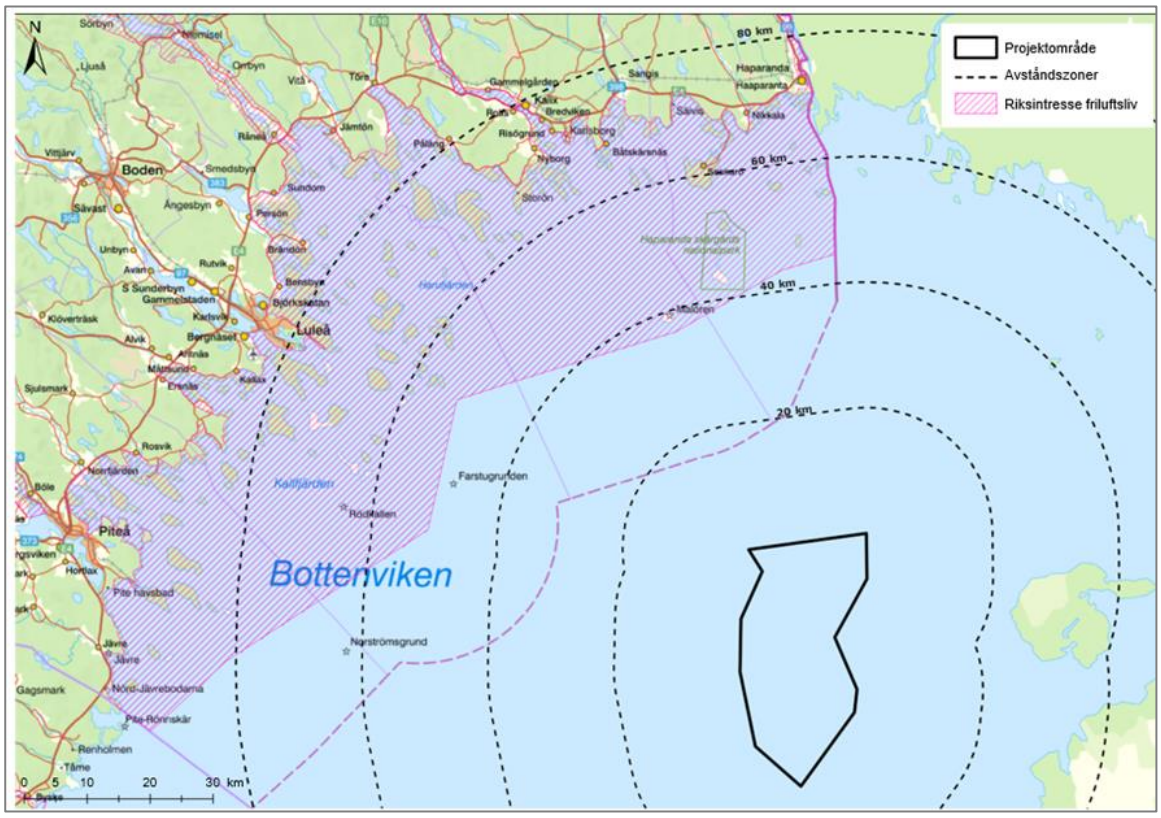
Talvella, kun päivänvaloa on rajoitetusti, järjestetään aktiviteetteja, kuten koiravaljakkoajelua, pilkkimistä, moottorikelkkailua, hiihtoa, luistelua ja varjoliitoa. Tietyillä alueilla sisäsaaristossa kaupunkialueiden läheisyydessä tehdään kynnettyjä jääratoja, joita voidaan käyttää muun muassa hiihtoon, luistelemiseen, luistelemiseen ja kävelyyn.

Alueella on myös Haaparannan saariston kansallispuisto, jonne pääsee veneellä. Kansallispuisto koostuu useista saarista, joista suurin on nimeltään Sandskär. Hiekka ja dyynit peittävät suuren osan saaresta, ja siellä vierailee paljon kävijöitä muun muassa alueella olevan luontopolun, hiekkarantojen ja lintujen tarkkailumahdollisuuksien vuoksi. Sandskärillä on myös yöpymismökkejä ja telttapaikkoja.

22.6.1 Kulttuuriympäristön arvokohteet

Alueella sijaitsee valtakunnallisesti tärkeää Norrbottenin saariston ulkoilun alue, jota säännellään Ruotsin ympäristölaissa (ympäristölaki luku 4.2). Näillä alueilla "matkailun ja ulkoilun, ensisijaisesti liikkuvan ulkoilun, edut on otettava huomioon erityisesti arvioitaessa alueen käyttöä tai muiden ympäristöön vaikuttavien toimenpiteiden sallittavuutta. Norrbottenin saariston ulkoilualue ulottuu Bondöfjärdenistä Piteån eteläpuolelle Suomen rajalle koillisessa.

Alueella on myös kaksi valtakunnallisesti tärkeää ulkoilun aluetta, joista toinen on Norrbottenin rannikko ja saaristo, jota säännellään ympäristölain luvun 3 mukaisesti. Kansallisen edun tarkoituksena on suojella ja säilyttää saariston monipuolista ympäristöä. Tällä on suuri arvo, koska alue tarjoaa hyvät olosuhteet häiriöttömälle ulkoilulle ja sitä voidaan käyttää monenlaiseen ulkoiluun. Toinen alue on Torne-Muonion jokilaakso. Alueen suojelun tarkoituksena on muun muassa suojella ja säilyttää jokilaakson ja sen ympäristön ympäristö valtaosan ulkoilun voimavarana.



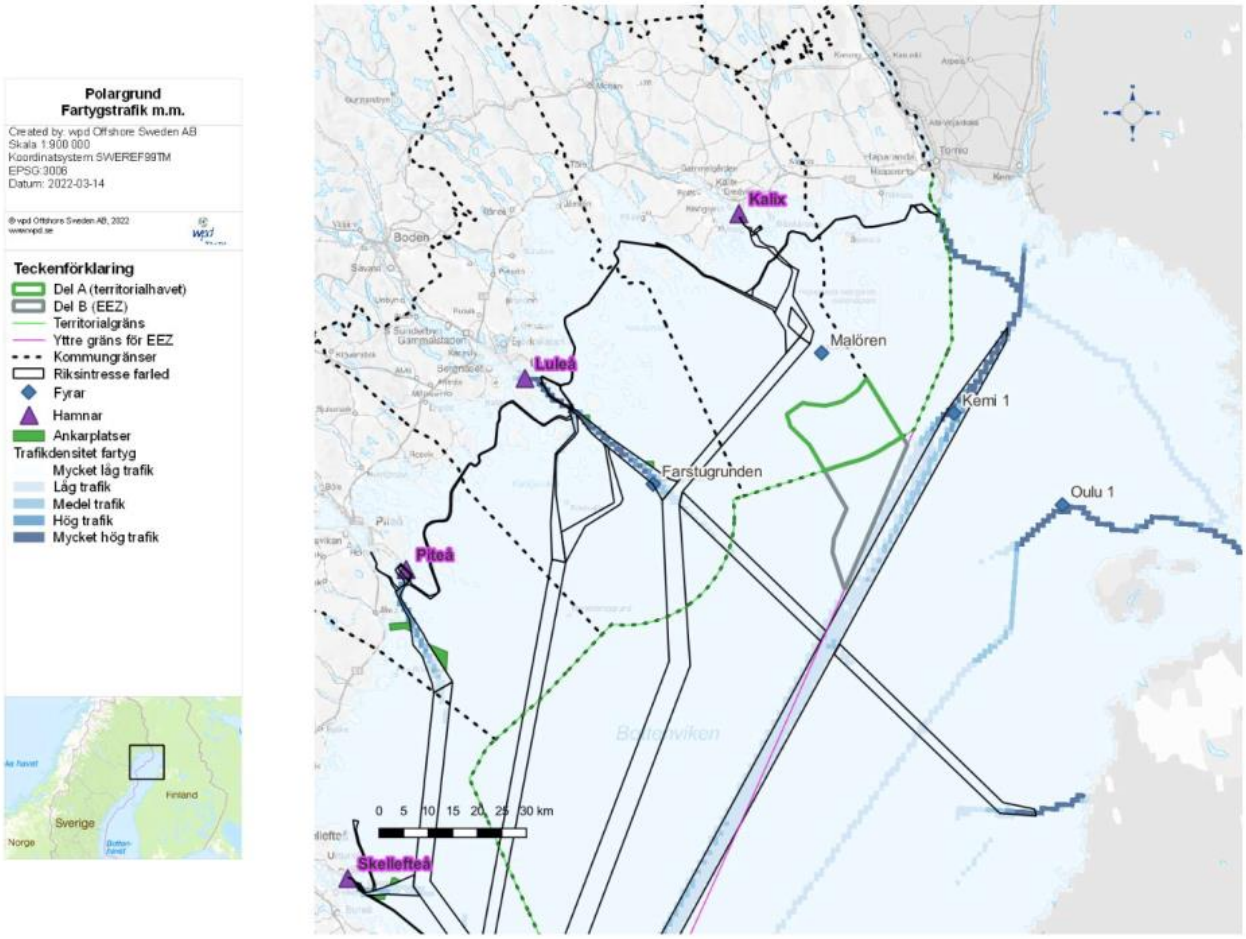
Kuva 22-12. Kartta Ruotsin puolen kulttuuriympäristön arvokohteista. (Lähde: Naturvårdsverket (2024) skyddade områden: riksintresse för friluftsliv enligt 3 kap Miljöbalken. Taustakartta: © Lantmäteriet. (AFRY Sverige 2024)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

22.7 Satamat

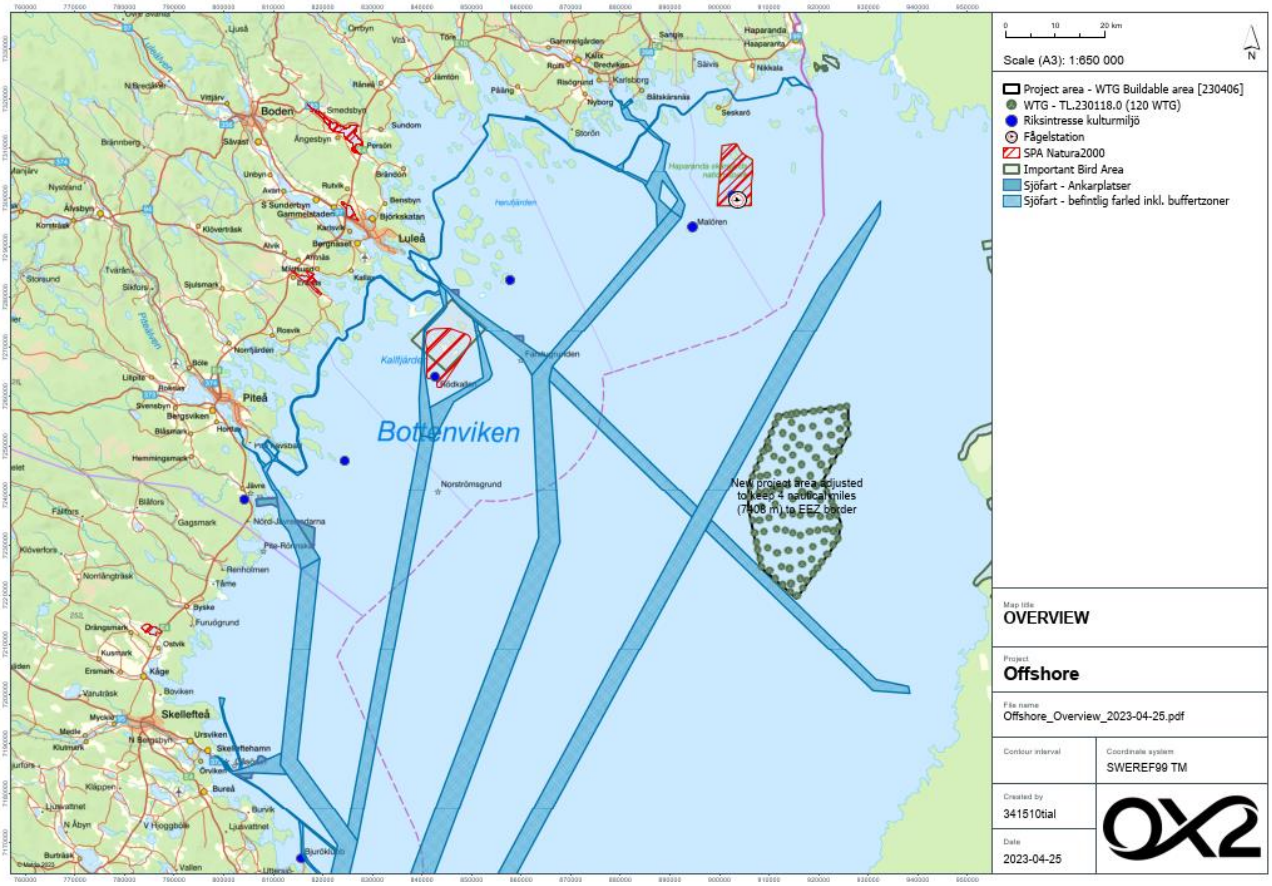
Kuvassa (Kuva 22-13) on esitetty lähellä sijaitsevat suuremmat satamat Ruotsin puolella. Kalixin satama sijaitsee noin 40 kilometriä Polargrundin alueesta luoteeseen, ja se on Itämeren pohjoisin syväsatama. Satamassa on noin 80 käyntiä vuodessa, ja suurin asiakas on Billerud Korsnäs AB. Kalix Industrihotell hallinnoi ja kehittää satama-aluetta ja laivaväyliä, ja sillä on meriliikennettä ympäri vuoden. Sataman laiturin pituus on 140 metriä ja väylän syvyys 8,5 metriä. Luulajan satama sijaitsee noin 50 kilometriä Polargrundin tutkimusalueesta länteen, ja se on julkinen satama (TEN-T A). Satamassa käy vuosittain noin 600 alusta. Se on Ruotsin viidenneksi suurin satama, ja sitä käytetään mm. irtolastisatamana. Satama on toiminnassa ympäri vuoden, ja se koostuu kuudesta osasta (*Luleå Hamn AB 2019*).

Haaparannassa ja useilla saariston saarilla on pienempiä satamia tai pienempiä veneitä varten tarkoitettuja luonnonsatamia. Lisäksi merialueella on merenkulun alueita ja ankkurointipaikkoja (Kuva 22-14). Polargrund Offshore tai Hallan tutkimusalueiden läpi ei kulje mitään laivaväylää. Polargrund Offshore -tutkimusalueen läheisyydessä sijaitsee kuitenkin valtakunnallisesti merkittäviä laivaväyliä. Alueen liikennetiheyttä koskevat AIS-tiedot osoittavat myös, että merialueella on paljon vesiliikennettä (Kuva 22-13).



