

Halla Offshore Wind Oy

Hallan merituulivoimahanke, Perämeri

Merituulivoimapuisto ja vedyn tuotanto Suomen talousvyöhykkeellä, energiansiirto Suomen talousvyöhykkeellä ja aluevesillä sekä sähkönsiirto mantereella

Suomen kansallisen YVA-selostuksen Espoon sopimuksen mukainen rajat ylittävien vaikutusten arvioinnin liite

Tammikuu 2025

Copyright © Halla Offshore Wind Oy

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman OX2 Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

AFRY Finland Oy:n projektinumero on 101017094.

Kannen kuva: © OX2 Finland Oy

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

Yhteystiedot ja nähtävilläolo

Hankkeesta vastaava:

OX2 Finland Oy

Hankekehityksen projektipäällikkö Patrick Lees

patrick.lees@ox2.com

puh. 040 6621184

https://www.ox2.com/fi/ox2-i-finland/

Yhteysviranomainen:

Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus

ELY:n yhteyshenkilö Liisa Kantola

pirkko-liisa.kantola@ely-keskus.fi

puh. +358295038340

www.ely-keskus.fi

Kansainvälisen kuulemisen yhteysviranomainen:

Suomen ympäristökeskus

Ylitarkastaja Ulla Helminen

ulla.helminen@syke.fi

puh. +358 295 525 2357

www.syke.fi

YVA-konsultti:

AFRY Finland Oy

Kansainvälisen kuulemisen YVA-projektipäällikkö Karoliina Jaatinen

karoliina.jaatinen@afry.com

puh. +358 40 660 4407

www.afry.com

Suomen kansallinen arviointiselostus on saatavissa sähköisesti suomeksi osoitteesta, missä on mm. tässä asiakirjassa mainittuja liitteitä (erillisselvitykset):

www.ymparisto.fi/hallamerituulivoimaYVA

Sisältö

YVA-työryhmä 10

1 Johdanto 16

2 Yhteenveto Ruotsin kannalta keskeisistä vaikutuksista 20

3 Hankkeen kuvaus ja arvioitavat vaihtoehdot 26
3.1 Hankkeesta vastaava ja hankkeen tarkoitus 26
3.2 Hankevaihtoehdot 26
3.3 YVA-ohjelman jälkeen hankkeeseen tulleet muutokset 29
3.4 Hankkeen liittyminen muihin hankkeisiin 31
3.4.1 Suomen talousvyöhykkeen muut merituulivoimahankkeet 31
3.4.2 Aluevesien hankkeet 32
3.4.3 Ruotsin puolen hankkeet 36
3.5 Aikataulu 39

4 YVA-menettely 40
4.1 Kansainvälinen YVA-menettely 40
4.1.1 Rajat ylittävien vaikutusten arviointi yleisesti 41
4.2 YVA-menettely Suomessa 41
4.2.1 Ympäristövaikutusten arviointi 42
4.2.2 YVA-menettelyn tarkastelu- ja vaikutusalueiden rajaukset 43
4.3 Hankkeessa tehdyt selvitykset 45
4.4 Haittojen lieventäminen ja vaikutusten seuranta 46

5 Merituulivoimapuiston tekninen kuvaus 47
5.1 Suunnitteluperusteet 47
5.2 Merituulivoimalat 52
5.2.1 Väri, merkintä ja valaistus 54
5.2.2 Merituulivoimalan toimintaan liittyvät kemikaalit 55
5.3 Merituulivoima-alan kehitys 55
5.4 Merituulivoimaloiden sijoittelu 57
5.5 Merituulivoimaloiden perustukset 58
5.5.1 Painovoimaperustus (gravitaatioperustus) 58
5.5.2 Paaluperustus (monopile) 59
5.5.3 Ristikkorakenteinen perustus (jacket) 59
5.5.4 Hybridiperustus / perustusten vaihtoehtoinen tai täydentävä ankkurointi 59
5.6 Sähkönsiirto merituulivoimapuiston alueella ja tuulivoimapuistosta rannikolle 59
5.6.1 Merituulivoimapuiston sisäiset kaapelit 59
5.6.2 Siirtokaapeli ja merisähköasemat 64

5.7 Merituulivoimapuiston ja sähkönsiirron rakentaminen 71
5.7.1 Meren pohjaolosuhteet ja pohjan tutkiminen 72
5.7.2 Meriperustusten ja tuulivoimaloiden asentaminen sekä kaapelointi 72
5.7.3 Hankkeen rakentamisessa tarvittava murske ja maa-aines 73
5.7.4 Sedimenttien läjittäminen 74
5.8 Merituulivoimaloiden ja merikaapeleiden toiminta ja huolto 75
5.9 Merituulivoimaloiden ja merikaapeleiden käytöstä poisto 76
5.10 Turvallisuus 76

6 Vedyn tuotannon tekninen kuvaus 77
6.1 Suunnitteluperusteet 77
6.2 Vetytalouden periaatteet 78
6.3 Vedyn tuotannon yleiskuvaus 79
6.3.1 Vedyn tuotanto hajautetusti tuulivoimalan tornin alaosassa 81
6.3.2 Vedyn tuotanto keskitetysti tuulivoimapuistoalueella sijaitsevalla asemalla 82
6.4 Vedyn valmistus elektrolyysillä 82
6.4.1 Elektrolyyseri 82
6.4.2 Vedyn tuotantoon liittyvät kemikaalit 83
6.4.3 Vedentarve ja -käsittely 84
6.4.4 Jäähdytys 85
6.4.5 Happi 86
6.4.6 Vedyn tuotantolaitoksen rakentaminen 86
6.4.7 Vedyn tuotantolaitosten toiminta, huolto ja kunnossapito 86
6.4.8 Vedyn tuotantolaitosten käytöstä poisto 87
6.5 Vedyn siirto 87
6.5.1 Vetyputkiston rakentaminen 87
6.5.2 Vetyputkiston toiminta, huolto ja kunnossapito 87
6.5.3 Vetyputkiston käytöstä poisto 87
6.6 Vedyn varastointi 88
6.7 Turvallisuus 88
6.7.1 Vety 88
6.7.2 Happi 89
6.7.3 Vedenalaiset kaasuputket 89
6.7.4 Tulipalot 90
6.7.5 Suuronnettomuudet 90

7 Hankkeen edellyttävät luvat, suunnitelmat ja päätökset Suomessa 90
7.1 Ympäristövaikutuksen arviointimenettely 92
7.1.1 Kansainvälinen YVA-menettely 92
7.2 Natura-arviointi 92
7.3 Laki Suomen talousvyöhykkeestä 93

7.3.1 Valtioneuvoston luvat 93
7.4 Vesilain mukaiset luvat 94
7.5 Ympäristölupa 94
7.6 Lentoestelupa 95
7.7 Lupa kemikaalien laajamittaiseen teolliseen käsittelyyn ja varastointiin 95
7.8 Lausuntopyynnöt 96
7.8.1 Puolustusvoimien hyväksyntä 96
7.8.2 Vaikutukset tv- ja radiolähetyksiin 96
7.8.3 Vaikutukset säätutkiin 96

8 Hankealueen ympäristön nykytilan kuvaus 96
8.1 Merialuesuunnitelma 96
8.2 Kaavoitus 99
8.3 Asutus ja virkistyskäyttö 99
8.4 Luonnonympäristö 101
8.4.1 Kuvaus 101
8.4.2 Vesistö 102
8.4.3 Kalasto ja ammattikalastus 124
8.4.4 Merinisäkkäät 134
8.4.5 Lepakot 134
8.4.6 Linnusto 137
8.4.7 Suojelualueet 162
8.4.8 Maa- ja kallioperä 166
8.5 Maisematyypit 178
8.6 Kulttuuriympäristö 179
8.6.1 Kuvaus 179
8.6.2 Suojelualueet 179
8.7 Virkistys ja ulkoilu 181
8.7.1 Kuvaus 181
8.7.2 Suojelualueet 182
8.8 Ilmanlaatu 183
8.9 Ilmasto 183
8.9.1 Kansainväliset, kansalliset ja alueelliset ilmastotavoitteet 183
8.9.2 Yleiset ennusteet ilmastonmuutoksen aiheuttamista vaikutuksista184
8.10 Melu ja tärinä 185
8.11 Meriliikenne 187
8.11.1 Satamat 187
8.11.2 Meriväylät ja merenkulun liikennöintialueet 191
8.11.3 Muut läheiset merituulivoimahankkeet 198
8.11.4 Merijää 200
8.11.5 Merituulivoimapuiston turvaetäisyys meriliikenteeseen 201

8.11.6 Merenkulun tutka- ja paikannusjärjestelmät sekä langattomat viestintäverkot 203
8.11.7 Meriliikenteen nykytila ja muutosvoimat 204
8.12 Ilmailu 210
8.12.1 Suomen puoli 210
8.12.2 Ruotsin puoli 211

9 Rajat ylittävien vaikutusten arviointi 212
9.1 Merialuesuunnitelma 213
9.2 Maisema ja kulttuuriympäristö 214
9.2.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 214
9.2.2 Vaikutusten arviointi 216
9.2.3 Kokonaisarvio 217
9.3 Meriympäristö, eliöstö, merinisäkkäät ja lepakot 218
9.3.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 219
9.3.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 221
9.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset 233
9.3.4 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 241
9.3.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 242
9.3.6 Vaikutukset vesien ja merenhoidon tavoitteisin 242
9.3.7 Yhteisvaikutukset 249
9.3.8 Arvioinnin epävarmuudet 251
9.3.9 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 252
9.4 Kalasto ja kalastus 254
9.4.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 254
9.4.2 Vaikutusten arviointi 255
9.4.3 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 255
9.4.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset 261
9.4.5 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 268
9.4.6 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 268
9.4.7 Yhteisvaikutukset 268
9.4.8 Arvioinnin epävarmuudet 269
9.4.9 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 269
9.5 Maa- ja kallioperä (pohjaolosuhteet) 269
9.5.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 270
9.5.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 270
9.5.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset 274
9.5.4 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 275
9.5.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 275
9.5.6 Yhteisvaikutukset 275
9.5.7 Arvioinnin epävarmuudet 275
9.5.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 276

9.6 Linnusto 276
9.6.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 277
9.6.2 Vaikutusten arviointi 279
9.6.3 Yhteisvaikutukset muiden tiedossa olevien hankkeiden kanssa . 279
9.7 Suojelualueet 281
9.7.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 281
9.7.2 Vaikutusten arviointi 281
9.7.3 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 281
9.7.4 Yhteisvaikutukset 281
9.7.5 Arvioinnin epävarmuudet 281
9.7.6 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 282
9.8 Ilmanlaatu 282
9.8.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 282
9.8.2 Vaikutusten arviointi 283
9.8.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 284
9.8.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 284
9.8.5 Yhteisvaikutukset 284
9.8.6 Arvioinnin epävarmuudet 285
9.9 Ilmasto 285
9.9.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 286
9.9.2 Vaikutusten arviointi 287
9.9.3 Sähkönsiirto mantereella 292
9.9.4 Hiilinielujen ja -varastojen menetys 293
9.9.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 294
9.9.6 Lisävaikutus meriliikenteen päästöihin 294
9.9.7 Yhteisvaikutukset 295
9.10 Meriliikenne, tutkat ja viestintäyhteydet 295
9.10.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 296
9.10.2 Vaikutusten arviointi 298
9.10.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 313
9.10.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 313
9.10.5 Arvioinnin epävarmuudet 316
9.10.6 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 316
9.11 Melu ja tärinä 320
9.11.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 321
9.11.2 Vaikutusten arviointi 329
9.11.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset 334
9.11.4 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 341
9.11.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 341
9.11.6 Yhteisvaikutukset 341
9.11.7 Vedenpäällisen melun yhteisvaikutukset 341

9.11.8 Vedenalaisen melun yhteisvaikutukset 341
9.11.9 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 342
9.11.10 Arvioinnin epävarmuudet 343
9.11.11 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 344
9.12 Välke 346
9.13 Talous ja elinkeinot 347
9.14 Luonnonvarat 348
9.15 Ihmisten elinolot, viihtyvyys ja virkistyskäyttö ja terveys 349
9.16 Turvallisuus sekä tutka- ja viestintäyhteydet 350
9.17 Yhteenveto rajat ylittävistä yhteisvaikutuksista muiden tiedossa olevien hankkeiden kanssa 351
9.17.1 Rakentamisaikaiset yhteisvaikutukset 351
9.17.2 Toiminnanaikaiset yhteisvaikutukset 353
9.18 Vaikutukset toiminnan jälkeen 355
9.19 Hankkeen toteuttamatta jättämisen (VE0) vaikutukset 356

10 Ehdotus seurantaohjelmaksi 357
10.1 Linnusto 357
10.2 Melu 358
10.3 Vesistö, vedenalainen luonto ja kalasto 358

11 Termit lyhenteet 360

12 Lähdeluettelo 361

Liitteet

Liite 1	YVA-ohjelmasta saatujen lausuntojen huomioonottaminen rajat ylittävien vaikutusten arvioinnissa (ruotsiksi ja suomeksi)
Liite 2	Ruotsin puolen maisemavaikutusten arviointi (AFRY Sverige 2024) sekä näkymäalue-analyysit (OX2 2024) (ruotsiksi)
Liite 3	Hallan merituulivoimapuisto, hydrodynamiikka, sedimentin ja suolaveden leviämisen mallinnus (Niras 2023a) (englanniksi)
Liite 4	Vedenalaisen melun vaikutustenarviointi, kalat ja merinisäkkäät (ENG) (Niras 2023b)
Liite 5	Liikenneanalyysi, Hallan merituulivoimapuisto, 160 tuulivoimalan suunnitelma (Sweco 2023a) (englanniksi)
Liite 6	Merenkulun riskinarviointi, Hallan merituulivoimapuisto, 160 tuulivoimalan suunnitelma (Sweco 2023b) (englanniksi)
Liite 7	Merenkulun riskinarviointi, Hallan merituulivoimapuisto, 120 tuulivoimalan suunnitelma (Sweco 2023c) (englanniksi)
Liite 8	Merenkulun riskinarviointi, Hallan merituulivoimapuisto, vertailu 120 ja 160 tuulivoimalan suunnitelman välillä (Sweco 2023d) (englanniksi)

YVA-työryhmä

Ympäristövaikutusten arviointiohjelman laatimisesta on vastannut konsulttityönä AFRY Finland Oy. YVA-työryhmän asiantuntijat on esitetty oheisessa taulukossa 1. Työryhmässä esitetty sekä Suomen kansallisen yva-menettelyn työryhmä että Ruotsin puolen asiantuntijat, jotka ovat vastanneet mm. maisemaan liittyvästä vaikutustenarvioinnista.

Taulukko 1. YVA-konsultin työryhmä ja heidän pätevyytensä.

AFRY Finland Oy:n työryhmä				
KOULUTUS		**NIMI**	**ROOLI**	**KOKEMUS**
MMM	Limnologia	Karoliina Jaatinen	Kansainvälisen kuulemisen (rajat ylittävien vaikutusten arvioinnin) YVA-projektipäällikkö, yhteisvaikutusten arviointi, rajat ylittävien vaikutusten arviointi yhteistyössä YVA-työryhmän kanssa	Johtava asiantuntija, ympäristökonsultointi. Työkokemus 16 v. Useita YVA-projekteja ja vaikutusarviointeja projektipäällikön, projektikoordinaattorin tai asiantuntijan roolissa. Erityisasiantuntemus vesistövaikutuksista. Useiden vuosien kokemus merituulivoimahankkeista (mm. Laineen, Tyrskyn, Korsnäsin, Suurhiekan ja Tahkoluodon hankkeet). Kokemusta myös kansainvälisestä kuulemisesta (mm. Finest Bay Area Development Oy:n Tallinnatunnelihanke ja BalticConnector hanke)
FM	Biologia, kasvitiede	Ella Kilpeläinen	Hallan kansallisen YVA-menettelyn YVA-projektipäällikkö, yhteisvaikutusten arviointi, kasvillisuus ja luontotyypit, suojelualueet, Natura-arvioinnit.	15 vuoden kokemus YVA-menettelyistä. Osallistunut lähes 30 tuulivoimahankkeen selvityksiin ja YVA-menettelyihin erilaisissa rooleissa. Erityisosaaminen Natura- ja luontovaikutusten arvioinnit.
FT	Limnologia	Juha Niemistö	Projektikoordinaattori, vesistövaikutukset	Johtava asiantuntija, ympäristökonsultointi. 15 vuoden kokemus Suomen sisävesien ja Itämeren rannikkoalueiden ravinnekiertotutkimuksesta. Kokemusta infra-, teollisuus- ja energia-alojen lupahakemuksissa ja ympäristövaikutusten arvioinneissa vesiluonnon osalta.
FM	Biologia, kasvitiede	Thomas Bonn	Laadunvarmistus, riskienarviointi	Yli 20 vuoden kokemus energia-alalla projektipäällikkönä ja asiantuntijana mm. YVA-hankkeissa. Työskennellyt tiiviisti tuulivoiman parissa 20 vuotta ja toiminut Suurhiekan merituulipuiston YVA-hankkeen projektipäällikkönä vuosina 2008–2009.

FM	Suunnitte-lumaantiede	Arto Ru-otsalainen	Maankäyttö ja kaavoitus	Yli 20 vuoden ammatillinen kokemus alueidenkäytön vai-kutusarvioinneista ohjelmien, strategioiden, eriasteisten kaavojen sekä hankkeiden vaikutusselvitysten ja YVA-menettelyiden parissa.
FM	Kaupunki-tutkimus ja suunnittelu	Tommi Toikkanen	Maankäyttö ja kaavoitus	Ympäristöasiantuntija. Työko-kemus yli 1 v. Maankäyttöön ja paikkatietoon liittyviä YVA- ja kaavoitustehtäviä mm. tuu-livoima- ja sähkönsiirtohank-keisiin liittyen nuorempana asiantuntijana.
FM	Maantiede	Stella Selin-heimo	Ihmisiin kohdistuvat vaikutukset, terveys	Noin 8 vuoden työkokemus erilaisista sosiaalisten vaiku-tusten arviointihankkeista. Toiminut useissa eri sektorin YVA-menettelyissä asiantunti-jana, ml. tuulivoima.
FM	Maantiede	Matleena Kas-tikainen	Ihmisiin kohdistuvat vaikutukset, asukaskysely	Noin kahden vuoden työkoke-mus YVA-hankkeissa toimimi-sesta painottuen sosiaalisten vaikutusten arviointiin. Toiminut pääosin tuulivoimaan liittyvissä YVA-menettelyissä.
DI	Ympäristö-tekniikka	Henna Tihinen	Luonnonvarojen hyödyn-täminen sekä ihmisten elinolot, viihtyvyys, virkis-tyskäyttö ja terveys	Kestävän kehityksen asian-tuntija, ympäristökonsultointi. Työkokemus 4 v. Useita YVA-projekteja ja vaikutusten arvi-ointeja projektikoordinaattorin ja/tai asiantuntijan roolissa. Kokemusta myös kiertotalou-teen liittyvistä hankkeista.
DI	Ympäristö-tekniikka	Mira Vähkyrä	Luonnonvarojen hyödyntäminen	Ympäristöasiantuntija. Työko-kemus 3 v. Luonnonvarojen suojeluun ja kestävään käyt-töön liittyvät projektit sekä YVA-menettelyt asiantuntijan roolissa.
MMM	Limnologia	Lotta Lehtinen	Vesistö ja vesiekosys-teemi	Yli 10 vuoden kokemus erilai-siin YVA-hankkeisiin liittyvistä vesistöselvityksistä, velvoite-tarkkailuista sekä ympäristö- ja vesilupahakemusproses-seista.
FM	Maantiede	Petra Saari	Vesiekosysteemi, veden-alaiset habitaatit	Ympäristöasiantuntija. Koke-musta vedenalaisten habitaat-tien ja uhanalaisten lajien kar-toituksesta sekä lajilevinnei-syysmallinnuksesta.
HTM	Ihmis- ja eläinmaan-tiede, Ympä-ristö-suun-nittelija	Hanna Hal-onen	Merinisäkkäät, vedenalai-nen kulttuuriperintö, mantereen kulttuuriperin-nön aineiston koostami-nen ja avustaminen vai-kutusten arvioinnissa	8 vuoden kokemus tutkimus-teknikkona (merentutkimus, 5 vuoden kokemus vedenalai-sista inventoinneista, ml. hyl-kypuiston suunnittelu ja to-teutus, vedenalaisen kulttuu-riperinnön tuntemus, SVA asi-antuntija

FM	Akvaattiset tieteet, kalabiologia	Anna Väisänen	Vesiekosysteemi, kalasto	Yli 10 vuoden ammatillinen kokemus kalataloudellisista ja vesibiologisista selvityksistä. Osallistunut useiden eri toimialojen (ml. tuulivoima) YVA-menettelyihin sekä ympäristö- ja vesilupaprosesseihin.
FM	Maaperä-geologia	Pekka Keränen	Maa- ja kallioperä, pohjavedet	Yli 20 vuoden kokemus YVA-menettelyistä: vastannut lukuisten YVA-hankkeiden kallio- ja maaperään sekä pohjaveteen liittyneistä vaikutusarvioinneista.
FM	Biologia, kasvitiede	Ella Kilpeläinen	Kasvillisuus ja luontotyypit, suojelualueet	10 vuoden kokemus YVA-menettelyistä. Osallistunut lähes 30 tuulivoimahankkeen selvityksiin. Erityisosaaminen Natura- ja luontovaikutusten arvioinnit.
FM	Biologia, eläintiede	Terhi Alsila	Kasvillisuus ja luontotyypit, liito-orava, maastoselvitykset	Ympäristöasiantuntija. 2 vuoden kokemus luontoselvitysten maastotöistä ja raportoinneista.
FT	Biologia, eläintiede	Petri Lampila	Linnusto (B-osa) ja muu eläimistö	Ympäristöasiantuntija. Yli 20 vuoden kokemus erilaisista lintuinventoinneista useissa eri maissa sekä kolmen vuoden kokemus YVA-menettelyistä.
DI	Teollisuuden ympäristötekniikka	Maiju Lahtinen	Ilmasto ja ilmanlaatu	Noin 4,5 vuoden kokemus erilaisista ilmasto- ja päästövaikutuksien arvioinneista. Toiminut useissa eri sektorien YVA-menettelyissä asiantuntijana.
MMM	Ympäristö- ja luonnonvaraekonomia	Helena Rantala	Ilmasto ja ilmanlaatu, aluetalous- ja elinkeinovaikutukset	Ympäristö- ja resurssitalouden asiantuntija, kenellä on yli 2 vuoden työkokemus hiilijalanjälkilaskennasta sekä elinkaariarvioinnista liittyen YVA-menettelyihin sekä monipuolisesta ilmastovaikutuksiin ja ilmanlaatuvaikutuksiin liittyvästä vaikutusarvioinnista.
DI	Tuotantotalous	Juho Peltoniemi	Liikenteelliset vaikutukset	DI Peltoniemellä on 2 vuoden kokemus YVA-menettelyistä ja toimii asiantuntijana selvittämässä erilaisten hankkeiden liikenteellisiä vaikutuksia. Kahden vuoden kokemus suunnittelualalta liikenteellisten vaikutusten arvioinnista ja tätä ennen 1,5 vuoden kokemus liikenteen tutkimustyöstä.

Meri-kap-teeni, AMK ja EMBA		Eeva-Mari Lantta	Meriliikenne	20 vuoden kokemus merenkulun, sataman ja öljy- ja kemikaaliterminaalialan osa-alueilta. Toiminut kansipäällystötehtävissä kauppamerenkulun laivoilla useamman vuoden ajan sekä suunnittelualalla kolme vuotta ja keskittyy erityisesti HSE-näkökulmiin ja toimeksiantoihin, hän on HSE team leader.
DI	Energia-tekniikka	Carlo Di Napoli	Melu	Yli 15 vuoden kokemus tuulivoimameluhankkeista (mm. YVA, kaavat) Suomessa ja ulkomailla.
DI	Kone-tekniikka	Tapio Lukkari	Tärinä	7 vuoden työkokemus, sisältäen melun, tärinän ja runkomelun ympäristövaikutusten arviointeja mm. useissa YVA-, kaava- ja lupaprosesseissa.
FT	Sovellettu matema-tiikka	Mika Laitinen	Välke	10 vuoden työkokemus tuulivoimahankkeiden projektikehityksestä ja YVA-menettelyistä (välkemallinnukset, näkymäalueanalyysit ja havainnekuvat).
Insi-nööri, AMK	Sähkövoi-matek-niikka	Mikko Pihla-jasaari	Tekninen asiantuntija, riskienarviointi	Yli viiden vuoden kokemus sähkö- ja automaatiotekniikasta. Osallistunut laajasti pienistä kehitysprojekteista suuren kokoluokan voimalaitos- ja tuulipuistoprojekteihin. Keskittynyt enimmäkseen uusiutuvaan energiaan ja pääsääntöiset työtehtävät sisältäneet mm. tuuli- ja aurinkovoimaprojektien sähkösuunnittelua, Due-diligence selvityksiä, tuuliturbiinitarkastuksia sekä Owners Engineering palveluiden tuottamista.
Insi-nööri, AMK	Elektro-niikka	Eemeli Hur-merinta	Paikkatietoaineisto, kartat	15 vuoden kokemus erilaisista ympäristötutkimuksista, raportoinnista ja paikkatietotehtävistä.

YVA-työhön osallistuneet muut konsultit

KOULUTUS		**NIMI**	**ROOLI**	**KOKEMUS**
Maisema-arkkitehti	Maisema-arkkitehti-toimisto Väyrynen Oy	Marko Väyrynen	Maisema ja kulttuuriympäristö	Yli 10 vuoden ammatillinen kokemus. Arvioinut lukuisissa tuulivoimaprojekteissa maisema- ja kulttuuriselvitykset, ja laatinut analyysikartat sekä havainnekuvat.
FM	Keski-Pohjan-maan	Hans-Peter Schulz	Mantereen muinaismuistoselvitys ja hankkeen	Toiminut yli 15 vuotta tutkijana ja kaivausjohtajana Museovirastossa ja on

	Arkeologia-palvelu Ay		suhde mantereen muinaismuistoihin	suorittanut kaivauksia sekä inventointeja kaikkialla Suomessa. Vuosina 2010–2014 hän toimi arkeologina ja erikoissuunnittelijana Metsähallituksessa.
Merkonomi	FCG Finnish Consulting Group Oy	Harri Taavetti	linnusto, suojelualueet merituulivoimapuiston ja merikaapelireittien osalta	Yli 10 vuoden kokemus tuulivoimahankkeiden linnustoselvityksistä sekä vaikutusten arvioinneista ja Natura-arvioinnista maa- ja merituulihankkeissa. Osallistunut kymmeniin tuulivoimahankkeisiin eri puolilla Suomea. Pitkäaikainen veneilykokemus Suomen merialueilta.
MMM, Kalataloustiede	Kala- ja vesitutkimus Oy	Sauli Vatanen	Kalasto- sekä pohjaeläinselvitykset	Yli 20 vuoden kokemus kalastokartoituksista sekä kalastukseen liittyvistä selvityksistä, mukaan lukien useita merituulivoima- ja sähkönsiirron hankkeita alkaen 2000-luvulta.
FM, Geofysiikka, Meritiede	Luode Consulting Oy	Antti Lindfros	Merialueen luotaukset, virtaus- ja vedenlaatu, vedenalainen melu, sedimenttinäytteenotto	25 vuoden kokemus merialueen monipuolisista selvityksistä, mukaan lukien useita merituulivoima- ja sähkönsiirron hankkeita sekä ydinvoima- ja kaasuputkihankkeita alkaen 2000-luvulta.
FM, Hydrobiologia	Alleco Oy	Jouni Leinikki	Silakan ja vedenalaisten habitaattien kartoitukset	Yli 30 vuoden kokemus merialueen monipuolisista selvityksistä, mukaan lukien useita merituulivoima- ja sähkönsiirron hankkeita alkaen 2000-luvulta.
DI Akustiikka ja melu	NIRAS A/S	Mark Mikaelsen	Vedenalainen melu	Yli 12 vuoden kokemus vedenalaisen melun akustisten signaalien analysoinnista merituulivoimapuistojen YVA-prosesseissa.
DI Hydraulinen mallinnus	NIRAS A/S	Tony Erik Bergøe	Vedenlaatuvaikutukset (sameuden leviämisen mallinnus)	34 vuoden kokemus vesistöjen mallinnuksista sedimenttien ja sameuden leviämisten osalta erityisesti merituulipuistoihin liittyen
DI Teknillinen fysiikka	Sweco Sverige AB	Anna Bjereld	Riskianalyysit ja navigointiriskiraportti	Yli 15 vuoden kokemus riskien hallinnasta erityisesti merenkulun osalta mm. merituulivoimapuisto- ja siltahankkeissa.
DI Energiatekniikka	Gaia	Waltteri Salmi	Aluetalousselvitys	Vahva kokemus mm. useiden vetytalous-, ja power-to-X hankkeiden sekä uusiutuvan energian projektien johtamisesta, liiketoiminta-analyyseistä ja toteutettavuusselvityksistä.

DI Energiatekniikka	Gaia	Jussi Lehtonen	Aluetalousselvitys	Osaamisalueeseen lukeutuu energiamarkkinat, vetytalous, korkean lämpötilan lämpöpumput ja hiilijalanjälkilaskenta.
Maisema-arkkitehti	AFRY Sweden	Cecilia Smedbro	Maisema ja kulttuuriympäristö Ruotsin puolella	Maisema-arkkitehti, joka toiminut projektipäällikkönä ja vastannut useiden maisema-analyysien laatimisesta sekä maa- että merituulivoimahankkeita varten. Kokemusta varhaisen vaiheen hankkeista, joissa tehdään analyysejä ja ympäristövaikutusten arviointeja maisemien osalta.
Maisema-arkkitehti	AFRY Sweden	Klara Källberg	Maisema ja kulttuuriympäristö Ruotsin puolella	Maisema-arkkitehti, joka osallistunut useiden maa- ja merituulivoimaa koskevien analyysien laatimiseen. Kokemusta alkuvaiheen hankkeista, joissa tehdään analyysejä ja ympäristövaikutusten arviointeja maisemien osalta.
Kulttuuriympäristöasiantuntija	AFRY Sweden	Sigrid Tuvall	Maisema ja kulttuuriympäristö Ruotsin puolella	AFRY:n kulttuuriympäristöasiantuntija, jolla yli 20 vuoden kokemus sekä julkiselta että yksityiseltä sektorilta. Työskennellyt Ruotsin ympäristökaaren ja kulttuuriympäristölain mukaisten lupa-asioiden parissa laatien sekä ympäristövaikutusten arviointeja että sitä tukevia selvityksiä.

1 Johdanto

Suomi on osapuolena valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arviointia koskevassa yleissopimuksessa (Espoon sopimus SopS 67/1997 [1]), jonka tavoitteena on edistää valtioiden välistä yhteistyötä ja kansalaisten osallistumismahdollisuuksia silloin, kun tiettyyn valtioon (aiheuttajaosapuoli) suunnitellulla hankkeella arvioidaan olevan todennäköisesti rajat ylittäviä ympäristövaikutuksia toisen valtion alueella (kohdeosapuoli).

Tämä asiakirja on tiivistelmä Halla Offshore Wind Oy:n suunnitteleman merituulivoimahanke Hallan Suomen YVA-selostuksesta kansainvälistä kuulemista varten eli Espoon sopimuksen edellyttämää ilmoittamista ja kohdeosapuolien viranomaisten sekä kansalaisten kuulemista varten. Tiivistelmä on tehty Espoon sopimuksen liitteen II mukaisesti. Tiivistelmässä esitetään tiedot hankkeesta ja sen vaihtoehdoista, sekä mitä ympäristövaikutuksia tämän menettelyn yhteydessä on selvitetty ja miten selvitykset on tehty. Tässä tiivistelmässä on kuvattu hankealueen ympäristön nykytila Suomen osalta Ruotsin talousvyöhykkeen rajaan asti sekä olennaisilta osin myös Ruotsin merialueen ja rannikon nykytilaa. Asiakirjassa on arvioitu keskeisiltä osin rajat ylittävien vaikutusten merkittävyys sekä haitallisten vaikutusten ehkäisy- ja lieventämiskeinoja. Lisäksi asiakirjassa on käsitelty vaikutusarviointeihin mahdollisesti sisältyviä epävarmuuksia.