Kuva 22-13. Vesiliikenne, majakat, ankkuripaikat ja satamat Ruotsin merialueella (Trafikverket, 2021; HELCOM, 2016). (Lähde: wpd 2022)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

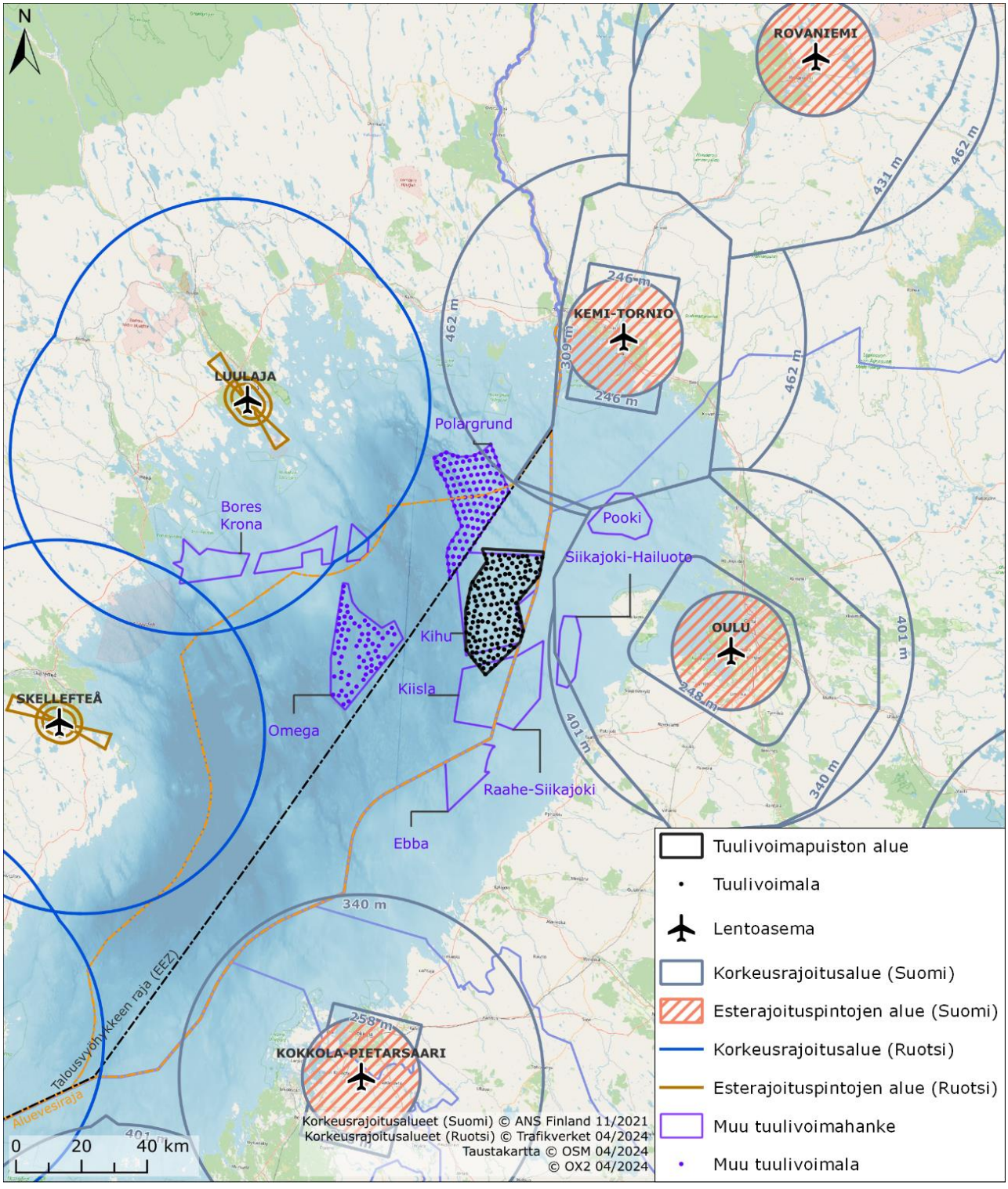


Kuva 22-14. Ruotsin puolella sijaitsevat merenkulun alueet ja ankkurointipaikat. (OX2)

22.8 Ilmailu

Lähin suuri lentoasema on Luulajan lentoasema, jonka MSA-alue (Minimum sector altitude) on tutkimusalueen länsiosaan Kalixissa. Luulajan lentoasema sijaitsee noin 52 kilometriä länteen tutkimusalueen A-osasta ja noin 68 kilometriä länsiluoteeseen B-osasta. Kalixin ja Haaparannan kunnissa ei ole nykyään toiminnassa olevia lentoasemia. Suomessa lähin lentoasema sijaitsee Kemi-Torniossa pohjoiskoilliseen tutkimusalueen A- ja B-osista. Toinen lentoasema sijaitsee Oulussa itäkaakkoon tutkimusalueen A- ja B-osista (Kuva 22-15). (*wpd 2022*)

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 22-15. Ilmailun korkeusrajoitusalueet. (ANS Finland 2021)

22.9 Yhteenveto Ruotsin kannalta keskeisistä vaikutuksista

Seuraavassa on esitetty tiivis yhteenveto hankkeen aiheuttamista keskeisistä rajat ylittävistä vaikutuksista. Kattavammin vaikutukset on arvioitu erillisessä liitteessä (Y4).

Hankkeen Suomen talousvyöhykkeellä rakentamisaikana tehtävien toimien sekä toiminnan ajan rajat ylittävät kokonaisvaikutukset ovat arvioiden mukaan **kokonaisuudessaan suhteellisen**

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vähäisiä ja vaikutusten arvioidaan rajoittuvan pääosin rakentamisaikaan vesistörakentamiskohteiden (merituulivoimapuiston ympäristö) lähialueelle Suomen talousvyöhykkeen rajojen sisäpuolelle tai vähäisissä määrin Ruotsin talousvyöhykkeen puolelle.

Keskeisimmiksi vaikutuksiksi arvioidaan rakentamisen aikainen veden samentuminen, vedenalainen melu ja kasvanut alusten törmäysriski rakentamisaikaisen lisääntyneen meriliikenteen myötä. Toimintavaiheen osalta merkittävimmiksi rajat ylittäviksi vaikutuksiksi arvioidaan kielteiset vaikutukset laivaliikenteeseen, linnustoon ja kalojen vaellukseen ja ammattikalastukseen sekä maisemaan.

Myönteisiä vaikutuksia hankkeella on sen sijaan globaalilla tasolla ilmastoon, **koska sillä korvataan lähtökohtaisesti uusiutumatonta energiaa, kun globaalilla tasolla siirrytään energiantuotannossa fossiilisista polttoaineista vähäpäästöisiin tai päästöttömiin energiantuotantomuotoihin.** Hankkeen suuret myönteiset ilmastovaikutukset syntyvät siitä, että tuulivoimaloiden uusiutuvan sähköntuotanto tulisi arviolta olemaan 12 TWh vuodessa. Hankkeella (merelle ja mantereelle sijoittuvat toiminnot) arvioidaan olevan ilmaston kannalta positiivinen hyvin merkittävä vaikutus – toiminnan aikana hankkeella arvioidaan olevan suuri myönteinen vaikutus, kun tuotetaan 100 % sähköä ja erittäin suuri vaikutus, kun tuotetaan 100 % vetyä. Uusiutuvan energian tuotanto on erittäin suuresti ilmastotavoitteiden mukaista. Rakentamisen aikana vaikutusten arvioidaan olevan suuresti negatiiviset. Itse rakentaminen ei ole suoraan ilmastotavoitteiden mukaista, mutta sen avulla saavutetaan tavoitteiden mukainen energiainfrastruktuuri.

Kaikki hankkeen toiminnot sijaitsevat Suomen talousvyöhykkeellä tai aluevesillä. Suoria vaikutuksia hankkeesta voi kuitenkin aiheutua esimerkiksi ruotsalaiseen **ammattikalastukseen**, jos Hallan alueella kalastaa ruotsalaisia kaupallisia kalastajia. Hanke todennäköisesti vaikuttaa kalastusmahdollisuuksiin, sillä isot kauppamerenkulun alukset sekä kalastusalukset eivät todennäköisesti voi turvallisuussyistä liikkua merituulivoimapuiston alueella tulevaisuudessa.

Edellä mainitusta syystä myös ruotsalaiseen **kauppamerenkulkuun** kohdistuu suoria kielteisiä vaikutuksia, mikäli Hallan merituulivoimapuiston alueen halki ei jatkossa voisi kulkea, vaan alue jouduttaisiin kiertämään. Samoilla mekanismeilla voi hankkeesta aiheutua kansainvälisen tason vaikutuksia, sillä talousvyöhykkeellä ja ylipäänsä merialueilla liikutaan paljon kansainvälisessä ulottuvuudessa. Hankkeen toiminnan aikaiset epäsuorat liikenteelliset vaikutukset ulottuvat Suomen rajojen ulkopuolelle Ruotsiin ja ne arvioidaan suuriksi kielteisiksi. Vaikutusten lieventämiseksi hanketoimijan tulee jatkaa toimintojen yhteensovittamista merenkulun viranomaisten kanssa kansainvälisellä tasolla. Ennen rakentamisen aloittamista, hankkeen on saatava mm. vesilupa ja merenkulun viranomaisten hyväksyntä.

Hankkeeseen liittyy laivaliikennettä merialueella merituulivoimapuiston ja sen tarvitsemien toimintojen rakenteiden ja rakennusmateriaalien kuljettamiseksi käyttökohteisiinsa sekä ruoppausmassojen kuljetuksiin. Hanke vaikuttaa **väylien käyttöön** sekä rakentamisen että käytön aikana. Alusten törmäysriski kasvaa rakentamistoimien aikana, kun merialueella liikkuu normaalia enemmän meriliikennettä. On kuitenkin syytä ottaa huomioon, että Suomen puolella sijaitsevan Hallan rakentamisen aikainen liikenne kulkee hankealueen ja Suomen satamien välillä, eikä ole suunnitelmissa tällä hetkellä hyödyntää Ruotsin puolen satamia. Rakennustöiden edetessä meriliikennekelpoisia alueita ja meriliikenteen käyttämiä reittejä kuitenkin poistuu käytöstä, mikä lisää onnettomuusriskiä, kasvattaa meriliikenteen kustannuksia ja lisää päästöjä, millä voi olla rajat ylittäviä vaikutuksia. Liikenteen osalta arviointi perustuu erilliseen navigoinnin riskiselvitykseen sekä liikenteen nykytilan selvityksiin.

Merituulipuiston meriliikenteelle aiheuttamia haittoja voidaan pyrkiä lieventämään monin eri keinoin. Ensimmäinen lähtökohta on luoda selkeät ja noudatettavat turvaetäisyydet tuulivoimapuiston ja meriliikenteen välillä esimerkiksi riskiarvion perusteella. Swecon laatimassa riskinarviointiraportissa tehty yksityiskohtainen suunnittelu esittää, että merituulipuiston aiheuttama riski on hyväksyttävä, jos lieventäviin toimenpiteisiin ryhdytään. Johtopäätös siitä, että yksityiskohtaisen suunnittelun riskitaso arvioidaan hyväksyttäväksi (mukaan lukien lieventävät

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

toimenpiteet), tarkoittaa, että suunnitelma voidaan hyväksyä riskien näkökulmasta, vaikka suositeltu turvaetäisyys ei täyttyisi.

Hankkeen vesistörakentaminen liittyy merituulivoimaloiden perustuksiin (mm. ruoppaukset, täytöt, paalutukset, räjäytykset), sisäiseen sähkönsiirtoon, merisähköasemiin sekä merikaapelireitteihin ja vetyputkistoon. Lisäksi on tarve läjittää ruoppausmassoja ensisijaisesti merialueelle.

Rajat ylittäviä **meriympäristöön** kohdistuvia vaikutuksia arvioidaan aiheutuvan rakentamisaikana epäsuorasti mm. ruoppauksen aiheuttaman kiintoaineen leviämisen kautta. Tiedot ja arvioinnit rakentamisen aikaisten vesistövaikutusten osalta perustuvat tehtyjen pohjanlaatuselvitysten (ruoppaustarpeen määritys sekä kartoitetut tiedot sedimentin partikkelijakaumasta ja laadusta) sekä merialueen mallinnuksiin (sameuden ja kiintoaineen sekä lämpökuorman ja suolapitoisuuden leviämisen mallinnus sekä vedenalaisen melun mallinnus).

Rakentamisaikaisia meriympäristöön kohdistuvia rajat ylittäviä yhteisvaikutuksia voi alustavien aikataulujen perusteella olla Polargrund Offshore -hankkeen kanssa, jonka rakentamistoimia on Hallan kanssa mahdollisesti samaan aikaan. Sameuden leviämisen ja sedimentaation mallinnuksessa havaittiin kuitenkin, että kiintoaines ei leviä kovin kauas Hallan merituulivoimapuiston hankealueen ulkopuolelle, joten siten myös yhteisvaikutukset vedenlaatuun jäävät todennäköisesti hyvin vähäisiksi. Muiden hankkeiden merituulivoimapuistoalueiden kanssa ei arvioida olevan rakentamisen aikaisia yhteisvaikutuksia, sillä ne sijaitsevat Polargrundia kauempana ja siten etäällä Hallan alueesta. Osasta hankkeita ei ole julkisesti saatavilla tietoa niiden rakennusajankohdasta, jolloin rakentamisenaikaisia yhteisvaikutuksia on mahdotonta arvioida.

Tuulivoimala-alueilla voi toimintavaiheessa todennäköisesti olla kohtalaista yhteisvaikutusta meriympäristöön tuulimuutosten kautta, erityisesti jos kaikki suunnitellut hankkeet toteutuisivat, mikä on kuitenkin epätodennäköistä. Hallan osalta mallinnukset osoittavat tuulihäviön vaikuttavan melko laajalla alueella merialueen pintavirtauksiin ja edelleen lämpötilaan, suolaisuuteen ja kerrostumiseen ja näin ollen vaikutuksia voi ulottua myös Ruotsin merialueelle. Veden sekoittumiseen liittyvät muutokset voivat vaikuttaa edelleen mm. ravinteiden esiintymiseen ja sitä kautta edelleen kasviplanktoniin ja muuhun ravintoverkkoon. Useiden tuulipuistoalueiden tapauksessa em. ilmiöt olisivat todennäköisesti päällekkäisiä ja mahdollisesti kumulatiivisia.

Rakentamisvaiheen aikaisia vaikutuksia vedenlaatuun ja sedimenttiin voidaan vähentää voimalapaikkojen ja kaapelireittien ja/tai vetyputkireittien tarkalla suunnittelulla. Myös työmenetelmien valinta vaikuttaa merkittävästi pohjan muokkaustarpeeseen ja leviävän kiintoainekuormituksenmäärään. Esimerkiksi vesipainepuhalluksen käyttäminen kaapelien/vetyputken asentamisessa on vähäisemmät samentuma- ja sedimentaatiovaikutukset kuin ruoppauksella ja läjityksellä. Työvälineiden valinta riippuu osittain mm. pohjaolosuhteista, jolloin ne eivät ole täysin vapaasti valittavissa. Rakennustöiden aikana kiintoaineksen leviämisen estämiseksi etenkin herkille alueille voidaan käyttää siltti- tai kuplaverhoja. Toiminnan aikana tuulivoimaloiden kunto tarkistetaan säännöllisesti ja esimerkiksi lavat korjataan, jos pintakerrokseen on tullut kulumia. Näin voidaan ehkäistä aineiden liukenemista voimalamateriaaleista. Rakennusaikaisten mahdollisten yhteisvaikutuksien lieventämiseksi tulee toteuttaa hankkeiden välistä koordinaatiota ja toteuttaa mahdollisuuksien mukaan lähellä sijaitsevien kohteiden rakentaminen eri aikaan.

Hallan hankkeella on rajat ylittäviä vaikutuksia Ruotsin puolen **maisemaan**. Merituulivoimapuisto tulee näkymään horisontissa ulkosaariston läheisyydessä hyvissä sääolosuhteissa. Tuulivoimapuiston etäisyys rannikosta kuitenkin vaikuttaa merkittävästi näkymään. Yhteenvetona voidaan todeta, että pitkä välimatka rannikkoon ja lähimpiin saariin pienentää kielteistä maisemavaikutusta merkittävästi. Lähempänä rannikkoa ja sisäsaaristoa visuaalisen vaikutuksen merkittävyys vähenee verrattuna ulkosaaristoon.

Hallan merituulipuiston keskeisimmäksi **linnustoon** kohdistuvaksi rajat ylittäväksi vaikutusmekanismiksi arvioidaan este- ja häiriövaikutukset, jotka aiheutuvat voimaloiden rakentamisesta ja toiminnasta sekä rakentamisen ja toiminnan aikaisesta ihmistoiminnasta, eli alusten liikkumisesta hankealueella. Muuttolinnustolle voimalat aiheuttavat ensisijaisesti estevaikutuksen, jonka seurauksena muuttoreitit voivat muuttua paikallisesti lintujen kiertäessä merituulipuiston. Vaikutuksen merkittävyys arvioidaan vähäiseksi. Havaintojen perusteella muuttavat linnut lentävät

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ulkomerellä pääasiassa matalalla lähellä meren pintaa, jolloin voimaloiden aiheuttama törmäysriski jää hyvin vähäiseksi. Pesimälinnuston osalta vaikutukset voivat rajoittaa ulkomerellä ruokailevien lintujen ravinnonhankintaa. Yksittäisistä lajeista merkittävimmät vaikutukset arvioidaan kohdistuvan selkälokkiin, ja vaikutukset arvioidaan lajin uhanalaisuuden vuoksi merkittävyydeltään kohtalaisiksi. Muuhun linnustoon vaikutukset arvioidaan merkittävyydeltään vähäisiksi.

Hallan ja Ruotsin puolen hankkeilla arvioidaan olevan lisäksi rajat ylittäviä linnustoon kohdistuvia yhteisvaikutuksia. Mikäli muuttavat linnut joutuvat kiertämään useita lähellä toisiaan sijaitsevia merituulivoimapuistoja, aiheuttaa se kielteisen vaikutuksen lintuihin. Vaikutuksen merkittävyyttä on kuitenkin hyvin vaikea, ellei mahdoton tarkasti arvioida. Kokonaisuudessaan suhteessa muuttolintujen pitkiin muuttoreitteihin paikallisella muuttoreitin vähäisellä muutoksella ei useammankaan tuulivoimapuiston osalta arvioida olevan merkittävyydeltään vähäistä suurempaa vaikutusta. Kokonaisuutena linnustoon kohdistuvien vaikutusten merkittävyyden ei arvioida kohoavan yhteisvaikutusten myötä, eli ne ovat selkälokin osalta merkittävyydeltään korkeintaan kohtalaiset ja muun linnuston osalta vähäiset. Linnuston vaikutusten arvioinnin osalta on hyödynnetty Suomen ja Ruotsin osalta julkisesti saatavilla olevaa aineistoa, sekä lisäksi tehtyjä maastokartoituksia.