Yleistajuinen yhteenveto hankkeen merkittävimmistä vaikutuksista on esitetty tämän tiivistelmän luvussa 2.

Halla Offshore Wind Oy suunnittelee Halla merituulivoimahanketta Oulun ja Raahen edustan merialueelle Suomen talousvyöhykkeelle. Hankealue sijaitsee Suomen talousvyöhykkeellä noin 23 kilometriä Hailuodosta länteen. Merituulivoimapuistoa lähinnä olevat paikkakunnat mantereella ovat Siikajoki (noin 30 kilometriä), Raahe (noin 35 kilometriä) ja Oulu (noin 65 kilometriä). Merituulivoimapuiston alue on laajuudeltaan enintään noin 575 km^2 ja sen syvyys vaihtelee noin 12–60 metrin välillä. Hankkeen YVA-menettely käsittää merituulivoimapuiston, sen sisäisen sähkönsiirron tai vetyputkiston, rakentamisen aikaiset meriläjitysalueet, merisähköasemat tai merelle sijoittuvat vedyntuotantolaitokset sekä merikaapelit tai vetyputken mantereelle sekä sähkönsiirron mantereella (Kuva 1-1 ja Kuva 1-2). Hankkeessa tarkastellaan mahdollisuutta tuottaa vetyä merelle sijoitetuissa vedyntuotantoasemissa, joista vety siirretään vetyputkilla mantereella sijaitsevaan varastoon.

Tässä asiakirjassa on keskitytty mahdollisiin rajat ylittäviin Ruotsiin kohdistuviin vaikutuksiin ja siten niihin toimintoihin, jotka sijaitsevat ulkomerellä Suomen talousvyöhykkeellä tai joiden vaikutusten laajuuden on arvioitu ulottuvan Ruotsin puolelle. Edellä mainitun periaatteen mukaisesti hankealueelta Suomen rannikolle sijoittuvien energiansiirtoreittien tai Suomen mantereella sijaitsevien sähkönsiirtoreittien vaikutusten arviointia ei ole käsitelty kuin hyvin yleisellä tasolla, sillä näiden toimintojen ei arvioida aiheuttavan rajat ylittävä vaikutuksia Ruotsin puolelle.

Ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVA-menettely) on Suomessa säädetty YVA-lailla (252/2017) ja -asetuksella (277/2017). YVA-menettelyä sovelletaan hankkeisiin ja niiden muutoksiin, joilla on todennäköisesti merkittäviä ympäristövaikutuksia. Lisäksi mahdollisten rajat ylittävien ympäristövaikutusten vuoksi noudatetaan edellä mainittua Espoon sopimusta (67/1997).

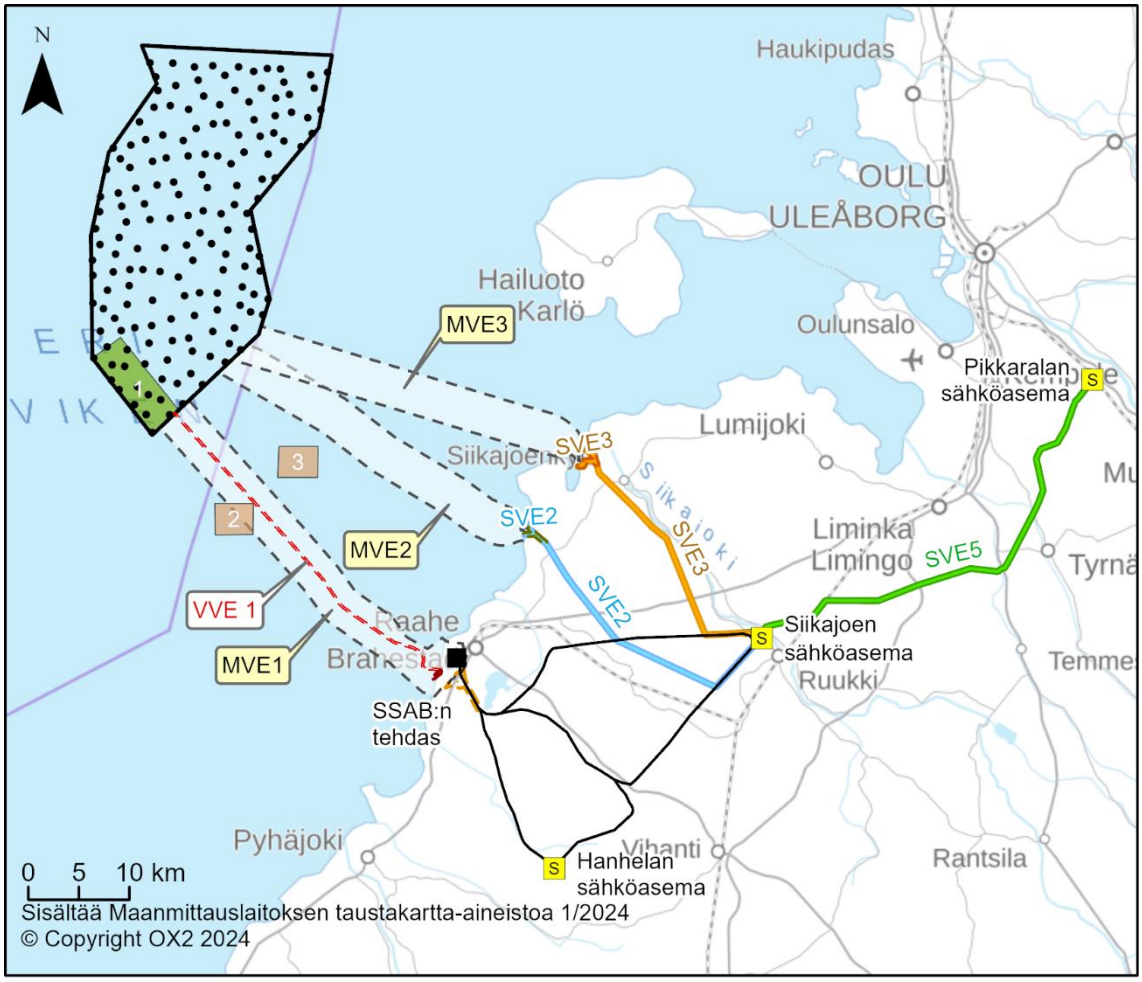
YVA-menettelyä sovelletaan hanketyypistä ja kokoluokasta riippuen joko suoraan YVA-asetuksen hankeluettelon perusteella tai yksittäistapauksessa tehtävän päätöksen pohjalta.

[1] Asetus valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arviointia koskevan yleissopimuksen voimaansaattamisesta; 67/1997. https://finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1997/19970067#idm46111191873360

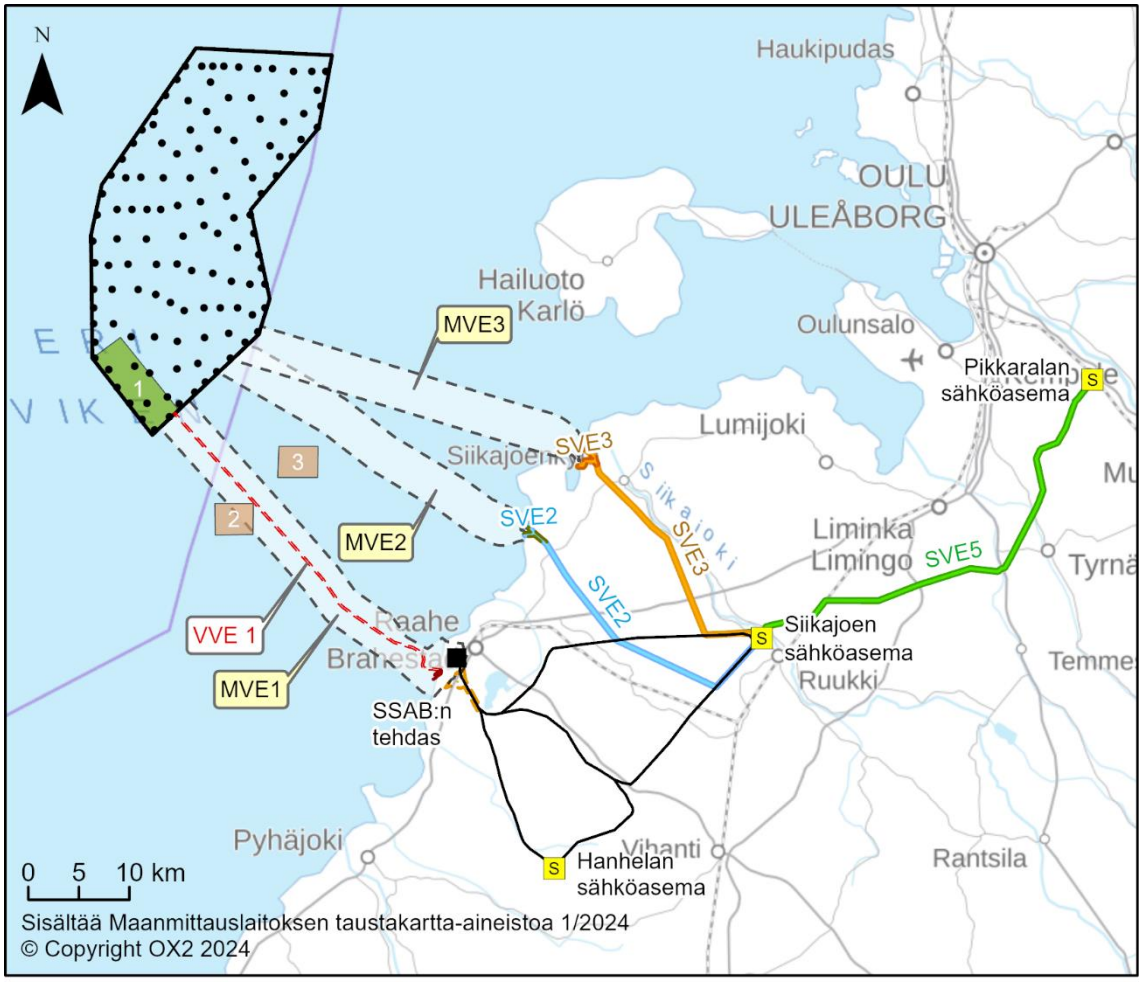
Tuulivoimahankkeet vaativat YVA-lain mukaisen menettelyn soveltamista aina, kun yksittäisten laitosten lukumäärä on vähintään 10 tai kokonaisteho vähintään 45 megawattia. Hallan merituulivoimapuiston kokonaisteho on noin 2,4–3 GW.

Ympäristövaikutusten arvioinnissa tarkastellaan toteutusvaihtoehtoja, jotka eroavat toisistaan tuulivoimaloiden määrän, merikaapelireittien ja mantereen sähkönsiirtoreittien suhteen. Vedyn tuotannon ja siirron sekä sedimenttien läjityksen vaikutukset kuuluvat myös YVA-menettelyn tarkasteluun. Vetyputkella on vain yksi reittivaihtoehto tuulivoimapuistosta mantereelle. Meriläjityksellä on esitetty kolme vaihtoehtoista sijaintia, joista yksi on tuulivoimapuiston alueella ja kaksi merikaapelireittien läheisyydessä.

Hankkeen YVA-menettelyssä tarkastellaan kahta tuulivoimahankkeen toteutusvaihtoehtoa (VE1 ja VE2), useampaa merikaapelireittiä (MVE1, MVE2 ja MVE3), yhtä vetyputkireittiä tuulivoimapuistosta mantereelle (VVE1) sekä useampaa voimajohtoreittiä mantereella (SVE2, SVE3, SVE5 sekä SSAB, jonka YVA-menettely on tehty ja yhteysviranomainen on antanut siitä perustellun päätelmän). Lisäksi tarkastellaan ns. nollavaihtoehtoa (VE0), jossa tuulivoimahanketta ei toteuteta. Hankkeen toteutusvaihtoehto VE1 sisältää enintään 160 voimalaa (maksimikorkeus enintään 370 m, yksikköteho enintään 15 MW, merituulivoimapuiston koko on noin 575 km^2) ja VE2 enintään 120 voimalaa (maksimikorkeus enintään 370 m, yksikköteho enintään 25 MW, merituulivoimapuiston koko on noin 550 km^2) ja 3–8 merisähköasemaa. Arvioitu sähkön vuosituotanto on noin 12 TWh.



Kuva 1-1. Toteutusvaihtoehdon VE1 mukainen hankealueen sijainti. Merituulivoimapuiston aluerajaus (160 voimalaa, pinta-ala enintään 575 km^2), vaihtoehtoiset merikaapelireitit, vetyputkireitti, läjitysalueet sekä sähkönsiirtoreitit mantereella. SSAB:n voimajohtoreittiä ei arvioida tässä YVA-menettelyssä, sillä ne on arvioitu aiemmin läpikäydyssä YVA-menettelyssä. Kartalla esitetyt merikaapelireitit ovat 4 kilometriä levyisiä alueita, joiden sisälle lopulliset suunnittelun myötä tarkentuneet merikaapelilinjaukset tai vetyputki sijoittuvat. Rantautumiskohdissa käytävät ovat kapeampia. Rantautumisalueelle sijoittuu lisäksi sähköasema-alueet ja SSAB:n tehdasalueen läheisyyteen vedyn varastointialue.



Kuva 1-2. Toteutusvaihtoehdon VE2 mukainen hankealueen sijainti. Tuulivoimapuiston aluerajaus (120 tuulivoimalaa, pinta-ala enintään 550 km^2), vaihtoehtoiset merikaapelireitit, vetyputkireitti, läjitysalueet sekä sähkönsiirtoreitit mantereella. SSAB:n voimajohtoreittiä ei arvioida tässä YVA-menettelyssä, sillä ne on arvioitu aiemmin läpikäydyssä YVA-menettelyssä. Kartalla esitetyt merikaapelireitit ovat 4 kilometriä levyisiä alueita, joiden sisälle lopulliset suunnittelun myötä tarkentuneet merikaapelilinjaukset tai vetyputki sijoittuvat. Rantautumiskohdissa käytävät ovat kapeampia. Rantautumisalueelle sijoittuu lisäksi sähköasema-alueet ja SSAB:n tehdasalueen läheisyyteen vedyn varastointialue.

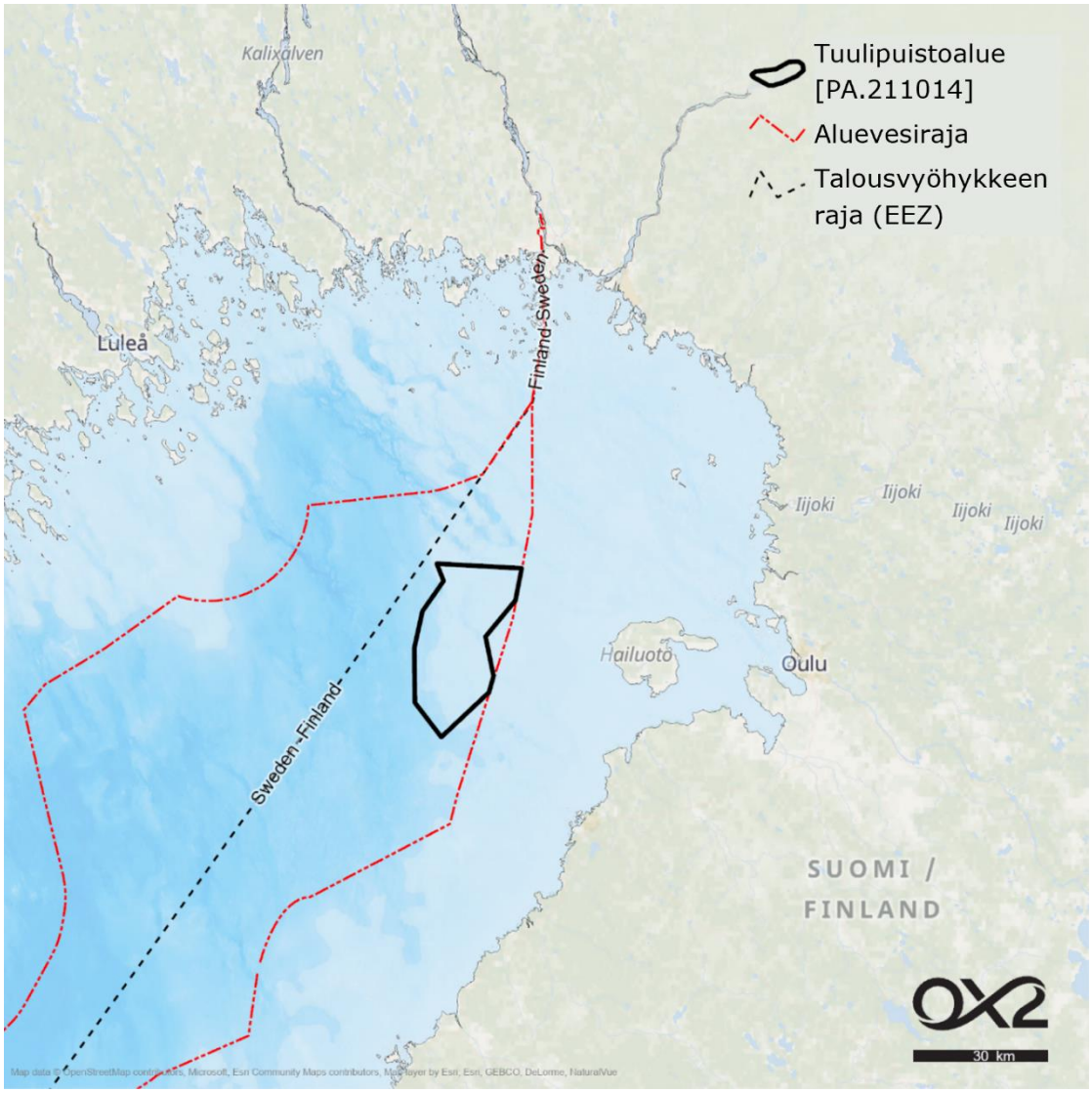
2 Yhteenveto Ruotsin kannalta keskeisistä vaikutuksista

Seuraavassa on esitetty lyhyt Espoon sopimuksen liitteen II kohdan i) mukainen yhteenveto hankkeen keskeisistä vaikutuksista sekä niiden arvioinnissa käytetyistä menetelmistä. Tarkemmat vaikutusarvioinnit on esitetty luvussa 9. Haittojen ehkäisyä ja lieventämistä on käsitelty vaikutusarviointien yhteydessä.

YVA-menettelyssä on arvioitu Suomen alueelle kohdistuvien vaikutusten lisäksi hankkeesta mahdollisesti aiheutuvat rajat ylittävät vaikutukset Ruotsin puolelle mukaan lukien Ruotsin talousvyöhyke, aluevedet sekä mahdolliset mantereelle yltävät rajat ylittävät haitalliset vaikutukset. Ruotsille ilmoitetaan Espoon sopimuksen mukaisessa menettelyssä hankkeesta sekä tarjotaan mahdollisuus osallistua kuulemiseen.

Rajat ylittävien vaikutusten arvioinnista laadittu yhteenveto on esitetty tässä asiakirjassa yhteysviranomaisen ohjeen mukaisesti. Vaikutusarvioinneissa on hyödynnetty EU:n opasta: ”*Guidance on the Application of the Environmental Impact Assessment Procedure for Large-scale Transboundary Projects*” (Euroopan Unioni 2024). Hankkeen rajat ylittävät sekä suorat että välilliset kokonaisvaikutukset on arvioitu ohjetta hyödyntäen. Kokonaisvaikutusten arvioinneissa on hyödynnetty eri arvioitavien osa-alueiden tuloksena saatuja määrällisiä ja laadullisia arviointeja, joiden pohjalta on luotu kokonaiskäsitys hankkeen rajat ylittävistä vaikutuksista.

Hallan hankkeeseen liittyvä rakentaminen, purkaminen ja tuotantoon liittyvät toiminnot tapahtuvat merialueen osalta sekä Suomen talousvyöhykkeellä että Suomen aluevesillä. Ruotsin rajojen sijoittuminen suhteessa Hallan hankkeeseen on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 2-1). Ruotsin talousvyöhykkeen raja sijaitsee lähimmillään merituulivoimapuiston reunasta noin 3 kilometriä luoteeseen. Lähimmät saaret Ruotsin puolella ovat Malören ja Sandskär, jotka sijaitsevat noin 40 kilometriä Hallan merituulivoimapuiston pohjoisreunasta pohjoiseen. Sandskärillä sijaitsee myös hanketta lähin asutus. Ruotsin rannikolle on matkaa Hallan hankealueen reunasta lähimmillään noin 65 kilometriä.



Kuva 2-1. Hallan merituulivoimapuiston sijainti (VE1) merialueella suhteessa Ruotsin talousvyöhykkeeseen ja aluevesiin.

Hankkeen vaikutukset on arvioitu seuraavassa suurimman vaikutuksen aiheuttaman vaihtoehdon mukaisesti. Voimaloiden sijoitteluvaihtoehdot VE1 (160 voimalaa) ja VE2 (120 voimalaa) eivät aiheuta toisistaan merkittävästi eroavia vaikutuksia. Vaihtoehtojen vertailu on esitetty varsinaisessa vaikutusten arvioinnin luvussa 9.

Vaikutusten arvioinnin tueksi on tehty kattavasti maastoselvityksiä hankealueella sekä niiden perusteella mallinnuksia vaikutusarvioinnin tueksi. Menetelminä on käytetty Suomen viranomaisen ohjeistuksia ja suosituksia sekä yleisesti Suomessa hyväksyttyjä ja käytettyjä vaikutusten arvioinnin menetelmiä. Tarkemmat menetelmät aineistoineen ja epävarmuuksineen on listattu kunkin vaikutusarvioinnin yhteydessä luvussa 9.

Hankkeen Suomen talousvyöhykkeellä rakentamisaikana tehtävien toimien sekä toiminnan ajan rajat ylittävät kokonaisvaikutukset ovat arvioiden mukaan kaiken kaikkiaan suhteellisen vähäisiä ja vaikutusten arvioidaan rajoittuvan pääosin rakentamisaikaan vesistörakentamiskohteiden (merituulivoimapuiston ympäristö) lähialueelle Suomen talousvyöhykkeen rajojen sisäpuolelle tai vähäisissä määrin Ruotsin talousvyöhykkeen puolelle.

Keskeisimmiksi rajat ylittäviksi kielteisiksi vaikutuksiksi arvioitiin rakentamisen aikainen veden samentuminen, vedenalainen melu ja kasvanut alusten törmäysriski rakentamisaikaisen lisääntyneen meriliikenteen myötä. Toiminnan aikaisiksi 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 uusiutumatonta energiaa. 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.

Merituulivoimapuiston rakentamisella on monipuolisia myönteisiä vaikutuksia **alueen talouteen ja elinkeinotoimintaan kansainvälisellä tasolla**. Investointikustannuksista suurin osa, noin 85 %, kohdistuu ulkomaille.

Kaikki hankkeen toiminnot (poissulkien Suomen mantereen 400 kV voimajohdot) sijaitsevat Suomen talousvyöhykkeellä tai aluevesillä (Kuva 2-1). 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 jouduttaisi 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.

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.

Hankkeen vesistörakentaminen liittyy merituulivoimaloiden perustuksiin (mm. ruoppaukset, täytöt, paalutukset, räjäytykset), sisäiseen sähkönsiirtoon, merisähköasemiin sekä merikaapelireitteihin ja vetyputkistoon. Lisäksi on tarve läjittää ruoppausmassoja ensisijaisesti merialueelle.

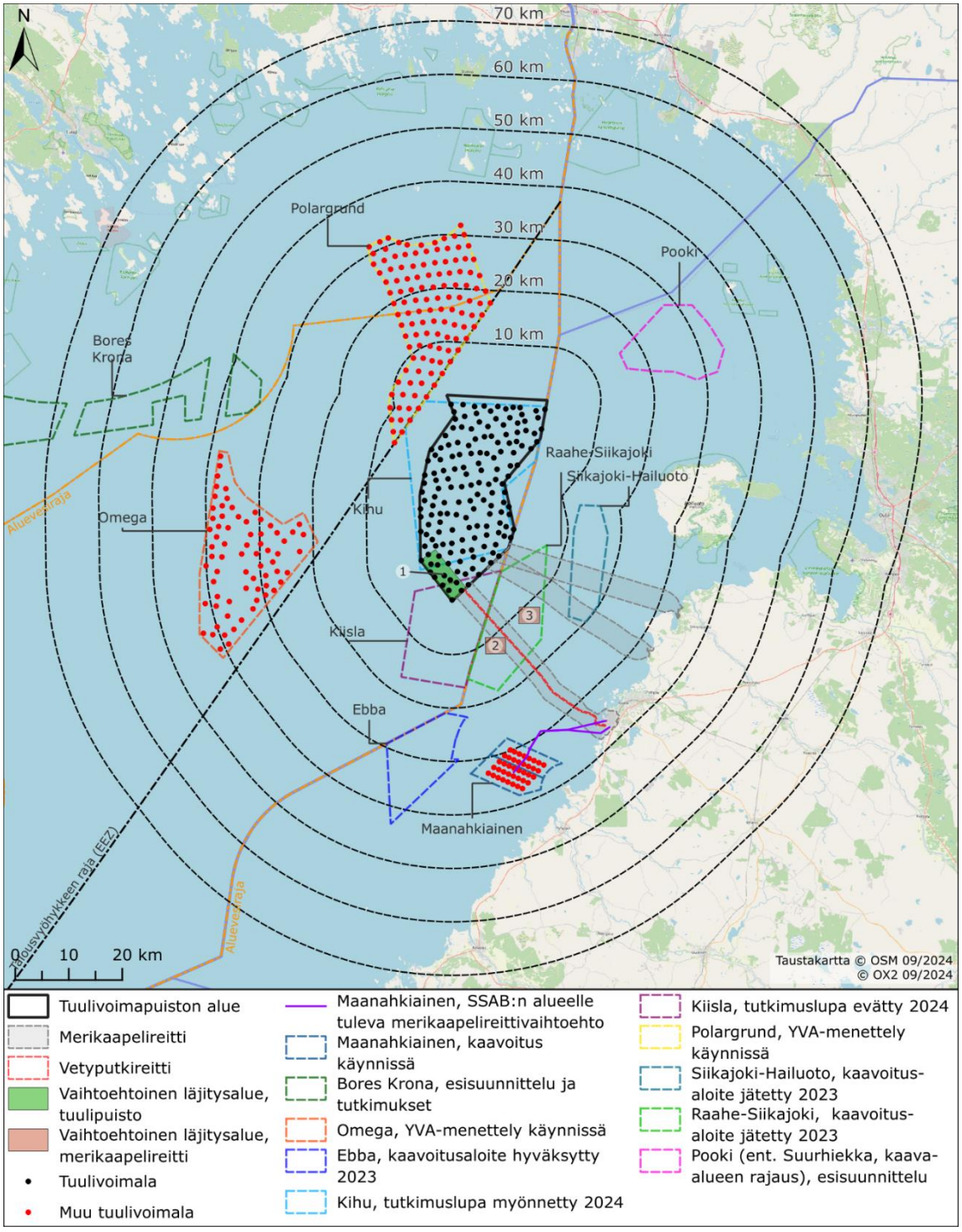
Rajat ylittäviä **meriympäristöön** kohdistuvia vähäisiä vaikutuksia arvioidaan aiheutuvan rakentamisaikana epäsuorasti mm. ruoppauksen aiheuttaman kiintoaineen leviämisen kautta. Tiedot ja arvioinnit rakentamisen aikaisten vesistövaikutusten osalta perustuvat tehtyjen pohjanlaatuselvitysten (ruoppaustarpeen määritys sekä kartoitetut tiedot sedimentin partikkelijakaumasta ja laadusta) sekä merialueen mallinnuksiin (sameuden ja kiintoaineen sekä lämpökuorman ja suolapitoisuuden leviämisen mallinnus sekä vedenalaisen melun mallinnus).

Hallan hankkeella on rajat ylittäviä vaikutuksia Ruotsin puolen **maisemaan**. Suunnitellun puiston on tarkoitus ulottua noin 40 kilometrin päähän Norrbottenin rannikon ulkosaaristosta ja noin 60 kilometrin päähän suurimmasta osasta sisäsaaristoa ja rannikkokaistaleesta. Tuulivoimapuisto näkyy horisontissa ulkosaariston lähempänä sijaitsevissa osissa tietyissä sääolosuhteissa. Voidaan todeta, että maiseman ja tuulivoimapuiston välinen suuri etäisyys määrää muutoksen asteen. Yhteenvetona voidaan todeta, että suurempi etäisyys vaikuttaa lieventävästi muutokseen, joka saattaa tapahtua maisemakuvassa suunnitellun tuulivoimapuiston myötä. Voimalat näkyvät hyvissä näkyvyysolosuhteissa pääasiassa Norrbottenin rannikon ulkosaaristoalueilla. Lähempänä rannikkoa ja sisäsaaristoa visuaalinen vaikutus vähenee.

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 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 kielteisiksi. Muuhun linnustoon vaikutukset arvioidaan merkittävyydeltään vähäisiksi kielteisiksi.

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 (kuten kuplaverhojen tai karkottimien käyttö). Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioidaan vähäiseksi negatiiviseksi, koska kyseessä on pieni osuus hylkeiden koko elinalueesta ja vaikutus siihen on tilapäinen. Vaikka vaikutusmatkat ovat suhteellisen pitkiä (noin 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.

Hallan hankkeen lähialueen muut merituulivoimahankkeet on esitetty kuvassa (Kuva 3-2). Kartalla on esitetty **yhteisvaikutusten arvioinnin** kannalta olennaiset hankkeet niin Suomen kuin Ruotsin puolella. Hankkeiden osalta tiedot on haettu keväällä 2024.



Kuva 2-2. Hallan hankealueen lähiseudun Suomen ja Ruotsin puolen merituulivoimahankkeet. Kihu-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 Lähde: Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023, Työ- ja elinkeinoministeriö 2024. Voimaloiden sijoittelutietoja saatu muilta hanketoimijoilta.

Rakentamisaikaisia meriympäristöön kohdistuvia rajat ylittäviä yhteisvaikutuksia voi alustavien aikataulujen perusteella olla Skyborn Renewables Oy:n Polargrund Offshore -hankkeen (*wpd 2022*[2]) kanssa, jonka rakentamistoimia on Hallan kanssa mahdollisesti samaan aikaan. Sameuden leviämisen ja sedimentaation mallinnuksessa havaittiin kuitenkin, että kiintoaines ei leviä kovin kauas Hallan merituulivoimapuiston alueen ulkopuolelle, joten siten myös yhteisvaikutukset vedenlaatuun jäävät todennäköisesti hyvin vähäisiksi. Muiden merituulivoimapuistojen 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.

Tuulivoimaloiden aiheuttama tuulimuutos vaikuttaa laajemmin merialueen virtauksiin, aallokkoon ja sekoittumiseen, millä on vaikutusta myös veden lämpötilaan, ja vaikutukset voivat näkyä myös Ruotsin puolella. Mallinnuksen mukaan toisaalla merialueella pintakerroksen lämpötilat hieman nousevat ja toisaalla laskevat. Tuulimuutoksen aiheuttamat lämpötilavaikutukset ovat pääosin lieviä jääden kuukausitasolla alle yhden asteen

Tuulivoimala-alueilla voi toimintavaiheessa todennäköisesti olla näin ollen kohtalaista kielteisiä 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 vähäisiä 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.

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 kartoituksia merellä.

Rakentamisen aikaiset yhteisvaikutukset Hallan ja Polargrund hankkeista **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.

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, joka sijaitsee vajaa 3 kilometriä hankealueesta), jolloin yhtenäinen vaikutusalue on laajempi. Toiminnan

[2] Nykyisin Skyborn Renewables Oy

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.

3 Hankkeen kuvaus ja arvioitavat vaihtoehdot

3.1 Hankkeesta vastaava ja hankkeen tarkoitus

Hankkeen kehittäjä ja omistaja on Halla Offshore Wind Oy (myöhemmin hankekehittäjä) ja sen omistavat OX2 AB ja Ingka Investments. Halla Offshore Wind Oy on Hallan merituulivoimahanketta varten perustettu hankeyhtiö.

OX2 kehittää, rakentaa ja hallinnoi uusiutuvan energian tuotantoa. OX2 on uusiutuvan energian edelläkävijä ja yksi johtavista tuulivoiman toteuttajista Euroopassa. OX2:lla on toimintaa kymmenessä Euroopan maassa sekä Australiassa. Suomessa OX2 on toiminut vuodesta 2012 alkaen. OX2 työllistää Suomessa noin 100 henkilöä ja sen toimistot sijaitsevat Helsingissä, Hämeenlinnassa, Oulussa, Tampereella ja Vaasassa. OX2:n hankekehitysportfolio sisältää Suomessa yli 6000 MW maatuulivoimaa, noin 6 000 MW merituulivoimaa sekä noin 1000 MW aurinkovoimaa. Yhtiö kehittää myös sähkön varastointiratkaisuja ja tutkii Power-to-X-teknologiaa.

Ingka Investments on yksi Ingka-konsernin kolmesta keskeisestä liiketoiminta-alueesta. Ingka Investments on IKEA Retailin suurin omistaja. Ingka Investments sijoittaa hankkeisiin, hallinnoi yrityksiä ja harjoittaa strategista liiketoimintaa luodakseen ja säilyttääkseen arvoa Ingka-konsernille ja IKEA:lle. Ingka Investments on investoinut tähän mennessä noin neljä miljardia euroa uusiutuvaan energian tuotantoon, kuten tuulivoimaan ja aurinkoenergiaan.

3.2 Hankevaihtoehdot

Suomen kansallisessa ympäristövaikutusten arvioinnissa tarkastellaan hankkeen toteutusvaihtoehtoja, jotka eroavat toisistaan tuulivoimaloiden määrän ja tehon, energiansiirtoreittien ja mantereen sähkönsiirtoreittien suhteen. Vedyn tuotannon, siirron ja varastoinnin sekä sedimenttien läjityksen vaikutukset kuuluvat myös YVA-menettelyn tarkasteluun. Vetyputkella on vain yksi reittivaihtoehto tuulivoimapuistosta mantereelle ja meriläjityksellä on kolme vaihtoehtoista sijaintia (yksi tuulivoimapuiston alueella ja kaksi merikaapelireittien läheisyydessä). Vedyn varastoinnin osalta tarkastellaan yhtä mantereelle sijoittuvaa aluetta.

Lisäksi tarkastellaan nollavaihtoehtoa (VE0) eli tilannetta, jossa hanketta ei toteuteta.

Hankkeen sähkönsiirto on suunniteltu toteutettavaksi merikaapeleilla Raahen ja/tai Siikajoen edustalle ja rantautumisen jälkeen maakaapeleilla hankkeen sähköasemalle saakka. Siitä eteenpäin sähkönsiirto toteutetaan 400 kV voimajohdolla, jotka reititetään mahdollisimman paljon nykyisten johtokäytävien rinnalle. Hankealuerajaukset ja sähkönsiirtovaihtoehdot on esitetty aiemmin esitetyissä kuvissa (Kuva 1-1 ja Kuva 1-2).

Hallan merituulivoimahankkeen laajuuden määrittelemisessä on pyritty muodostamaan vaihtoehdot, jotka lähtökohtaisesti aiheuttavat mahdollisimman vähän haittaa alueen käytölle, lähialueen asukkaille ja ympäristölle, mutta ovat kuitenkin tuotannollisesti ja taloudellisesti kannattavia ja ennalta arvioiden toteuttamiskelpoisia. Hankealueen rajauksen suunnittelussa on huomioitu alueen tiedossa olevat ja YVA-menettelyn yhteydessä selvitetyt luontoarvot sekä maankäyttömuodot. Voimaloiden sijoittelu ja energiansiirtoreittien linjaukset tarkentuvat jatkosuunnittelussa YVA-menettelyn tulosten, perustellun päätelmän sekä hankkeesta saadun palautteen perusteella.

Seuraavassa on esitetty YVA-selostuksessa tarkasteltavat hankevaihtoehdot, joista yksi on hankkeen toteuttamatta jättäminen (Taulukko 3-1).

Taulukko 3-1. Suomen YVA-selostuksessa tarkasteltavat hankevaihtoehdot.

Vaihtoehto	Kuvaus
VE0	• Hanketta ei toteuteta: merituulivoimapuistoa ei rakenneta.
VE1	• Merituulivoimapuiston alueelle sijoitetaan enintään 160 voimalaa (Kuva 1-1), joiden kokonaiskorkeus on enintään 370 metriä ja yksikköteho enintään 15 MW. Merituulivoimapuiston koko on noin 575 km^2. • Sähkönsiirto mantereelle toteutetaan merikaapelein ja merituulivoimapuiston alueelle rakennetaan 3–8 merisähköasemaa. Suunnitelmat sisältävät lisäksi 3 vaihtoehtoista merikaapelireittiä rannikolle (MVE1, MVE2, MVE3) (Kuva 1-1). Kaikki merikaapelit (enintään 10 kpl) voivat sijoittua reitille MVE1 tai ne jaetaan kahdelle eri reitille. Kahta merikaapelireittiä käytettäessä sähkönsiirto mantereella tapahtuu kahdelle eri sähköasemalle (vaihtoehdot Hanhela, Siikajoki ja Pikkarala). • Vedyn tuotanto merellä tapahtuu joko keskitetyillä meriasemilla (3–8 kpl) tai kunkin merituulivoimalan tornin alaosaan asennettavalla yksiköllä. Vetykaasu johdetaan mantereelle merenpohjaan asennettavaa siirtoputkea pitkin (VVE1), joka tuodaan rantaan SSAB:n tehdasalueella. Hankkeen arvioitu sähkön vuosituotanto on noin 12 TWh, jota on käytetty vedyn tuotannon vaikutusten arvioinnin lähtökohtana. • Tuulivoimalat liitetään olemassa ja suunnitteilla olevaan Fingridin sähköverkkoon merikaapelireitistä riippuen Raahen, Siikajoen ja/tai Oulun kunnan alueella, reittivaihtoehdot: SSAB:n suunniteltu, SVE2, SVE3, SVE5 (Kuva 1-1). Mikäli kaikki merikaapelit rantautuvat Raahessa SSAB:n tehtaalla, liityntä sähköverkkoon voi tapahtua SSAB:n tehtaalla ja Hanhelan tai Siikajoen sähköasemalla. Muissa vaihtoehdoissa sähköverkkoon liittymiseen tarvitaan kahta eri reittiä, jotka johtavat eri sähköasemille (vaihtoehdot Siikajoki ja Pikkarala). Sähkönsiirto mantereella toteutetaan ilmajohdoilla (lähtökohtaisesti 400 kV) sekä rantautumisalueen lähellä maakaapeleilla.
VE2	• Merituulivoimapuiston alueelle sijoitetaan enintään 120 voimalaa (Kuva 1-2), joiden kokonaiskorkeus on enintään 370 metriä ja yksikköteho enintään 25 MW. Merituulivoimapuiston koko on noin 550 km^2. • Sähkönsiirto mantereelle toteutetaan merikaapelein, ja merituulivoimapuiston alueelle rakennetaan 3–8 merisähköasemaa. Suunnitelmat sisältävät lisäksi 3 vaihtoehtoista merikaapelireittiä rannikolle (MVE1, MVE2, MVE3) (Kuva 1-2). Kaikki merikaapelit (10 kpl) voivat sijoittua reitille MVE1 tai ne jaetaan kahdelle eri reitille. Kahta merikaapelireittiä käytettäessä sähkönsiirto mantereella tapahtuu kahdelle eri sähköasemalle (vaihtoehdot Hanhela, Siikajoki ja Pikkarala). • Vedyn tuotanto merellä tapahtuu joko keskitetyillä meriasemilla (3–8 kpl) tai kunkin merituulivoimalan tornin alaosaan asennettavalla yksiköllä. Vetykaasu johdetaan mantereelle merenpohjaan asennettavaa siirtoputkea pitkin (VVE1), joka tuodaan rantaan SSAB:n tehdasalueella. Hankkeen arvioitu sähkön vuosituotanto on noin 12 TWh, jota on käytetty vedyn tuotannon vaikutusten arvioinnin lähtökohtana. • Tuulivoimalat liitetään olemassa ja suunnitteilla olevaan Fingridin sähköverkkoon merikaapelireitistä riippuen Raahen, Siikajoen ja/tai Oulun kunnan alueella, reittivaihtoehdot: SSAB, SVE2, SVE3 ja SVE5 (Kuva 1-2). Mikäli kaikki merikaapelit rantautuvat Raahessa SSAB:n tehtaalla, liityntä sähköverkkoon voi tapahtua SSAB:n tehtaalla ja Hanhelan tai Siikajoen sähköasemalla. Muissa vaihtoehdoissa sähköverkkoon liittymiseen tarvitaan kaksi eri reittiä, jotka johtavat eri sähköasemille (vaihtoehdot Siikajoki ja Pikkarala). Sähkönsiirto mantereella toteutetaan ilmajohdoilla (lähtökohtaisesti 400 kV) sekä rantautumisalueen lähellä maakaapeleilla.
MVE1 / VVE1	• Merikaapelireitti MVE1 ja vetyputkireitti VVE1 alkavat merituulivoimapuistosta ja rantautuvat Raahessa SSAB:n tehtaan kohdalla (Kuva 1-1). Reitin MVE1 pituus on noin 37,1 km ja reitin VVE1 noin 37,8 km. Ranta-alueelta sähkö siirretään

Vaihtoehto	Kuvaus
	maakaapeleina sähköasemalle ja vety vedyn varastointiasemalle. Molempien tarkemmat sijainnit tarkentuvat jatkosuunnittelussa.
MVE2	• Merikaapelireitti MVE2 alkaa merituulivoimapuistosta ja rantautuu Raahen pohjoispuolella Pöllänperän kohdalla. Reitin pituus on noin 33,2 km. Ranta-alueelta sähkö siirretään maakaapeleina sähköasemalle, joka sijaitsee enintään 3 kilometrin etäisyydellä rannasta, tarkempi paikka selviää jatkosuunnittelussa. Sähköaseman suunnittelualueella on rantautumisen jälkeen kaksi vaihtoehtoista haaraa (eteläinen ja pohjoinen) (Kuva 1-1).
MVE3	• Merikaapelireitti MVE3 alkaa merituulivoimapuistosta ja rantautuu Siikajoen Kirkonkylän kohdalla. Reitin pituus on noin 34,7 km. Ranta-alueelta sähkö siirretään maakaapeleina sähköasemalle, joka sijaitsee enintään 3 kilometrin etäisyydellä rannasta, tarkempi paikka selviää jatkosuunnittelussa. Sähköaseman suunnittelualueella on rantautumisen jälkeen kaksi vaihtoehtoista haaraa (eteläinen ja pohjoinen) (Kuva 1-1).
SSAB	• MVE1 liittyy Raahen SSAB:n tehtaalle rakennettavaan verkkoliityntäpisteeseen ja/tai SSAB:n 400 kV voimajohtoon, jonka liityntä tapahtuu Hanhelan tai Siikajoen tulevalle sähköasemalla.
SVE2	• Sähkönsiirtoreitti SVE2 alkaa Raahen kaupungissa MVE2:n sähköasemalta (Kuva 1-1), jonka tarkempi sijainti tarkentuu jatkosuunnittelussa ja liittyy Siikajoen tulevalle sähköasemalle. Reitin pituus on noin 32 km.
SVE3	• Sähkönsiirtoreitti SVE3 alkaa Siikajoen kunnassa MVE3:n sähköasemalta (Kuva 1-1), jonka tarkempi sijainti tarkentuu jatkosuunnittelussa, ja liittyy Siikajoen tulevalle sähköasemalle. Reitin pituus on noin 28 km.
SVE5	• Sähkönsiirtoreitti SVE5 alkaa Siikajoen kunnassa MVE3:n sähköasemalta (Kuva 1-1), jonka tarkempi sijainti tarkentuu jatkosuunnittelussa ja liittyy Pikkaralan nykyiselle sähköasemalle Oulussa. Reitin pituus on noin 76 km.

Hallan merituulivoimahankkeen laajuuden määrittelemisessä on pyritty muodostamaan vaihtoehdot, jotka lähtökohtaisesti aiheuttavat mahdollisimman vähän haittaa alueen käytölle, lähialueen asukkaille ja ympäristölle, mutta ovat kuitenkin tuotannollisesti ja taloudellisesti kannattavia ja ennalta arvioiden toteuttamiskelpoisia. Hankealueen rajauksen esisuunnittelussa on huomioitu alueen tiedossa olevat luontoarvot sekä maankäyttömuodot. Voimaloiden sijoittelu ja merikaapeleiden linjaukset tarkentuvat jatkosuunnittelussa sekä hankkeen YVA-menettelystä saadun palautteen perusteella.

Ympäristövaikutusten arvioinnissa on arvioitu hankkeen rakentamisen ja toiminnan ajan maksimivaikutukset. Lisäksi on tarkasteltu toiminnan päätymisen jälkeisiä vaikutuksia. Tuulivoimaloihin liittyvät vaikutusarvioinnit on tehty teoreettisella maksimikapasiteetilla ja suurimman voimalavaihtoehdon maksimidimensioilla.

Hankkeen molemmissa vaihtoehdoissa (VE1 ja VE2) tuotetaan joko sähköä tai vetyä, tai mahdollisesti molempia esim. suhteessa 40 % vetyä ja 60 % sähköä. Suurimmat vaikutukset rakentamisen ajan osalta on arvioitu aiheutuvan hankekokonaisuudesta, jossa tuotettaisi 100 % sähköä, koska tällöin rakennetaan suurempi määrä merikaapeleita (enintään 10 kpl) verrattuna hankekokonaisuuteen, missä tuotettaisi puolestaan 100 % vetyä ja tarvittaisi vain yksi vetyputki, joka sijoittuisi reitille VVE1. Lisäksi on arvioitu toiminnan aikaiset enimmäisvaikutukset, jotka syntyvät hankekokonaisuudesta, jossa 100 % sähköenergiasta käytetään vedyntuotantoon, mikä synnyttää merituulivoimatuotannon vaikutusten lisäksi lämpö- ja suolakuormaa meriveteen.

Riippuen valitusta siirtokaapeliteknologiasta, hanke voi tarvita yhteensä enintään 10 merikaapelia 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. Vetyputken tyypillinen ulkohalkaisija on noin 60 cm ja sen rantautumispaikan tarvittava leveys on noin 20 metriä.

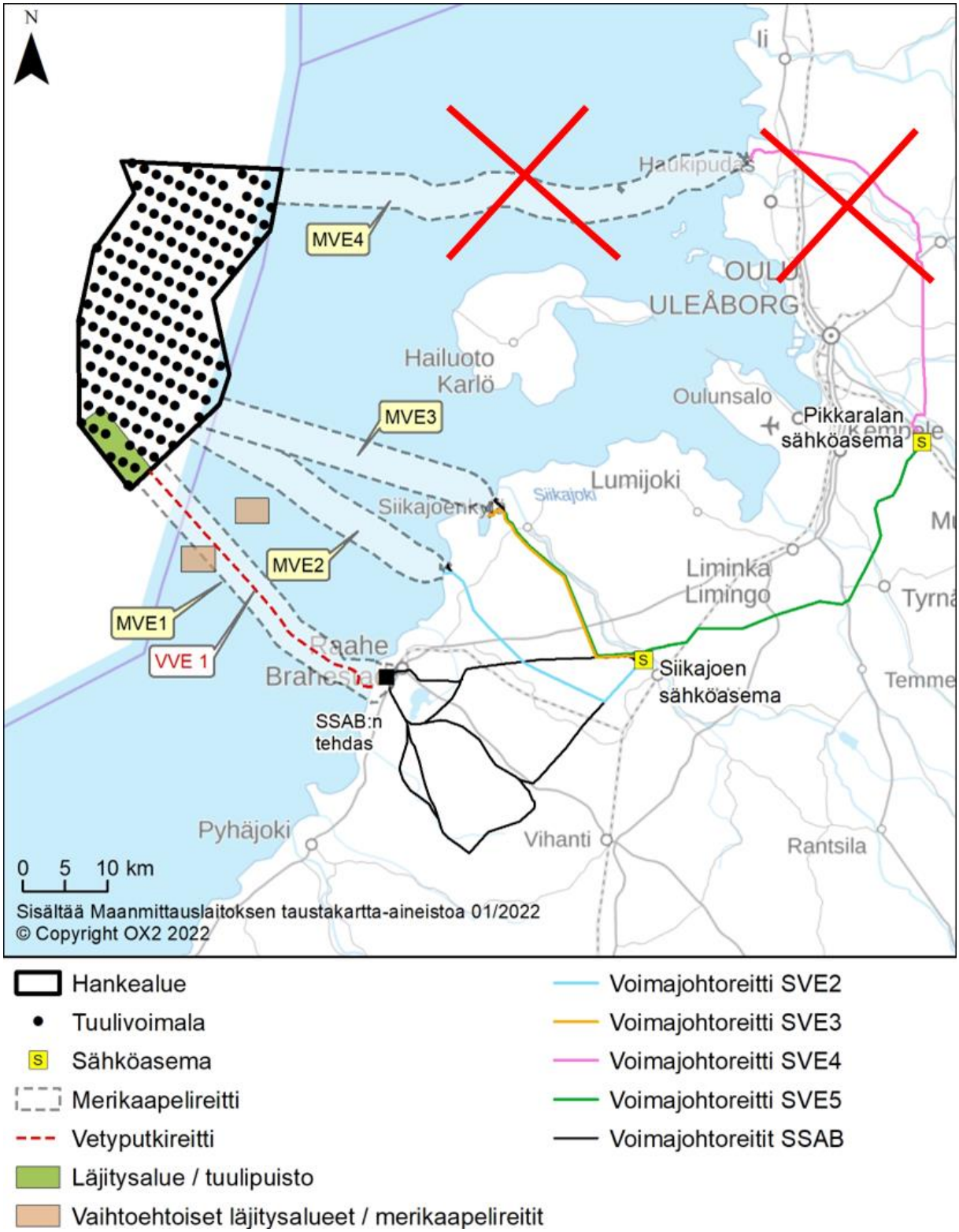
Hankekokonaisuudessa, jossa tuotettaisiin 100 % sähköä, kaikki merikaapelit sijoitettaisiin joko merikaapelireitille MVE1 tai kahden merikaapelireitin yhdistelmälle käytettävistä vaihtoehdoista MVE1, MEV2 ja MVE3. Käytettäessä vain MVE1 reittiä sähköverkkoon liittyminen voisi tapahtua SSAB:n tehtaalla ja Hanhelan tai Siikajoen tulevalla sähköasemalla. Muissa vaihtoehdoissa sähköverkkoon liittymiseen tarvitaan kaksi eri reittiä, jotka johtavat eri sähköasemille (vaihtoehdot Siikajoki ja Pikkarala). Vaikutusarvioinneissa on huomioitu kaikki mahdolliset reittiyhdistelmät, joita on yhteensä 4 kappaletta. SSAB voimajohdon YVA-menettely on tehty ja yhteysviranomainen on antanut siitä perustellun päätelmän keväällä 2023.

3.3 YVA-ohjelman jälkeen hankkeeseen tulleet muutokset

Seuraavassa on kuvattu ne muutokset, jotka hankkeeseen on tullut YVA-ohjelman jälkeen, ja jotka ovat relevantteja mahdollisten rajat ylittävien vaikutusten suhteen.

Energiansiirron osalta hankkeesta on jäänyt pois merikaapelireitti MVE4 ja mantereen sähkönsiirron reitti SVE4 (Kuva 3-1). Merikaapelireitti MVE4, jonka pituus oli noin 55 kilometriä, alkoi merituulivoimapuistosta ja rantautui Oulun Martinniemen kohdalla. Mantereella sähkönsiirtoreitin SVE4 jatkui Martinniemestä Pikkaralan sähköasemalle. Reitin SVE4 pituus oli noin 52 kilometriä ja se sijoittui Oulun alueelle.

MVE4 ja SVE4 on jääneet pois teknistaloudellisten sekä ympäristöllisten syiden vuoksi pois. MVE4 energiansiirtoreitti luodattiin GTK:n toimesta 2021 ja tarkemman selvittelyn jälkeen hankevastaava päätti jättää kyseisen reitin pois vaihtoehdoista. Reitti on merenpohjan olosuhteiden osalta huomattavasti haastavampi merikaapelin asennuksen osalta. Tämän lisäksi etäisyys verkkoliityntäpisteelle Pikkaralaan olisi huomattavasti pidempi kuin muissa vaihtoehdoissa, joka nostaisi verkkoliitynnän kustannuksia.



Kuva 3-1. Hankesuunnitelmat YVA-ohjelmavaiheessa. MVE4 ja SVE4 jäivät pois YVA-selostuksesta. Kartalla on esitetty SSAB:n tekemässä 400 kV voimajohdon YVA-ohjelmassa esittämät reitit. SSAB:n YVA-selostuksessa esitetyt reitit ovat Hallan sähkönsiirron vaihtoehtoja, mutta niiden vaikutusarviointi ei kuulu tähän YVA-menettelyyn.

YVA-menettelyyn otettiin mukaan toinen hankevaihtoehto merituulivoimaloiden ja merituulivoimapuiston alueen osalta (Kuva 1-2). YVA-selostuksessa vaikutuksia on arvioitu VE1 (160 voimalaa) ja VE2 (120 voimalaa). Merituulivoimapuistoalueen koko on VE1 575 km^2 ja VE2 550 km^2. Hankevaihtoehto VE2 merituulivoimapuiston aluetta on pienennetty alueen luoteisnurkasta. Tämä alue sijoittuu Suomen merialuesuunnitelman 2030 merenkulun alueelle, alueelle sijoittuu Nordvalen – Kemi meriliikennereitti. Lisäksi tuulivoimapuiston luoteiskulman jättäminen pois VE2 hankevaihtoehdossa, jättää Ruotsin talousvyöhykkeelle sijoittuvan Polargrundin merituulivoimapuiston ja Hallan välille vähintään 4 merimailin etäisyyden.

3.4 Hankkeen liittyminen muihin hankkeisiin

Seuraavassa on kuvattu rajat ylittävien vaikutusten arvioinnin näkökulmasta olennaiset muut hankkeet Ruotsin puolella. Suomen talousvyöhykkeelle ja aluevesille suunnitteilla olevien merituulivoimapuistojen ei arvioida aiheuttavan yhdessä Hallan kanssa suoria rajat ylittäviä vaikutuksia, sillä ne sijaitsevat yli 25 km etäisyydellä Suomen ja Ruotsin välisestä talousvyöhykkeen rajasta, eikä niitä käsitellä tässä asiakirjassa kuin yleisellä tasolla esitellen hankkeet. Ne on huomioitu tarkemmin kansallisen YVA-menettelyn vaikutusarvioinneissa. Kaikki vireillä ja tiedossa olevat merituulivoimahankkeet on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 3-2).

3.4.1 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, Raahesta noin 35 km ja Kemin Ajoksesta noin 57 km. Hakemuksen kohteena olevan alueen 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. Tästä syystä Kihun merituulivoimapuistoa ei ole huomioitu yhteisvaikutusten arvioinnissa Hallan merituulivoimapuiston kanssa. (*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 km, Nahkiaiseen matkaa on noin 9 km ja Ulkomatala sijaitsee noin 19 km etäisyydellä. Hakemuksen kohteena olevan alueen 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. Tästä syystä Kiislan merituulivoimapuistoa ei ole huomioitu yhteisvaikutusten arvioinnissa Hallan merituulivoimapuiston kanssa.

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.

3.4.2 Aluevesien hankkeet

Rajakiiri Oy suunnittelee **Maanahkiaisen** merituulivoimahanketta Perämerelle 27 km kaakkoon Hallan alueesta, lähimmän voimalan sijaitessa noin 30 km 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 km ja kauimmillaan noin 16,8 km länteen. Etelässä suunnittelualue ulottuu merialueella Hanhikivenniemestä lähimmillään noin 3,9 km ja kauimmillaan noin 17,3 km 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 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

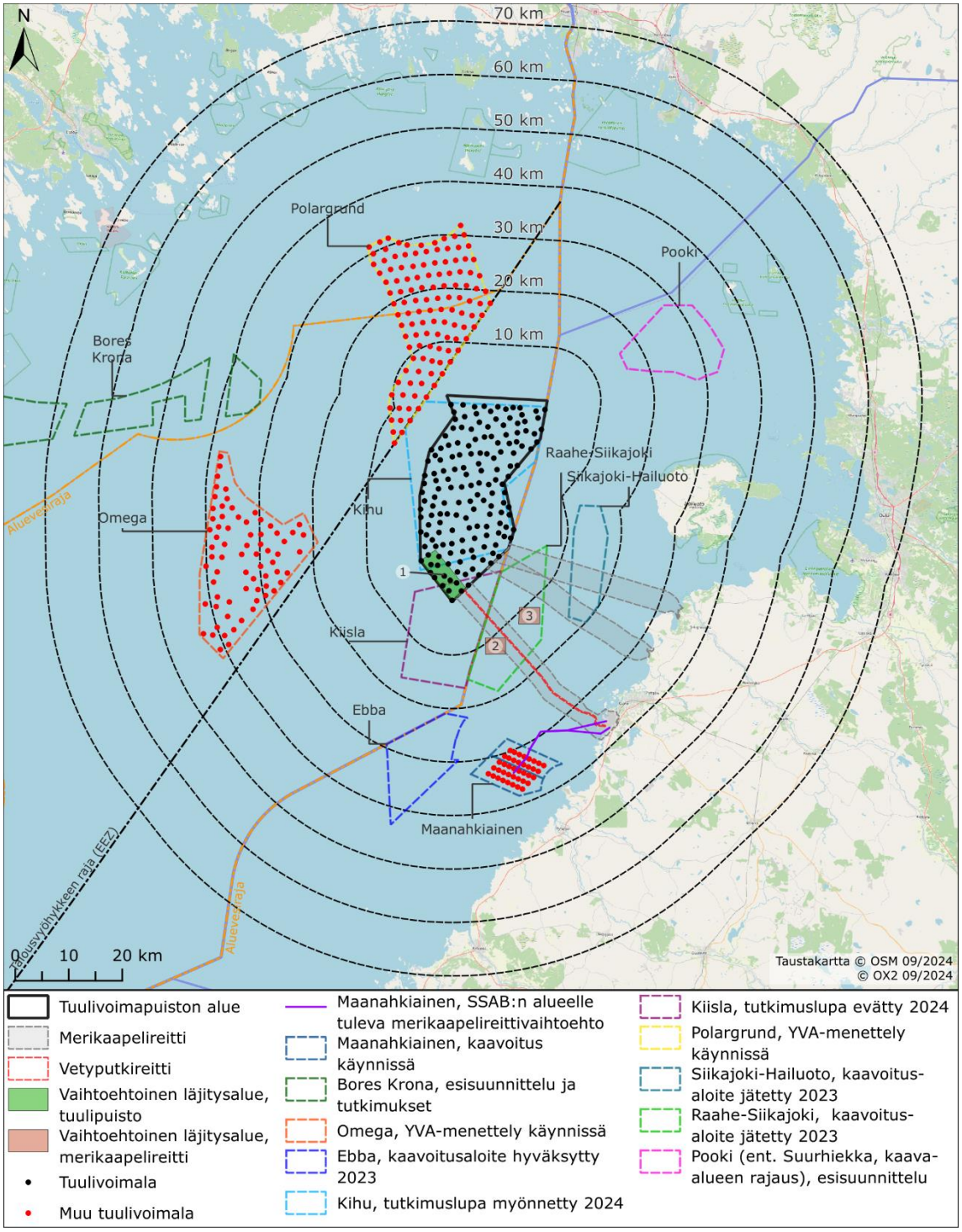
Kultalanperän eteläpuolella Raahessa sekö Syölätin eteläpuolella Keskimatalassa Pyhäjoella. Pohjoisimmassa sähkönsiirron vaihtoehdossa ranta-alueella merikaapeli muutetaan 110 kV voimajohdoksi, joka kytketään SSAB Europe Oy:n Raahen terästehtaan sähköasemaan. Rantautumispaikkoja voi olla yksi tai kaksi. Merikaapelit jatkuvat rantavyöhykkeellä maa-alueelle rantauduttuaan ja muuttuvat voimajohdoiksi sisempänä mantereella. Sähkönsiirron voimajohtovaihtoehdot 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 km 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 omistaa valtio. Noin 160 km^2 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 on noin 1 400 MW ja vuosituotanto noin 5 900 GWh. Hankkeen YVA-menettely ei ole vielä alkanut. Hankkeesta ei ole vielä saatavilla voimaloiden sijoittelun suunnitelmaa, jonka takia Ebban merituulivoimapuistoa ei ole huomioitu yhteisvaikutusten arvioinnissa Hallan merituulivoimapuiston kanssa. 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 km 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 km Hallan alueesta kaakkoon ja sijoittuu osin Raahen kaupungin ja osin Siikajoen kunnan alueille. Hankkeen voimaloiden sijoittelua tai muita tarkempia tietoja ei vielä ole saatavilla, jonka takia Siikajoki-Hailuoto- ja Raahe-Siikajoki -merituulivoimapuistoja ei ole huomioitu yhteisvaikutusten arvioinnissa Hallan merituulivoimapuiston kanssa. Hallan hankkeen kaikki merikaapelireitit ja vetyputkireitti sekä potentiaaliset kaksi meriläjitysaluetta sijoittuvat Raahe-Siikajoki hankealueen sisälle. (*Metsähallitus 2024*)

Skyborn Renewables Offshore Finland Oy (*2024*) suunnittelee **Pooki**-merituulivoimahanketta (entinen Suurhiekka-hanke) Hallan alueesta noin 16 km 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 km. 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. Hankkeesta ei ole vielä saatavilla voimaloiden sijoittelun suunnitelmaa, jonka takia Pookin merituulivoimapuistoa ei ole huomioitu yhteisvaikutusten arvioinnissa Hallan merituulivoimapuiston kanssa.



Kuva 3-2. Hallan hankealueen lähiseudun Suomen ja Ruotsin puolen merituulivoimahankkeet. Kihu-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 Lähde: Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023, Työ- ja elinkeinoministeriö 2024, voimaloiden sijoittelutietoja saatu muilta hanketoimijoilta.

Kaikki edellä mainitut Suomen puolelle sijoittuvat suunnitellut merituulivoimapuistot on huomioitu myös Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavassa, 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.