Hallan hankkeen vaikutuksia **merinisäkkäisiin**, eli karkottuminen melun vuoksi, muodostuu pääasiassa rakentamisen aikana eikä hankevaihtoehtojen välillä ole merkittävää eroa. Vaikutukset ovat väliaikaisia sekä tilapäisiä ja niitä voidaan lieventää melua lieventävillä toimenpiteillä (kuplaverhot, karkottimien käyttö). Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioidaan vähäiseksi negatiiviseksi, koska kyseessä on pieni osuus hylkeiden koko elinalueesta ja vaikutus siihen on tilapäinen, eli vaikka vaikutusmatkat ovat suhteellisen pitkiä (19,1 km), käyttäytymisen välttämisvasteiden esiintymisen todennäköisyys on pieni. Kaiken kaikkiaan Hallan merituulivoimapuiston hankealueella paaluajon aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioidaan olevan vähäistä hylkeille, eikä se vaikuta hyljekantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä myöskään Ruotsin puolella.

Rakentamisen aikaiset yhteisvaikutukset Polargrund-hankkeen kanssa merinisäkkäille ovat toiminnanaikaisia suuremmat ja muodostuvat ensisijaisesti rakennustöistä, ruoppauksesta ja pohjan muokkaamisesta aiheutuneesta vedenalaisesta melusta, sekä räjäytyksistä, kun työvaiheita tehdään useammassa eri hankkeissa samanaikaisesti. Merituulivoimapuiston rakentaminen sisältää merikaapelien, mahdollisten vetyasemien ja vetyputkien ja merisähköasemien rakennusvaiheet sekä merituulivoimapuiston rakentamisen. Näistä itse merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyy enemmän meluavia ja häiritseviä työvaiheita, kuin energiansiirron rakentamiseen.

Kaikilla lähialueen hankkeilla voi toteutuessaan olla mahdollisia toiminnan aikaisia yhteisvaikutuksia Hallan hankkeen kanssa merinisäkkäisiin. Toiminnan aikaiset yhteisvaikutukset merinisäkkäisiin ovat rakentamisen aikaisia vaikutuksia vähäisemmät. Yhteisvaikutusten voimakkuutta lisää tuulivoimapuistojen läheinen sijainti (erityisesti Polargrund Offshore, 2,8 kilometriä hankealueesta), jolloin yhtenäinen vaikutusalue on laajempi. Toiminnan aikaiset yhteisvaikutukset muodostuvat pääasiassa voimaloiden toimintaan liittyvästä vedenalaisesta melusta sekä tärinästä ja mahdollisista muutoksista alueen jääolosuhteissa ja veden virtauksessa, joilla voi olla vaikutusta merinisäkkäiden elinolosuhteisiin.

Meluntorjuntakeinoja rakentamisen aikana ovat vaarallisen voimakkaan äänialtistuksen vaimentaminen louhintaräjäytyksissä, jolla vähennetään merinisäkkäiden (ja kalojen) fyysisen kuulovaurion riskiä sekä karkottimien käyttö, jota voidaan kokeilla ennen meluavia työvaiheita. Melutasoa voidaan myös pyrkiä lisäämään vaiheittain, millä on karkottava vaikutus merinisäkkäisiin. Yksi yleisesti käytetty menetelmä on myös kuplaverho, jota käytetään varsinkin paalutus- ja räjäytysoperaatioissa. Kuplaverho muodostetaan päästämällä paineilmaa pohjasta rei’itetyn letkun läpi, joka on ankkuroitu ja painotettu pysymään pohjassa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

23 VAIKUTUKSET TOIMINNAN JÄLKEEN

Merituulivoimapuiston elinkaaren viimeinen vaihe on sen käytöstä poisto sekä merituulivoimapuistosta syntyvien laitteiden kierrättäminen ja jätteiden käsittely. Tällä hetkellä saatavilla olevien merituulivoimaloiden suunniteltu käyttöikä on 25 vuotta, jota on mahdollista pidentää huollolla ja osien vaihdolla jopa yli 40 vuoteen rakenteiden kunnon sen salliessa.

Merituulivoimapuiston käytöstäpoistomenetelmissä noudatetaan kulloinkin voimassa olevaa lainsäädäntöä ja parhaita käytäntöjä siten, että tuulivoimapuisto ennallistetaan siinä määrin kuin se on tarpeen. Käytöstäpoistovaiheen aikana pyritään minimoimaan ympäristövaikutukset. Käytöstä poiston toimenpiteistä vastaa tuulivoimatoimija.

Tuulivoimalat ja merisähköasemat on tarkoitus purkaa ja poistaa kokonaan käyttäen vastaavanlaista alusta ja menetelmiä (käänteisessä järjestyksessä) kuin asennuksessa. Perustukset voidaan poistaa osittain tai kokonaan. Osittain poistettaessa poisto tehdään merenpohjan tasoon tai juuri sen alapuolelle saakka jäljelle jäävän osan jäädessä paikalleen. Kaapelit poistetaan tai jätetään turvallisesti paikalleen. Jos kaapelien poisto on tarpeen, prosessi on olennaisilta osin sama kuin kaapelia laskettaessa, mutta tapahtuu käänteisessä järjestyksessä. Merenpohjaa häiritään tällöin kaapeleita esiin nostettaessa. Mahdollinen eroosiosuojaus jää todennäköisesti paikalleen, koska valtaosan oletetaan uponneen merenpohjaan, jolloin sen poistamisesta koituisi suurempaa vahinkoa kuin sen jättämisestä alueelle.

Tuulivoimalasta yli 80–95 % voidaan nykyaikana kierrättää. Massiivisimmat komponentit ovat metallia ja siten yksinkertaisia kierrättää. Toistaiseksi vaikeimmin kierrätettävä osa ovat voimalan lavat. Voimalavalmistajat ovat kuitenkin jo julkaisseet suunnitelmiaan kokonaan kierrätettävistä lavoista ja lisäksi kehitteillä on teknologioita lapojen kierrättämiseen.

Käytöstäpoiston vaikutukset on käsitelty vaikutusaluekohtaisesti kunkin arviointiosion yhteydessä.

24 NOLLAVAIHTOEHDON VAIKUTUKSET

Nollavaihtoehdossa hanketta ei toteuteta eli merituulivoimapuistoa eikä siihen liittyviä muita toimintoja rakenneta. Nollavaihtoehdossa rakentamisen ja toiminnan ympäristövaikutukset eivät toteudu, mutta myöskään hankkeen positiiviset vaikutukset esimerkiksi aluetalouteen eivät toteudu. Nollavaihtoehdossa merituulivoimahanke ei edesauta Suomen energiaomavaraisuutta tai pyrkimyksiä lisätä uusiutuvan energian tuotantoa sekä siten vähentää haitallisia päästöjä ja ilmastovaikutuksia sekä tuontienergiasta riippumattomuutta.

Alueen luonnonoloihin ja ihmisten viihtyvyyteen voivat kuitenkin aiheuttaa vaikutuksia alueelle suunnitellut muut hankkeet, vaikka Hallan merituulivoimapuisto ei toteutuisikaan.

Hankkeen toteuttamatta jättämisen vaikutukset on käsitelty vaikutusaluekohtaisesti kunkin vaikutusarviointiosion yhteydessä.

25 VAIHTOEHTOJEN VERTAILU JA VAIKUTUSTEN MERKITTÄVYYDEN ARVIOINTI

Hankkeen ympäristövaikutukset on koottu vertailua varten taulukkoihin Hallan Yleistiedot asiankirjan liitteeksi Y3. Taulukoissa vaikutukset esitetään tiivistetysti ja luokiteltuna myönteisiin, kielteisiin ja neutraaleihin ympäristövaikutuksiin. Vaihtoehtoja tuulivoimapuiston (VE0, VE1, VE2) ja sen alueelle sijoittuvien muiden toimintojen (mm. merisähköasemat, vedyn tuotanto), merikaapeleiden (MVE1, MVE2 ja MVE3), vetyputken (VVE1) ja mantereen sähkönsiirtoreittien (SVE2, SVE3 ja SVE5) osalta vertaillaan siten, että vaihtoehtojen keskeiset ympäristövaikutukset tulevat huomioiduksi.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

26 HAITALLISTEN VAIKUTUSTEN EHKÄISY JA LIEVENTÄMISKEINOT

Hankkeesta aiheutuvien vaikutusten ehkäisy- ja lieventämiskeinoja on käsitelty kunkin vaikutusarviointiosion yhteydessä.

27 EHDOTUS SEURANTAOHJELMAKSI

Ympäristönsuojelulain (YSL 86/2000) mukaan toiminnan harjoittajan on oltava selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista. Ympäristölupapäätös yleensä edellyttää suurissa hankkeissa vaikutusten seurantaohjelmaa. Seurannan tavoitteena on:

- Tuottaa tietoa hankkeen vaikutuksista mm. vesien ja merenhoidon tavoitteet huomioiden
- Selvittää, mitkä muutokset ovat seurauksia hankkeen toteuttamisesta
- Selvittää, miten vaikutusten arvioinnin tulokset vastaavat todellisuutta
- Selvittää, miten haittojen lieventämistoimet ovat onnistuneet
- Käynnistää tarvittavat toimet, mikäli ennakoimattomia, merkittäviä haittoja esiintyy.

Tarkkailua koskevat velvoitteet määrätään hankkeen lupapäätöksen lupaehdoissa ja ympäristöviranomainen hyväksyy virallisen tarkkailuohjelman.

YVA-selostuksessa tulee esittää ehdotus hankkeen seurantaohjelmaksi. Seuranta kattaa keskeisimmät ympäristöön kohdistuvat vaikutukset, jotka ovat nousseet esiin ympäristövaikutusten arvioinnin laatimisen aikana. Seurannalla saadaan tietoa tuulivoimaloiden rakentamisen ja toiminnan aikaisista vaikutuksista.

Tässä luvussa on esitetty yleispiirteinen suunnitelma hankkeen ympäristövaikutusten seurantaohjelman sisällöstä. Seurantaohjelma tarkentuu hankkeelle haettavien vesilain (587/2011) ja ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaisten lupien yhteydessä ja se hyväksytetään aina ELY-keskuksella ennen rakentamisen aloittamista.

27.1 Linnusto

Linnuston osalta vaikutusarvioinnin merkittävin epävarmuus on hankealueen kautta kulkevan lintujen muuton vuosittaisvaihtelu sekä lintujen yömuutosta oleva puutteellinen tietämys. Tietoa lintujen käyttäytymisestä ulkomerelle sijoittuvalta merituulivoimapuistoalueelta ei Suomen oloissa tällä hetkellä ole.

Linnuston osalta selvityksiä tulee täydentää seuraavissa lupavaiheissa sekä rakentamisen ja toiminnan aikaisissa linnustonseurannoissa. Ennen rakentamista toteutettavat tarkkailut toimivat seurantojen lähtötietoina ja täydentävät olemassa olevaa ja selvitysten aikana hankittua tietoa Hallan alueen tilanteesta ennen merituulivoimapuiston rakentamista. Seuraamalla merituulivoimapuiston alueella tapahtuvaa lintujen muuttoa ja ruokailulentoja sen rakentamisen ja käytön aikana voidaan saada merkittävää tietoa, miten alueella liikkuvat linnut käyttäytyvät voimaloiden vaikutusalueella. Täydentäviä tarkkailuita ja seurantoja kohdennetaan mahdollisuuksien mukaan myös yömuuton havaitsemiseen lintututkan tmv. tekniikan avulla. Tulosten perusteella pyritään osoittamaan mahdolliset toimenpiteet, joilla varmistetaan, että hankkeen toteuttaminen ei aiheuta merkittäviä vaikutuksia muuttaviin, ruokaileviin tai levähtäviin lintuihin.

Teknisten menetelmien, kuten lintutukien, osalta tapahtuu jatkuvaa kehitystä, ja käytettävät tarkkailu- ja seurantamenetelmät ja käytettävät tekniikat valitaan myöhemmin yhteistyössä asiantuntijoiden ja hanketta valvovan viranomaisen kanssa.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

27.2 Melu

Meluseurantaa voidaan tarvittaessa toteuttaa mittauksin seuraavissa kohteissa:

- Vedenalaisen melun seurantaa kahdessa mittauspisteessä tuulivoimapuistoalueella, joista toinen voi sijaita Merikallan Natura 2000-alueen lähellä. Mittausjaksot ajoitetaan pohjarakentamisen ajalle (etenkin mahdolliset paalutusvaiheet) sekä merituulivoimapuiston toiminnan ajalle, kun kaikki voimalat ovat toiminnassa samaan aikaan.
- Toimintavaiheen aikana tarvittaessa meluseurantaa voidaan toteuttaa lähimmissä altistuvissa kohteissa YM:n ohjeen 4/2014 mukaisesti. Koska olosuhde voi olla signaali-kohinasuhteelle vaativa (heikko signaali ja voimakas taustamelu tuulen ja aallokon melun vuoksi), on mittaus suoritettava huolellisesti ja todennäköisesti hieman etäällä rantaviivasta aallokkomelun vähentämiseksi. Lisäksi suositellaan mittauksien tekemistä hieman pienemmän tuulennopeuden vallitessa, jolloin tulokset referenssituulella voidaan ekstrapoloida regressiotuloksista. Ohjeet antavat tähän mahdollisuuden.

Lisäksi hankkeen vedenpäällisen melun mallia voidaan tarkentaa esimerkiksi vesilupavaiheessa toteutettavan voimalatyypin melutakuutiedoilla, mikäli se poikkeaa tässä esitetystä.

27.3 Vesistö, vedenalainen luonto ja kalasto

Merituulivoimapuiston ja mahdollisen vedyntuotannon sekä sähkönsiirtokaapeleiden ja/tai vetyputken rakentamisen aikaisten vaikutusten seuraamiseksi tehdään veden samentumista aiheuttavien työvaiheiden aikana **vedenlaadun tarkkailua**. Tarkkailu toteutetaan esimerkiksi yhdistämällä jatkuvatoimiset automaattimittaukset määräajoin otettaviin vesinäytteisiin. Seurantaa tehdään työkohteiden läheisyydessä eri syvyyksillä huomioiden olennaiset seurantaparametrit. Veden laatua tarkkaillaan töiden aikana silloin, kun tehdään vettä samentavia töitä kuten ruoppaukset ja kaapeli-/vetyputkien ojan kaivuu. Tarkkailupisteiden lukumäärä suunnitellaan myöhemmin.

Tarkkailua suoritetaan ottamalla vesinäytteet työkohteen läheisyydestä noin 50 metrin etäisyydeltä tuulen alapuolelta pinnasta (1 m), metri pohjan yläpuolelta sekä vesimassan puolivälistä, jos vesisyvyys on yli 6 metriä. Näytteistä määritetään ainakin lämpötila, sähkönjohtavuus, pH, sameus, kiintoaine, kokonaisfosfori, fosfaattifosfori, kokonaistyppi ja happipitoisuus.

Mikäli vesialue on silminnähden samentunut, otetaan lisänäytteitä sameuden leviämissuuntaan noin 200–300 metrin välein, kunnes selvää samentumaa ei enää havaita. Näytteiden lisäksi kirjataan sääolosuhde ja aistinvaraiset havainnot vedenlaadusta ja valokuvataan kohteet.

Rannikkoalueilla tarkkailua voidaan yhdistää olemassa oleviin yhteistarkkailuihin esimerkiksi Raahen edustalla, jolloin säännöllisessä tarkkailussa olevien pisteiden aiempaa aineistoa voidaan myös hyödyntää vertailussa. Näytteenottojen yhteydessä mitataan myös näkösyvyyttä sekä seurataan silmämääräisesti mahdollisia samentumia pinnassa.

Tarkkailua esitetään tehtäväksi kerran, noin 2 viikkoa ennen töiden aloittamista ja töiden aikana noin kahden viikon välein. Poikkeustilanteissa konsultoidaan viranomaista ja järjestetään tarvittaessa ylimääräisiä tarkkailukertoja. Ruoppaus- ja läjitystöiden aikana seurataan sameuden leviämistä erityisesti Merikallan Natura 2000 -alueen suuntaan myös jatkuvatoimisella samentumamittarilla. Mittari sijoitetaan työkohteen ja Natura-alueen lähimmän rajan väliselle alueelle ja siirretään tarvittaessa töiden etenemisen mukaan.

Tarkkailun tulokset raportoidaan valvovalle viranomaiselle vuosittain tarkkailuvuotta seuraavan kalenterivuoden aikana. Raportoinnissa hyödynnetään myös Suomen ympäristökeskuksen avoimia satelliittiaineistoja (TARKKA-palvelu).