3.4.3 Ruotsin puolen hankkeet

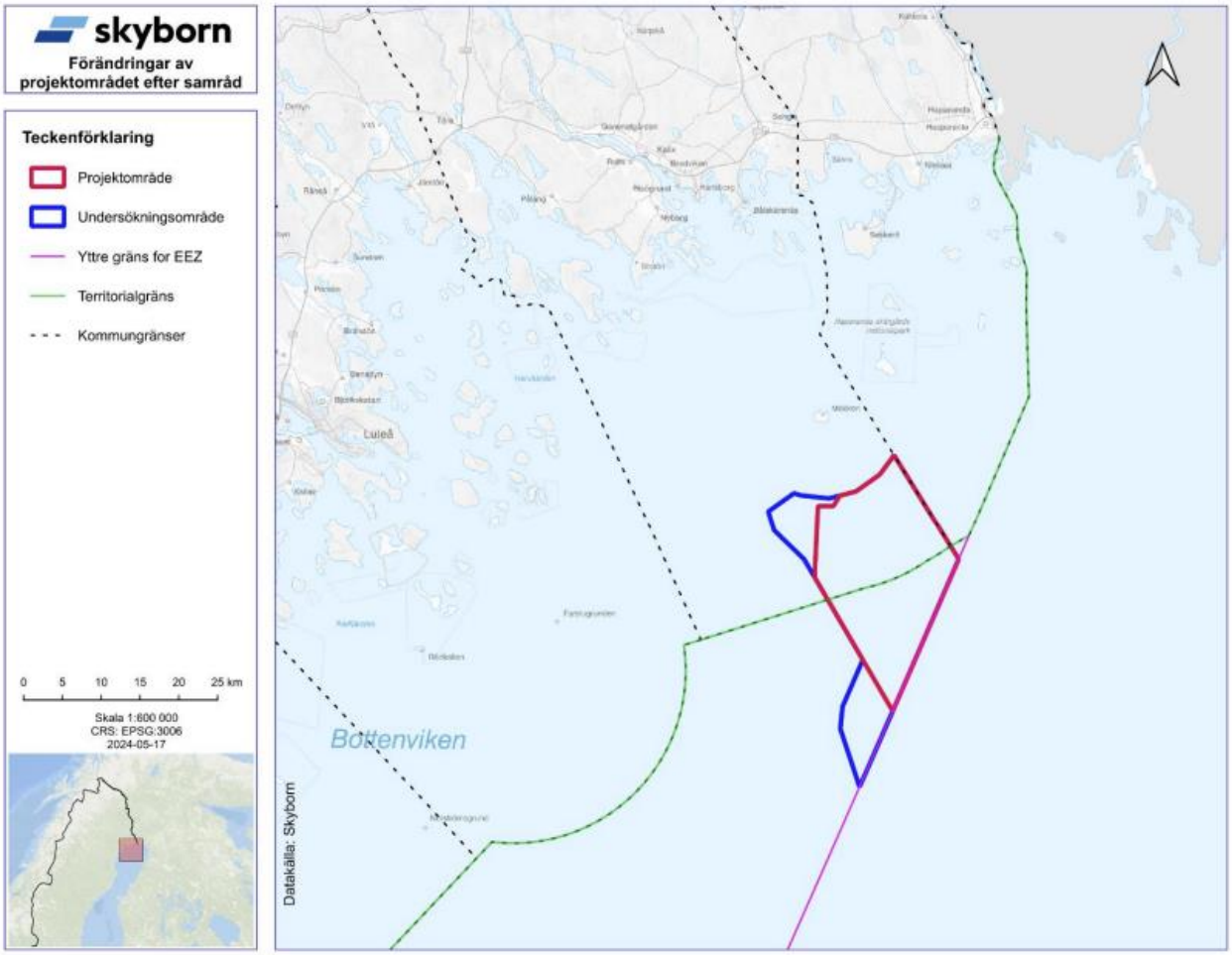
Ruotsin puolella on vireillä useita merituulivoimahankkeita. Hallan kannalta olennaiset on käsitelty seuraavassa.

3.4.3.1 Polargrund Offshore

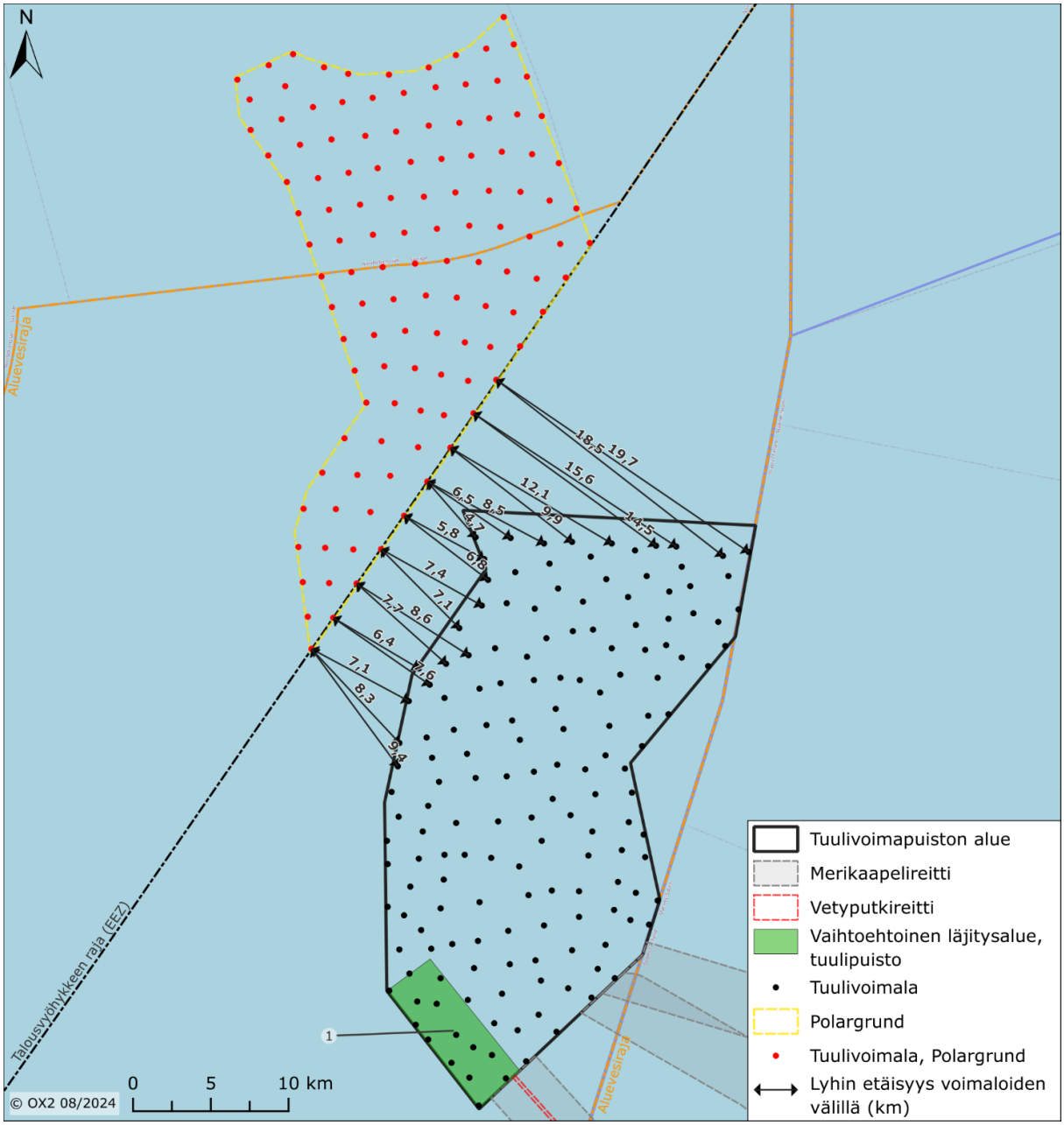
Skyborn Renewables (ent. wpd) suunnittelee Polargrund Offshore- merituulivoimahanketta Ruotsin puolelle Perämerelle (*wpd 2022, Skyborn Renewables Sweden AB 2024*). Tutkimusalue sijaitsee osin aluemerellä Kalixin kunnassa ja osin Ruotsin talousalueella (EEZ) lähimmillään 2,8 km Hallan alueesta länteen, lähimmän voimalan sijaitessa 4,7 km etäisyydellä Hallan lähimmästä voimalasta (Kuva 3-4). 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 m. Tuulipuiston suunniteltu vuosituotanto on noin 10 terawattituntia (TWh). Vaihtoehtoisesti tuulipuistoon suunnitellaan vedyntuotantoa enintään 200 000 tonnia vuodessa hajautettuna eli erikseen kussakin tuulivoimalassa. Tuulivoimalla tuotetun sähkön siirtämisen kaapeleiden kautta maihin Ruotsin sähköverkkoon liitettäväksi tai sähkön käyttämisen vedyn tuottamiseen puistossa ja vedyn siirtämisen maihin putkistojen kautta ympäristövaikutukset arvioidaan myöhemmässä lupahakemuksessa.

Hankkeen YVA-menettely on käynnistynyt vuonna 2022 ja siihen on kuulunut Suomen kuuleminen kansainvälisen kuulemismenettelyn mukaisesti (*Ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2024*). 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. Koska hankkeen rakentaminen voi ajoittua osittain samalle aikajaksolle kuin Hallan hanke, on vaikutustenarvioinnissa huomioitu mahdolliset rajat ylittävät vaikutukset sekä rakentamisen että toiminnan ajalta.

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. Nähtävillä olleessa kuulemisasiakirjassa Polargrund hankkeen suunnittelualue pienentynyt (aiemmin 442, päivitetty 341 km^2) (Kuva 3-3). Hallan YVA-selostuksessa ja tässä kv-tiivistelmässä on tarkasteltu ja arvioitu vaikutuksia aiemmin saatujen Polargrund hankesuunnitelmien mukaan, sillä aineisto on valmisteltu jo ennen marraskuuta 2024 (Kuva 3-4). Hallan hankkeen kv-tiivistelmän valmistelun yhteydessä on käyty läpi Polargrund Offhore -hankkeesta annettu Suomen vastaus marraskuussa 2024.



Kuva 3-3 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).



Kuva 3-4. Suomen talousvyöhykkeelle sijoittuvan Hallan ja Ruotsin aluevesille ja talousvyöhykkeelle sijoittuvan Polargrund merituulivoimapuistojen sijainti ja voimaloiden väliset etäisyydet. Polargrund hankesuunnitelmat on saatu hanketoimijalta maaliskuussa 2024. Polargrund hankealue on tämän jälkeen pienentynyt. Uutta voimaloiden sijoittelua ei ole saatu. (Skyborn Renewables 2024b)

3.4.3.2 Bothnia Offshore Omega

Njordr Offshore Wind AB suunnittelee Ruotsin talousvyöhykkeelle Perämeren merialueelle noin 1 500 megawatin (MW) Bothnia Offshore Omega -merituulivoimapuistoa (*Njordr Offshore Wind 2022*). Hankealue sijaitsee noin 19 km Hallan suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta länteen (Kuva 3-2). Hankkeen arvioitu vuosituotanto on noin 5,4 TWh. Hankealueen pinta-ala on 419 km^2. 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 kaapeliverkon kautta, joka on liitetty yhteen tai useampaan merisähköasemaan maalla tapahtuvaa siirtoa varten yhdellä tai useammalla yhdyskaapelilla. Omegan ja Hallan välinen etäisyys on niin suuri (19 km), ettei rakentamisen aikana arvioida aiheutuvan mahdollisia rajat ylittäviä yhteisvaikutuksia ja näin ollen Omega on huomioitu yhteisvaikutustenarvioinnissa ainoastaan toiminnan ajan osalta (mm. havainnekuvissa).

3.5 Aikataulu

Merituulivoimahanke Halla on tällä hetkellä esisuunnitteluvaiheessa. Hankkeen YVA-selostus jätetään yhteysviranomaiselle alustavan aikatauluarvion mukaan alkuvuodesta 2025. Yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä saadaan kahden kuukauden kuluessa YVA-selostuksen lausuntojen antamiseen ja mielipiteiden esittämiseen varatun määräajan päättymisestä. Lakia merituulivoimasta talousvyöhykkeellä on valmisteltu vuosien 2023–2024 aikana. Lain taustalla on se, että nykyiset talousvyöhykelain säännökset soveltuvat huonosti merituulivoimahankkeisiin. Uusi talousvyöhykelaki astui voimaan 1.1.2025. Hankealueiden kilpailutus tapahtuu vuoden 2025 aikana Energiaviraston toimesta ja ensimmäinen kilpailutuksen voittaja selviää arviolta vuoden 2026 loppuun mennessä.

Talousvyöhykkeelle sijoittuvien hankkeen toimintojen osalta määräävä on laki Suomen talousvyöhykkeestä (1058/2004). Lain talousvyöhykkeestä 6 §:n mukaan ” *valtioneuvosto voi antaa hakemuksesta suostumuksen hyödyntää talousvyöhykkeellä olevan merenpohjan ja sen sisustan luonnonvaroja sekä tehdä tällaiseen hyödyntämiseen tähtäävää tutkimusta tai suorittaa talousvyöhykkeellä muuta toimintaa, jonka tarkoituksena on vyöhykkeen taloudellinen hyödyntäminen (hyödyntämisoikeus). …* ”. Lisäksi rakentamisesta säädetään erikseen lain 7 §:ssä. Sen mukaan ” *valtioneuvosto voi antaa hakemuksesta suostumuksen tekosaarten, 6 §:ssä tarkoitettuun toimintaan käytettävien laitteiden ja muiden rakennelmien sekä sellaisten muiden laitteiden ja rakennelmien rakentamiseen ja käyttämiseen, jotka saattavat haitata Suomelle kansainvälisen oikeuden mukaan kuuluvien oikeuksien käyttämistä talousvyöhykkeellä. …*”.

Hallan hanke on saanut Valtioneuvoston suostumuksen Suomen talousvyöhykkeen taloudelliseen hyödyntämiseen tähtäävään tutkimustoimintaan 10.1.2022 (TEM/2022/3). Hankkeesta vastaava on tehnyt tutkimusluvan nojalla geofysikaalisia ja geoteknisiä tutkimuksia ja selvittää tutkimusalueiden merenpohjan syvyyssuhteita sekä pohjan ja sen alapuolisten kerrosten rakennetta vuosien 2022 ja 2023 aikana.

OX2 on hakenut Hallan hankkeelle valtioneuvostolta alueen hyödyntämisoikeutta siten, että OX2 saisi aluevarauksen eli yksinoikeuden hyödyntää hankkeen piiriin kuuluvia alueita merituulivoiman tuottamiseen 23.12.2022. Valtioneuvosto päätti hylätä kaikki yhteensä 16 vireillä ollutta hyödyntämisoikeushakemusta 2.5.2024, joista yksi oli Hallan hakemus (Valtioneuvoston päätös TEM/2024/44). Päätöksessä on lausuttu mm. seuraavaa: ”*Valtioneuvoston talousvyöhykelain mukainen päätöksenteko perustuu päätöksen mukaan tarkoituksenmukaisuusharkintaan. Valtioneuvostolla (Suomen valtiolla) on lain sanamuodon perusteella laaja harkintavalta Suomen talousvyöhykkeestä annetun lain 3 luvun hyödyntämisoikeuden osalta. Valtioneuvoston päätöksessä kysymys on ollut muun muassa yksittäisen hakijan/yhtiön ja valtion kokonaisedun erilaisten näkökohtien keskinäisestä intressipunninnasta tilanteessa, jossa samoista talousvyöhykkeen hankealueista on useiden hakijoiden kesken kiinnostusta. Talousvyöhykelaissa ei aseteta edellytyksiä, joiden täyttyessä 3 luvun hyödyntämisoikeus on annettava tai milloin hakemus tulisi hylätä. Valtioneuvoston tässä lupaharkinnassa kielteistä päätöstä puoltavat näkökohdat ovat olleet vallitsevana.*” (*Valtioneuvosto 2024*)

Suomen pääministerin Petteri Orpon hallitusohjelman mukaisesti Suomi edistää merituulivoiman toteutumista määrittämällä kunnianhimoisen tavoitteen merituulivoiman kapasiteetille vuonna 2035 ja luomalla Suomelle kilpailuedun suhteessa Itämeren maihin. Laki merituulivoimasta Suomen talousvyöhykkeellä (934/2024) ja siihen liittyvät lait astuivat voimaan 1.1.2025. Uuden lain tavoitteena on edistää merituulivoimaa luomalla selkeät pelisäännöt talousvyöhykkeelle. Talousvyöhyke on kansainvälistä merialuetta, jonka taloudelliseen hyödyntämiseen Suomen valtiolla on oikeus. Lain mukaan valtioneuvosto päättää merituulivoimakäyttöön soveltuvista alueista ja niiden kilpailuttamisesta. Valtioneuvosto ottaa alueita valitessaan huomioon muun meren käytön, kuten merenkulun, kalastuksen ja muut merituulivoimahankkeet, sekä ympäristötekijät kokonaisuutena. Toimija valitaan Energiaviraston järjestämällä avoimella ja läpinäkyvällä kilpailutuksella. Kilpailutuksen voittajan valinnassa on merkitystä sekä laadullisilla tekijöillä että tarjotulla hinnalla. Kilpailutuksen voittaja saa yksinoikeuden hakea valtioneuvostolta hyödyntämislupaa tietylle alueelle. Hyödyntämisluvan myöntää valtioneuvosto. Ensimmäisen kilpailutuksen on arvioitu alkavan vuoden 2025 lopulla.

Hankkeen ympäristövaikutusten arviointiohjelman laatiminen aloitettiin syksyllä 2021 ja se jätettiin yhteysviranomaiselle elokuussa 2022. Hankealueelle on laadittu erillisselvityksiä vuodesta 2021 alkaen ja niitä on jatkettu vuosien 2022–2023 aikana. Syksyllä 2022 aloitettiin YVA-selostusvaihe ja varsinaiset ympäristövaikutusten arvioinnit. YVA-menettelyn jälkeen hanke etenee luvitusvaiheeseen, mikäli hanke saa hyödyntämisoikeuden alueeseen.

Merituulivoimahanke edellyttää vesilain (587/2011) mukaisen vesitalousluvan. Lupa voidaan myöntää vasta, kun YVA-menettely on päättynyt.

4 YVA-menettely

4.1 Kansainvälinen YVA-menettely

Hanke sijoittuu Suomen talousvyöhykkeelle (Kuva 2-1). Koska merituulivoimahankkeella on mahdollinen kansainvälinen ulottuvuus, hankkeessa noudatetaan Espoon sopimusta valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arvioinnista (YVA-laki 252/2017; 5 luku sekä 28 § ja 29 §).

Valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arvioinnista on sovittu niin sanotussa Espoon sopimuksessa (*Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context).* Suomi ratifioi tämän YK:n Euroopan talouskomission yleissopimuksen vuonna 1995. Sopimus astui voimaan vuonna 1997. Suomessa sopimuksen velvoitteet on toimeenpantu YVA-lailla sekä asetuksella valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arviointia koskevan yleissopimuksen voimaan saattamisesta (SopS 67/1997).

Sopimuksen osapuolilla on oikeus osallistua toisessa maassa tehtävään ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn, mikäli arvioitavan hankkeen haitalliset ympäristövaikutukset saattavat kohdistua kyseiseen maahan (”kohdevaltio”). Merituulivoimahanke ei kuuluu suoraan Espoon sopimuksen liitteen I hankkeisiin, joissa kansainvälinen kuuleminen tulee kyseeseen, mikäli hankkeella on todennäköisesti valtioiden rajat ylittäviä merkittäviä haitallisia vaikutuksia. Ympäristöministeriö on kuitenkin määrännyt hankkeelle Espoon sopimuksen mukaisen menettelyn mahdollisten kansainvälisten ympäristövaikutusten vuoksi.

Tässä hankkeessa aiheuttajaosapuoli on Suomi ja kohdevaltio on Ruotsi. Hankkeen sijaintimaan eli aiheuttajavaltion ympäristöviranomainen ilmoittaa hankkeen YVA-menettelyn aloittamisesta kohdevaltioiden ympäristöviranomaisille ja tiedustelee halukkuutta osallistua YVA-menettelyyn. Mikäli kohdevaltio päättää osallistua menettelyyn, se asettaa sijaintimaan toimittaman hanketta koskevan aineiston julkisesti kansalaistensa nähtäville mielipiteitä varten.

Kohdevaltion ympäristöviranomainen kerää mielipiteet ja toimittaa ne hankkeen aiheuttajavaltiolle.

Espoon sopimuksen mukaisessa kansainvälisessä kuulemisessa Suomen ja Ruotsin toimivaltaisina viranomaisina toimivat ympäristöministeriöt. Ympäristöviranomainen toimittaa saamansa kohdemaiden mielipiteet kansalliselle YVA-menettelystä vastaavalle yhteysviranomaiselle, joka huomioi annetut mielipiteet omassa lausunnossaan.

YVA-ohjelmasta saatiin yksitoista lausuntoa Ruotsista. Lausuntojen huomioon ottaminen YVA-selostuksessa ja tässä Rajat ylittävien vaikutusten arvioinnin asiakirjassa on kuvattu erillisessä liitteessä 1.

Lausunnoissa on kiinnitetty huomioita mm. seuraaviin vaikutuksiin ja esitettiin seuraavia vaatimuksia:

- Linnustoselvityksiin on kiinnitettävä erityistä huomioita ja tehtävä kattavat selvitykset merellä, huomioiden lintujen ruokailu, lepäily ja muutto, sekä kumulatiiviset vaikutukset laajasti koko Itämerellä, sekä hankkeiden aiheuttama pullonkaulavaikutus
- Maisemavaikutukset on tärkeä arvioida myös Ruotsin puolelta hyödyntäen havainnekuvia ja mahdollisesti havainnollisia videoita
- Melu- ja välkeselvitykset tehtävä (huomioitava mm. matalataajuinen melu, lentoestevalot)
- Kalastus ja kalojen lisääntyminen käsiteltävä (miten sameuden ja kiintoaineen leviäminen vaikuttavat kalastoon), aiheutuuko pitkän aikavälin laajoja kumulatiivisia vaikutuksia koko Itämeren alueella, huomioiden Tornionjoki ja Ruotsin rajajoet
- Meriväyliin kohdistuvat vaikutukset ja yhteisvaikutukset huomioitava (mm. Luleån väylään kohdistuvat vaikutukset jne), tehtävä kattavat riskitarkastelut kansainvälisellä tasolla, jäänmuodostumiseen kohdistuvat vaikutukset arvioitava, sekä jäänmurtajien toimintaedellytykset tulevaisuudessa

4.1.1 Rajat ylittävien vaikutusten arviointi yleisesti

Tässä asiakirjassa on arvioitu hankkeen toiminnoista mahdollisesti aiheutuvat rajat ylittävät haitalliset vaikutukset Ruotsiin. Arvioinnissa on kuvattu todennäköiset, merkittävät rajat ylittävät vaikutukset. Ruotsille ilmoitetaan Espoon sopimuksen mukaisessa menettelyssä hankkeesta sekä tarjotaan mahdollisuus osallistua kuulemiseen.

Rajat ylittävien vaikutusten arvioinnista laadittu yhteenveto on sisällytetty YVA-menettelyn aineistoon. Tämä tiivistelmä on tehty Espoon sopimuksen liitteen II mukaisesti. Vaikutusarvioinnissa on lisäksi hyödynnetty EU:n opasta: ”*Guidance on the Application of the Environmental Impact Assessment Procedure for Large-scale Transboundary Projects*” (Euroopan Unioni 2024). Hankkeen rajat ylittävät sekä suorat että välilliset kokonaisvaikutukset on arvioitu ohjetta hyödyntäen. Kokonaisvaikutusten arvioinneissa on hyödynnetty eri arvioitavien osa-alueiden tuloksena saatuja määrällisiä ja laadullisia arviointeja, joiden pohjalta on luotu kokonaiskäsitys hankkeen rajat ylittävistä vaikutuksista. Luvussa 9 on kuvattu rajat ylittävien vaikutusten arvioinnissa käytettäviä menetelmiä.

4.2 YVA-menettely Suomessa

Ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVA-menettely) on Suomessa säädetty YVA-lailla (252/2017) ja -asetuksella (277/2017). YVA-menettelyä sovelletaan hankkeisiin ja niiden muutoksiin, joilla on todennäköisesti merkittäviä ympäristövaikutuksia. YVA-lain tavoitteena on edistää ympäristövaikutusten arviointia ja arvioinnin yhtenäistä huomioon ottamista

suunnittelussa ja päätöksenteossa. Samalla tavoitteena on lisätä kaikkien osapuolten tiedonsaantia ja osallistumismahdollisuuksia.

Hankkeen ympäristövaikutukset on selvitettävä lain mukaisessa arviointimenettelyssä hankesuunnittelun mahdollisimman varhaisessa vaiheessa vaihtoehtojen ollessa vielä avoinna. Viranomainen ei saa myöntää lupaa hankkeen toteuttamiseen tai tehdä muuta siihen rinnastettavaa päätöstä ennen arvioinnin päättymistä. YVA-menettelyssä ei tehdä hanketta koskevia päätöksiä, vaan sen tavoitteena on tuottaa tietoa päätöksenteon perustaksi.

YVA-menettelyyn osallistumisella tarkoitetaan hankkeesta vastaavan, Suomessa yhteysviranomaisen, muiden viranomaisten ja niiden, joiden oloihin tai etuihin hanke saattaa vaikuttaa, sekä yhteisöjen ja säätiöiden, joiden toimialaa hankkeen vaikutukset saattavat koskea, välistä vuorovaikutusta ympäristövaikutusten arvioinnissa. Osallistumisen yhtenä keskeisenä tavoitteena on eri osapuolten näkemysten kokoaminen.

Suomessa yhteysviranomainen kuuluttaa YVA-ohjelman nähtävillä olosta internet-sivuillaan. Kuulutuksessa kerrotaan, missä YVA-ohjelma on nähtävillä kunnassa sekä mihin mennessä ohjelmaa koskevat lausunnot ja mielipiteet tulee toimittaa. Nähtävillä oloaikana hankkeen lähialueen yhteisöt, asukkaat ja muut asianomaiset voivat esittää mielipiteensä esimerkiksi hankkeen vaikutusten arvioinnin selvitystarpeesta sekä siitä, ovatko YVA-ohjelmassa esitetyt tiedot ja suunnitelmat riittäviä.

YVA-selostuksessa kuvataan YVA-menettelyn aikainen osallistuminen ja esitetään kuinka osallistumisen aikana saadut mielipiteet ja kannanotot on otettu huomioon tehdyissä selvityksissä. Arviointiselostus tulee olemaan nähtävillä ja siitä voi vastaavalla tavalla antaa lausuntoja ja mielipiteitä.

4.2.1 Ympäristövaikutusten arviointi

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA-menettely) ensimmäisessä vaiheessa laaditaan ympäristövaikutusten arviointiohjelma (YVA-ohjelma), joka on suunnitelma (työohjelma) YVA-menettelyn järjestämisestä ja siinä tarvittavista selvityksistä. YVA-ohjelmassa on esitetty seuraavat tiedot:

- Kuvaus hankkeesta, sen tarkoituksesta, suunnitteluvaiheesta, sijainnista, koosta, maankäyttötarpeesta ja hankkeen liittymisestä muihin hankkeisiin.
- Tiedot hankkeesta vastaavasta sekä arvio hankkeen suunnittelu- ja toteuttamisaikataulusta.
- Hankkeen vaihtoehdot ja nollavaihtoehto.
- Tiedot hankkeen toteuttamisen edellyttämistä suunnitelmista ja luvista.
- Kuvaus todennäköisen vaikutusalueen ympäristön nykytilasta ja kehityksestä.
- Ehdotus tunnistetuista ja arvioitavista ympäristövaikutuksista (ml. yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa).
- Tiedot ympäristövaikutuksia koskevista laadituista ja suunnitelluista selvityksistä sekä aineiston hankinnassa ja arvioinnissa käytettävistä menetelmistä ja niihin liittyvistä oletuksista.
- Tiedot arviointiohjelman laatijoiden pätevyydestä.
- Suunnitelma arviointimenettelyn ja siihen liittyvän osallistumisen järjestämisestä sekä näiden liittymisestä hankkeen suunnitteluun.
- Arvio arviointiselostuksen valmistumisajankohdasta.

Ympäristövaikutusten arviointityö toteutetaan YVA-menettelyn toisessa vaiheessa YVA-selostuksessa, joka laaditaan YVA-ohjelman ja yhteysviranomaisen antaman lausunnon pohjalta. YVA-lain mukaisesti arvioinnissa tarkastellaan hankkeen aiheuttamia ympäristövaikutuksia:

- Väestöön sekä ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen
- Maahan, maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvillisuuteen sekä eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen
- Yhdyskuntarakenteeseen, aineelliseen omaisuuteen, maisemaan, kaupunkikuvaan ja kulttuuriperintöön
- Luonnonvarojen hyödyntämiseen sekä
- Näiden tekijöiden keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin.

Ympäristövaikutusten arviointi on kohdennettu hankkeen todennäköisesti merkittäviin ympäristövaikutuksiin. Hankkeessa on tunnistettu seuraavat **merkittävimmät ympäristövaikutukset**, joihin arviointityö on painottunut.

Merialueen osalta:

- vaikutukset merialueen käyttöön mm. merenkulku, kalastuselinkeinot
- vaikutukset vesiympäristöön
- vaikutukset lintuihin
- vaikutukset maisemaan.

Maa-alueiden osalta (eivät olennaisia tässä asiakirjassa):

- vaikutukset maisemaan ja kulttuuriympäristöön
- vaikutukset metsätalouteen
- vaikutukset luontoarvoihin
- vaikutukset ihmisten elinoloihin ja virkistyskäyttöön
- yhteisvaikutukset nykyisten voimajohtojen ja suunniteltujen tuulivoimapuistojen kanssa.

Kansalaisten ja eri sidosryhmien tärkeiksi kokemista asioista on saatu tietoa mm. tiedottamis- ja kuulemismenettelyiden sekä seurantaryhmätapaamisten yhteydessä.

Ympäristövaikutusten arvioinnissa on huomioitu toiminnan aikaisten vaikutusten lisäksi rakentamistöiden sekä käytöstä poistamisen vaikutukset. Vaikutusarvioinnissa tarkastellaan hankealueen (alue, jolle merituulivoimapuisto, merikaapeli/vetyputki ja voimajohto sijoitetaan) toimintojen ja niistä johtuvien hankealueen ulkopuolelle ulottuvien toimintojen ympäristövaikutuksia. Myös hankkeen toteuttamatta jättämisen vaikutukset on arvioitu (ns. nollavaihtoehto). Lisäksi hankkeen mahdollisia yhteisvaikutuksia alueella olevien tai suunniteltujen muiden hankkeiden kanssa on tarkasteltu. Arvioinnissa on tuotu esille myös arviointiin liittyvät epävarmuustekijät ja haitallisten vaikutusten lieventämistoimenpiteet sekä suunnitelmat ympäristövaikutusten seurannalle.

4.2.2 YVA-menettelyn tarkastelu- ja vaikutusalueiden rajaukset

Seuraavassa on kuvattu Suomen kansallisessa ympäristövaikutusten arvioinnissa käytetyt vaikutusalueiden rajaukset.

Seuraavassa mainittujen Suomea koskevien rajausten lisäksi on tässä asiakirjassa tarkasteltu hankkeen mahdollisesti aiheuttamia Suomen rajat ylittäviä vaikutuksia

Espoon sopimuksen vaatimusten mukaisesti. Näiden osalta tarkastelualue ulottuu niin kauas, kuin vaikutuksia voidaan arvioida ulottuvan. Lisätietoa vaikutusalueiden rajauksesta on saatu tehtyjen selvitysten ja mallinnusten sekä muiden vastaavien hankkeiden kokemuksien kautta.

Tarkastelualueella tarkoitetaan tässä kullekin vaikutustyypille määriteltyä aluetta, jolla kyseistä ympäristövaikutusta selvitetään ja arvioidaan. Tarkastelualueen laajuus riippuu tarkasteltavasta ympäristövaikutuksesta. Tarkastelualueet on pyritty määrittelemään niin suureksi, ettei merkityksellisiä ympäristövaikutuksia voida olettaa ilmenevän alueen ulkopuolella. Jos arviointityön aikana kuitenkin käy ilmi, että jollakin ympäristövaikutuksella on ennalta arvioitua laajempi vaikutusalue, määritellään tarkastelu- ja vaikutusalueiden laajuudet kyseisen vaikutuksen osalta uudestaan. Näin varsinainen vaikutusalueiden määrittely tehdään arviointityön tuloksena ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa. Ympäristövaikutuksille on alustavasti määritelty seuraavat vaikutusalueet:

Merituulivoima vaikuttaa positiivisesti ***ilmastonmuutokseen ja ilmanlaatuun*** vähentämällä sähköntuotannossa kasvihuonekaasu- ja muiden savukaasupäästöjen syntymistä. Myös vihreällä vedyntuotannolla on myönteisiä ilmastovaikutuksia. Hankkeen kielteisiä ilmastovaikutuksia on arvioitu laskemalla hankkeen hiilijalanjälki eli sen elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt. Ilmastovaikutuksia on tarkasteltu alueellisella ja globaalilla tasolla.

Merituulivoimapuiston ja vedyntuotannon ***alueidenkäyttövaikutusten*** tarkastelualue on merituulivoimapuiston alue ja sen välitön lähiympäristö. Merikaapelireittien ja vetyputken vaikutuksia maankäyttöön on tarkasteltu linjausten alueelta lähialueineen. Vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen ja kaavoitukseen on tarkasteltu myös osana laajempaa kokonaisuutta. Hankkeesta ei arvioida aiheutuvan Ruotsin puolelle ulottuvia alueidenkäyttövaikutuksia. Meriliikenteeseen ja väylien käyttöön kohdistuvien vaikutusten arvioinnin tarkastelualue on esitetty erikseen seuraavassa.

Liikennevaikutusten osalta on tarkasteltu hankkeen kuljetuksissa sekä huoltotöissä käytettäviä reittejä maalla ja merellä. Merellä tarkastelualueena on hankealue, sekä sen ja mantereen välinen merialue, johon sijoittuvat energiansiirtoreitit. Maantieliikenteen osalta tarkastelualueena ovat mm. materiaalien kuljetusreitit. Epäsuorat meriliikennevaikutukset voivat ulottua Ruotsin puolelle, mikäli merituulivoimapuiston alueen halki ei jatkossa voi kulkea kauppamerenkulun isoilla aluksilla sekä mikäli merenkulun alueiden käyttömahdollisuudet muuttuvat. Samoilla mekanismeilla voi hankkeesta aiheutua kansainvälisen tason vaikutuksia, sillä talousvyöhykkeellä ja ylipäänsä merialueilla liikutaan paljon kansainvälisessä ulottuvuudessa.

Maiseman ja kulttuuriympäristökohteiden osalta tarkastelualueeksi on alustavasti määritelty noin 35 kilometriä hankealueesta. Vaikka voimalat voivat näkyä tätä kauemmaksi, eivät visuaaliset vaikutukset todennäköisesti ole enää tätä etäämmällä merkittäviä maiseman arvojen tai erilaisten miljöötyyppien luonteen kannalta. Maisemaan kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu myös Ruotsin suunnalta ja arvioinnin tueksi on tehty havainnekuvia.

Muinaisjäännöksiin kohdistuvia vaikutuksia on tarkasteltu niillä alueilla, joiden alueiden käyttö muuttuu hankkeeseen liittyvän rakentamisen seurauksena ja vaikutuksia voi aiheutua. Suorien vaikutusten arviointi on rajattu rakentamiskohteiden välittömään läheisyyteen, jonka lisäksi on tarkasteltu mahdollisia välillisiä vaikutuksia mm. kiintoaineen leviämiseen liittyen. Muinaisjäännöksiin ei arvioida kohdistuvan rajat ylittäviä vaikutuksia.

Vesiympäristöön kohdistuvien vaikutusten osalta tarkastelualueena on käytetty hankealuetta ja sen lähiympäristöä muutaman enemmillään kilometrin säteellä toiminnoista

(merituulivoimapuisto, vedyntuotanto, energiansiirtoreitit, meriläjitysalueet). Tehtyjen merialueen mallinnusten perusteella vaikutuksia voi ulottua pienessä määrin Ruotsin puolelle.

Kalastoon ja kalastukseen kohdistuvia vaikutuksia on tarkasteltu merituulivoimapuiston alueella ja rakentamisvaiheen samentumien leviämisalueella, joka pääosin rajoittuu puiston alueelle. Myös vedyntuotanto, energiansiirtoreitit ja meriläjitysalueet on huomioitu. Kaupalliseen kalastukseen kohdistuvien vaikutusten laajempaa alueellista merkitystä on myös arvioitu. Vaikutuksia kaupalliseen kalastukseen on arvioitu mm. tarkastelemalla olemassa olevien pyydyspaikkojen sijaintia suhteessa rakennettavaan tuulivoimapuistoon. Alueella tehtävien kalastoselvitysten perusteella on arvioitu hankkeen vaikutuksia kalojen kutualueisiin sekä vaellusreitteihin. Tarkastelussa on huomioitu myös rajat ylittäviä vaikutuksia.

Vaikutukset ***luontoon*** on arvioitu merituulivoimapuiston sekä suunniteltujen energiansiirtoreittien alueilla. Muuttolinnuston osalta on tarkasteltu hankealueen lisäksi sen läheisyydessä muuttavaa ***linnustoa***. Vaikutuksia on arvioitu ***suojelualueiden*** osalta, jotka sijaitsevat hankealueen läheisyydessä Suomen puolella, sekä joiden suojeluperusteisiin hankkeesta mahdollisesti arvioidaan kohdistuvan vaikutuksia. Linnuston osalta hankkeesta on arvioitu aiheutuvan rajat ylittäviä vaikutuksia.

Maa- ja kallioperään (pohjaolosuhteisiin) kohdistuvia vaikutuksia on tarkasteltu hankealueella sekä erityisesti rakennuspaikoilla, joille sijoittuu tuulivoimaloita tai muita rakenteita. Maa- ja kallioperään kohdistuvat vaikutukset ovat paikallisia, eivätkä ulotu Ruotsin puolelle.

Melun ja varjon vilkkumisen (välkkeen) vaikutuksia on tarkasteltu tuulivoimapuiston osalta siinä laajuudessa, kuin mallinnukset osoittavat hankkeesta vaikutuksia aiheutuvan. Vaikutusten tarkastelualue riippuu myös tuulivoimaloiden sijainnista suhteessa asutukseen ja muihin mahdollisiin herkkiin kohteisiin. Pientaajuisen melun vaikutuksia on arvioitu mallintamalla tasot lähimmissä mahdollisesti häiriintyvissä kohteissa. Myös vedenalaista melua on tarkasteltu mallinnuksen avulla. Melumallinnusalue kattaa rakennusalueen ja sitä ympäröivät merialueet niin kauas, ettei merkittäviä meluvaikutuksia enää havaita. Vaikutusten arvioinnissa on huomioitu lisäksi vedyntuotanto ja energiansiirto sekä rakentamisen aikainen meriläjitys. Melu- ja välkevaikutukset eivät ulotu Ruotsin puolelle lähimpiin häiriintyviin kohteisiin.

Ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu sillä alueella, jolle hankkeen mahdolliset merkittävät vaikutukset (esim. rakentamisen aikana liikenteestä aiheutuva häiriö ja toiminnan aikana maisemavaikutukset) ulottuvat. Ihmisten elinoloihin ei arvioida kohdistuvan rajat ylittäviä vaikutuksia.

Elinkeinoihin (esim. kaupallinen kalastus) kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu hankealueella sekä alueella, johon hankkeen mahdolliset vaikutukset, kuten maisema- ja vesistövaikutukset ulottuvat. Lisäksi on huomioitu lähiseudulla sijaitsevat muut merkittävät kohteet, joihin hankkeella voi olla elinkeinoihin kohdistuvia vaikutuksia, kuten matkailupalvelut. ***Talouteen*** kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu paikallisella, kansallisella sekä globaalilla tasolla huomioiden muun muassa työllisyysvaikutukset ja paikallisten palveluiden ostot.

4.3 Hankkeessa tehdyt selvitykset

Hankkeen ympäristövaikutusten arviointityön osana tehtiin vuosien 2021–2024 aikana seuraavat selvitykset tukemaan olemassa olevaa aineistoa (suluissa oleva liitenumero viittaa Hallan kansallisen YVA-selostuksen liitteisiin, jotka ovat suomeksi saatavilla ympäristö.fi - sivuilta www.ymparisto.fi/hallamerituulivoimaYVA; kansainvälisen kuulemisen tiivistelmän eli tämä asiakirjan liitteet on listattu asiakirjan alussa erikseen):

- Kasvillisuus- ja biotooppiselvitykset merellä (vedenalaisen luonnontilan arviointi olemassa olevan datan pohjalta, selvitys vedenalaisista biotoopeista) (kansallisen YVA-selostuksen liite 4)
- Kalasto- ja kalastusselvitykset (kansallisen YVA-selostuksen liite 7, 8, 10)
- Linnustoselvitykset merellä ja rantautumisalueilla
- Sedimentti- ja pohjaeläinkartoitus (kansallisen YVA-selostuksen liite 5)
- Virtaus- ja vedenlaatumittaukset merialueella (kansallisen YVA-selostuksen liite 2)
- Hydrodynamiikka, rakentamisen aikaisen sedimentin ja vedyntuotantoon liittyvän suolaveden leviämisen mallinnus (tämän asiakirjan liite 3)
- Näkymäalueanalyysi (tämän asiakirjan liite 2)
- Maisemavaikutusten havainnollistaminen valokuvasovittein (tämän asiakirjan liite 2)
- Maanpäällisen melun melumallinnus (kansallisen YVA-selostuksen liite 20)
- Vedenalaisen melun mallinnus (tämän asiakirjan liite 4)
- Välkemallinnus / varjon vilkkumismallinnus (kansallisen YVA-selostuksen liite 21)
- Asukaskysely (kansallisen YVA-selostuksen liite 9)
- Natura-tarvearviointi (kansallisen YVA-selostuksen liite 13)
- Natura-arviointi (kansallisen YVA-selostuksen liite 12 ja 27)
- Meriliikenneselvitys (tämän asiakirjan liite 5)
- Merenkulun riskinarviointi (tämän asiakirjan liite 6, 7 ja 8)
- UXO- eli räjähtämättömien ammusten selvitys (kansallisen YVA-selostuksen liite 15)
- Riskimatriisit: vedyntuotanto ja varastointi, merituulivoimapuisto (kansallisen YVA-selostuksen liite 22, 23, 28)
- Kasvihuonekaasulaskenta (kansallisen YVA-selostuksen liite 14)

Edellä mainittujen yhteydessä selvitettiin osin linnustoselvitysten yhteydessä sekä nykytilatietoon perustuen selvitettiin merinisäkkäiden populaatioita hankealueella. Meriarkeologia- ja kulttuuriperintöselvitys tehtiin YVA-selostusvaiheessa nykytilatietoon perustuen ja sitä täydennetään ennen vesilupavaihetta merenpohjan kartoituksilla tarvittavalla tarkkuudella vesistörakentamisen kohdealueilta.

4.4 Haittojen lieventäminen ja vaikutusten seuranta

Arviointityön aikana selvitetään mahdollisuudet ehkäistä ja rajoittaa hankkeen haittavaikutuksia suunnittelun ja toteutuksen keinoin. Selvitys lieventämistoimenpiteistä esitetään arviointiselostuksessa.

Ympäristönsuojelulain mukaan toiminnanharjoittajan on oltava selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista. Vaikutusten selvittämisen yhteydessä laaditaan arviointiselostukseen ehdotus ympäristövaikutusten seurantaohjelman sisällöksi. Seurannan tavoitteena on:

- tuottaa tietoa hankkeen vaikutuksista
- selvittää, mitkä muutokset ovat seurauksia hankkeen toteuttamisesta
- selvittää, miten vaikutusten arvioinnin tulokset vastaavat todellisuutta
- selvittää, miten haittojen lieventämistoimet ovat onnistuneet
- käynnistää tarvittavat toimet, jos esiintyy ennakoimattomia, merkittäviä haittoja.

Yksityiskohtaisempi ympäristövaikutusten tarkkailuohjelma esitetään vesitalouslupahakemuksen yhteydessä myöhemmin.

5 Merituulivoimapuiston tekninen kuvaus

5.1 Suunnitteluperusteet

Hallan merituulivoimapuisto sijaitsee ulkomerellä Suomen talousvyöhykkeellä lähimmillään noin 23 kilometriä Hailuodosta länteen. Merituulivoimapuistoa lähinnä olevat paikkakunnat mantereella ovat Siikajoki (n. 30 km), Raahe (n. 35 km) ja Oulu (n. 65 km) (Kuva 5-1 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 8-7). Merituulivoimapuiston kokonaisteho on noin 2,4–3 GW.

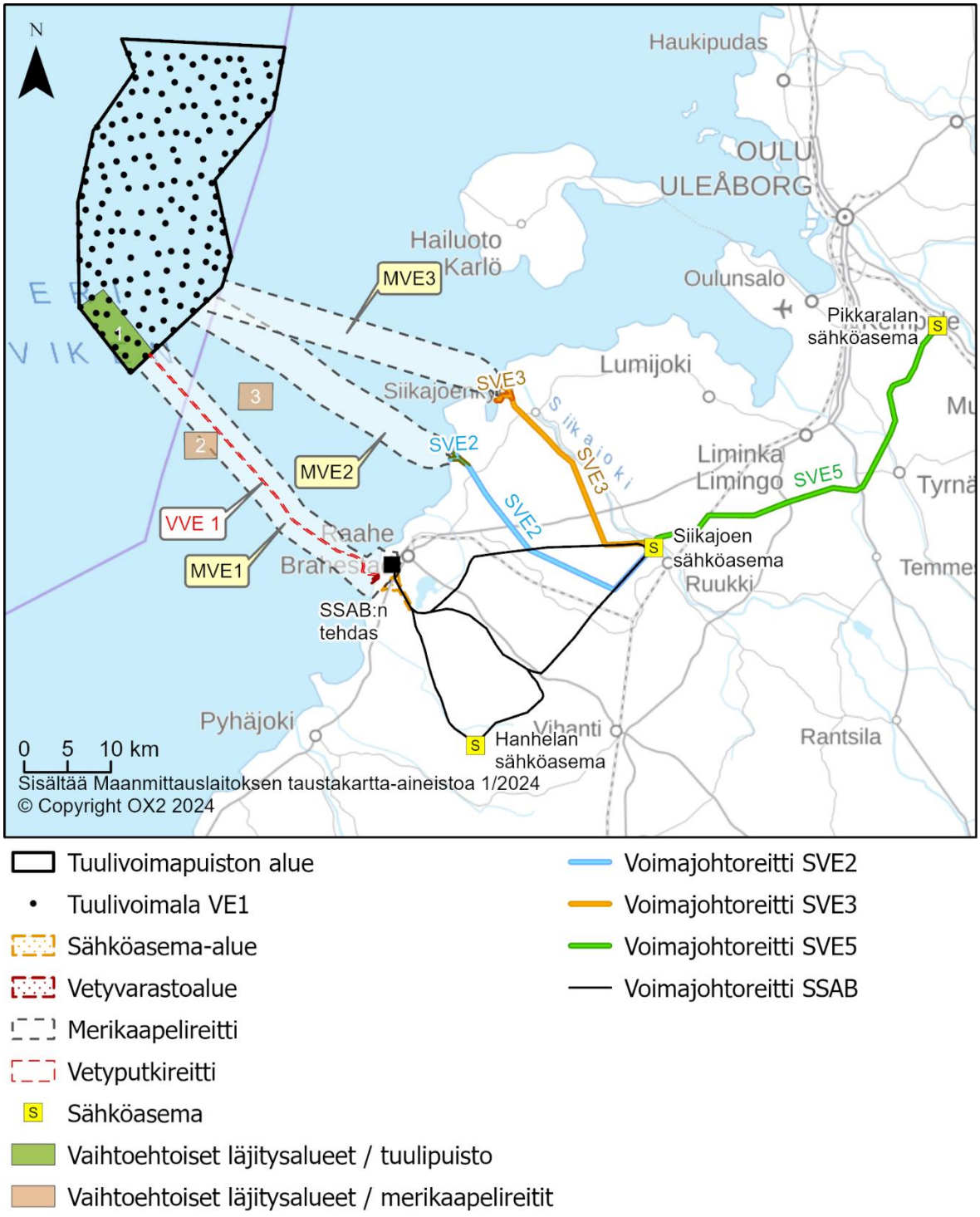
Merituulivoimapuisto koostuu enintään 160 meriperustuksille asennettavasta tuulivoimalasta (VE1, Kuva 5-1) (VE2: 120 tuulivoimalaa, Kuva 1-2). Tuulivoimaloiden kokonaiskorkeus merenpinnasta on enintään 370 metriä ja voimaloiden välinen etäisyys päätuulensuunnassa yli 2 kilomeriä. Muissa suunnissa voimaloiden 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 5-1 ja Kuva 1-2).

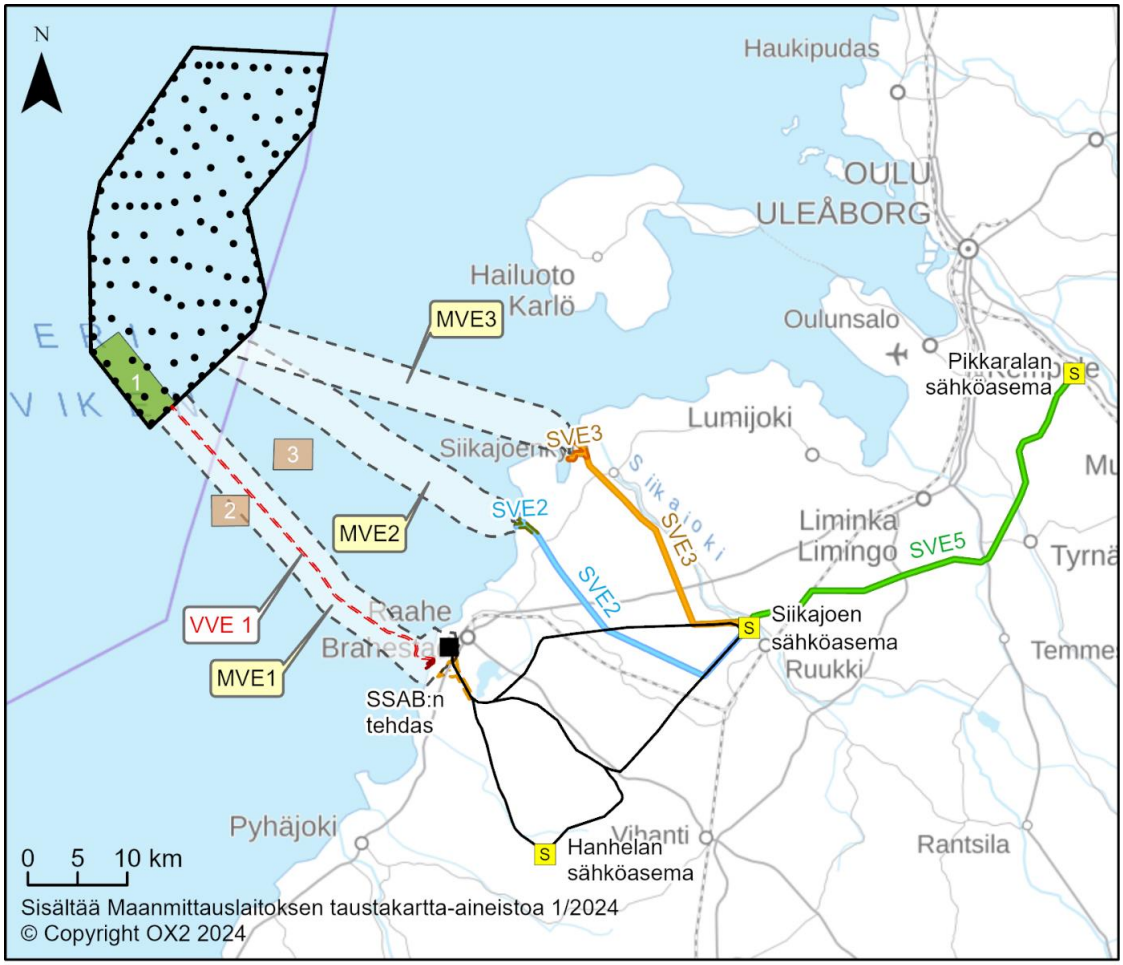
Hankkeessa voidaan tuottaa merellä myös vetyä. Vetyä voidaan tuottaa joko keskitetyillä vetyasemilla (enintään 3–8 asemaa tuulivoimapuiston alueella), tai kunkin merituulivoimalan tornin alaosaan asennettavalla yksiköllä. Vedyn siirto mantereelle tapahtuu vetyputkella, jolle on yksi reittivaihtoehto (VVE1). Reitti noudattelee samaa käytävää kuin merikaapelireitti MVE1. Vetytaloutta on käsitelty tarkemmin luvussa 6. **Hankkeen molemmissa vaihtoehdoissa (VE1 ja VE2) tuotetaan joko sähköä tai vetyä, tai mahdollisesti molempia esim. 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).

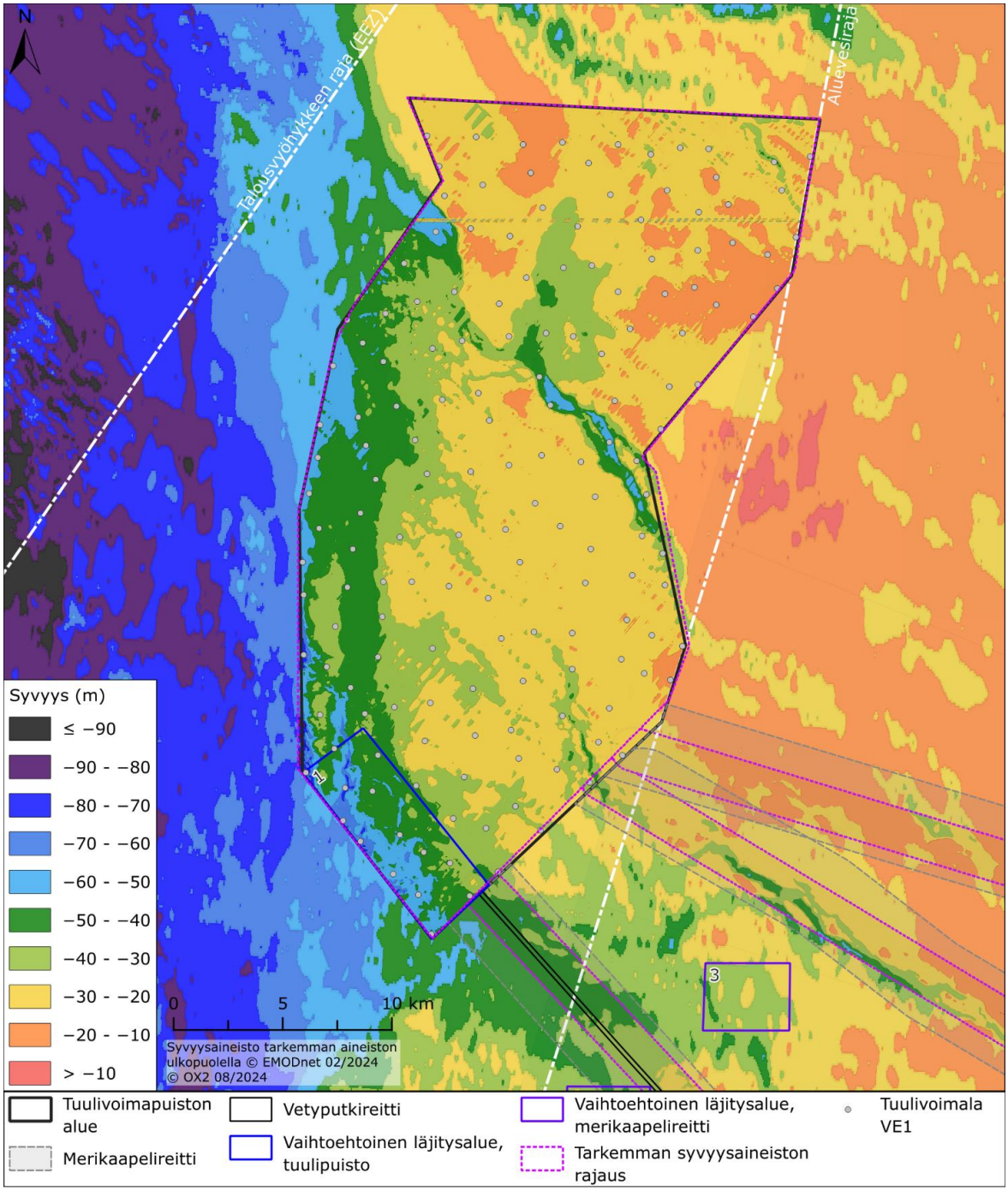
Eri vaikutusten muodostumisen osalta merituulivoimassa vaikutuksen aiheuttaja vaihtelee vaikutustyypeittäin. Esimerkiksi voimalateho on harvassa vaikutustyypissä määrittävä tekijä. Sen sijaan vaikutuksia muodostuu enemmän esimerkiksi voimaloiden ulkoisiin mittoihin, sijaintiin, voimalan lähtööänitasoon 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.



Kuva 5-1. 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.



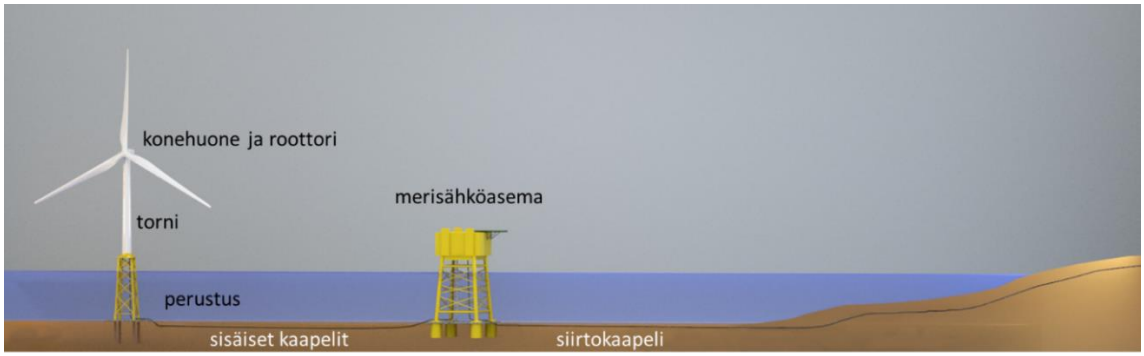
Kuva 5-2. Hankealueen sijainti. Tuulivoimapuiston aluerajaus (VE2, 120 tuulivoimalaa, pinta-ala on enintään 550 km^2), merikaapelireitit, vetyputkireitti, läjitysalueet sekä sähkönsiirtoreitit mantereella. SSAB:n voimajohtoreittejä ei arvioida tässä Hallan YVA-menettelyssä, ne on arvioitu aiemmin läpikäydyssä SSAB:n YVA-menettelyssä. Kartalla esitetyt merikaapelireitit ovat 4 kilometriä levyisiä alueita, joiden sisälle lopulliset suunnittelun myötä tarkentuneet merikaapelilinjaukset sijoittuvat. Rantautumiskohdissa kaapelireitit ovat kapeampia.



Kuva 5-3. Merituulivoimapuiston syvyystiedot.

Merituulivoimapuisto koostuu tuulivoimaloista, jotka on asennettu merenpohjaan eri tavoin kiinnitettyihin perustuksiin ja sisäisistä kaapeleista, jotka liittävät tuulivoimalat toisiinsa. Kaapelit ovat 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, esimerkiksi jännitteen nostamiseksi korkeammalle tasolle, jotta sähkö saadaan siirrettyä tehokkaasti (Kuva 5-4) (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 voimajohdolla aina kantaverkon liityntäpisteeseen asti.



Kuva 5-4. Esimerkki tuulivoimapuiston eri osista (OX2 2021).

5.2 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.

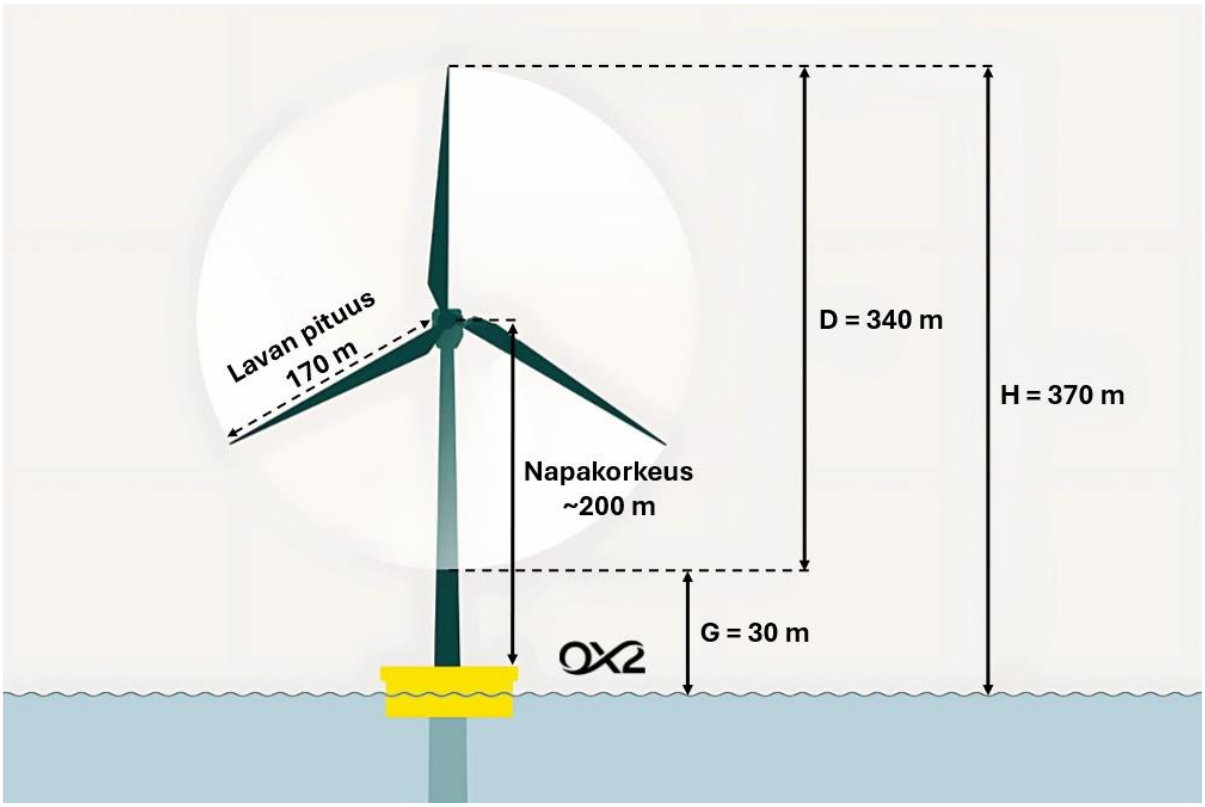
Tuulivoimalat alkavat tuottaa sähköä tuulen nopeuden ollessa noin 3 m/s ja saavuttavat maksimituotannon tuulen nopeuden ollessa 10–14 m/s. Tuulivoimalat tuottavat sähköä tuulen nopeuden ollessa korkeintaan noin 30 m/s. Voimalat on suunniteltu menemään automaattisesti pois tuotannosta tuulen nopeuden 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 merituulivoimaloita. Tähän mennessä tapahtuneen kehityksen ja valmistajien ennusteiden perusteella tuulivoimalan tehon odotetaan vuonna 2030 olevan noin 25 MW. Oheisessa taulukossa (Taulukko 5-1) ja kuvassa (Kuva 5-5) on esitetty esimerkkejä tässä ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa arvioitavien merituulivoimaloiden mitoituksesta.