Töiden vaikutuksia ja samentumia seurataan myös rakennustyömaalla urakoitsijan toimesta pitämällä työmaapäiväkirjaa, johon kirjataan samentavia töitä tehtäessä sääolosuhteet, työskentelyajankohdat, töiden laatu, joilla voi olla vaikutusta veden laatuun. Lisäksi kirjataan vesistön käyttöä rajoittavat toimenpiteet. Työmaapäiväkirjaa säilytetään vähintään viisi vuotta töiden päättymisestä. Työmaapäiväkirja esitetään pyynnöstä valvovalle viranomaiselle.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tuulivoimaloiden toiminnan aikaista veden laadun seurantaa ei esitetä tehtäväksi. Vedyntuotannon toiminnan ajan seurannan osalta ehdotetaan tarkkailtaviksi parametreiksi mm. lämpökuormaa ja suolapitoisuutta. Toiminnan ajan tarkkailua ehdotetaan tehtävän noin 4 kertaa vuodessa perusteena ulkomerialueella sijaitsevan vedyntuotannon kuormituksen arvioilta vähäiset ja paikalliset vaikutukset.

Pohjaeläinseurantaa toteutetaan pehmeillä pohjilla sekä tuulivoimapuiston että valittujen energiansiirtoreittien alueella ennen ja jälkeen rakentamisen. YVA-vaiheessa hankitut näytteet toimivat osaltaan ennakkotarkkailuna. Koska YVA-vaiheessa on jo kartoitustietoa useammalta vuodelta, ehdotetaan ennen rakentamista otettavan vain yhdet näytteet, jolloin saadaan tietoa vuosien välisestä vaihtelusta täydentämään aiemmin otettua näytesarjaa. Rakentamisen jälkeen ehdotetaan otettavan yhdet näytteet. Toiminnan aikaista pohjaeläinten tarkkailua ehdotetaan tehtävän kerran esimerkiksi 2 vuotta puiston toiminnan alkamisen jälkeen, jolloin saadaan yleiskäsitys alueen pohjaeläimistön elpymisestä rakentamisen jälkeen ja ovatko pohjaeläimet kolonisoineet pehmeiden pohjien alueet rakentamisen jälkeen (mm. alueilla, missä energiansiirtorakenteet uppoavat pohjaan ja päälle kertyy pehmeätä sedimenttiä).

Merituulivoimapuiston rakentamisaikaisten ja toiminnanaikaisten vaikutusten seuraamiseksi ehdotetaan toteutettavan vesikasvi- ja levälajien sekä luontotyyppien tarkkailua sukelluslinjojen ja/tai drop-videokartoitusten avulla sekä matalilla alueilla kahlaten/snorkkeloiden avovesikausina koko rakentamisen ajan yhden kerran per kausi. Tarkkailussa seurataan silmämääräisesti lajiston kehitystä sekä sedimentaation määrää pohjalla ja kasvillisuuden päällä. Tarkkailupisteet sijoitetaan Merikallan Natura 2000 -alueelle ja merituulivoimapuistoalueen riutoille, jotta voidaan seurata rakentamisen aiheuttaman sekä virtausten muutoksista mahdollisesti aiheutuvien sedimentaation muutosten vaikutusta alueen riuttoihin ja vedenalaisiin hiekkasärkkiin.

Kaapeli- ja vetyputkireittien varrella tai niiden alueella sijaitseville suojelualueille ehdotetaan perustettavan kasvillisuuden sukelluslinjoja, joissa seurataan hankkeen rakentamisen aikaisia vaikutuksia lajistoon ja luontotyyppeihin sekä sedimentaation määrää. Lisäksi rantautumisalueilla tapahtuvia muutoksia lajistoon tulee seurata.

Seurantalinjat kartoitetaan ennen rakentamisen aloittamista, rakentamisen aikana sekä rakentamisen päätyttyä sekä toiminnan aikana säännöllisin väliajoin. Tulosten perusteella voidaan arvioida mahdollisten muutosten haitallisuutta ja muuttaa rakentamisen toimintatapoja tarvittaessa (esimerkiksi lisätä sameuden ja kiintoaineen suojausrakenteita merialueelle tai muuttaa energiansiirtoreitin asennustapaa).

Seurantojen tulosten avulla voidaan saada perustietoa merituulivoimahankkeen vaikutuksista vedenalaiseen meriluontoon, jollaista Suomen rannikolta ei tällä hetkellä kovinkaan paljon ole olemassa. Tämä edesauttaa merituulivoimahankkeiden vaikutusten arviointia tulevaisuudessa.

Rakentamiseen liittyvän meriläjityksen vaikutuksia seurataan ennen läjityksen aloittamista, läjityksen aikana ja sen loputtua, kunnes vaikutuksia ei enää havaita. Läjitysalueen seuranta sisältää mm. sameuden ja veden laadun tarkkailun.

Kalataloustarkkailua toteutetaan kirjanpitokalastuksen sekä kalastustiedustelun avulla. Kaupallisten kalastajien saaliiden tarkkailulla arvioidaan hankkeen vaikutusta kaupallisesti merkittäviin kalalajeihin, erityisesti vaelluskaloihin ja silakkaan. Tarkkailua toteutetaan ennen ja jälkeen rakentamisen ja käytön aikana myöhemmin valitun aluejaon mukaisesti.

Vaelluskalojen käyttäytymistä ja mahdollista vaellusreittien muutosta selvitetään edellisen lisäksi vapaa-ajankalastajille tehtävien haastatteluiden tai kyselyiden avulla 3 vuotta merituulivoimapuiston käyttöönoton jälkeen. Kysely kohdennetaan alueella kalastaville.

Seurannan menetelmistä ja seurantatiheydestä sovitaan tarkemmin ELY-keskuksen kanssa vesilupavaiheessa ja tarkempi seurantaohjelma hyväksytetään ELY-keskuksella ennen rakentamisen aloittamista.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

27.4 Ihmisten elinolot ja maisema

YVA-menettelyn yhteydessä laadittu asukaskysely toistetaan kolmen kokonaisen toimintavuoden jälkeen. Kyselyn tarkoituksena on kerätä vakituisten ja vapaa-ajan asukkaiden näkemyksiä merituulivoimapuiston vaikutuksista liittyen ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen, virkistyskäyttöön ja koettuihin maisemavaikutuksiin.

28 TERMIT JA LYHENTEET

YVA-selostuksessa on käytetty seuraavia termejä ja lyhenteitä:

TERMI	SELITE
Aluevesiraja	Aluevedet jakautuvat sisäisiin aluevesiin ja ulkoisiin aluevesiin eli aluemereen. Aluemeri kuuluu valtion hallintaan, ulkoisen alueveden raja = valtioiden välinen raja
CO_2	Hiilidioksidi.
dB(A), desibeli	Äänenvoimakkuuden yksikkö. Kymmenen desibelin (= 1 beli) nousu melutasossa tarkoittaa äänen energian kymmenkertaistumista. Melumittauksissa käytetään eri taajuuksia eri tavoin painottavia suodatuksia. Yleisin on niin sanottu A-suodatin, jonka avulla pyritään kuvaamaan tarkemmin äänen vaikutusta ihmiseen.
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
Energiansiirtoreitti	Energiansiirtoreitillä viitataan joko sähköä siirtävään merikaapeliin tai vetyä siirtävään vetyputkeen. Sitä käytetään vain reiteistä, joiden osalta tarkastellaan sekä merikaapelia että vetyputkea.
FINIBA-alue	Kansallisesti tärkeä lintualue (Finnish Important Bird Area).
IBA-alue	Kansainvälisesti tärkeä lintualue (Important Bird and Biodiversity Area).
Hankealue	Hankealueella tarkoitetaan tässä YVA-selostuksessa merialuetta, jolle tuulivoimalat sijoitetaan sekä merikaapelireittien, vetyputkireitin ja mantereen sähkönsiirron alueita. Lisäksi hankealue käsittää meriläjitysalueet.
kV	Kilovoltti, jännitteen yksikkö.
L_{Aeq}	Ympäristömelun häiritsevyyden arviointiin käytetään äänen A-äänitasoa. A-painotus on tarkoitettu ihmisen kokeman meluhäiriön arviointiin. Kun pitkän ajanjakson aikana esiintyvää vaihtelevaa melua ja ihmisen kokemaa terveys- tai viihtyvyyshaittaa kuvataan yhdellä luvulla, käytetään keskiäänitasoa. Keskiäänitason muita nimityksiä ovat ekvivalentti A-äänitaso ja ekvivalenttitaso, ja sen tunnus on L_{Aeq}. Keskiäänitaso ei ole pelkkä melun äänitason tavallinen keskiarvo. Määritelmään sisältyvä neliöön korotus merkitsee, että keskimääräistä suuremmat äänenpaineet saavat korostetun painoarvon lopputuloksessa.
MAALI-alue	Maakunnallisesti tärkeä lintualue.
Mitigointi	Mitikointi tai mitigointi liittyy riskien hallintaan. Se tarkoittaa erilaisten riskien ja uhkien vaikutuksien vähentämistä ja niiden keinojen esittelyä.
m mpy	Metriä meren pinnan yläpuolella.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

MW	Megawatti, energian tehoyksikkö (1 MW = 1 000 kW).
MWh (GWh, TWh)	Megawattitunti (gigawattitunti), energian yksikkö (1 GWh = 1000 MWh, 1 TWh = 1000 GWh).
Plyymi	Päästölähteestä jatkuvasti purkautuvien, ilma- tai vesivirran mukana ilmassa, maassa tai vedessä kulkeutuvien aineiden vuo.
SAC-alue	Luontodirektiivin perusteella Natura 2000-verkostoon valittu alue (Special Areas of Conservation).
SPA-alue	Lintudirektiivin perusteella Natura 2000-verkostoon valittu alue (Special Protection Area).
SVA	Sosiaalisten vaikutusten arviointi.
Talousvyöhyke	Suomen talousvyöhyke on merialue, joka sijaitsee Suomen aluevesien ulkopuolella, mutta jossa Suomen valtiolla on oikeus elollisten ja elottomien luonnonvarojen tutkimiseen ja hyödyntämiseen. Talousvyöhykkeellä myös sovelletaan Suomen lakia meriympäristön suojelussa. Kaikilla valtioilla on vyöhykkeellä merenkulun ja ylilennon vapaus
Vanahäviö	Voimala hidastaa tuulta ja tämän hidastuneen tuulen siipiinsä saa seuraava voimala, jos se sijaitsee kyseisen voimalan takana. Tällaista tapahtumaa kutsutaan vanahäviöksi. Ilmiötä voidaan vähentää sijoittamalla voimalat riittävän etäälle toisistaan.
YVA-ohjelma	YVA-ohjelmassa esitetään hankealueen nykytila sekä suunnitelma siitä mitä vaikutuksia YVA-selostusvaiheessa selvitetään ja miten selvitykset tehdään.
YVA-selostus	YVA-selostuksessa esitetään vaikutusarvioiden tulokset ja vertaillaan niitä hankevaihtoehdoittain. Selostuksessa esitetään myös ympäristövaikutusten lieventämiskeinot sekä kuvaus vaikutusten seurannasta.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

29 LÄHDELUETTELO

AFRY Finland Oy 2022. SSAB Raahen tehtaan 400 kilovoltin voimajohdon luontoselvitykset 2022. SSAB Raahe Oy.

Ahlén, I., Baagøe, H.J. & Bach, L. 2009. Behavior of Scandinavian Bats during Migration and Foraging at Sea. Journal of Mammalogy 90: 1318–1323.

Ahtiainen, A. 2022. Linnustokatsauksia, haahka. [https://kiilinmeri.fi/?page_id=63] (1.10.2023).

Airaksinen, O. & K. Karttunen 2001. Natura 2000 -luontotyyppiopas. Ympäristöopas 46. [https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/49344cb9-7333-43f0-bc0f-53db0c76ae7c/content]

Arnkil, A., Hoikkala, J. & M. Sahla (toim.) 2019. Suojelualueet merialuesuunnittelussa – suositus suojelualueiden huomioimiseksi. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja a 231.

Andersson, M., Andersson, S., Ahlsén, J., Andersson, B.L., Hammar, J., Persson, L.K., Phil, J., Sigray, P. & Wikström, A. 2016. A framework for regulating underwater noise during pile driving. A technical Vindval report, ISBN 978-91-620-6775-5, Swedish.

Band, W., Madders, M. & Whitfield, D.P. 2007. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. Teoksessa: de Lucas, M., Janss, G. & Ferrer, M. (toim.) 2007: Birds and Wind Farms. Risk assessment and mitigation. Lynx Editions, Barcelona. s. 259−275.

Bellmann, M. A., May, A., Wendt, T., Gerlach, S., Remmers, P. & Brinkmann, J. 2020. Underwater noise during percussive pile driving: Influencing factors on pile-driving noise and technical possibilities to comply with noise mitigation values. Oldenburg, Germany: ITAP.

Berli, B. I., Gilbert, M. J., Ralph, A. L., Tierney, K. B., & Burkhardt-Holm, P. 2014. Acute exposure to a common suspended sediment affects the swimming performance and physiology of juvenile salmonids. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology,176, 1–10.

Bergström, L., Kautsky, L., Malm, T., Ohlsson, H., Wahlberg, M., Rosenberg, R., & Åstrand Capetillo, N. 2012. Vindkraftens effecter på marint liv. En syntesrapport. Vindval Rapport 6488. Stockholm: Naturvårdsverket.**BIAS 2014.** Baltic Sea information on the Acoustic Soundscape. BIAS LIFE ENV/SE/841. [https://biasproject.wordpress.com/downloads/deliverables/]

BirdLife Suomi ry 2024. Suomen IBA-alueet. [https://www.birdlife.fi/suojelu/alueet/iba/suomen-iba-alueet/]

BirdLife Suomi ry 2023. Suomen tärkeät lintualueet [https://www.birdlife.fi/suojelu/alueet/finiba/]

Bolin, K. 2012. The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise. Acta Acustica united with Acustica, Vol 98 (2012) pages 741-748.

Bonnin Sopimus 1979. Bonn Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals, CMS 23.6.1979, ratifioitu 1983. [https://www.cms.int/en/cms-instruments/agreements] (19.10.2023).

Boverket 2021. Yrkesfiske. [https://www.boverket.se/sv/PBLkunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmanna-intressen/hav/maritima-naringar/yrkesfiske/](9.7.2022)

Boverket 2009. Vindkraftshandboken, Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, 2009.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Bradaric, M., Kranstauber, B., Bouten, W., van Gasteren, H., & Baranes, J. S. 2024. Drivers of flight altitude during nocturnal bird migration over the North Sea and implications for offshore wind energy. Conservation Science and Practice, e13114. [https://doi.org/10.1111/csp2.13114]

Bättre Folk 2024. [https://www.battrefolk.fi/] (4.3.2024).

CMACS 2003. A baseline assessment of electromagnetic fields generated by offshore windfarm cables. COWRIE Report EMF – 01-2002 66. 2003.

Cresci, A., Perrichon, P., Durif, C. M. F., Sørhus, E., Johnsen, E., Bjelland, R., Larsen, T., Skiftesvik, A. B., & Browman, H. I. 2022. Magnetic fields generated by the DC cables of offshore wind farms have no effect on spatial distribution or swimming behavior of lesser sandeel larvae (Ammodytes marinus). Marine Environmental Research, 176.

COWI 2023. Halla offshore wind farm. Conceptual geological model. Report. November 2023.

Danish Government 2015. Miljöministeriet Naturstyrelsen. Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmoller.

DEFRA 2023. Conversion factors. Saatavilla: [https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022].

Desholm, M. & Kahlert, J. 2005. Avian collision risk at an offshore wind farm. Biology Letters 1: 296–298.

Dierschke, V., Furness, R. W. & Garthe, S. 2016. Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. Biological Conservation, 202: 59–68.

Dietz, R., Teilmann, J. & Henriksen, O.D. 2000. EIA study of offshore wind farm at Rødsand - Technical report about seals. Ministry of the Environment and Energy & National Environmental Research Institute, 67 s.

Dietz, R., Teilmann, J., Henriksen, O.D. & Laidre, K. 2003. Movements of seals from Rødsand seal sanctuary monitored by satellite telemetry. NERI Technical report No. 429. Denmark.

Dodd J. & Briers A.B. 2021. The Impact of Shadow Flicker or Pulsating Shadow Effect, Caused by Wind Turbine Blades, on Atlantic Salmon (Salmo salar) CD2020_08. Scotland's Centre of Expertise for Waters (CREW)

Dunlop, E. S., Reid, S. M., and Murrant, M. 2016. Limited influence of a wind power project submarine cable on a Laurentian Great Lakes fish community. Journal of Applied Ichthyology, 32(1), 18-31.

Døving, K.B. & Stabell, O.B. 2003. Trails in Open Waters, Sensory Cues in Salmon Migration. Teoksessa: Collin, S.P. & Marshall, N.J. (toim.), Sensory processing in Aquatic Environments. Springer, New York, ss. 39–52.

Ecoinvent 3.9.1. Electricity production, wind, 1–3 MW turbine, offshore – FI.