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

Hankkeesta aiheutuu tarvetta muokata merenpohjaa oheisen taulukon (Taulukko 5-2) 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 n. 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 5-2. 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*

5.2.1 Väri, merkintä ja valaistus

Tuulivoimaloiden tyypillinen väri tornit ja lavat mukaan lukien on vaaleanharmaa (esim. 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 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)

5.2.2 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 diesel-generaattori tai muu vastaava varavoimalähde.

5.3 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 5-6*).

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.



Kuva 5-6. 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).

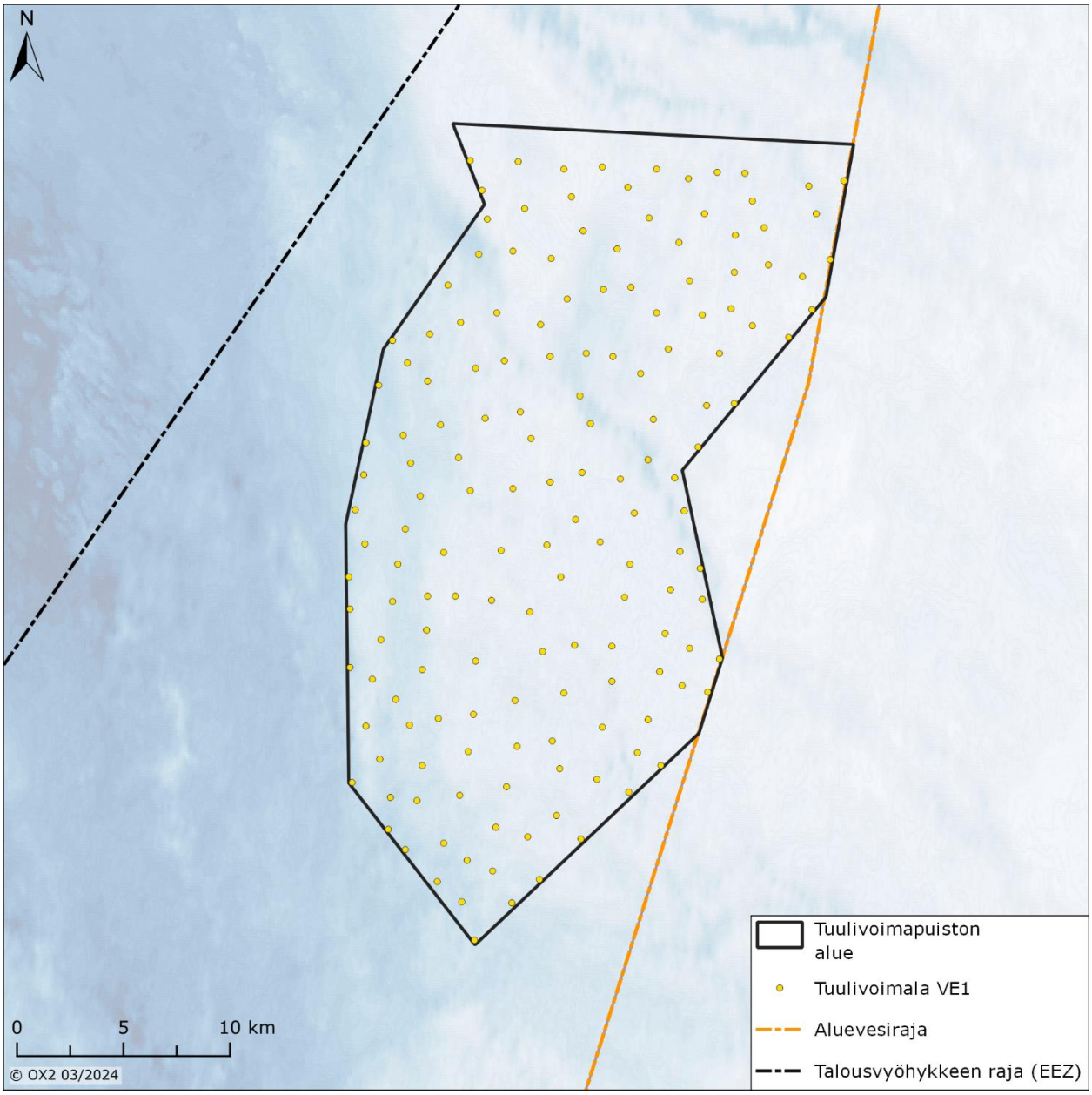
Monista osatekijöistä, kuten tuulivoimaloiden tarkasta sijainnista tuulivoimapuiston alueella, perustusten valinnasta sekä käytettävistä asennustekniikoista, päätetään seuraavissa vaiheissa yksityiskohtaisen suunnittelun edetessä. Tekninen kuvaus perustuu erilaisiin kuvauksiin nykyisin käytössä olevista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

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

5.4 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 5-7). Tuulivoimaloiden määrä ja sijoittuminen tarkentuu hankkeen suunnittelun edetessä.

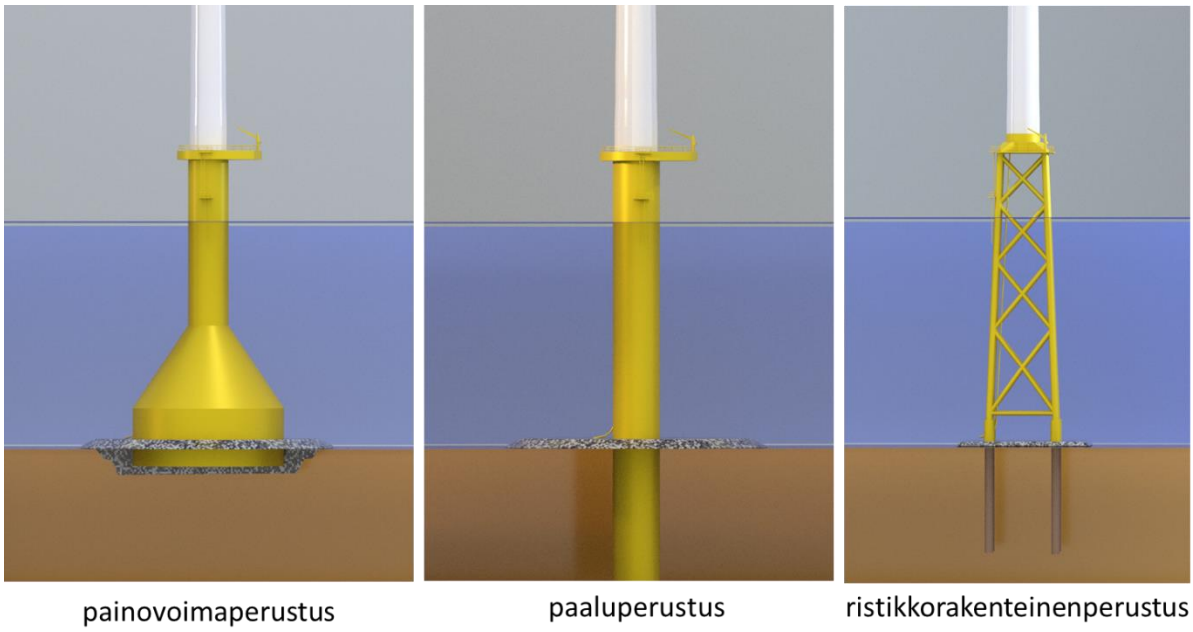


Kuva 5-7. Esimerkki Hallan merituulivoimapuiston 160 *tuulivoimalan sijoittelusta (VE1).*

5.5 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 5-8). 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.

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



Kuva 5-8. Esimerkkejä erilaisista kiinteistä perustuksista (OX2 2024).

5.5.1 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.

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

5.5.3 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.

5.5.4 Hybridiperustus / perustusten vaihtoehtoinen tai täydentävä ankkurointi

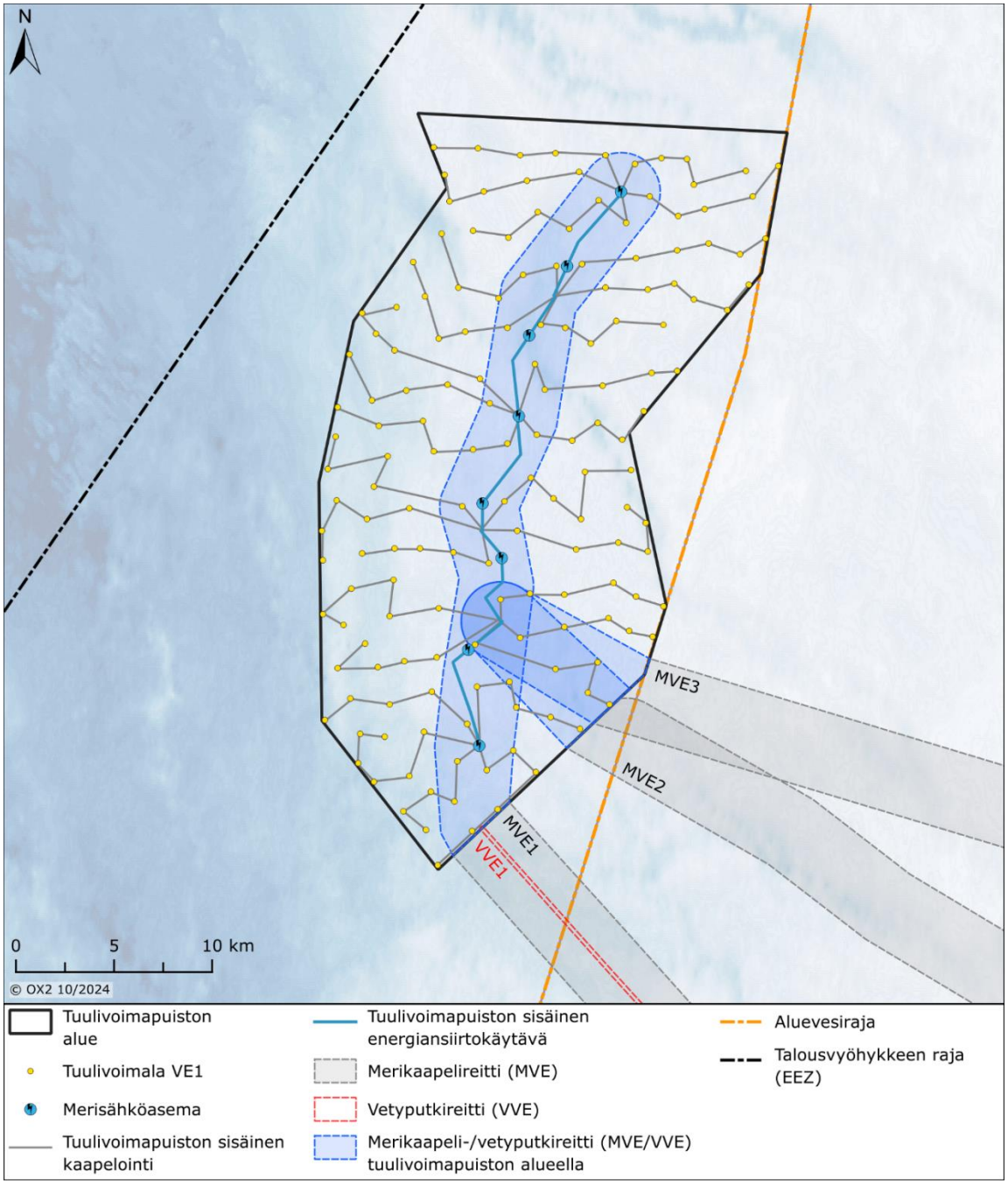
Hallan alueelle ja edellä kuvattujen vakioperustustyyppien yhteydessä voidaan harkita hybridiperustusten käyttöä ja täydentävää ankkurointia Pohjanlahden geologisten ja merijääominaisuuksien vuoksi. Hybridiperustuksissa yhdistellään edellä kuvattuja eri tekniikoita. Paalutettuun rakenteeseen voidaan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

5.6 Sähkönsiirto merituulivoimapuiston alueella ja tuulivoimapuistosta rannikolle

5.6.1 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 5-9).



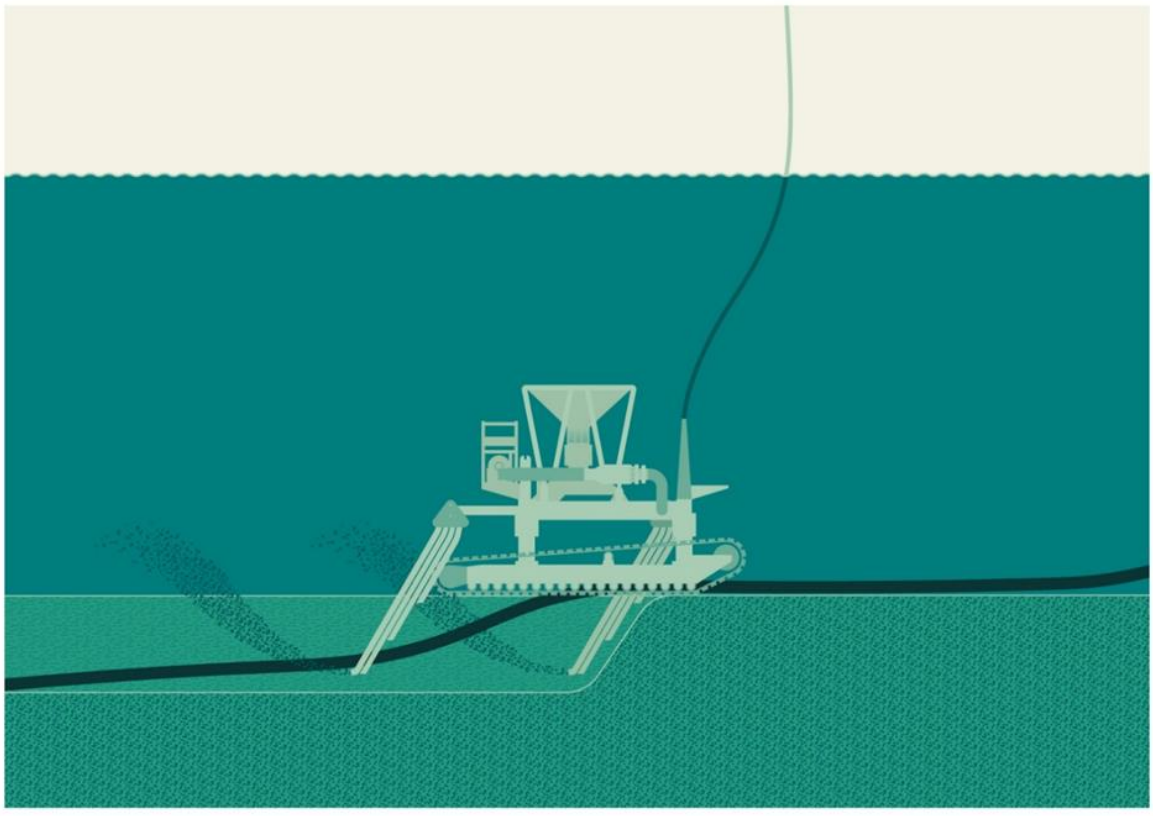
Kuva 5-9. Esimerkki tuulivoimapuiston sisäverkon kaapeloinnista. Esimerkissä on 160 tuulivoimalaa sekä käytössä 66 kV:n kaapelit ja kahdeksan merisähköasemaa/keskitettyä vedyn tuotantoasemaa. Merisähköasemia tullaan rakentamaan enintään 3–8 kappaletta.

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. 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 esim. alueen geologisista olosuhteista sekä tarvittavasta suojauksen tasosta. Tarvittavaa suojaustasoa koskeva analyysi (*Cable Burial Risk Assessment*, CBRA) tehdään hankkeen jatkosuunnittelun aikana.

5.6.1.1 Vesipainepuhallus

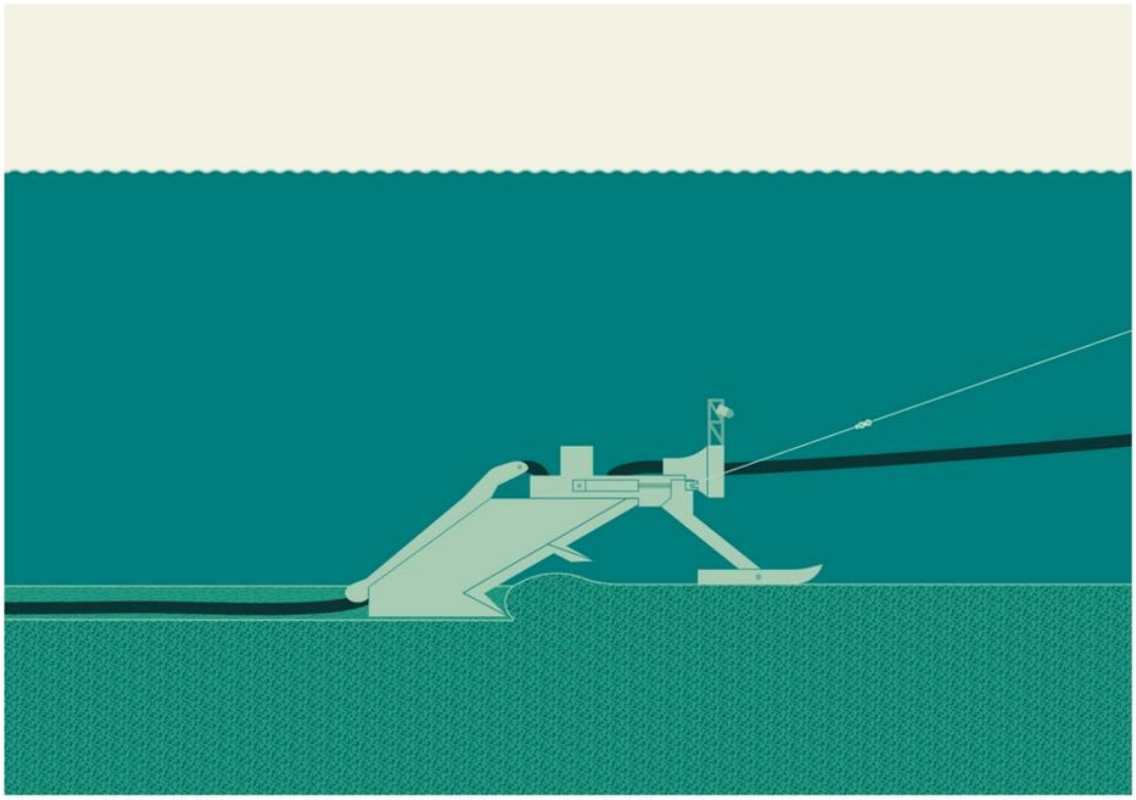
Kaapeleiden asennuksessa vesipainepuhallus on tehokas menetelmä alueilla, joilla on paksu kerros pehmeitä pintasedimenttejä, kuten silttiä ja hiekkaa. Tässä menetelmässä käytetään vesisuihkulla varustettua laitetta, kuten kauko-ohjattavaa alusta, joka suihkuttaa vettä korkealla paineella nesteyttäen sedimenttiä siten, että kaapeli uppoaa määriteltyyn syvyyteen seuraavan kuvan mukaisesti (Kuva 5-10). 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 5-10. Esimerkkikuva vesipaineasennuskoneesta. Huomaa, että kuva ei ole mittakaavassa (OX2 2024).

5.6.1.2 Auraus

Tässä menetelmässä kaapelit haudataan suoraan merenpohjaan aluksen hinaamaa auraa käyttäen seuraavan kuva mukaisesti (Kuva 5-11). 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 pystyinjektoria. Tekniikka sopii hyvin suhteellisen matalilla syvyyksillä tehtäviin asennuksiin, joissa on tarve asentaa kaapeli syvälle pohjaan.



Kuva 5-11. Esimerkkikuva aurakoneesta. Huomaa, että kuva ei ole mittakaavassa (OX2 2024).

5.6.1.3 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.

5.6.1.4 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 5-12) 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 esim. kaapelin pitämiseen paikoillaan tai vakauttamiseen erityisesti perustusten läheisyydessä.

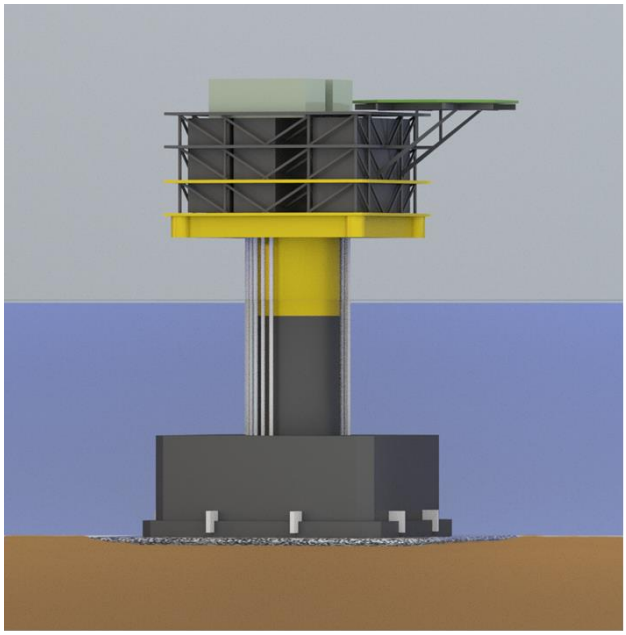


Kuva 5-12. Esimerkki kaapelin suojana käytettävästä betonipatjasta. (Subsea Protection Systems 2024).

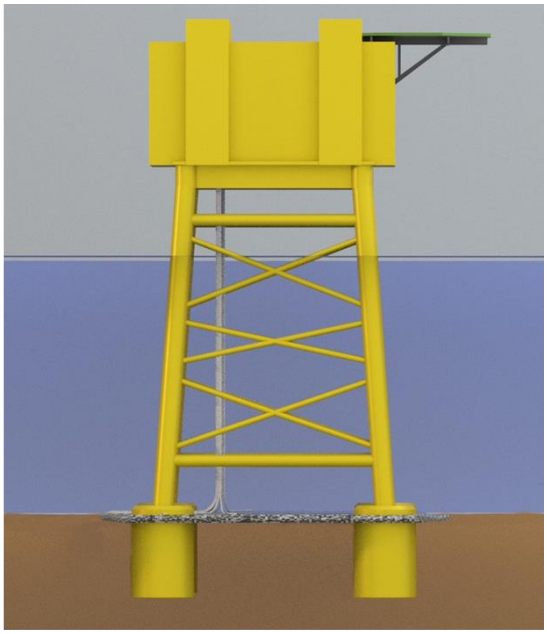
5.6.2 Siirtokaapeli ja merisähköasemat

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.

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 5-13) on esitetty merisähköaseman eri perustuksia, joita voivat olla esim. painovoimainen (gravitaatio) tai ristikkorakenteinen perustus. Seuraavissa kuvissa on esitetty esimerkkejä tyypillisistä merisähköasemista (Kuva 5-14 ja Kuva 5-15). 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.



merisähköaseman
painovoimainen perustus



merisähköaseman
ristikkorakenteinen perustus

Kuva 5-13. Esimerkkejä merisähköasemien perustuksista (OX2 2023).



Kuva 5-14. 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).



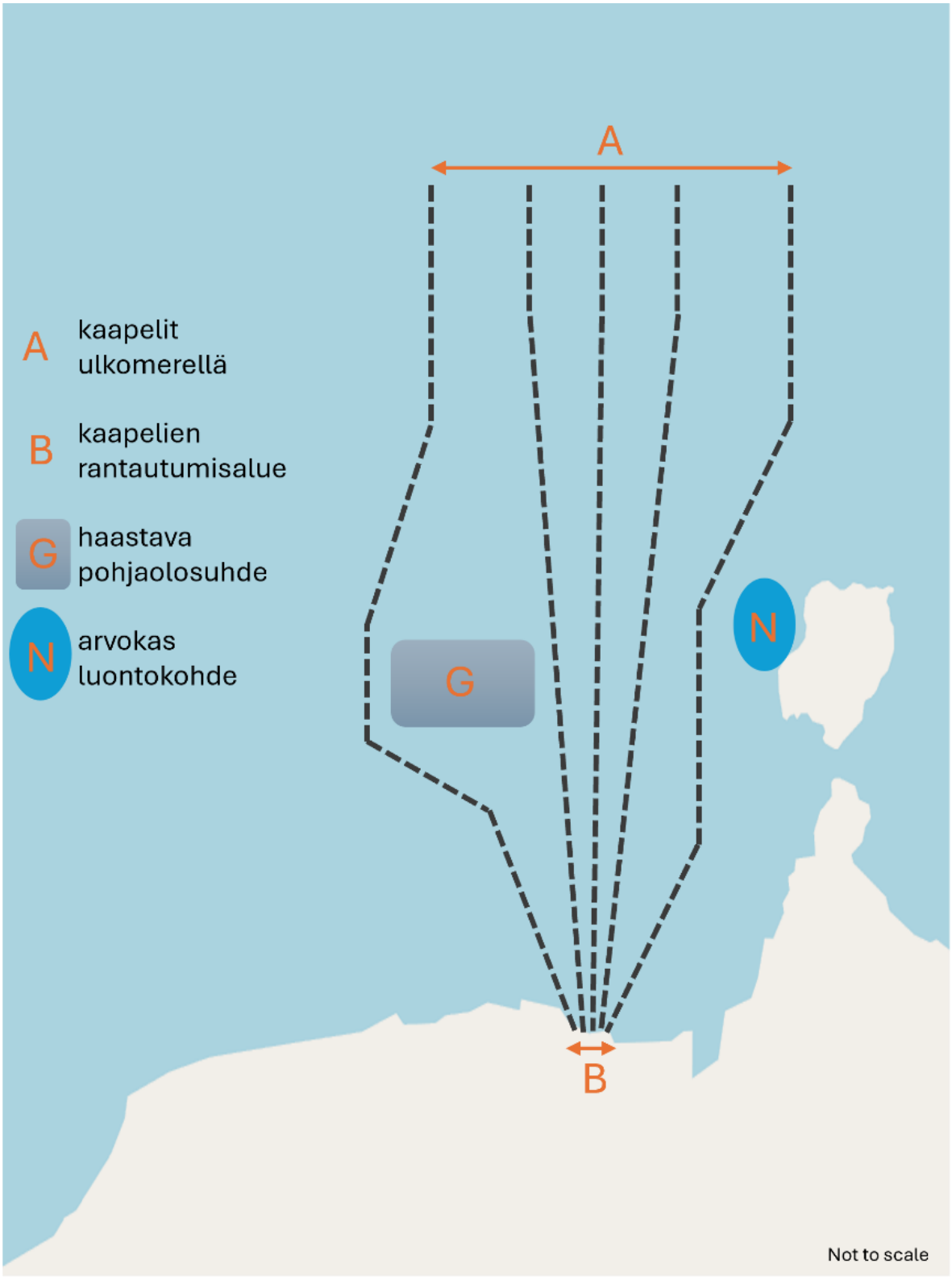
Kuva 5-15. HVDC HelWin Alpha, esimerkki itseasentuvasta asemasta, joka hinataan paikalleen ja nostetaan ylös nostojalkojen avulla. (Overdick-offshore 2024).

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 5-9) on esitetty esimerkki kahdeksan merisähköaseman ratkaisusta 160 merituulivoimalan hankkeessa. Merisähköaseman arvioitu painovoimaperustuksen koko on halkaisijaltaan enintään 71,5 m, 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, Pikkara ja Hanhela) eri reittivaihtoehtoja pitkin (Kuva 5-17). Vaihtoehtoiset reittikäytävät ovat merellä noin neljä kilometriä leveitä, mutta merenpohjassa olevalle yksittäiselle kaapelille tarvitaan vain noin kolmen metrin leveys kaivantoa varten (Kuva 5-16). Lopulliset merikaapeli- ja voimajohtoreitit päätetään YVA-menettelyn jälkeen jatkosuunnittelussa ja ne perustuvat teknisiin ja ympäristöllisiin näkökohtiin sekä Fingridin näkemykseen mahdollisista lopullisista liityntäpisteistä.

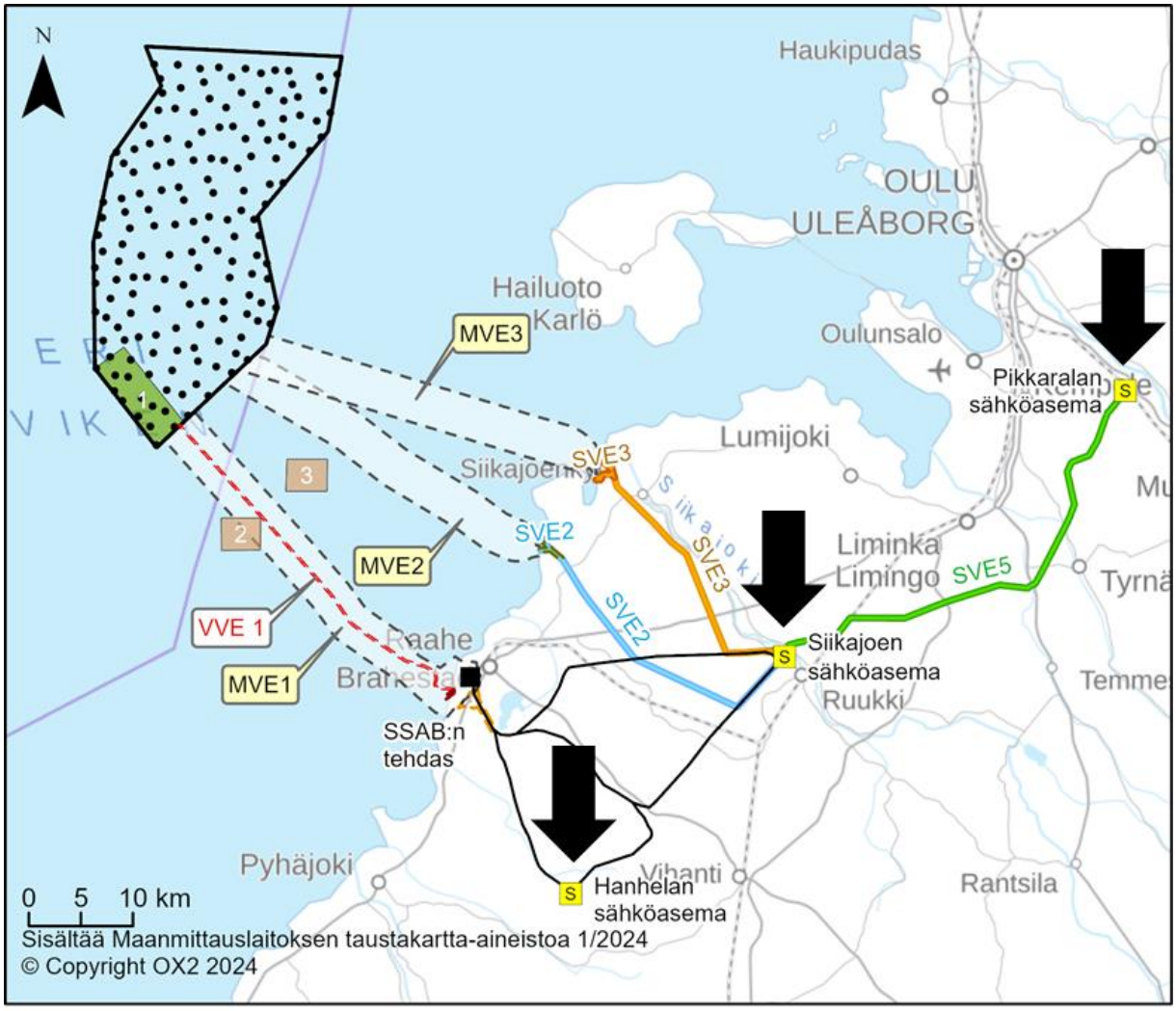
Hanke tarvitsee yhteensä enintään 10 siirtokaapelia tuulivoimapuistosta mantereelle riippuen valittavasta siirtokaapelityypistä ja hankkeen lopullisesta kokonaistehosta. Kaapelit tarvitsevat pohjaolosuhteista riippuen 50–300 metrin etäisyydellä toisistaan, jotta korjausalus pääsee turvallisesti toimimaan huolto- ja poikkeustilanteista, esim. 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 5-16) 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 5-2). 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.