EFLA 2018. Life cycle assessment for transmission towers. A Comparative study of three tower types. 20.02.2018. [https://documents.pub/document/life-cycle-assessment-for-transmission-towers-transmission-towers-life-cycle-assessment.html?page=3]

EMODNET 2024. Karttapalvelu. Viitattu 5.1.2024

Energistyrelsen 2022 (April). Guideline for underwater noise - installation of impact-driven piles. København: ens.dk.

EPA 2023. Climate Change Indicators: Snow and Ice [https://www.epa.gov/climate-indicators/snow-ice] (20.10.2023).

Eurofins Ahma 2023. Raahen edustan kalataloustarkkailu vuonna 2023.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Eurofins Ahma Oy 2022. Raahen edustan merialueen yhteistarkkailu. Projekti 10661, raportti. 41 s. + liitteet.

Eurofins Ahma 2021. Raahen edustan kalataloustarkkailu vuonna 2020.

European commission 2008. Marine Strategy Framework directive 17.6.2008. 2008/56/EC.

Euroopan Unioni 2020. Raw materials demand for wind and solar PV technologies in the transition towards a decarbonised energy system. ISBN 978-92-76-16225-4 (PDF).

FAO 2022. Felling, Production rate, table 9./Extraction, productivity, table 10. Saatavilla: [https://www.fao.org/3/y2698e/y2698e09.htm].

FCG Finnish Consulting Group Oy 2014–2019. Toiminnassa olevien tuulivoimapuistojen seurannat Kalajoen, Pyhäjoen, Raahen, Iin ja Simon rannikolla.

FCG Finnish Consulting Group Oy 2012. Kalajoki-Raahe tuulivoimapuistot. Muuttolinnustoon kohdistuva yhteisvaikutusten arviointi. Luettavissa: [https://www.metsa.fi/wp-content/uploads/2020/06/Annankangas-Liite11-Linnustoon-kohdistuvat-yhteisvaikutukset.pdf]

Fingrid, 2024a. [https://www.fingrid.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2024/fingrid-selvitti-merituulivoiman-mahdollisuuksia-liittya-kantaverkkoon/]

Fingrid, 2024b. Häviösähkö. [https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/sahkon-siirto-varmuus/haviosahko/] (8.1.2024).

Fingrid 2015. Peltopylväs–esite. Osoitteessa: [https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/fingrid_peltopylvas_esite_2015_netti.pdf]

Fintraffic 2024. Fintraffic meriliikenteenohjaus. [https://www.fintraffic.fi/fi/vts/fintrafficin-meriliikenteenohjaus-lyhyesti]

Fjäder Päivi, Korkalainen Merja, Kauppi Sari, Lehtiniemi Maiju, Salminen Jani, Selonen Salla, Setälä Outi, Sillanpää Markus, Sorvari Jaana, Suikkanen Sanna, Talvitie Julia, Turunen Topi, Virkkunen Henri ja Ala-Ketola Ulla 2022. Muovien haitalliset ympäristö- ja terveysvaikutukset. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 17/2022. 160 sivua. [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/144561/SYKEra_17-2022_Muovien-haitalliset-vaikutukset.pdf?sequence=1&isAllowed=y] (15.3.2024).

Forsberg, Å. & Pekkari, S. 1999. Undersökningar av undervattensvegetation och vattenkemi i nordligaste Bottenviken.

Gasgrid, 2025. Nordic Hydrogen Route. Saatavilla: [https://gasgrid.fi/hankkeet/nordic-hydrogen-route/.]

Gaultier, S.P., Blomberg, A.S., Ijäs, A., Vasko, V., Vesterinen, E.J., Brommer, J.E., Lilley, T.M. 2020. Bats and Wind Farms: The Role and Importance of the Baltic SeaCountries in the European Context of Power Transition andBiodiversity Conservation. Environ. Sci.Technol. 2020, 54, 10385-10398. https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.est.0c00070?ref=article_openPDF. (10.9.2024)

Geologian tutkimuskeskus 2023. Maankamara-karttapalvelu. [http://gtkdata.gtk.fi/maankamara]

GHG Protocol. AR5 SF6 value. Saatavilla: [https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf].

Gill, A. B. & Bartlett, M. 2010. Literature review on the potential effects of electromagnetic fields and subsea noise from marine renewable energy developments on Atlantic salmon, sea trout and European eel. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No.401

Gill, A.B., and M. Desender. 2020. Risk to animals from electromagnetic fields emitted by electric cables and marine renewable energy devices. Pp. 86–103 in OES-Environmental 2020

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. No. PNNL-29976CHPT5 Pacific Northwest National Lab, Richland, WA, 18 pp

Glarou, M., Zrust, M., & Svendsen, J. C. 2020. Using artificial-reef knowledge to enhance the ecological function of offshore wind turbine foundations: Implications for fish abundance and diversity. Journal of Marine Science and Engineering, 8(5), 332.

Gregow, H., Mäkelä, A., Tuomenvirta, H., Juhola, S., Käyhkö, J., Perrels, A., Kuntsi-Reunanen, E., Mettiäinen, I., Näkkäläjärvi, K., Sorvali, J., Lehtonen, H., Hildén, M., Veijalainen, N., Kuosa, H., Sihvonen, M., Johansson, M., Leijala, U., Ahonen, S., Haapala, J., Korhonen, H., Ollikainen, M., Lilja, S., Ruuhela, R., Särkkä, J. & Siiriä, S-M., 2021. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen ohjauskeinot, kustannukset ja alueelliset ulottuvuudet. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2021.

GTK 2023a. Hakku-palvelu. Meriluontotyypit ja geologia. [http://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/meriluontotyypit.html] (15.3.2024).

Hailuodon kunnanvirasto 2024a. Marjaniemen Majakka. [https://hailuoto.fi/majakka/] (4.3.2024).

Hailuodon kunnanvirasto 2024b. Siikamarkkinat. [https://hailuoto.fi/siikamarkkinat/] (4.3.2024).

Halkka, A. 2020. Changing climate and Baltic region biota. Väitöskirja, Helsingin Yliopisto. Saatavilla verkko-osoitteesta: [https://helda.helsinki.fi/items/88a6bdbb-8139-478a-b8a0-b06a71731f15] (20.10.2023).

Halstead, D. & Tam, N. 2019 A study of background noise levels measured during far-field receptor testing of wind turbine facilities. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.

Hammar, L. & Wikström 2005. Skottarevsprojektets inverkan på de marinbiologiska miljöförhållanderna: Havsbaserad vindskraft; sammanställning och tillämpad bedöming. Marine monitoring vid Kristineberg AB Sweden.

Hammar, L., Wikström, A., Börjesson, P., & Rosenberg, R. 2008. Studier på småfisk vid Lillgrund vindpark. Effektstudier under konstruktionsarbeten och installation av gravitationsfundament. Rapport 5831 från Vindval. Naturvårdsverket.

Han DG & Choi JW 2022. Measurements and Spatial Distribution Simulation of Impact Pile Driving Underwater Noise Generated During the Construction of Offshore Wind Power Plant Off the Southwest Coast of Korea. Frontiers in Marine Science 8: 654991.

Hansson P. 2020. Flaskhalsar för flyttande rovfåglar i Fennoscandia. ARCUM - Arctic Research Centre at Umeå University.

Hansson P. 2019. Koncentrationer av hotade termikflyttande fåglar i Fennoskandia. ARCUM - Arctic Research Centre at Umeå University.

Havs och vattenmyndigheten 2024. Havsplanering [https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/havsplanering.html] (23.5.2024).

Havs- och Vattenmyndigheten 2019. Bottniska viken. [https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/havsplanering/havsplaner/forslag-till-havsplaner/bottniska-viken.html] (1.9.2019).

Havs- och Vattenmyndigheten 2018. Geodata över fångstdata 2009-2018.

Heinänen, S., Žydelis, R., Kleinschmidt, B., Dorsch, M., Burger, C., Morkūnas, J., Quillfeldt, P. & Nehls, G. 2020. Satellite telemetry and digital aerial surveys show strong displacement of red-throated divers (Gavia stellata) from offshore wind farms. Mar. Environ. Res. 2020, 160, 104989.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

HELCOM 2023a. Species information sheet: [https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/HELCOM-Red-List-Halichoerus-grypus.pdf] (23.10.2023).

HELCOM 2023b. Species information sheet: [https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/HELCOM-Red-List-Phoca-hispida-botnica.pdf] (23.10.2023).

HELCOM 2023c. Total nitrogen (TN). HELCOM core indicator report. [https://indicators.helcom.fi/indicator/total-nitrogen-tn/] (3.11.2023).

HELCOM 2023d. Baltic Sea acidification. HELCOM element indicator report. Online. [https://indicators.helcom.fi/indicator/acidification/] (20.10.2023).

Helcom 2019. Fact sheet for HELCOM MPA 395 – Merikalla. [https://mpas.helcom.fi/apex/f?p=103:12:::NO::P12_ID:395] (27.11.2023).

HELCOM 2014. HELCOM recommendation on coastal and marine baltic sea protected areas (HELCOM MPAs) 35/1. – . 5 S.

Hiraishi ym. (toim.) 2014. 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change. [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg/pdf/KP_Supplement_Entire_Report.pdf] (9.11.2023).

Hutchison, Z.L., D.H. Secor, and A.B. Gill. 2020a. The interaction between resource species and electromagnetic fields associated with electricity production by offshore wind farms. Oceanography 33(4):96–107

Hutchison, Z.L., A.B. Gill, P. Sigray, H. He, and J.W. King. 2020b. Anthropogenic electromagnetic fields (EMF) influence the behaviour of bottom-dwelling marine species. Scientific Reports 10(1):1–15

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus, punainen kirja. The 2019 Red List of Finnish Species. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus.

Häkkinen, J., Immonen, M., Junttila V., Leppänen, M. & Pyy, O. 2022. Sedimenttien pilaantuneisuuden ja puhdistamistarpeen arviointi ja sääntely. Kansainvälisiä käytäntöjä. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 26/2022.

Ignatius, H., Kukkonen, E. & Winterhalter, B. 1980. Pohjanlahden kvartäärikerrostumat. Liitteenä: Selkämeren ja Perämeren merigeologiset kartat 1: 1 000 000. Geologinen tutkimuslaitos.

IEA 2023. Hydrogen. [https://www.iea.org/energy-system/low-emission-fuels/hydrogen] (19.12.2023).

Ilmasto-opas 2022. Pohjois-Pohjanmaa – Perämeren vaikutuspiirissä. [https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/pohjois-pohjanmaan-lansiosa-perameren-vaikutuspiirissa] (15.12.2023).

Ilmatieteen laitos 2024a. Pienhiukkaset. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/pienhiukkaset-ilmansaasteena] (19.1.2024).

Ilmatieteen laitos 2024b. Typpidioksidi. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/typpidioksidi] (19.1.2024).

Ilmatieteen laitos 2024c. Rikkidioksidi. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/rikkidioksidi] (19.1.2024).

Ilmatieteen laitos 2024d. Ilmatieteen laitoksen avoin data, ilmanlaatuhavainnot. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus] (17.1.2024).

Ilmatieteen laitos 2024e. Ilmanlaadun säädökset ja ohjeet. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/saadokset-ja-ohjeet] (19.1.2024).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ilmatieteen laitos 2023a. Suomen ilmastovyöhykkeet. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/suomen-ilmastovyohykkeet] (15.12.2023).

Ilmatieteen laitos 2023b. Lämpötila- ja sadekarttoja vuodesta 1961. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/karttoja-vuodesta-1961] (15.12.2023).

Ilmatieteen laitos 2022a. Jäätalvet. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/jaatalvet]

Ilmatieteen laitos 2022b. Liikkuva merijää. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/liikkuva-merijaa]

Ilmatieteenlaitos 2021. Meritilastot. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/meritilastot]

IPCC 2007. Climate Change 2007. AR4 Synthesis Report. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf]

IPCC 2024. IPCC WGI Interactive Atlas: Regional information (Advanced). Dataset: CMIP6. (11.1.2024).

Itämeri.fi 2021. Merinisäkkäät. [https://www.ostersjon.fi/fi-FI/Luonto_ja_sen_muutos/Lajit/Merinisakkaat/Merihylkeet] (19.10.2023).

Itämeri.fi 2023. Vedenalainen melu. [https://www.itameri.fi/fi-FI/Luonto_ja_sen_muutos/Itameren_tila/Vedenalainen_melu/Vedenalainen_melu_Itamerella] (1.3.2024).

Jensen, F., Kuperman, W., Porter, M. and Schmidt, H. 2000. Computational Ocean Acoustics. Modern Acoustics and Signal Processing. New York: Springer-Verlag.

Juvaste, R., Arriero, E., Gagliardo, A., Holland, R., Huttunen, M. J., Mueller, I., Thorup, K., Wikelski, M., Hannila, J., Penttinen, M-L. & Wistbacka, R. 2017. Satellite tracking of red-listed nominate lesser black-backed gulls (Larus f. fuscus): Habitat specialisation in foraging movements raises novel conservation needs. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989416301603]

Kaartinen, S., Luoto, M., & Kojola, I. 2010. Selection of den sites by wolves in boreal forests in Finland. Journal of Zoology. 281(2). 99–104.

Kaartinen, S. 2011. Space use and habitat selection of the wolf (*Canis lupus*) in human altered environment in Finland.

Kala-ja vesitutkimus Oy 2023a. Halla merituulipuiston ja vaihtoehtoisten kaapelireittikäytävien kaupallinen kalastus vuonna 2021. Kala- ja vesijulkaisuja nro 348.

Kala-ja vesitutkimus Oy 2023b. Hallan merituulivoimapuiston kaloihin ja kalastukseen liittyvät lisäselvitykset. Kala- ja vesijulkaisuja nro 390.

Kala-ja vesitutkimus Oy 2023c. Halla merituulipuiston kalasto- ja habitaattiselvitys kesällä 2022. Kala- ja vesijulkaisuja nro 363.

Sivumäärä: 16 s. + 2 liitettä

Kalastusrajoitus.fi 2023. [https://kalastusrajoitus.fi/#/kalastusrajoitus] (24.10. 2023).

Karlsson, M., Kraufvelin, P., & Östman, Ö. 2020. Kunskapssammanställning om effekter på fisk och skaldjur av muddring och dumpning i akvatiska miljöer. En synter av grumlingens dos och varaktighet. Aqua reports 2020:1. Drottningholm Lysekil Öregrund: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser.

Kallio T. 2017. Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavan luo-merkinnät. Selvitys Pohjois-Pohjanmaan 3. vaihemaakuntakaavaa varten.

Kansalliskirjasto 2024. Kansalliskirjaston digitaaliset aineistot. [https://digi.kansalliskirjasto.fi/]

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kaskela A. ja Rinne, H. 2018. Vedenalaisten Natura-luontotyyppien mallinnus Suomen merialueella. GTK:n tutkimustyöraportti 6/2018.

Kemin Satama Oy 2023. Satama. [https://www.portofkemi.fi/satama/]

Keränen, Hakala & Hongisto 2017. Pientalojen äänieristävyys ympäristömelua vastaan taajuuksilla 5–5000 Hz – infraäänitutkimus. Turun ammattikorkeakoulu, sisäympäristön tutkimusryhmä, Turku 2017. Akustiikkapäivät 2017.

Keränen, Hakala, Hongisto, Radun, Rajala, Maula, Saarinen & Virjonen 2019. Anojanssi -projektin tulokset: Ympäristömelun häiritsevyys. Turun ammattikorkeakoulu, sisäympäristön tutkimusryhmä, Turku 2019. Akustiikkapäivät 2019, s. 276–279.

Keskinen, E. 2024. Metsähallitus. Suullinen tiedonanto [Perämeren riutat, keskustelu Keskinen-Saari aiheesta Perämeren riuttojen monimuotoisuus"]. 22.7.2024.

Ketonen, T. 2022. Merituulipuiston vaikutus lintujen lentokäyttäytymiseen Tahkoluodon merituulipuiston alueella. Opinnäytetyö, AMK. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/749463/Ketonen_Tuomas.pdf;jsessionid=FD49B6C380AA0DCA197FDB4933FF7CA4?sequence=2] (25.9.2023).

Kingsley, A. & Whittam, B. 2007. Wind Turbines and Birds. A Backround Review for Environmental Assessment. [https://publications.gc.ca/collections/collection_2013/ec/CW66-363-2007-eng.pdf]

Klimley A. P., Wyman, M. T., Kavet, R. 2017. Chinook salmon and green sturgeon migrate through San Francisco Estuary despite large distortions in the local magnetic field produced by bridges. PLoS ONE 12(6): e0169031.

Klimley, A. P., Putman, N. F., Keller, B. A., & Noakes, D. 2021. A call to assess the impacts of elec-tromagnetic fields from subsea cables on the movement ecology of marine migrants. Conservation Science and Practice, 3: 1–8.

Koekalastusrekisteri 2024. Viitattu 5.1.2024

Koschinski & Lüdemann 2013. Development of Noise Mitigation Measures in Offshore Wind Farm Construction 2013.

Kontula, T. & Raunio, A. (toim.) 2018. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Luontotyyppien punainen kirja. Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 5/2018. Osat 1 ja 2.

Koponen, J. & Virtanen, M. 1995. Vuosaaren sataman ruoppausten ja laivaliikenteen aiheuttamien sedimenttipäästöjen kulkeutumisen ja vaikutusten arvio. – Suomen Ympäristövaikutusten Arviointikeskus Oy. Raportti. 29 s.

Korpinen, S., Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T. & Eke-bom, J. (toim.) 2018. Suomen meriympäristön tila 2018. SYKEn julkaisuja 4. Suomen ympäristökeskus.

Krijgsveld, K. L. 2014. Avoidance behaviour of birds around offshore wind farms. Overview of knowledge including effects of configuration. Rapport Bureau Waardenburg, 13–268.

Kronholm, M., Albertsson, J. & Laine, A. (toim.) 2005. Perämeri Life. Perämeren toimintasuunnitelma. Länsstyrelsen i Norrbottens län, rapportserie 1/2005.

Kujansuu, S. 2014. Raudan esiintymismuodoista pohjoisen Itämeren sedimenteissä. Pro gradu -tutkielma, Maantiede, Luonnonmaantiede. Helsingin yliopisto. Geotieteiden ja maantieteen laitos. Maantieteen osasto.

KVVY ry 2017. Hyötytuuli Oy, Tahkoluodon tuulivoimapuiston vesistötarkkailu vuonna 2017. Raportti 1132/17.

KVVY ry 2016. Hyötytuuli Oy, Tahkoluodon tuulivoimapuiston vesistötarkkailu vuonna 2016. Raportti 352/16.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

KVVY Tutkimus Oy. 2020a. Suomen Hyötytuulen suunnitteilla olevan Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen vedenalaisen luonnon tilan arviointi. Raportti nro. 920/20.

KVVY Tutkimus Oy 2020b. Hyötytuulen suunnitteilla olevan merituulipuiston hankealueella tapahtuva kalastus. Raportti 1101/20.

L 646/2011. Jätelaki.

Lapin liitto 2014. Länsi-Lapin maakuntakaava. [https://www.lapinliitto.fi/aluesuunnittelu/maakuntakaavoitus/voimassa-olevat-maakuntakaavat/lansi-lapin-maakuntakaava/]

Lapin liitto 2011. Länsi-Lapin maakuntakaava. Maisema ja luonnonympäristö. [https://lapitoy.sharepoint.com/:f:/s/Lapinliittojulkiset/Eg1FVovD6QpGrscxTF4IIs0B3ZVa62oprcWcepn2VWVnSg?e=FPQ0AG]

Lappalainen, A., Setälä, J., Helminen, J., Lehtonen, T., Niukko, J., Rantanen, P., Saarni, K. & Söderkultalahti, P. 2023. Suomen troolilaivaston kalastusalueet Itämerellä vuosina 2010–2022. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 102/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 23 s.

Lappalainen, J., Kurvinen, L. & Kuismanen, L. (toim.) 2020. Suomen ekologisesti merkittävät vedenalaiset meriluontoalueet (EMMA) - Finlands ekologiskt betydelsefulla marina undervattensmiljöer (EMMA). Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2020.

Larsen, J.K. & Guillemette, M. 2007. Effects of wind turbines on flight behaviour of wintering common eiders: implications for habitat use and collision risk. Journal of Applied Ecology, 44: 516-522. [https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01303.x]

Lehtonen, A., Mäkipää, R., Heikkinen, J., Sievänen, R. & Liski, J. 2004. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. Forest Ecology and Management 188 (2004) 211–224.

Leinikki J., Backer H., Oulasvirta P., Leinikki S. & Ruuskanen A. 2004. Aaltojen alla. Itämeren vedenalaisen luonnon opas.

Leivuori, M. & Niemistö, L. 1993. Trace Metals in the sediments of the Gulf of Botnia. Aqua Fennica 23, 1:89–100.

Leivuori, M. ja Vallius, H. 2004. Arseeni merisedimenteissä. Arseeni Suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. Geologian tutkimuskeskus, 89–96, 5 kuvaa ja 5 taulukkoa

Leppänen, J.-M., Rantajärvi, E., Bruun, J.-E. ja Salojärvi, J. 2012. Meriympäristön nykytilan arvio. Suomen merenhoitosuunnitelman valmisteluun kuuluva. 28.9.2012. Ympäristöministeriö.

Lindfors, A., Meriläinen, T. & Vatanen, S. 2023. OX2 Halla -alueen sedimentti- ja pohjaeläinnäytteenoton sekä virtaus- ja vedenlaatutarkkailun tulokset 2022.

Lindfors, A., Meriläinen, T. & Vatanen, S. 2024. OX2 Halla -alueen sedimentti- ja pohjaeläinnäytteenoton tulokset 2023.

Lindroos, A. J., Mäkipää, R. & Merilä, P. 2022. Soil carbon stock changes over 21 years in intensively monitored boreal forests stands in Finland. Ecological Indicators 144, November 2022, 109551. [https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109551].

Lohenpyrstö 2024. Lohenpyrstön leirintäalue. [https://lohenpyrsto.fi/contact-us-2/] (4.3.2024).

Loukola-Ruskeeniemi, K. ja Lahermo, P. (toim.) 2004. Arseeni Suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. Geologian tutkimuskeskus. 173 sivua, 61 kuvaa ja 30 taulukkoa.

Love, M. S., Nishimoto, M. M., Snook, L., Schroeder, D. M., and Scarborough Bull, A. 2017. A Comparison of Fishes and Invertebrates Living in the Vicinity of Energized and

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Unenergized Submarine Power Cables and Natural Sea Floor off Southern California, USA. Journal of Renewable Energy, 13

Luleå Hamn AB. 2019. Om hamnen. [http://www.portlulea.com/60/om-lulea-hamn/om-oss.html] (1.9.2024)

Luomus 2023a. Saaristolintulaskenta. [https://www.luomus.fi/fi/saaristolintulaskenta] (25.9.2023).

Luomus 2023b. Vesilintulaskenta. [https://www.luomus.fi/fi/vesilintulaskenta] (25.9.2023).

Luonnonvarakeskus (Luke) 2023a. Seurantajulkistus 14.11.2023 Harmaahyljekanta 2023 [https://www.luke.fi/fi/seurannat/merihyljelaskennat-ja-hyljekannan-rakenteen-seuranta/halleja-nahtiin-itamerella-lahemmas-46-000-muuttuneet-jaaolosuhteet-vaikeuttavat-norppalaskentoja] (16.11.2023).

Luonnonvarakeskus (Luke) 2023b. Luonnonvaratieto. Suurpedot. [https://luonnonvaratieto.luke.fi/kartat?panel=suurpedot]

Luonnonvarakeskus (Luke) 2023c. Tilastotietokanta. Metsävarat. [https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__06%20Metsavarat/?rxid=f8ed5f38-9607-4c55-91c9-791d660b234e] (25.10.2023).

Luonnonvarakeskus (Luke) 2022. Seurantajulkistus 16.12.2022. Harmaahyljekanta 2022. [https://www.luke.fi/fi/seurannat/merihyljelaskennat-ja-hyljekannan-rakenteen-seuranta/harmaahyljekanta-2022] (19.10.2023).

Luonnonvarakeskus (Luke) 2021. Seurantajulkistus 8.11.2021. Merihyljekantojen tulokset 2021. [https://www.luke.fi/fi/seurannat/merihyljelaskennat-ja-hyljekannan-rakenteen-seuranta/merihyljekantojen-2021-tulokset] (19.10.2023).

Luonnonvaratieto, LUKE 2023: [https://luonnonvaratieto.luke.fi/kartat?panel=merihylkeet] (31.10.2023).

LuontoPortti 2024. Palleroahdinparta. [https://luontoportti.com/t/2801/palleroahdinparta]

Luotsihotelli, 2024. [https://www.luotsihotelli.fi/] (4.3.2024).

Lutsar, L. 2011. Lepakkotutkimus Kõpun niemen läntisessä osassa ja sitä ympäröivillä merialueilla heinä- ja elokuussa 2011. Tilaaja: SA Eestimaa Looduse Fond.

Länsstyrelserna 2020. Häckande kustfåglar i Bottniska viken 2010–2020 Populationstrender, utbredningar och miljöindikatorer. Raportti:
[https://catalog.lansstyrelsen.se/store/21/resource/14] (25.9.2023).

Maa- ja Metsätalousministeriö (MML) 2007. Itämeren hyljekantojen hoitosuunnitelma 4/2007.
[https://mmm.fi/documents/1410837/1721042/4_2007_Itameren_hyljekantojen_hoitosuunnitelma.pdf/cdadf619-e901-427d-869b-43f4f9c7d96c] (31.10.2023).

Madsen, P.T., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K. & Tyack, P. 2006. Wind turbine underwater noise and marine mammals, implications of current knowledge and data needs. Marine Ecology Progress Series 309: 279–295.

Maijala, P., Turunen, A., Kurki, I., Vainio, L., Pakarinen, S., Kaukinen, C., Lukander, K., Tiittanen, P., Yli-Tuomi, T., Taimisto, P., Lanki, T., Tiippana, K., Virkkala, J., Stickler, E. & Sainio, M. 2020. Infrasound Does Not Explain Symptoms Related to Wind Turbines. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki.

Majakkapiha, 2024. Majoitu Hailuodon Marjaniemessä historiallisissa ja uniikeissa luotsirakennuksissa. [https://www.majakkapiha.fi/fi/] (4.3.2024).

Marques, A. & Bernardino, J. 2021. Bird Displacement by Wind Turbines: Assessing Current Knowledge and Recommendations for Future Studies. Luettavissa: [https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Marques-et-al-2021.pdf] (25.9.2023).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Mattila, J., Kankaanpää, H. & Ilus, E. 2006. Estimation of recent sediment accumulation rates in the Baltic Sea using artificial radionuclides 137Cs and 239240Pu as time markers. Boreal Environment Research 11: 2, 95–107.

May, R., Nygård, T., Falkdalen, U., Åström, J., Hamre, Ø. & Stokke, BG. 2020. Paint it black: Efficacy of increased wind-turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. *Ecol Evol*. 2020; 10: 8927–8935. [https://doi.org/10.1002/ece3.6592] (2.10.2023).

Melutta -hankkeen loppuraportti. Ympäristöministeriön raportteja 20/2007. Ympäristöministeriö, Helsinki, 2007.

Mendel, B., Schwemmer, P., Peschko, V., Müller, S., Schwemmer, H., Mercker, M. & Garthe, S. 2019. Operational offshore wind farms and associated ship traffic cause profound changes in distribution patterns of Loons (Gavia spp.). J. Environ. Manag. 2019, 231, 429–438. [CrossRef] [PubMed]

Merialuesuunnittelu 2023. Merialuesuunnitelma 2030. [https://meriskenaariot.info/merialuesuunnitelma/suunnitelma-johdanto/] (24.10.2023).

Meri- ja kalatalousverkosto 2024. Kalasatamat kartalla. [https://merijakalatalous.fi/kalatalous-suomessa/kalasatama-karttapalvelu/].

Meriläinen, T. 2019. Kirjallisuusselvitys vedenalaisen melun torjuntakeinoista. Luode Consulting Oy, 2019.

Meriläinen, T. & Lindfors, A. 2018. Vedenalaisen melun hallinta. Pilottiprojekti. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä, 20/2018.

MeriRaahe 2024. Merellisiä elämyksiä Raahen saaristossa. [https://www.meriraahe.fi/meriraahen-palvelut/] (1.3.2024).

Metsä.fi 2023 [https://www.metsa.fi/maat-ja-vedet/suojelualueet/muut-luonnonsuojelualueet/hylkeidensuojelualueet/] (23.10.2023).

Metsähallitus 2024. Etusivu/Vastuullinen liiketoiminta/Ilmastoratkaisuja ja hyvinvointia tuulivoimalla/Merituulivoimassa suuret mahdollisuudet/Merituulivoimahankkeemme. [https://www.metsa.fi/vastuullinen-liiketoiminta/tuulivoima/merituulivoimassa-suuret-mahdollisuudet/tulevat-hankkeet/] (8.5.2024).

Metsähallitus 2023. Maat ja vedet -karttapalvelu. [https://www.metsa.fi/maat-ja-vedet/pinta-alat/karttapalvelut/]

Metsähallitus 2020. Valtion suojelualueiden biotooppikuviot. Tietotuoteseloste versio 2.0. [https://www.metsa.fi/wp-content/uploads/2020/09/Valtion_suojelualueiden_biotooppikuviot.pdf]

Metsähallitus 2018. Kvarken Flada -hanke (Interreg Botnia-Atlantica). [https://www.metsa.fi/tiedotteet/ensimmaista-kertaa-selvitetty-pikkulepakon-muuttomatka-merenkurkun-yli-ruotsiin/] (10.9.2024)

Metsähallitus 2008. Perämeren biologiset inventoinnit 2008. Hailuoto, Haukipudas, Kalajoki, Tauvo. Yhteenveto vuosilta 2006-2008.

Midal Cables 2020. EPD. Teräsvahvistetut alumiinijohtimet (AACSR). Sveid Conductor. Saatavilla: [https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/63766e80-7e1f-485f-a985-efa9816fa31f/Data].

Mitchell, P.J., Spence, M.A., Aldridge, J., Kotilainen, A.T., Diesing, M., 2021. Sedimentation rates in the Baltic Sea: A machine learning approach. Continental Shelf Research, 214

Mooney, TA., Andersson, MH. & Stanley, J. 2020. Acoustic Impacts of Offshore Wind Energy on Fishery Resources: An Evolving Source and Varied Effects Across a Wind Farm's Lifetime. Oceanography 33: 82–95.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Moray offshore renewables Ltd 2019. Telford, Stevenson, MacColl Wind Farms and Associated Transmission Infrastructure: Environmental Statement. Chapter 7: Biological Environment. [https://marine.gov.scot/sites/default/files/chapter_7_-_biological_environment_ogs_ia.pdf] (6.10.2023).

Morenia Oy & FCG Planeko Oy 2009. Perämeren merihiekan nosto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2936-C8787. 16.11.2009.

Museovirasto 2024a. Valtakunnallisesti merkittävät rakennetut kulttuuriympäristöt RKY. [http://www.rky.fi/read/asp/r_default.aspx]

Museovirasto 2024b. Muinaisjäännösrekisteri. [https://www.kyppi.fi/palveluikkuna/mjreki/read/asp/r_default.aspx]

Museovirasto 2024c. Digitaaliset aineistot. [https://www.museovirasto.fi/fi/digitaaliset-aineistot]

Mäkelä, K. & Salo, P. 2023. Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi. Opas tekijälle, tilaajalle ja viranomaiselle. 2. korjattu painos. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2023.

Naisbett-Jones, L. C., & Lohmann, K. J. 2022. Magnetoreception and magnetic navigation in fishes: a half century of discovery. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology 208: 19–40

Nehls, G., Betke, K., Eckelmann, S. & Ros, M. 2007. Assessment and costs of potential engineering solutions for the mitigation of the impacts of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. Collaborative Offshore Windfarm Research, London, U.K. 72

Newman R.C., Ellis T., Davison P.I., Ives M.J., Thomas R.J., Griffiths S.W. & Riley W. D. 2015. Using novel methodologies to examine the impact of artificial light at night on the cortisol stress response in dispersing Atlantic salmon (Salmo salar L.) fry. Conservation Physiology, Volume 3, Issue 1, 2015.

Njordr Offshore Wind Ab 2022. VINDPARKEN BOTHNIA OFFSHORE OMEGA. Samrådshandling och tillhörande internkabelnät i Sveriges ekonomiska zon, Östersjön. Inför ansökan om tillstånd enligt lagen om Sveriges ekonomiska zon och lagen om kontinentalsockeln. 20.12.2022.

NOAA 2018. Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0), NOAA Technical.

NOF 2024. Haparanda Sandskär fågelstation - Norrbottens Ornitologiska Förening (nof.nu). [https://nof.nu/haparanda-sandskar-fagelstation/] (30.5.2024)

Norden, 2013. EU:n rikkidirektiivin täytäntöönpano, seuraukset ja mahdollisuudet Pohjoismaissa. [https://www.norden.org/fi/publication/eun-rikkidirektiivin]

Ojala, S. 2019. Hyötytuuli Oy:n tuulivoimapuiston kalataloudellinen tarkkailu Porin Tahkoluodon edustan merialueella vuosina 2016–2018. KVVY Tutkimus Oy. Tutkimusraportti nro 268/19.

Oksanen, S. M., Niemi M., Ahola M.P. & Kunnasranta M. 2015. Identifying foraging habitats of Baltic ringed seals using movement data. Movement Ecology, 3,33.

Ottvall Consulting Ab 2024. Fåglar och vindkraft: Fågelförekomst i Bores krona.

Oulasvirta, P. & Leinikki, J. 2003. Veneilyn ympäristövaikutuksen luonnonsatamissa. Suomen ympäristö 605. Uudenmaan ympäristökeskus. 91 s.