Kuva 5-16. 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).

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 5-17). 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 suunnittelut liityntämahdollisuuksien lisäämistä Manner-Suomeen erityisesti merituulivoiman liittämiseksi ja yksi esitetyistä liityntäpisteistä sijaitsisi Raahen seudulla, mutta liityntäpisteen tarkempaa sijaintia ei ole tiedossa (Fingrid 2024a). Tarkempi kantaverkon liityntäpiste määritetään hankkeen edetessä yhteistyössä Fingridin kanssa.



Kuva 5-17. Fingridin olemassa olevat ja suunnittelemat kantaverkon liityntäpisteet Hallan merituulivoima-hankkeen läheisyydessä, osoitettu mustilla nuolilla.

5.7 Merituulivoimapuiston ja sähkönsiirron rakentaminen

Rakentamisvaihe käsittää ne vaiheet, jotka liittyvät rakentamisen valmisteluun (esim. 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 m 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.

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 esim. 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 esim. 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. Tuulivoimapuistosta tulevat merikaapelit tuodaan rantaan valitulla rantautumisalueella.

Tornit, nasellit ja lavat kuljetetaan rakennussatamaan rahtialuksilla. Tuulivoimaloiden asentaminen suoritetaan jack-up aluksella (Kuva 5-18) tai muulla asentamiseen soveltuvalla aluksella. Varsinaisen asennusaluksen tukena toimii kaksi pienempää henkilökuljetusalusta sekä tarvittaessa nostoissa avustava helikopteri (rakentamisen tilatarve ja aikataulutus luvussa 5.7).



Kuva 5-18. Merituulivoimalan asennus jack-up aluksella (COWI 2021).

5.7.1 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 esim. luotaamalla, sedimenttinäytteillä (esim. 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.

5.7.2 Meriperustusten ja tuulivoimaloiden asentaminen sekä kaapelointi

5.7.2.1 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 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 5-2). 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 5-2).

Siirtokaapelin vaatimien ruoppausmäärien arvioidaan olevan enimmillään 1 200 000 m^3 (Taulukko 5-2).

5.7.2.2 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.

5.7.2.3 Tuulivoimapuiston sisäiset kaapelit ja siirtokaapelit

Tuulivoimapuiston sisäiset kaapelit ja siirtokaapelit lasketaan siihen soveltuvalta kaapelialukselta. Kaapeleiden asennustyöt tehdään erikseen siihen soveltuvalla kaapelia laskevalla aluksella sekä rakentamistyötä tukevalla pienemmällä aluksella.

5.7.3 Hankkeen rakentamisessa tarvittava murske ja maa-aines

Hankkeen rakentamisessa tarvitaan huomattava määrä mursketta ja maa-ainesta esim. voimaloiden perustusten ja merikaapeleiden suojaamista varten. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 5-3) 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 5-3) on kuitenkin esitetty myös arvio tilanteelle, jossa merikaapelit tai vetyputki suojataan koko matkalta.

Taulukko 5-3. 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 m) (yhteensä 10 merikaapelia)	563 000
Merikaapeleiden suojaaminen (koko kaapelin pituudelta) (yhteensä 10 merikaapelia)	1 370 000

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 km) 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.

5.7.4 Sedimenttien läjittäminen

5.7.4.1 Meriläjitys

Hallan merituulivoimapuisto alustavat meriläjitysaluevaihtoehdot (Kuva 5-1) 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 mitä arvioidaan hankkeen koko läjitystarpeen olevan (ks. läjitysalueet 1, 2 ja 3: Kuva 5-1 ja Taulukko 5-2). 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 m 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 5-1 ja Taulukko 5-2).

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

Kiintoaineen ja sameuden leviämistä on käsitelty tarkemmin luvussa 9.3. Kiintoaineen ja sameuden leviämisen mallinnuksessa (Niras 2023, 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 5.7.

5.8 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 esim. nostoaluksia sekä helikoptereita. Jääolosuhteiden takia huoltotöiden aikana voidaan tarvita esim. 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 esim. huolto- ja kunnossapidon yhteydessä. Pääasiassa jätettä syntyy esim. eri öljyjen vaihdoista, joista arvioidaan syntyvän jäteöljyjä noin 600–1 000 litraa per voimala vuosittain. Jätettä voi syntyä myös esim. 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.

5.9 Merituulivoimaloiden ja merikaapeleiden käytöstä poisto

Merituulivoimapuiston toiminnan päättämisessä 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 esim. 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 päättämisen 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.

5.10 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 9.16.

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 9.10.2. Onnettomuuksia merituulivoimapuiston ja muun meriliikenteen välillä pyritään ehkäisemään jo ennakkoon hyvällä merenkulun huomioivalla suunnittelulla ja yhteistyöllä liikenneviranomaisten kanssa jo hankkeen kehitysvaiheessa.

6 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 5-1). Reittivaihtoehtoja vetyputkelle on vain yksi (VVE1) ja se noudattelee samaa reittiä kuin sähkönsiirron vaihtoehto MVE1.

6.1 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 5-9), tai kunkin merituulivoimalan tornin alaosaan (maksimissaan 160 voimalaa) asennettavalle tasolle.

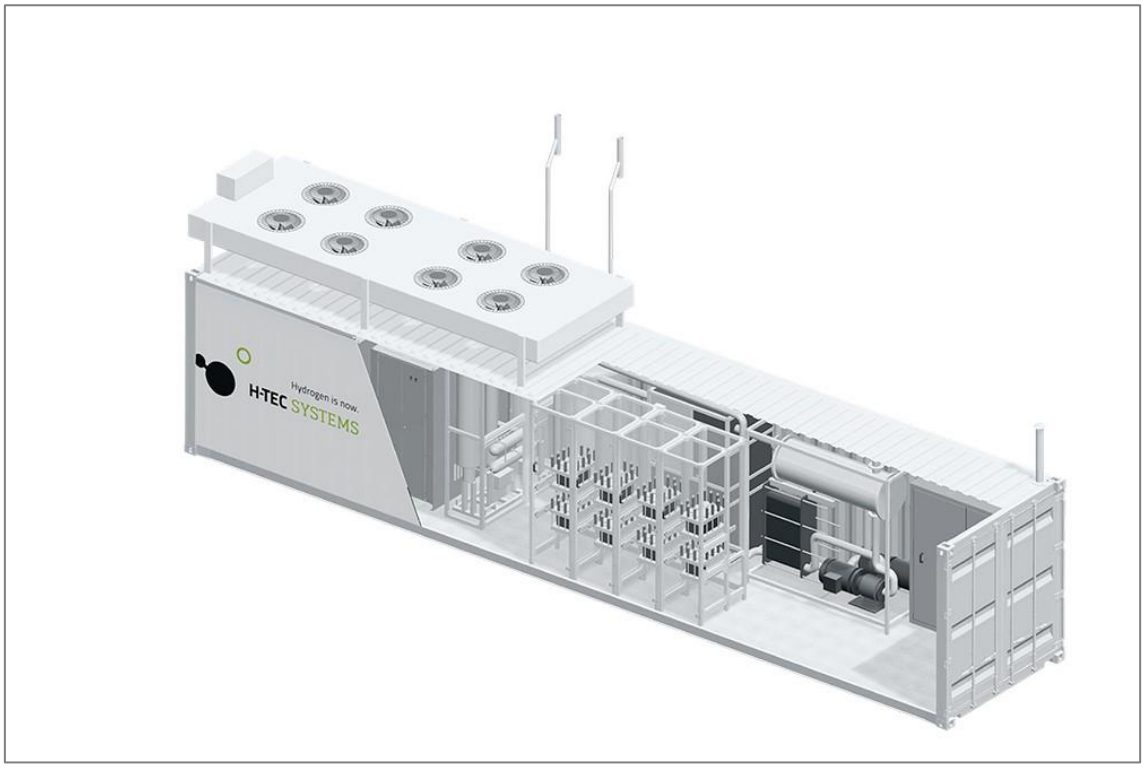
Eri vaikutusten muodostumisen osalta merituulivoimassa vaikutuksen aiheuttaja vaihtelee vaikutustyypeittäin. Esimerkiksi voimalateho on harvassa vaikutustyypissä määrittävä tekijä. Sen sijaan vaikutuksia muodostuu enemmän esimerkiksi voimalan ulkoisiin mittoihin, sijaintiin, tuulivoimalan lähtöäänitasoon 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.

6.2 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.

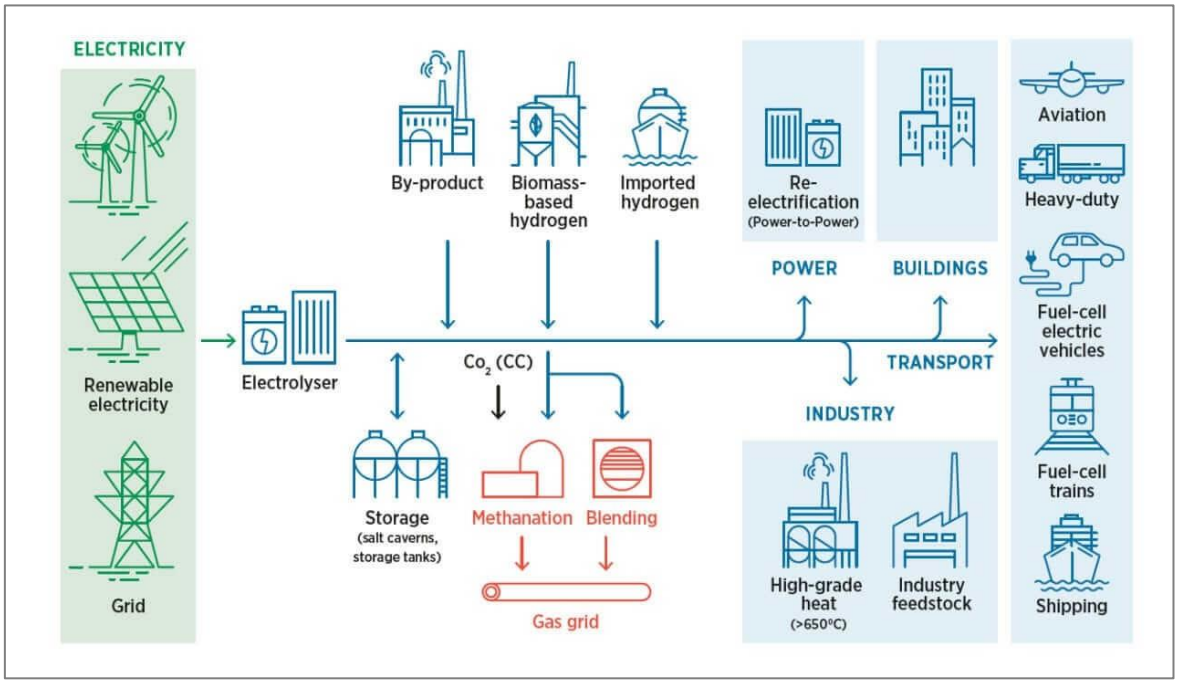
Vetymolekyyli koostuu kahdesta vetyatomista ja sen kemiallinen merkki on H_2. Vety on yleisin ja kevyin alkuaine. Huoneenlämmössä ja normaalipaineessa vety on kaasua ja se tiivistyy nesteeksi vasta hyvin matalissa lämpötiloissa (-253 °C). Vety on erittäin helposti syttyvää. Vety palaa puhtaasti ilman 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 6-1) 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.



Kuva 6-1. 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 esim. autojen käyttövoimaksi tai syöttää verkkoon, kuten seuraavassa kuvassa on esitetty (Kuva 6-2). Polttokennossa vety ja happi reagoivat hallitusti muodostaen sähköä, vettä ja lämpöä.



Kuva 6-2. Vedyn arvoketju sähköstä loppukäyttäjälle (Sadeq ym. 2024).

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.

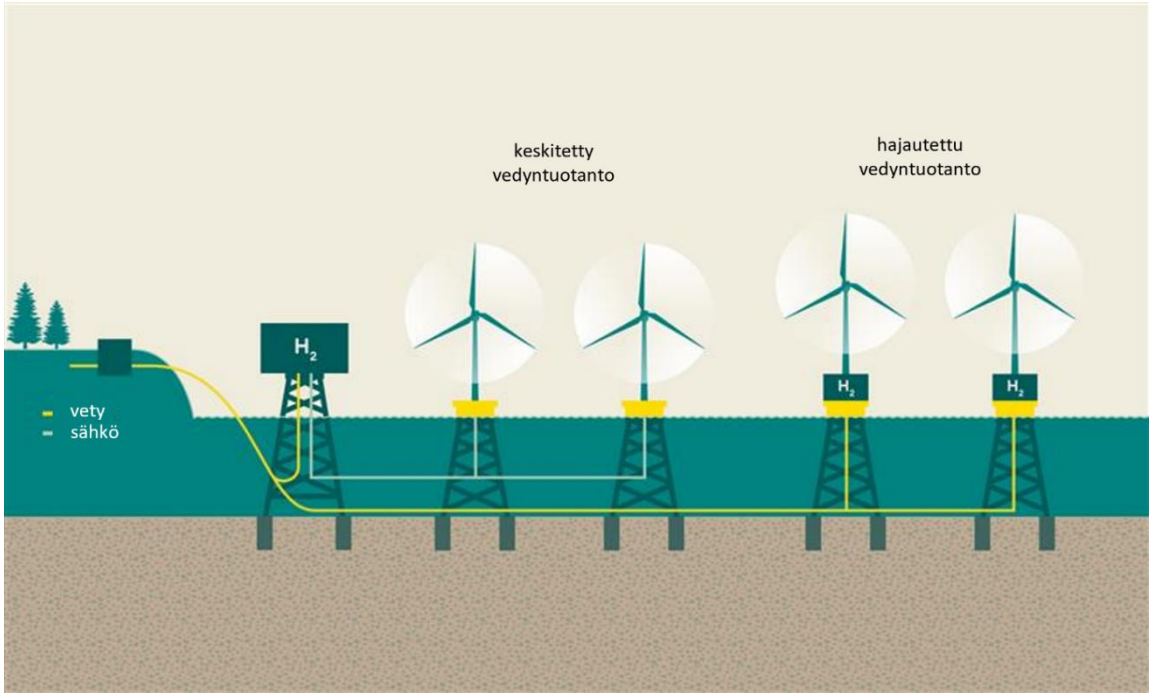
Aikamme suuri haaste on hallita energianhuoltoa samalla, kun fossiilisista polttoaineista luovutaan vähitellen. Monet ovat yhtä mieltä siitä, että ”vihreällä” vedyllä voisi olla keskeinen rooli siirryttäessä fossiilista polttoaineista uusiutuviin energialähteisiin ja kestäviin energiajärjestelmiin. Siksi 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 esim. tuulivoiman lisäämistä energiajärjestelmään, sillä tuulivoima tuottaa vaihtelevan määrän sähköä sen mukaan, kuinka tuulista on. Vetyvarastot voivat varastoida suuremman energiamäärän pidemmäksi ajaksi kuin akut.

6.3 Vedyn tuotannon yleiskuvaus

Hallan merituulivoimahankkeessa on mahdollista toteuttaa kaksi erilaista tuotantotapaa, jotka on koottu alle sekä esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 6-3).

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



Kuva 6-3. 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 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 (Taulukko 6-1) on esitetty arvioita Hallan merituulivoimapuiston vedyn tuotantomääristä sekä tarvittavista raaka-aineista ja muodostuvista suola- ja lämpökuormista.

Taulukko 6-1. 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 6 030 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 6-2) 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 5-2). 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 6-2. Hankkeen vedyn tuotannon ja -siirron enimmäismäärät ja niistä aiheutuvan pohjan muokkauksen pinta-alat ja ruoppausmäärät. Meriläjitysalueiden vaatima pinta-ala on esitetty taulukossaTaulukko 5-2.

Hankkeen toiminto	**Enimmäismäärä (kpl) Enimmäispituus (m)**	**Tarvittava pohjan muokkauksen pinta-ala (ha)**	**Tarvittava ruoppausmäärä (m^3)**
Tuulivoimalat (hajautettu vedyn tuotanto)	160 kpl	25,5 (paino-voimaperustus)	2 500 000 **–** 3 000 000 (paino-voimaperustus)
Keskitetty vedyn tuotanto	8 kpl	3,2 (paino-voimaperustus)	(sisältyy tuulivoimalat -arvioon)
Hankealueen sisäinen vetyputki (hajautettu vedyn tuotanto)	160 kpl 315 000 m	110	(sisältyy tuulivoimalat -arvioon)
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 6.4

6.3.1 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 kuvassa Kuva 6-4 on esitetty. Vedyn tuotanto ei muuta voimalan perustuksen kokoa. Vety johdetaan putkistojen avulla keskitettyyn paikkaan tuulivoimapuistossa, josta päävientiputken kautta vety siirretään mantereelle.



Kuva 6-4. Esimerkki vedyntuotannosta merituulivoimalan tornin alapäässä (Siemens-Gamesa 2021).

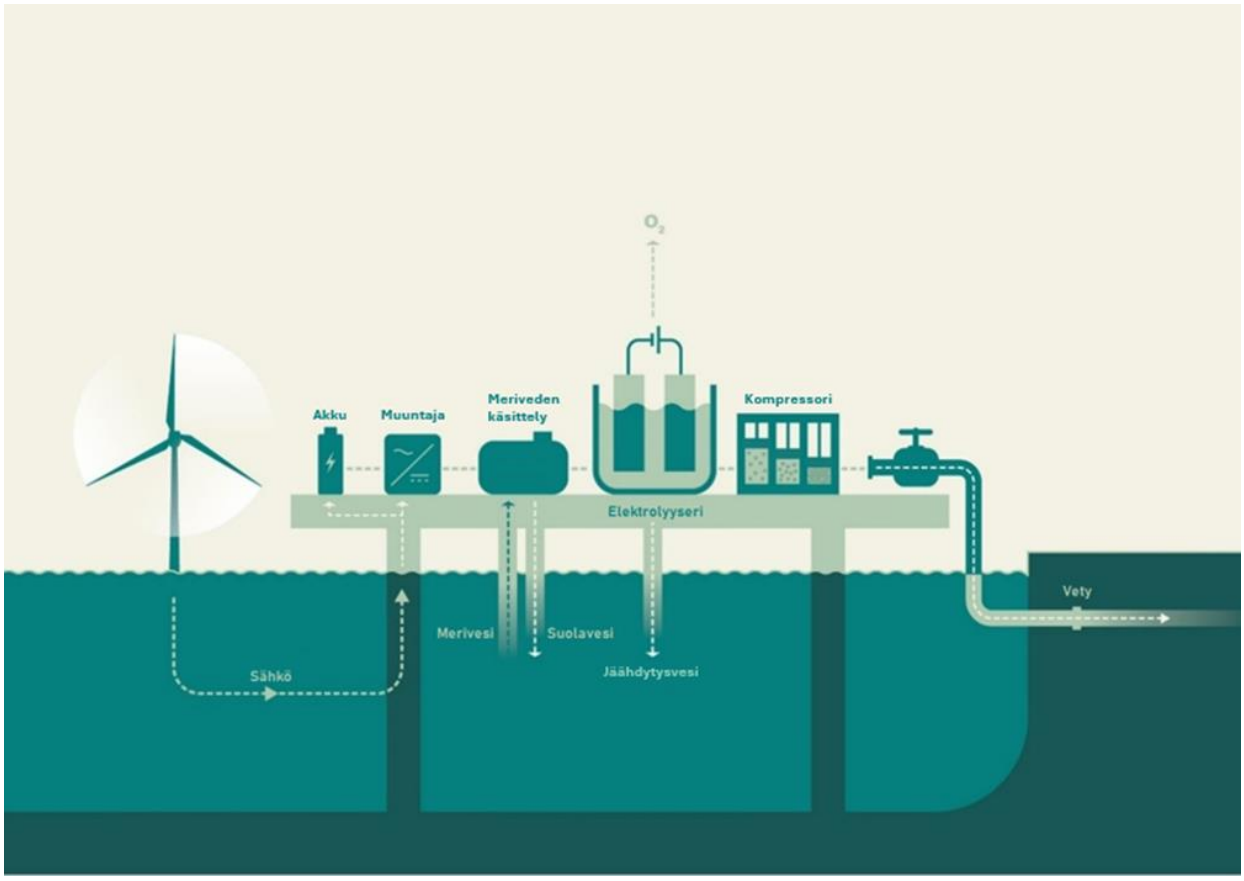
6.3.2 Vedyn tuotanto keskitetysti tuulivoimapuistoalueella sijaitsevalla asemalla

Hallan tuulivoimapuisto vaatisi noin 3–8 keskitettyä vedyntuotantoasemaa (asemien sijainti ks. Kuva 5-9). Vedyntuotantoaseman perustuksen koko vastaa merellä sijaitsevan sähköaseman perustusta. Aiemmin esitetyissä kuvissa on havainnollistettu esimerkkejä tyypillisistä merisähköasemista (Kuva 5-14 ja Kuva 5-15), jotka vastaavat rakenteiltaan keskitettyä vedyntuotantoasemaa.

6.4 Vedyn valmistus elektrolyysillä

6.4.1 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 6-5), jotka edelleen koostuvat useista kennoista. Kukin kenno koostuu pelkistetysti anodista, katodista ja elektrolyytistä.



Kuva 6-5. 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.

6.4.2 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 6-3).

Taulukko 6-3. 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 esim. 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.

6.4.3 Vedentarve ja -käsittely

Elektrolyysiin tarvitsee vuosittain noin 4 miljoonaa kuutiometriä (milj. m^3) merivettä, josta prosessiveden tarve on noin 2 milj. m^3 tuulivoimapuiston tuottaessa pelkästään vetyä (Taulukko 6-1). 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 6.4.4

6.4.3.1 Meriveden puhdistaminen

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

Vesien käsittely koostuu yleensä useammasta välivaiheesta, joista ensimmäisessä poistetaan esim. 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.

6.4.3.2 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. Poistettava suolan määrä riippuu esimerkiksi paikallisesta meriveden laadusta (kuten suolapitoisuudesta).

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

6.4.4 Jäähdytys

Elektrolyysiprosessissa syntyy lämpöä ja käyttölämpötilan optimoimiseksi laitteistoa tulee jäähdyttää esim. vesi- että 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.

6.4.5 Happi

Elektrolyysiprosessi tuottaa vedyn lisäksi myös happea. Happea tuotetaan arvioltaan enimmillään noin 1 700 000 tonnia vuosittain (Taulukko 6-4). Elektrolyysiprosessissa syntyvä happi arvioidaan johdettavan ilmakehään, mutta hapen talteenottoa ja sen käyttökohteita tutkitaan hankkeen suunnittelun edetessä.

Taulukko 6-4. 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

6.4.6 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.

6.4.7 Vedyn tuotantolaitosten toiminta, huolto ja kunnossapito

Vedyn tuotantolaitokset tarkastetaan ja tarvittaessa huolletaan arvioltaan 1–2 kertaa vuodessa sekä tarvittaessa esim. 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.

6.4.8 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.

6.5 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.

6.5.1 Vetyputkiston rakentaminen

Vetyputki rakennetaan mereltä mantereelle esim. vedyn varastointisäiliöön asti. Vetyputken pituus on noin 37,8 km 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 esim. ruoppauksena tai kiviaineksen kasaamisena. Kiviaineksen kasauksella pyritään myös tukemaan ja suojamaan 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.

6.5.1.1 **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 5-2).

6.5.2 Vetyputkiston toiminta, huolto ja kunnossapito

Vetyputkiston turvallisuuden varmistamiseksi laaditaan käyttö- ja turvallisuusjärjestelmä, jolla varmistetaan esim. 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.

6.5.3 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.

6.6 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. Vedyn varastointia ja sen vaikutusten arviointia on kuvattu tarkemmin YVA-selostuksen B osassa. Vedyn varastoinnista Suomen mantereella ei arvioida aiheutuvan rajat ylittäviä vaikutuksia.

6.7 Turvallisuus

Turvallisuusriskien varhainen havainnointi ja huomioon ottaminen on keskeistä koko suunnittelun aikana. Hankkeen YVA-menettelyn yhteydessä tehdyn ympäristöriskienarvioinnin tiivistelmä on esitetty luvussa 9.16. 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.

6.7.1 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.

6.7.1.1 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.

6.7.1.2 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.

6.7.1.3 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.

6.7.2 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 (esim. voimaloiden öljyn tai muuntajaöljyn) kanssa voi aiheuttaa tulipalon tai jopa räjähdyksen.

6.7.3 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.

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.

6.7.4 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 tulopalo pääsee leviämään tuotantoyksiköistä toiseen. Laajamittainen tulipalo voi aiheuttaa esimerkiksi vetysäiliön ulkopuolisen lämmön nousun, jonka seurauksena säiliön paine nousee ja voi edelleen aiheuttaa säiliön rikkoutumisen.

6.7.5 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 esim. vetyä kuljettavia putkistoja, mikä voi johtaa vetyvuotoon ja edelleen aiheuttaa räjähdyksiä. Tämä puolestaan voi vaurioittaa läheisiä rakenteita, kuten tuulivoimaloita.

7 Hankkeen edellyttävät luvat, suunnitelmat ja päätökset Suomessa

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn päätyttyä hanke etenee lupavaiheisiin. YVA-selostus sekä siitä annettu yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä liitetään lupahakemuksiin. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 7-1) ja seuraavissa luvuissa on kerrottu lyhyesti mitä menettelyjä, lupia ja päätöksiä hanke voi edellyttää Suomessa. Tässä kv-tiivistelmän osiossa on keskitytty vain merituulivoimapuiston aluetta koskeviin lupiin, eikä aluevesille ja mantereelle sijoittuvien toimintojen lupia ole käsitelty, sillä ne eivät ole olennaisia kansainvälisessä kuulemisessa. Lupatarpeet selvitetään tarkemmin hankkeen suunnittelun edetessä.

Taulukko 7-1. Hankkeen edellyttämät menettelyt, luvat ja päätökset (x = tarve mahdollisesti olemassa).

Menettely/lupa/päätös	Merituulivoimapuisto sekä niihin liittyvät ruoppaukset ja läjitykset	Vedyn tuotanto
Ympäristövaikutusten arviointi	x	x
Natura-arviointi	x	x
Suostumus tutkimustoiminnan suorittamiseen Suomen talousvyöhykkeellä	x	x
Valtioneuvoston suostumus hyödyntää talousvyöhykettä ja rakentaa talousvyöhykkeellä	x	x
Lunastuslain mukainen tutkimuslupa		x
Vesilain (587/2011) mukaiset luvat (vesistörakentaminen, rakenteiden sijoittaminen vesistöön, maa-ainesten otto talousvyöhykkeeltä)	x	x
Ympäristönsuojelulain (527/2014) mukainen lupa		x
Lentoestelupa	x	
Muut mahdollisesti edellytettävät luvat ja sopimukset		
Kemikaaliturvallisuuslain (390/2005) mukainen lupa		x
Vesiliikennelain (782/2019) 49 § mukainen lupa	x	
Liittymissopimus sähköverkkoon	x	
Luonnonsuojelulain poikkeamislupa	x	
Muinaisjäännöksen kajoamiseen liittyvä lupamenettely	x	
Erikoiskuljetuslupa	x	
Lausuntopyynnöt		
Puolustusvoimien hyväksyntä	x	
Vaikutukset tv- ja radiolähetyksiin	x	

Menettely/lupa/päätös	Merituulivoimapuisto sekä niihin liittyvät ruoppaukset ja läjitykset	Vedyn tuotanto
Vaikutukset säätutkiin	x	

7.1 Ympäristövaikutuksen arviointimenettely

Ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVA-menettely) on säädetty YVA-lailla (252/2017) ja -asetuksella (277/2017). YVA-menettelyä sovelletaan hankkeisiin ja niiden muutoksiin, joilla on todennäköisesti merkittäviä ympäristövaikutuksia.

YVA-menettelyä sovelletaan hanketyypistä ja kokoluokasta riippuen joko suoraan YVA-asetuksen hankeluettelon perusteella tai yksittäistapauksessa tehtävän päätöksen pohjalta. Tuulivoimahankkeet vaativat YVA-lain mukaisen menettelyn soveltamista aina, kun yksittäisten laitosten lukumäärä on vähintään 10 tai kokonaisteho vähintään 45 megawattia.

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVA-laki 252/2017) ja valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVA-asetus 277/2017) edellyttävät YVA-menettelyn soveltamista energian siirron hankkeissa, joihin sisältyy vähintään 220 kilovoltin maanpäällisiä voimajohtoja, joiden pituus on yli 15 kilometriä.

Hallan merituulivoimapuistossa päähankkeen (merituulivoimapuisto) ja liitännäishankkeiden (vedyntuotanto merellä, merikaapelit ja vetyputki, sedimenttien ruoppaus, 400 kV:n voimajohdot) ympäristövaikutukset arvioidaan samassa YVA-menettelyssä. Hankkeen YVA-menettely käsittää YVA-ohjelman sekä YVA-selostuksen laatimisen. YVA-selostus ja yhteysviranomaisen (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus) siitä antama perusteltu päätelmä ovat edellytyksenä hanketta koskevien lupien saamiselle.

7.1.1 Kansainvälinen YVA-menettely

Koska merituulivoimahankkeella on mahdollinen kansainvälinen ulottuvuus, hankkeessa noudatetaan Espoon sopimusta valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arvioinnista (YVA-laki 252/2017; 5 luku sekä 28 § ja 29 §).

Valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arvioinnista on sovittu niin sanotussa Espoon sopimuksessa (*Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context*). Suomi ratifioi tämän YK:n Euroopan talouskomission yleissopimuksen vuonna 1995. Sopimus astui voimaan vuonna 1997. Suomessa sopimuksen velvoitteet on toimeenpantu YVA-lailla sekä asetuksella valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arviointia koskevan yleissopimuksen voimaan saattamisesta (SopS 67/1997).

7.2 Natura-arviointi

Natura 2000 -verkosto on Euroopan yhteisön kattava ekologinen verkosto. Luonnonsuojelulain (09/2023) 35 §:ssä säädetään, että jos hanke tai suunnitelma yksistään tai yhdessä muiden hankkeiden tai suunnitelmien kanssa todennäköisesti merkityksellisesti heikentää Natura 2000 -verkostoon sisällytetyn alueen niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi alue on verkostoon sisällytetty, on hankkeen toteuttajan tai suunnitelman laatijan arvioitava nämä vaikutukset asianmukaisella tavalla. Luonnonsuojelulain 39 §:n mukaan viranomainen ei saa myöntää lupaa hankkeen toteuttamiseen eikä hyväksyä tai vahvistaa suunnitelmaa, jos 35 §:n 1 ja 2 momentissa tarkoitettu arviointi- ja lausuntomenettely osoittaa hankkeen tai suunnitelman merkittävästi heikentävän niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi alue on sisällytetty tai on tarkoitus sisällyttää Natura 2000 -verkostoon. Lupa saadaan muutoin lainsäädännössä

säädetyt edellytykset täyttävälle hankkeelle kuitenkin myöntää tai suunnitelma hyväksyä tai vahvistaa, jos hankkeelle tai suunnitelmalle ei ole vaihtoehtoista ratkaisua ja valtioneuvosto yleisistunnossa päättää, että hanke tai suunnitelma on toteutettava erittäin tärkeän yleisen edun kannalta pakottavasta syystä.