Oulun kaupunki 2024. Kulttuuriympäristöselvitykset. [https://www.ouka.fi/kulttuuriympäristö?accordion=accordion-29459]

Oulun kaupungin viestintä 2024. Hailuodon kiinteä yhteys -hankkeen vesilupa sai lainvoiman — rakentaminen käynnistyy. [https://www.munoulu.fi/uutiset/hailuodon-kiintea-yhteys-hankkeen-vesilupa-sai-lainvoiman-rakentaminen-kaynnistyy/] (4.3.2024).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oulun kaupunki, Oulun kaupunkisuunnittelu 2021. Vesipeilin vuosisadat. [https://www.ouka.fi/media/4373/download]

Oulun Satama Oy 2023. Tietoa Satamasta. [https://ouluport.com/satamat/]

Oy M. Rauanheimo Ab 2023. Röyttän satama Torniossa. [https://www.rauanheimo.com/royttan-satama-torniossa/]

OX2 2023. Toimitetut lähtötiedot.

Pajala, J., Klauson, A., Laanearu, J., Peltonen, H. & Mustonen, M., 2016. Underwater soundscape. Teoksessa "The Gulf of Finland Assessment". Toim. Raateoja, M. & Setälä, S., Reports of the finnish environment institute 27/2016 s. 292-304.

Pellikka, H., Leijala, U., Johansson, M. M., Leinonen, K. & Kahma, K. K., 2018. Future probabilities of coastal floods in Finland. Continental Shelf Research, 157, pp. 32-42. DOI: 10.1016/j.csr.2018.02.006.

Peschko, V., Mendel, B., Müller, S., Markones, N., Mercker, M. & Garthe, S. 2020. Effects of offshore windfarms on seabird abundance: Strong effects in spring and in the breeding season. Marine Environmental Research, Volume 162. 105157. ISSN 0141–1136.

Petersen, I., Christensen, T. & Kahlert, J. 2006. Final Results of Bird Studies at the Offshore Wind Farms at Nysted and Horns Rev, Denmark.

Pettersson, J. 2005. The Impact of Offshore Wind Farms on BirdLife in Southern Kalmarsund, Sweden.

Plonczkier, P. & Simms, I. 2012. Radar monitoring of migrating pink-footed geese: behavioural responses to offshore wind farm development. Journal of Applied Ecology, 49(5): 1187–1194.

Pohjan Voima Oy 2010. Oulun-Haukiputaan edustan merituulivoimapuisto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 8.2.2010. 82120991.

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2021. Oulujoen-Iijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027. [https://www.doria.fi/handle/10024/183746]

Pohjanmaan liitto 2023. Merialuesuunnittelu. [https://www.obotnia.fi/fi/aluesuunnittelu/merialuesuunnittelu/] (24.10.2023).

Pohjanmaan liitto, Keski-Pohjanmaan liitto, Pohjois-Pohjanmaan liitto & Lapin liitto 2020. Suomen Merialuesuunnitelma 2030. Pohjoinen Selkämeri, Merenkurkku ja Perämeri. [https://meriskenaariot.info/merialuesuunnitelma/suunnitelma-johdanto/]

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2016a. Arvokkaat maisema-alueet Pohjois-Pohjanmaalla. Pohjois-Pohjanmaan valtakunnallisesti ja maakunnallisesti arvokkaiden maisema-alueiden päivitys- ja täydennysinventointi 2013–2015. [https://pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2020/08/4037.pdf]

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2016b. Pohjois-Pohjanmaan rakennettu kulttuuriympäristö 2015 – päivitysinventointi. Inventointikertomus 11.4.2016. päivitetty 18.11.2016. [https://pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2020/08/4083.pdf]

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2016c. Arki arvokkaalla maisema-alueella. Maakuntakaavan tulkintaopas. Julkaisu B:90. [https://pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2020/08/4581.pdf]

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2021. Pohjois-Pohjanmaan ilmastotiekartta 2021–2030 - Kohti hiilineutraalia Pohjois-Pohjanmaata. [https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2021/02/Pohjois-Pohjanmaan-ilmastotiekartta-2021-2030.pdf] (15.12.2023).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2022. Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavojen yhdistelmäkartta, ei oikeusvaikutuksia. [https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2022/05/PP_maakuntakaavayhdistelma_www18052022.pdf].

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2023a. Pohjois-Pohjanmaan energia ja ilmastovaihemaakunta-kaava, viranomaisehdotus. [https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2024/01/Kaavakartta_P-P-energia-ilmasto-vmkk-MKH-19.12.2023-%C2%A7-178.pdf].

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2023b. Maakuntakaavoitus. [https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/kehittaminen/maakuntakaava/] (10.11.2023).

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2023c. Merialuesuunnittelu. [https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/kehittaminen/merialuesuunnittelu/] (15.11.2023).

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2023d. TUULI -hanke. [https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/kehittaminen/omat-hankkeet/tuuli-hanke/]

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2024a. Energia- ja ilmastovaihemaakuntakaava vireillä. [https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/kehittaminen/maakuntakaava/ilmastomaakuntakaava/] (9.10.2024).

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2024b. Arvokkaat maisema-alueet. [https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/kehittaminen/omat-hankkeet/pohjois-pohjanmaan-arvokkaat-maisema-alueet/]

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2024c. Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakunta-kaava, kaavakartta 1A, uudet merkinnät. [https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2024/09/EHDOTUS-1A-9.9.2024-EI-vmkk_MKH-17.9.2024.pdf]

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2024d. Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakunta-kaava, kaavakartta 1B, kumottavat merkinnät. [https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2024/09/EHDOTUS-1B-9.9.2024-EI-vmkk_MKH-17.9.2024.pdf]

Polojärvi, A., Petry, A., Owen, C., Prasanna, M., Muchow, M., Puolakka, O., Lehto, P. 2024. Tutkimusprojekti: Modelling engine to design, assess environmental impacts, and operate wind farms for ice-covered waters [https://research.aalto.fi/fi/projects/modelling-engine-to-design-assess-environmental-impacts-and-opera]

Popper, A., Hawkins, A., Fay, R., Mann, D., Bartol, S., Carlson, T., & Travolga, W. 2014. Sound exposure guidelines for fishes and sea turtles: A technical report prepared by ANSI-accredited standards committee S3 s−1C1 and registered with ANSI. New York: Springer.

Posford Duvivier Environment & Hill, M. I 2001. Guidelines on the impact of marine aggregate extraction on European Marine Sites. Countryside Council for Wales (UK Marine SACs project).

Puolustusvoimat 2024. Merivoimien suoja-alueet. [https://puolustusvoimat.fi/suoja-alueet-merialueilla] (14.5.2024).

Pusa, 2020. Jakeluverkkoyhtiön sähköasemahankinnan kojeistomäärittelyt. DI-työ. Saatavilla: [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/161136/Diplomityo_Pusa_Erkki.pdf?sequence=1].

Putman, N. 2015. Inherited Magnetic Maps in Salmon and the Role of Geomagnetic Change. Integrative and Comparative Biology 55: 396-405.

Pyhäjoen kunta 2024. Maanahkiaisen merituulipuiston kaavamuutos. [https://www.pyhajoki.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaavoitus-ja-maankaytto/vireilla-olevat-kaavat/maanahkiaisen-merituulipuiston]

Pöyry Finland Oy 2009. Suurhiekan merituulipuisto ja sähkönsiirron reittivaihtoehdot. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. WPD Finland Oy.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Raahen kaupunki 2024a. Raahen sataman osayleiskaava, osallistumis- ja arviointisuunnitelma (OAS). 23.4.2024. [https://www.raahe.fi/sites/raahe.fi/files/kaavoitus/yleiskaava/Sataman%20OYK/OAS_Raahen_sataman_OYK_23_4_2024.pdf]

Raahen kaupunki 2024b. Raahen sataman osayleiskaava. Raahen kaupunki. [https://www.raahe.fi/kaavoitus/raahen-sataman-osayleiskaava] (14.6.2024).

Raahen kaupunki 2024c. Maanahkiaisen merituulivoimapuiston osayleiskaava. Raahen kaupunki. [https://raahe.fi/kaavoitus/maanahkiaisen-merituulivoimapuiston-osayleiskaava-0] (25.6.2024).

Raahen kaupunki 2024d. Asemakaavayhdistelmä 30.8.2023. [https://kartat.sweco.fi/raahe/].

Raahen kaupunki 2024e. Raahen strateginen maankäytön suunnitelma, Raahen kaupunki. [https://www.raahe.fi/node/3482] (13.3.2024).

Raahen kaupunki 2024 f. SSAB:n tehdasalueen laajennuksen osayleiskaava. Raahen kaupunki. [https://www.raahe.fi/kaavoitus/ssabn-tehdasalueen-laajennuksen-osayleiskaava] (28.11.2024)

Raahen kaupunki 2024 g. Osallistumis- ja arviointisuunnitelma, SSAB:n tehdasalueen laajennuksen osayleiskaava. Raahen kaupunki. 6.8.2024. https://www.raahe.fi/sites/raahe.fi/files/kaavoitus/yleiskaava/SSAB%20laajennuksen%20OYK/Vireilletulo%20ja%20OAS/OYK-SSABn_tehdasalueen_laajennuksen_oyk_OAS_2024-08-06.pdf

Raahen kaupunki 2023a. SSAB:n tehdasalueen asemakaava. Raahen kaupunki. [https://www.raahe.fi/sites/raahe.fi/files/kaavoitus/asemakaava/Ak%20248/Lainvoimainen/Ak248_SSAB_KV%205.2.2024%20%C2%A74.pdf].

Raahen kaupunki 2023b. Tokolan teollisuusalueen asemakaava ja asemakaavan muutos. [https://www.raahe.fi/sites/raahe.fi/files/liitetiedostot/kaavoitus/2018/Akm_231_Kaavakartta%209.9.2015%20tark%2031.7.2016.pdf].

Raahen kaupunki 2023c. Mikonkarin retkeilyalue. [https://www.raahe.fi/luontopolut/mikonkarin-retkeilyalue] (4.3.2024).

Raahen kaupunki 2022. Raahen strateginen maankäytön suunnitelma, kartta. [https://www.raahe.fi/sites/raahe.fi/files/Maank%C3%A4yt%C3%B6nsuunnitelma%209.9.2022_pienenn%C3%B6s.pdf].

Raahen Satama Oy 2023. Raahen Satama. [https://www.raahensatama.fi/info]

Rajakiiri Oy 2010. Maanahkiaisen merituulivoimapuisto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 82122953, 1.12.2010.]

Ramboll Finland Oy 2023. Onnettomuudet kartalla. [https://mobilityanalytics.ramboll.com/onn/poliisi/]

Reine, K. J., Clarke, D. G. & Dickerson, C. 2012. Characterization of underwater sounds produced by a backhoe dredge excavating rock and gravel. U.S. Army Engineer Research and Development Centre. DOER Technical Notes Collection ERDC TN-DOER-E36.

Reine, K. J., Clarke, D., Dickerson, C. & Wikel, G. 2014. Characterization of underwater sounds produced by trailing suction hopper dredges during sand mining and pump-out operations. US Army Corp of Engineers. Engineer Research and Development Center. ERDC/EL TR-14-3.

Richardson, W.J., Greene, C.R. Jr, Malme, C.I. & Thomson, D.H. 1995. Marine mammals and noise. Academic Press, San Diego. 576 s.

Riley, W.D., Davison, P.I., Maxwell, D.L., Newman, R.C. & Ives, M.J. 2015. A laboratory experiment to determine the dispersal response of Atlantic salmon (Salmo salar) fry to street light intensity. Freshwater Biology 60, 1016-1028.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Robinson, S. P., Lepper, P. A. & Hazelwood, R. A. 2014. Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement. NPL Good Practice Guide No. 133. National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate.

Ruosteenoja K., Vihma T. & Venäläinen A. (2019). Projected changes in European and North Atlantic seasonal wind climate derived from CMIP5 simulations. Journal of Climate, 32(19), 6467-6490. [https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0023.1]

Rydell, J., Engström, H., Hedenström, A., Larsen, J., Petterson, J. & Green, M. 2012. The effect of wind power on birds and bats. A synthesis. Report 6511. August 2012.

Rytkönen, J., Sassi J. & Koskivaara, R. 2000. Laivojen aiheuttama aalto- ja virtaushäiriö rannassa. Aalto- ja virtausmittaukset Airistolla 02.–05.05.2000. Espoo. VTT Valmistustekniikka VALB34-001016. 40 s. + liitteet.

Sadeq, A. M., Homod, R. Z., Hussein, A. K., Togun, H., Mahmoodi, A., Isleem, H. F., Patil, A. R. ja Maghaddam, A. H., 2024. Hydrogen energy systems: Technologies, trends, and future prospects. Science of Total Environment; volume 939. ISSN 0048-9697.

Sagdur, Y., Slowinski, R., van Rossum, R., Kozub, A., Kühnen, L., Overgaag, M., Michelet, A., Kandathiparambil, S. ja Londo, P., 2023. European hydrogen backbone. Implementation roadmap - cross border projects and costs update. Saatavilla: [https://ehb.eu/files/downloads/EHB-2023-20-Nov-FINAL-design.pdf]

Sairanen E. 2014. Baltic Sea underwater soundscape: Weather and ship induces sounds and the effect of shipping on harbour porpoise (Phocoena phocoena) activity, Pro gradu –työ, University of Helsinki.

Sanila N. 2021. Cable route surveys in the Gulf of Bothnia. November 30, 2021, GTK/444/03.02/2021.

Schlömer S., T. Bruckner, L. Fulton, E. Hertwich, A. McKin-non, D. Perczyk, J. Roy, R. Schaeffer, R. Sims, P. Smith, and R. Wiser, 2014: Annex III: Technology-specific cost and per-formance parameters. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Soko-na, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. IPCC. Table A. III. 2. Wind offshore. Saatavilla: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf]

Schneider B., Eilola K., Lukkari K., Muller-Karulis B. & Neumann T., 2015. Environmental Impacts - Marine Biogeochemistry. BACC II Author Team 2015. Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. New York: Springer-Verlag

SGU 2022. Kontinentalsockellagen. https://www.sgu.se/samhallsplanering/marinmiljo/kontinentalsockellagen/?msclkid=d6b6ed70b0df11ec8f31f11b7e46fdf9 (1.3.2022)

Seinä, A. & Peltola, J. 1991. Jäätalven kestoaika ja kiintojään paksuustilastoja merialueilla 1961–1990 / Duration of the ice season and statistics of fast ice thickness along the Finnish coast 1961-1990. Finnish Marine Research, N:o 258.

Servizi, J.A. & Martens, D.W. 1992. Sub lethal responses of coho salmon (Oncorhynchus kisutch) to suspended sediments. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 49, 1389–1395.**Siemens Gamesa, 2023.** Electricity from a European offshore wind farm using SG 14-236 wind turbines. EPD. Saatavilla: [https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/ed639d2a-69c6-402e-da38-08dbb377d685/Data]

Siikajoen kalatalousalue 2022. Siikajoen kalatalousalueen käyttö- ja hoitosuunnitelma.

Siikajoen kunta, 2024. Matkailu. [https://www.siikajoki.fi/matkailu] (4.3.2024).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Sito Oy 2016. Ulkonahkiaisen merituulivoima-alueen selvitys. 15.9.2016.

Sito Oy 2017. Seljänsuunmatalan merituulivoima-alueen selvitys. 9.5.2017. Metsähallitus Kiinteistökehitys.

Skyborn Renewables Offshore Finland Oy 2024a. Pooki. [https://www.skybornrenewables.com/markets/finland/local] (8.5.2024).

Skyborn Renewables 2024b. Sähköpostitiedonanto liittyen voimaloiden sijoittelun paikkatietoon. OX2 - Skyborn Renewables. 19.3.3024.

Skyborn Renewables 2024c. Polargrundin merituulipuisto. Kuulemisasiakirjat - ympäristölain ja Seveso-lain mukaiset täydentävät kuulemiset 21.8.2024. [https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Kuulemisasiakirja%20-%20Polargrund%20merituulivoimapuisto%2021.8.2024.pdf] (16.9.2024).

SMHI. (2021). SHARKweb. [https://sharkweb.smhi.se/hamta-data/] (1.3.2022)

Sosiaali- ja terveysministeriö 1999. Ympäristövaikutusten arviointi. Ihmisiin kohdistuvat terveydelliset ja sosiaaliset vaikutukset. Oppaita 1999:1.

Soukissian, T., O'Hagan, A. M., Azzellino, A., Boero, F., Brito e Melo, A., Comiskey, P., Gao, Z., Howell, D., Le Boulluec, M., Maisondieu, C., Scott, B. E., Tedeschi, E., Maheri, A., Pennock, S. (2023) European offshore renewable energy: Towards a sustainable future. Heymans, J. J., Kellett, P., Alexander, B., Muñiz Piniella, Á., Rodriguez Perez, A., Van Elslander, J. [Eds.] Future Science Brief No. 9 of the European Marine Board, Ostend, Belgium.

Southall, B.L., Finneran, J.J., Reichmuth, C., Nachtigall, P.E., Ketten, D.R., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Nowacek, D.P. & Tyack, P.L. 2019. Marine mammal noise exposure criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects. Aquatic Mammals, 45(2), 125-323.

STM asetus 545/2015, Sosiaali- ja terveysministeriön asetusasunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Helsinki, 2015.

Suomen Hyötytuuli Oy 2020. Tahkoluodon merituulipuiston laajennus, YVA-selostus.

Suomen Hyötytuuli Oy 2023a. Blogi: Lintututkajärjestelmä Tahkoluodon merituulipuistossa. [https://hyotytuuli.fi/lintututkajarjestelma-tahkoluodon-merituulipuistossa/] (25.9.2023).

Suomen Hyötytuuli Oy 2023b. Suomen Hyötytuuli Oy:n hakemus Suomen talousvyöhykkeelle tunnistetuille merituulivoima-alueille. Hyödyntämisoikeushakemus talousvyöhykkeelle Kihu-hankkeelle. 1.11.2023. 62 sivua.

Suomen Hyötytuuli Oy 2023c. Suomen Hyötytuuli Oy:n hakemus Suomen talousvyöhykkeelle tunnistetuille merituulivoima-alueille. Hyödyntämisoikeushakemus talousvyöhykkeelle Kiisla-hankkeelle. 1.11.2023. 62 sivua.

Suomen Lajitietokeskus 2024. Laji.fi. [https://laji.fi/] (*tietokantaotteet 6/2022, 5/2023, 9/2023 ja 11/2024*).

Suomen Metsäkeskus 2023. Avoin metsä- ja luontotieto. Erityisen tärkeät elinympäristöt. [https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=a29ae4c4eb7240f0895d4ff93f04df1c]

Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2021. Tuulivoimaloiden kiinteistövero. [https://tuulivoimayhdistys.fi/media/08-2021update-interactive.pdf] (18.6.2024)

Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024a. Investoinnit. [https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/taloudellisuus/investoinnit] (18.6.2024)

Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024b. Käyttö- ja ylläpitokustannukset. [https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/taloudellisuus/kaytto-ja-yllapitokustannukset] (18.6.2024).

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024c. Tuulivoima ja mikromuovi. (20.3.2024) [https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietopankki/tuulivoima-ja-mikromuovi]

Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023. Tuulivoima Suomessa 2023. [https://tuulivoimayhdistys.fi/ajankohtaista/tilastot-2/tuulivoimatilastot-2023] (3.5.2024)

Suomen ympäristökeskus 2024. Ympäristöhallinnon avoimet ympäristötieto-järjestelmät. [http://www.syke.fi/avointieto].

1.) Vesienhoidon 3. suunnittelukauden tietojärjestelmä, viitattu 24.8.2024
2.) Vedenlaaturekisteri Vesla, viitattu 28.8.2024
3.) Pohjaeläinrekisteri, viitattu 17.8.2024

Suomen ympäristökeskus 2023a. Rannikon laguunit (1150). [https://ckan.ymparisto.fi/dataset/rannikon-laguunit-1150]

Suomen ympäristökeskus 2023b. Latauspalvelu LAPIO. [http://paikkatieto.ymparisto.fi/lapio/latauspalvelu.html]

Suomen ympäristökeskus 2022a, Ympäristöhallinnon avoimet ympäristötieto-järjestelmät. (Ympäristötietojärjestelmät: Vahti, Liiteri). [http://www.syke.fi/avointieto]

Suomen ympäristökeskus 2020. Specific emissions for district heat, district cooling and electricity used in buildings. [https://co2data.fi/rakentaminen/reports/Energy%20service%20R01.00.pdf]

Suomen ympäristökeskus 2019. Suomen ympäristökeskus 2020b. Vedenalaisen melun vaikutusalueiden selvittäminen merialuesuunnittelun tarpeisiin ja haitallisten vaikutusten vähentäminen. Loppuraportti ajalta 1.1.2017–31.12.2019.

Suomen ympäristökeskus 2016. Itämeren vedenalainen äänimaailma (BIAS). [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Itameren_vedenalainen_aanimaailma_BIAS]

Suomen ympäristökeskus ja Metsähallitus 2020. Natura 2000 -luontotyyppien inventointiohje. [https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Luontotyyppiohjeistus-ver9-MH-SYKE-2020.pdf]

Suomen Ympäristökeskus ja Metsähallitus 2022. Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelma VELMU - Menetelmäohjeistus pohjan biotooppikartoitukseen 2022. Helsinki: Suomen ympäristökeskus ja Metsähallitus/Luontopalvelut, 2022.

Suorsa, V. 2019. Linnustovaikutusten seurantaa suomalaisissa tuulivoimapuistoissa. Linnut-vuosikirja 2018: 148–155.

Sweco Sweden 2024. Halla OWF, Assessment of Impact on Maritime Radar and Wireless Networks.

Sweco Finland Oy 2023. Länsi-Kalkan teollisuusalueen asemakaava. [https://kartat.sweco.fi/static/raahe/kaavayhdistelma/keskusta/liitteet/Ak-0148.pdf] (13.11.2023).

Säteilyturvakeskus 2024. Asiantuntija Vartti V.-P. sähköpostikeskustelu 10.10.2024.

Taipale, K. & Saarnisto, M. 1991. Tulivuorista jääkausiin. Suomen maankamaran kehitys. WSOY

Takala J., Kivirinne J., Bäckström S., Leino V., 2022. Meriliikenteen vaihtoehtoiset käyttövoimat. Selvitys vaihtoehtoisten käyttövoimien ja polttoaineiden jakeluinfrastruktuurin kehittämistarpeista satamissa. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2022:12.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164393/LVM_2022_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y]

Taormina, B., Bald, J., Want, A., Thouzeau, G., Lejart, M., Desroy, N. & Carlier, A. 2018. A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. Renewable and Sustainable Energy Reviews 96:380–391

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2024. Ympäristöterveys, melu. [https://thl.fi/aiheet/ymparistoterveys/melu]

The World Bank, 2018. Electric power transmission and distribution losses (% of output) – Finland. [https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=FI] (8.1.2024)**.**

Tikanmäki, M. & Heinonen, J. 2022. Ice conditions and loads on offshore wind farms Laine and Halla. VTT-CR-00507-22. Confidential. VTT.

Tikkanen, H., Ekblad, C. & Tuohimaa, H. 2022. Tuulivoiman vaikutukset maa- ja merikotkaan sekä sääkseen Pohjanmaalla, Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla. Yhteenveto ja suositukset. [https://epliitto.fi/wp-content/uploads/2022/12/Tuulivoiman_vaikutukset_maa_ja_merikotkaan_seka_saakseen_Pohjanmaalla_Etela-_ja_Keski-Pohjanmaalla.pdf] (6.10.2023).

Tilastokeskus 2023. Kuntien avainluvut. [https://www.stat.fi/tup/alue/kuntienavainluvut.html#?year=2023&active1=KU091] (1.3.2024).

Toivanen, T., Metsänen, T. & Lehtiniemi, T. 2014. Lintujen päämuuttoreitit Suomessa. BirdLife Suomi ry, Helsinki. [https://www.birdlife.fi/suojelu/alueet/paamuuttoreitit/] (25.9.2023).

Toivanen ym. 2023. Lintujen päämuuttoreitit Suomessa - päivitys 2023. BirdLife Suomi ry. [https://tiedostot.birdlife.fi/pdf/lintujen-paamuuttoreitit-raportti-2023-birdlife.pdf]

Topham, E. & McMillan, D. 2017. Sustainable decommissioning of an offshore wind farm. Renewable Energy 102 (2017) 470-480. [http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.10.066]

Tougaard, J. Hermannsen, L. & Madsen, P.T. 2020. How loud is the underwater noise from operating offshore wind turbines?

Tougaard, J., Ebbesen, I., Tougaard, S., Jensen, T. & Teilmann, J. 2004. Satellite tracking of harbour seals on Horns Reef. Syddansk Universitet. 43 s.

Traficom 2023. Hae lupaa lentoesteelle. [https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-lupaa-lentoesteelle]

Traficom 2022. Valtakunnalliset liikenne-ennusteet.

Traficom 2021a. Vesiväyliin liittyvät käsitteet. Ohje 16.11.2021.

Traficom 2021b. Vesiväyläluokitus. Ohje 14.06.2021.

Traficom 2020. Milloin minun on haettava lentoestelupaa. [https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/FAQ_lentoesteet_01SEP2020.pdf]

Traficom & Väylävirasto 2023. Merituulivoiman ja merenkulun sekä merenkulun infrastruktuurin yhteensovittaminen. Ohje 7.11.2023.

Tuuliatlas 2023. Suomen Tuuliatlas, Ilmatieteen laitos. [http://tuuliatlas.fmi.fi/fi/] (15.12.2023)**.**

Työ- ja elinkeinoministeriö 2024. TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ / FI / AJANKOHTAISTA / PÄÄTÖKSET. [https://tem.fi/paatokset] (3.5.2024).

Työterveyslaitos 2022. Happi. Www-dokumentti. [https://ova.ttl.fi/happi] (12.4.2024).

Törnqvist, J. & Talja, A. 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT Working Papers 50. Espoo: VTT

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaasan Sähkö 2024. Tuulivoimaloiden lapojen kierrätys kehittyy. [https://www.vaasansahko.fi/vastuullisuus/tuulivoimaloiden-lapojen-kierratys-kehittyy/].

Valtioneuvosto 2024. Merituulivoiman edistäminen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:4.

Valtioneuvoston asetus 1107/2015 tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista.

Vanermen, N., Courtens, W., Daelemans, R., Lens, L., Mueller, W., Van de walle, M., Verstraete, H. & Stienen, E. W. M. 2019. Attracted to the outside: a meso-scale response pattern of lesser black-backed gulls at an offshore wind farm revealed by GPS telemetry. – ICES Journal of Marine Science, 77: 701–710.

Vasama, J. & Leinikki, J. 2023. Laine -merituulivoimapuiston meribiologiset selvitykset 2022–2023. Alleco Oy raportti n:o 31/2023. Alleco Oy 20.11.2023.

Vehanen, T., Hario, M., Kunnasranta, M. & Auvinen, H. 2010. Merituulivoiman vaikutukset rannikon kaloihin, lintuihin ja nisäkkäisiin. Kirjallisuuskatsaus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Selvityksiä 17

VELMU-karttapalvelu 2023. Velmu-karttapalvelun aineistot. [https://velmu.syke.fi/]

Veneranta L., Hudd R. & Jokikokko E. 2013. Merikutuisen siian ja muikun poikastuotantoalueet. RKTL:n työraportteja 8/2013

Vestas 2024. [https://www.vestas.com/en/energy-solutions/offshore-wind-turbines/V236-15MW]

Vindlov 2020. Skuggor, reflexer och ljud. [https://www.energimyndigheten.se/fornybart/vindkraft/vindlov/planering-och-tillstand/gardsverk/inledande-skede/halsa-och-sakerhet/skuggor-reflexer-och-ljus/] (30.11.2022).

Virtanen, E. A., Lappalainen, J., Nurmi, M., Viitasalo, M., Tikanmäki, M., Heinonen, J., Atlaskin, E., Kallasvuo, M., Tikkanen, H. & A. Moilanen. 2022. Balancing profitability of energy production, societal impacts and biodiversity in offshore wind farm design. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 158.

Visit Raahe, 2024. Mikonkarin uimaranta. [https://www.visitraahe.fi/mikonkarin-uimaranta] (4.3.2024).

VTT Lipasto 2021. (Hakkuukoneen, moottorisahan, mönkijän ja moottorikelkan päästökertoimet).

VTT 1996. Potkurivirtausten aiheuttama pohjaeroosio Vuosaaren satamassa. – VTT Valmistustekniikka. Raportti 50 s.

Väylävirasto 2024a. Vesiväylät ja vesiväyläalueet. [https://suomenvaylat.vayla.fi/]

Väylävirasto 2024b. Hailuodon kiinteä yhteys. [https://vayla.fi/hailuoto] (4.3.2024).

Väylävirasto 2023a. Infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Väyläviraston ohjeita 43/2023.

Väylävirasto 2023b. Liikennemäärätiedot. [https://suomenvaylat.vayla.fi/]

Väylävirasto 2023c. Raahen meriväylän syventäminen, Suunnittelukohde 5/2023. [https://vayla.fi/documents/25230764/35412240/VESI+Raahen+meriv%C3%A4yl%C3%A4n+syvent%C3%A4minen.pdf/f142909b-23a2-4c58-8ea3-243b93e08f0d/VESI+Raahen+meriv%C3%A4yl%C3%A4n+syvent%C3%A4minen.pdf?t=1605854580568]

Wahlberg, M. & Westerberg, H. 2005. Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms. Marine Ecology Progress Series 288: 295–309.

Waldo S. & Lovén I. 2019. Världen i svenskt yrkesfiske. AgriFood Economics centre.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

WEA-Shcattenwurf-Hinweise 2002. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windnergianlagen.

Westerberg, H. & Lagenfelt, I. 2008. Sub-sea power cables and the migration behaviour of the European eel. Fish Mgmt Ecol 15:369–375.

wpd Finland Oy 2009. Suurhiekan merituulivoimapuiston linnustoselvitys. Suurhiekan linnusto ja arvio suunnitellun tuulipuiston linnustovaikutuksista. Pohjois-Pohjanmaan lintutieteellinen yhdistys

wpd 2022. Polargrund Offshore; Kuulemisasiakirja; Espoon yleissopimuksen mukainen kuuleminen. [https://www.skybornrenewables.com/markets/sweden/local/polargrund_offshore] (8.5.2024).

WSP Environmental 2010. Oulunsalo-Hailuoto –tuulipuiston ympäristövaikutusten arviointiselostus.

Ymparisto.fi 2018a. Hylkeiden laskentakannan koko ja kehitys pitkällä aikavälillä. [https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Hylkeiden%20laskentakannan%20koko%20ja%20kehitys%20pitk%C3%A4ll%C3%A4%20aikav%C3%A4lill%C3%A4.pdf] (19.10.2023).

Ymparisto.fi 2018b. Hylkeiden levinneisyysalue. [https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Hylkeiden%20levinneisyysalue.pdf] (19.10.2023).

Ympäristöhallinto 2021. Valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet (VAMA 2021). [https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/maisemat/arvokkaat-maisema-alueet]

Ympäristöhallinto 2023. Suomen Natura 2000 -alueet. Suomen ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. [https://www.ymparisto.fi/natura]

Ympäristöministeriö 2024. Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa. Päivitys 2024. Ympäristöministeriön julkaisuja 2024:29. Ympäristöministeriö, 2024.

Ympäristöministeriö 2023a. Euroopan unionin ilmasto-politiikka. [https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka] (13.9.2023).

Ympäristöministeriö 2023b. Suomen kansallinen ilmastopolitiikka. [https://ym.fi/suomen-kansallinen-ilmastopolitiikka] (13.9.2023).

Ympäristöministeriö 2021a. Merenhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 ja taustaselvitykset. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vaikuta_vesiin/Merenhoito]

Ympäristöministeriö 2021b. Merihiekan ja merenalaisten mineraalivarantojen kestävä käyttö. Ympäristöministeriön julkaisuja: 2021:3. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162650]

Ympäristöministeriö 2016a. Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa. Suomen ympäristö 1/2016. s. 60. ISBN 978-952-11-4487-5 (PDF).

Ympäristöministeriö 2016b. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5|2016. Ympäristöministeriö, 2016.

Ympäristöministeriö 2015. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015.

Ympäristöministeriö 2014. Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014.

Ympäristöministeriö 1992a. Maisemanhoito. Maisema-aluetyöryhmän mietintö, osa I. Mietintö 66 /1992. [https://helda.helsinki.fi/handle/10138/29082]

Ympäristöministeriö 1992b. Arvokkaat maisema-alueet. Maisema-aluetyöryhmän mietintö, osa II. Mietintö 66 /1992. [https://helda.helsinki.fi/handle/10138/29087]

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

YM9/5511/2016. Ympäristöministeriön muistio 14.9.2016. Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. Ympäristöministeriön, Helsinki.

Zwaka H., McGinnis O., Pflitsch P., Prabha P., Mansinghka V., Engert F. & Bolton A.D. 2022. Visual object detection biases escape trajectories following acoustic startle in larval zebrafish. Current Biology. Volume 32, Issue 23, 5 s. 5116-5125

Öhman, M.C., Sigray, P. & Westerberg, H. 2007. Offshore windmills and the effects of electromagnetic fields on fish. Ambio 36: 630–633

Öhman, M. 2023. Effekter av havsbaserad vindkraft på fisk. Naturvårdsverket rapport 7115.

Internet-lähteet on tarkastettu 13.-27.6.2024 välisenä aikana, ellei toisin ole mainittu.

Copyright © Halla Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.