Hankkeen osalta on laadittu Natura-arviointi neljälle Natura-alueelle Suomen puolella Merikalla, Siikajoen lintuvedet ja suot, Raahen saaristo sekä Revonneva-Ruonneva. Natura-arvioinnit ovat kansallisen YVA-selostuksen liitteinä.

Hallan merituulivoimapuistoa lähin Ruotsin puolen Natura 2000 -alue Malören (SE0820724; SCI) sijaitsee noin 40 km pohjoiseen. Marakallen Natura 2000 -alue (SE0820751; SCI) sijaitsee vajaan 50 km länteen. Ruotsin puolen lähin lintudirektiivin kautta Natura 2000 -alueeksi luokiteltu alue Haparanda-Sandskär (SE0820108; SPA; alue on myös kansallispuisto) sijaitsee noin 44 km pohjoiseen Hallan alueesta. Lisäksi Rödkallen-SörÄspen (SE0820035; SPA) sijaitsee 67 km länteen Hallan alueesta. Edellä mainittuihin lähimpiin Natura 2000 -alueisiin ei arvioida aiheutuvan ympäristövaikutuksia pitkien etäisyyksien vuoksi, eikä Natura-arviointia ole nähty tarpeelliseksi tehdä. Ruotsin puolen Natura-alueet on kuvattu tarkemmin luvussa 8.4.7.2.

7.3 Laki Suomen talousvyöhykkeestä

Talousvyöhykkeelle sijoittuvien hankkeen toimintojen osalta määräävä on laki Suomen talousvyöhykkeestä (1058/2004).

Uutta lakia merituulivoimasta talousvyöhykkeellä (934/2024) on valmisteltu vuosien 2023–2024 aikana. Lain taustalla on se, että nykyiset talousvyöhykelain säännökset soveltuvat huonosti merituulivoimahankkeisiin. Laissa säädettäisiin muun muassa toimijan valinnasta merialueille ja tarvittavista luvista. Tavoitteena on ratkaista lakihankkeessa seuraavat asiat: miten toimija valitaan merialueille EU-valtiontukisääntelyä noudattaen, millaiset luvat toiminta tarvitsee ja mitä lainsäädäntöä merituulivoimahankkeisiin talousvyöhykkeellä sovelletaan.

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 aluskemikaalivahinkojen torjuntaa koskevista toimenpiteistä säädetään pelastuslaissa (379/2011). Lisäksi talousvyöhykkeellä sovelletaan jätelakia (646/2011).

7.3.1 Valtioneuvoston luvat

Lain talousvyöhykkeestä 6 §:n mukaan ”*valtioneuvosto voi antaa hakemuksesta suostumuksen hyödyntää talousvyöhykkeellä olevan merenpohjan ja sen sisustan luonnonvaroja sekä tehdä tällaiseen hyödyntämiseen tähtäävää tutkimusta tai suorittaa talousvyöhykkeellä muuta toimintaa, jonka tarkoituksena on vyöhykkeen taloudellinen hyödyntäminen (hyödyntämisoikeus). …*”. Lisäksi rakentamisesta säädetään erikseen lain 7§:ssä. Sen mukaan ”*valtioneuvosto*

voi antaa hakemuksesta suostumuksen tekosaarten, 6 §:ssä tarkoitettuun toimintaan käytettävien laitteiden ja muiden rakennelmien sekä sellaisten muiden laitteiden ja rakennelmien rakentamiseen ja käyttämiseen, jotka saattavat haitata Suomelle kansainvälisen oikeuden mukaan kuuluvien oikeuksien käyttämistä talousvyöhykkeellä. …".

Suomen valtioneuvosto on 10.1.2022 myöntänyt suostumuksen tutkimusten suorittamiseksi talousvyöhykkeellä (VN/12504/2021). Hankkeesta vastaava on tehnyt tutkimusluvan nojalla geofysikaalisia ja geoteknisiä tutkimuksia ja selvittää tutkimusalueiden merenpohjan syvyyssuhteita sekä pohjan ja sen alapuolisten kerrosten rakennetta vuosien 2022 ja 2023 aikana.

OX2 on hakenut Hallan hankkeelle valtioneuvostolta alueen hyödyntämisoikeutta siten, että OX2 saisi aluevarauksen eli yksinoikeuden hyödyntää hankkeen piiriin kuuluvia alueita merituulivoiman tuottamiseen 23.12.2022. Valtioneuvosto päätti hylätä kaikki yhteensä 16 vireillä ollutta hyödyntämisoikeushakemusta 2.5.2024, joista yksi oli Hallan hakemus (Valtioneuvoston päätös TEM/2024/44). Päätöksessä on lausuttu mm. seuraavaa "*Valtioneuvoston talousvyöhykelain mukainen päätöksenteko perustuu päätöksen mukaan tarkoituksenmukaisuusharkintaan. Valtioneuvostolla (Suomen valtiolla) on lain sanamuodon perusteella laaja harkintavalta Suomen talousvyöhykkeestä annetun lain 3 luvun hyödyntämisoikeuden osalta. Valtioneuvoston päätöksessä kysymys on ollut muun muassa yksittäisen hakijan/yhtiön ja valtion kokonaisedun erilaisten näkökohtien keskinäisestä intressipunninnasta tilanteessa, jossa samoista talousvyöhykkeen hankealueista on useiden hakijoiden kesken kiinnostusta. Talousvyöhykelaissa ei aseteta edellytyksiä, joiden täyttyessä 3 luvun hyödyntämisoikeus on annettava tai milloin hakemus tulisi hylätä. Valtioneuvoston tässä lupaharkinnassa kielteistä päätöstä puoltavat näkökohdat ovat olleet vallitsevana.*" (*Valtioneuvosto 2024*)

Talousvyöhykkeellä sovelletaan mm. ympäristönsuojelulakia (527/2014), vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annettua lakia (1299/2004), vesilakia (587/2011) sekä maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) merialuesuunnittelua koskevaa 8 a lukua.

7.4 Vesilain mukaiset luvat

Tuulivoimalan perustusten ja merikaapelien rakentamiselle sekä siihen liittyvälle sedimenttien ruoppaukselle ja läjitykselle vesialueelle on haettava vesilain (587/2011) mukainen lupa. YVA-menettelyssä ei vielä käsitellä maa- ja vesialueiden omistukseen ja korvausmenettelyyn liittyviä asioita, vaan ne tulevat käsiteltäviksi vesilain mukaisessa lupamenettelyssä. Vesilakia sovelletaan niin Suomen aluevesillä kuin talousvyöhykkeellä. Talousvyöhykkeellä ympäristönsuojelulain ja vesilain mukaisena lupaviranomaisena toimii Etelä-Suomen aluehallintovirasto (Laki Suomen talousvyöhykkeestä 1058/2004 18 §).

Vesilain mukaiseen prosessiin kuuluu lisäksi kansainvälinen kuuleminen Suomen talousvyöhykkeellä sijaitsevien hankkeiden osalta.

Mikäli talousvyöhykkeeltä merialueella otetaan maa-aineksia, maa-ainesten ottoon sovelletaan vesilakia.

7.5 Ympäristölupa

Tuulivoimaloilta voidaan tapauskohtaisesti edellyttää ympäristönsuojelulain *(*527/2014*)* mukaista ympäristölupaa, mikäli niistä voi aiheutua naapuruussuhdelain (26/1920) mukaista rasitusta. Tuulivoimaloiden tapauksessa tällaisia rasitusta aiheuttavia vaikutuksia voivat olla esimerkiksi melu ja lapojen pyörimisestä aiheutuva varjon vilkkuminen. Hallan merituulivoimapuiston osalta ei ole odotettavissa, että ympäristölupaa vaadittaisiin johtuen huomattavasta etäisyydestä lähimpiin häiriintyviin kohteisiin. Talousvyöhykkeellä

ympäristönsuojelulain ja vesilain mukaisena lupaviranomaisena toimii Etelä-Suomen aluehallintovirasto (Laki Suomen talousvyöhykkeestä 1058/2004 18 §).

Vedyn tuotanto merellä vaatii ympäristönsuojelulain mukaisen luvan. Vedyn varastointi kaasumuodossa paineistettuna ei vaadi automaattisesti ympäristönsuojelulain mukaista lupaa. Vedyn siirto- ja varastointihankkeet voivat kuitenkin vaikutustensa perusteella vaatia yksittäistapauksessa ympäristölupaa.

Vedyntuotantolaitos on direktiivilaitos. Vetylaitoksen suunnittelussa huomioidaan mahdollisuuksien mukaan paras käyttökelpoinen tekniikka. Laitoksen arvioidaan olevan direktiivilaitos ympäristönsuojelulain (527/2014) 27 §:n momentin 1 ja liitteen 1 kohdan 4a nojalla. Toiminnalle ei ole olemassa suoraan soveltuvia BAT-päätelmiä. Arvio parhaasta käyttökelpoisesta tekniikasta tehdään laitoksen ympäristölupahakemuksen yhteydessä ympäristönsuojelulain 53 §:n mukaisesti. Lisäksi tarkastelussa huomioidaan horisontaaliBREF-asiakirjat: CWW BREF (kemianteollisuuden jätevesien ja -kaasujen käsittely), ENE BREF (energiatehokkuus) ja EFS BREF (varastoinnin päästöt).

Ympäristönsuojelulain mukaiseen prosessiin kuuluu lisäksi kansainvälinen kuuleminen Suomen talousvyöhykkeellä sijaitsevien hankkeiden osalta.

7.6 Lentoestelupa

Lentoliikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta voivat hankaloittaa niin sanotut lentoesteet. Vuoden 2014 marraskuussa voimaan tulleen ilmailulain (864/2014) 158 § edellyttää, että ilmailulle mahdollisesti vaaraa aiheuttavan laitteen, rakennuksen, rakennelman ja merkin asettamiseen tarvitaan lentoestelupa. Mikäli lakikohdan ehdot täyttyvät ja lentoestelupa edellytetään, tulee lentoesteen asettajan selvittää lentoesteen vaikutukset asianomaisen ilmaliikennepalvelujen tarjoajan lentoestelausunnon avulla. Lentoestelupaa varten tulee hakijan ensin pyytää asianomaisen ilmaliikennepalvelujen tarjoajan Fintraffic Lennonvarmistus Oy:n (ent. ANS Finland) lentoestelausunto.

Ilmailulain 158 §:ää on muutettu (174/2023). Lakiin on lisätty myös säännökset lentoestelupan myöntämisestä ja lentoesterekisteristä (158 a–d §:t). Muutokset tulevat voimaan 1.10.2023. Merialueelle rakennettavien tuulivoimaloiden osalta lentoestelupaa varten tarvitaan myös Rajavartiolaitoksen lausunto (Ilmailulaki 158 §).

Ilmailulain mukaan lentoeste ei saa häiritä ilmailua palvelevia laitteita tai lentoliikennettä, eikä sitä voida asettaa niin, että sitä voisi erehdyksissä pitää lentoliikennettä palvelevana laitteena tai merkkinä. Ennen kunkin tuulivoimalan rakentamista haetaan ilmailulain mukainen lentoestelupa.

Suomen talousvyöhykkeestä annetun lain päivityksen myötä tekosaariin, laitteisiin ja muihin rakennelmiin sekä niiden toimintaan liittyviin putkiin ja kaapeleihin sovelletaan ilmailulain (864/2014) lentoesteitä koskevia säännöksiä 1.1.2025 alkaen.

7.7 Lupa kemikaalien laajamittaiseen teolliseen käsittelyyn ja varastointiin

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.

Suomen talousvyöhykkeestä annetun lain päivityksen myötä tekosaariin, laitteisiin ja muihin rakennelmiin sekä niiden toimintaan liittyviin putkiin ja kaapeleihin sovelletaan lakia vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005) 1.1.2025 alkaen.

7.8 Lausuntopyynnöt

7.8.1 Puolustusvoimien hyväksyntä

Suunnittelun aikana selvitetään Suomen Puolustusvoimilta tuulivoimarakentamisen vaikutukset sotilasilmailuun sekä Puolustusvoimien valvonta- ja asejärjestelmien suorituskykyyn ja muihin joukkojen ja alueiden käyttöön vaikuttaviin seikkoihin. Pääesikunta antaa lausunnon tuulivoima-alueiden lopullisesta hyväksyttävyydestä. Hankevastaavan tulee tästä syystä pyytää suunnitellusta tuulivoimapuistosta lausuntoa Puolustusvoimilta. Hyväksyntä on edellytyksenä hankkeen toteuttamiselle.

Hanke on saanut Suomen Pääesikunnalta myönteisen lausunnon 22.12.2021. Lausunnossaan Pääesikunta toteaa, että Suomen Puolustusvoimat eivät vastusta suunnitelman mukaisten tuulivoimaloiden rakentamista Perämeren talousvyöhykkeen alueelle.

7.8.2 Vaikutukset tv- ja radiolähetyksiin

YVA-menettelyn yhteydessä pyydetään lausunto Suomen Digita Oy:ltä hankkeen vaikutuksista tv- ja radiolähetyksiin.

7.8.3 Vaikutukset säätutkiin

Tuulivoimalat voivat vaikuttaa säätutkien toimintaan, jos tutkat sijaitsevat lähellä tuulivoimaloita. Suomen Ilmatieteen laitokselta pyydetään YVA-menettelyn kuulemisen yhteydessä lausunto.

8 Hankealueen ympäristön nykytilan kuvaus

Seuraavassa on kuvattu Hallan merituulivoimapuiston ja sen ympäristön nykytilaa ulottuen tarvittavissa määrin myös Ruotsin rannikon puolelle. Seuraavissa luvuissa on käsitelty aina ensin Suomen puolen ja sen jälkeen Ruotsin puolen nykytilaa.

8.1 Merialuesuunnitelma

Suomen 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

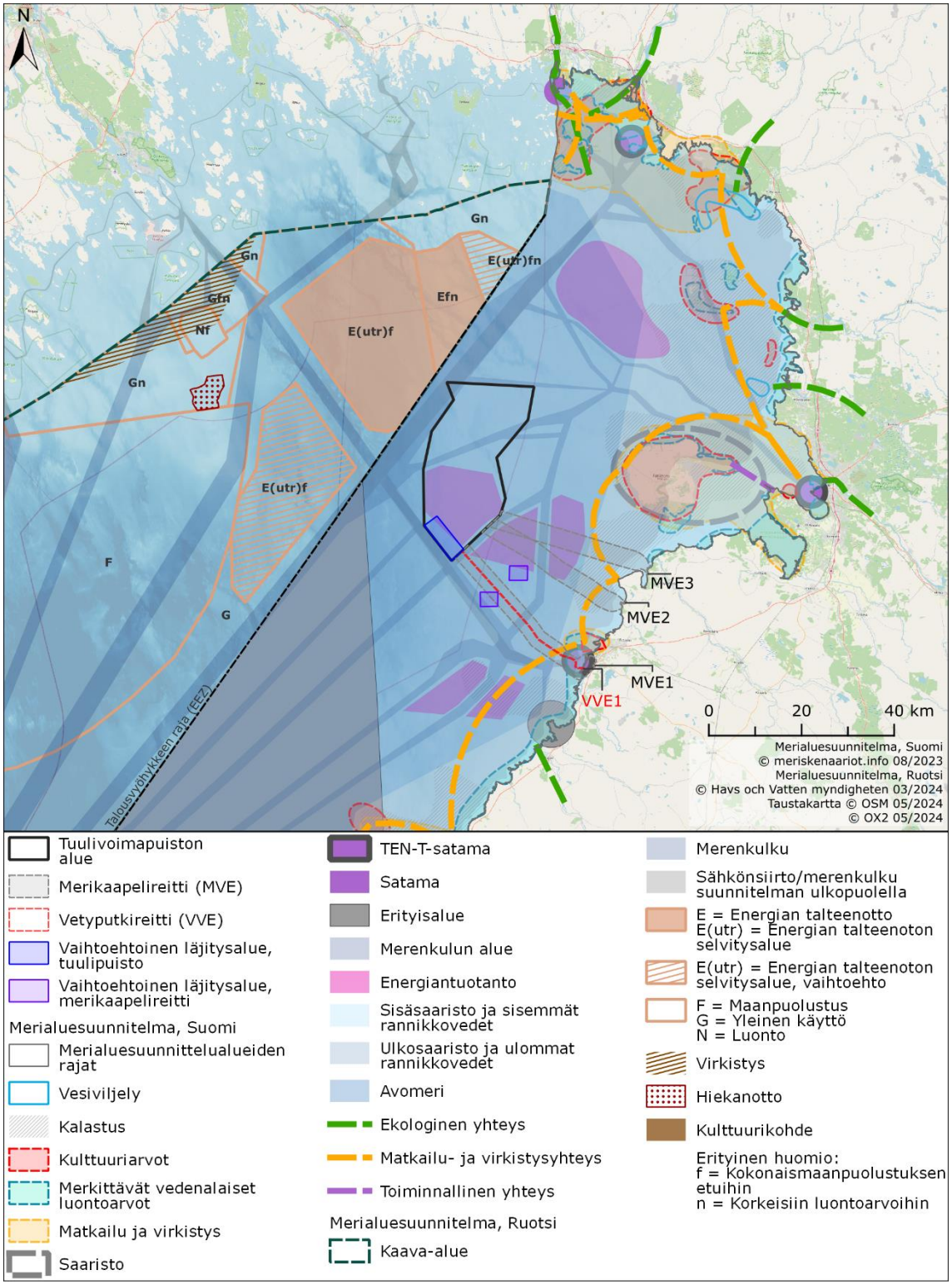
suunnittelujärjestelmää eikä sillä ole oikeusvaikutuksia. Suunnitelma on luonteeltaan mahdollistava ja ohjaava, ja se kuvailee vuoden 2030 tavoitetilaa. *(Merialuesuunnittelu 2023)*

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 (Kuva 8-1) Hallan merituulivoimapuisto sijaitsee talousvyöhykkeen avomerialueella ja hankealue on osoitettu osin energiantuotantoalueeksi (Siikajoen-Hailuodon edustan merituulivoima-alue 3). Hankealueen poikki lounais-koillissuuntaisesti ja sen ympärille on osoitettu Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merenkulun alueita. Selkämeren pohjoisosan, Merenkurkun ja Perämeren merialuesuunnitelmassa Raahen ja Oulun satamat on osoitettu kansainvälisesti merkittäviksi (TEN-T) satamiksi, joista molemmista lähtee ulospäin merenkulun alueet.

Merialuesuunnitelmassa tuulipuistoon liittyvän vaihtoehtoisen läjitysalueen alueelle on osoitettu energiantuotannon alue (Siikajoen-Hailuodon edustan merituulivoima-alue 3).

Ruotsi on laatinut merialuesuunnitelmat Pohjanlahdelle, Itämerelle ja Pohjanmerelle (Kuva 8-1). Merialuesuunnittelulla edistetään merialueen tehokasta ja kestävää käyttöä ja merialuesuunnitelmassa osoitetaan meren eri alueiden sopivimpia käyttömuotoja (*Havs och vattenmyndigheten 2024*).



Kuva 8-1. Ote Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merialuesuunnitelmasta 2030 sekä Hallan merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien (MVE/VVE) sijainnit. (Merialuesuunnittelu 2023, Havs och vattenmyndigheten 2024)

Ruotsin puolella merialuesuunnitelmassa lähimmillään noin 4,7 km etäisyydellä Hallasta on esitetty kaksi energian talteenoton aluetta, joiden sisälle vireillä olevat hankkeet Polargrund Offshore ja Bothnia Offshore Omega sijoittuvat (Kuva 8-1). Hallan alueen ja energian talteenoton alueiden välissä on Ruotsin puolella lisäksi merenkulun alueita. Lisäksi on merkinnät maanpuolustus ja luonto lähimmillään noin 5 km etäisyydellä Hallan alueesta.

8.2 Kaavoitus

Merituulivoimapuiston alue sijoittuu Suomen talousvyöhykkeelle eikä alue kuulu maakuntakaavoitettuun alueeseen.

Suomen puolella merituulivoimapuiston ympäristövaikutusten tarkastelualueelle, sekä 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)

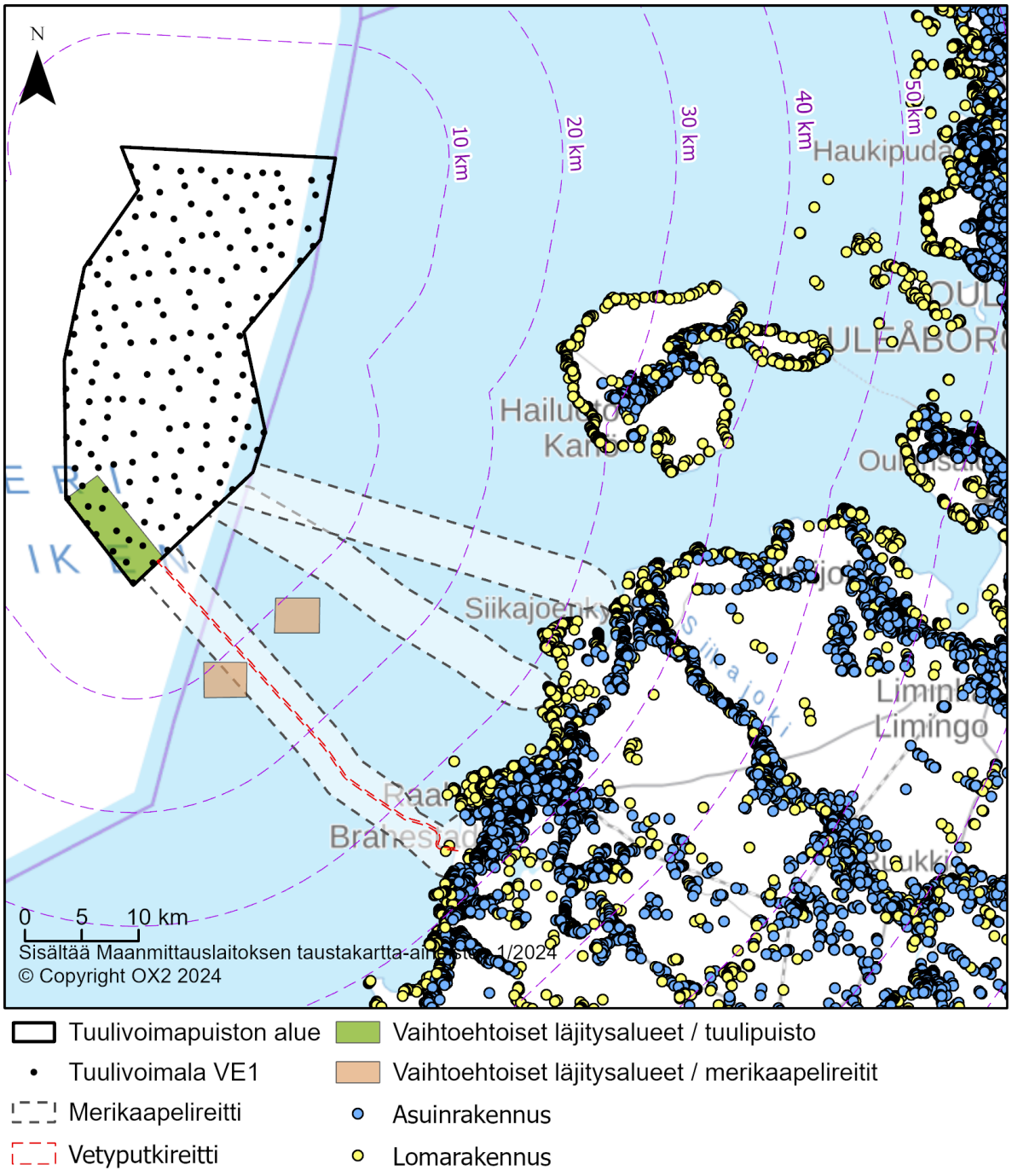
    - vaihemaakuntakaava on hyväksytty 11.6.2018. Kolmannessa vaihemaakuntakaavassa käsitellään maakunnan alueidenkäyttöä seuraavien teemojen osalta: pohjavesi- ja kiviainesalueet, mineraalipotentiaali- ja kaivosalueet, Oulun seudun liikenne ja maankäyttö, tuulivoima-alueiden tarkistukset, Vaalan ja Himangan kaavamerkintöjen tarkistukset ja muut maakuntakaavamerkintöjen päivitykset. Korkein hallinto-oikeus on hylännyt vaihemaakuntakaavan hyväksymisestä tehdyt valitukset 17.1.2022.

Ruotsin puolella aluevesien alueella on voimassa Kalixin kunnan yleiskaava. Kalixin kunnan nykyisessä, vuonna 2009 laaditussa kokonaisvaltaisessa suunnitelmassa kuvataan, miten kunta haluaa käyttää maata ja vettä pitkällä aikavälillä asumisen, yritysten, infrastruktuurin, luonnon ja vesien kehittämiseen. Suunnitelmassa on erityinen tuulivoimaa koskeva kohta, jossa todetaan, että kunta kannattaa tuulivoimaa, mutta sen perustamisessa on otettava huomioon muut yleiset intressit (Kalix kommun 2009). Ehdotus uudeksi suunnitelmaksi on ollut kuultavana 28. huhtikuuta ja 28. kesäkuuta 2024 välisenä aikana. Uudessa ehdotuksessa kunta yksilöi tuulivoiman hyödyntämiseen soveltuvia alueita sekä maalla että merellä, jotta voidaan turvata yhteiskunnan lisääntynyt uusiutuvan energian tarve. Skybornin Polargrund Offshore -hanke on yksi yksilöidyistä alueista, ja se mainitaan erityisesti kaavaluonnoksessa. Uusi yleiskaava on tarkoitus hyväksyä vuoden 2024 loppuun mennessä. (Kalix kommun 2024).

8.3 Asutus ja virkistyskäyttö

Lähin asutus merituulivoimapuistoon nähden Suomen puolella sijaitsee Hailuodossa noin 23 kilometrin etäisyydellä hankealueesta siten, että saaren rannikolla on lähes yksinomaan lomaasutusta (Kuva 8-2). 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.

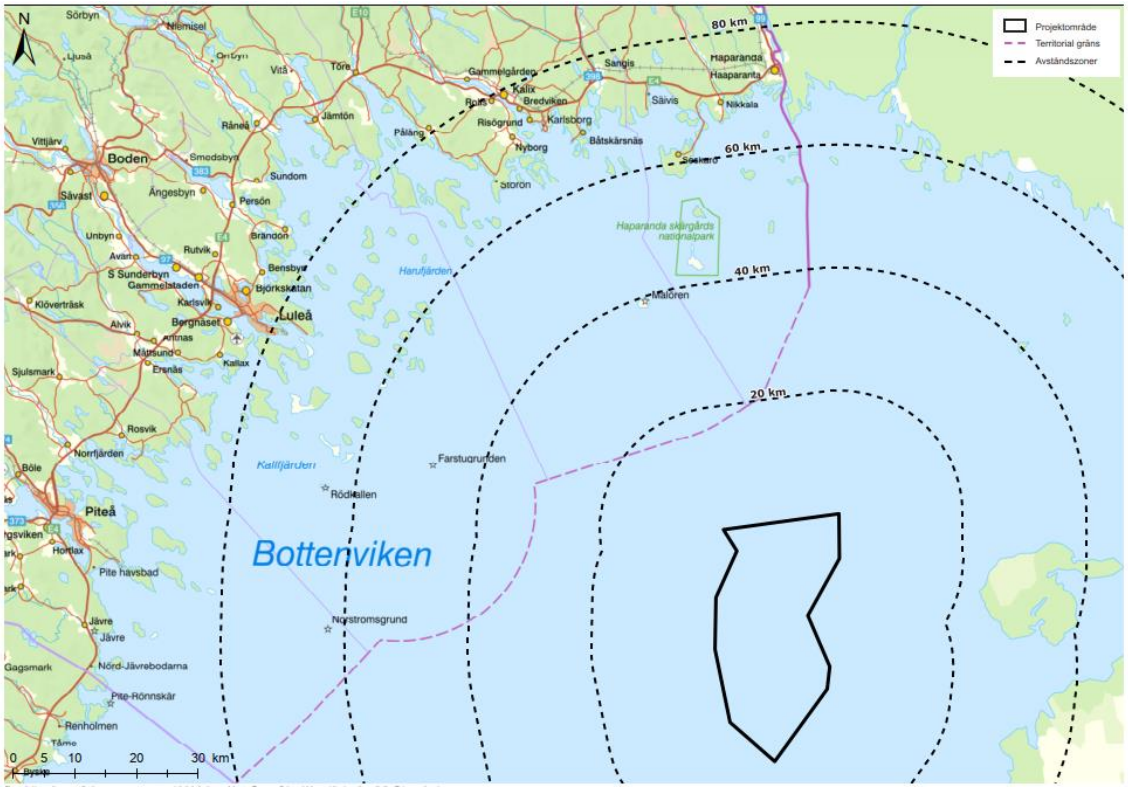


Kuva 8-2. Hankealueen lähiseudun asuin- ja lomarakennukset. Kartalla on esitetty vaihtoehto VE1:n mukainen tuulivoimaloiden määrä merituulivoimapuiston alueella.

Ehdotettu Hallan tuulivoimapuisto on suunniteltu Perämeren alueelle, ja Ruotsin puolella on hyvin laaja alue Norrbottenin rannikko- ja saaristoalueella. Hallan hankealue sijaitsee noin 65 kilometrin päässä Ruotsin rannikosta, ja 80 kilometrin etäisyydellä sijaitsevan tarkastelualueen rajaukseen sisältyy pääasiassa Luulajan, Kalixin ja Haaparannan saariston maa-alueita.

Norrbottenin rannikko- ja saaristoalueeseen kuuluu neljä kuntaa: Piitime, Luulaja, Kalix ja Haaparanta Perämeren pohjoisimmassa osassa. Suurin osa rannikon ja saariston väestöstä asuu neljässä suurimmassa kunnassa, jotka ovat Piitime, Luulaja, Kalix ja Haaparanta. Väkiluku on suurin Luulajassa (lähes 79 000 asukasta) ja Piitimen kunnassa (lähes 41 500 asukasta), kun taas Haaparannan ja Kalixin kunnissa väkiluku on pienempi, noin 16 000 asukasta (Haaparanta) ja noin 9 200 asukasta (Kalix).

Ruotsin puolella lähimmät saaret Malören ja Sandskär sijaitsevat noin 40 kilometriä Hallan hankealueen pohjoisreunasta pohjoiseen. Sandskärillä sijaitsee myös lähin vapaa-ajan asutus (Kuva 8-3).



Kuva 8-3. Kartta etäisyysvyöhykkeistä, jotka esitetään liitteessä 2. Taustakartta Topografinen verkkokartta Näkymä, yleiskuva © Lantmäteriet. (AFRY Ruotsi 2024)

Asukkaita on koko mantereen rannikolla ja saarilla, pääasiassa Luulajan ja Haaparannan saaristossa. Saaristolle on ominaista aiemmin harjoitettu maanviljely, kalastus ja hylkeenpyynti, mutta myös hajanainen ja laajalle levinnyt vapaa-ajan asutus, jota on koko rannikolla ja useimmilla suuremmilla saarilla.

8.4 Luonnonympäristö

8.4.1 Kuvaus

Nykytilan kuvaus perustuu olemassa olevaan tietoon ja tarkastelussa on hyödynnetty mm. karttatarkasteluja sekä AFRY Suomen että AFRY Ruotsin asiantuntijoiden paikallistuntemukseen sekä tietoihin perustuen muihin merialueen hankkeisiin (mm. Ruotsin puolella meneillä olevat merituulivoimahankkeiden YVA-menettelyt ja niiden kansainvälisen kuulemisen aineistot).

Merituulivoimapuisto sijoittuu Suomen talousvyöhykkeelle avomerelle, eikä hankealueella ole saaria tai luotoja, joilla voi esiintyä mantereen eläimistöä. Hankealueella esiintyy satunnaisesti hylkeitä, mutta alueella ei ole niiden lisääntymis- ja levähdyspaikkoja.

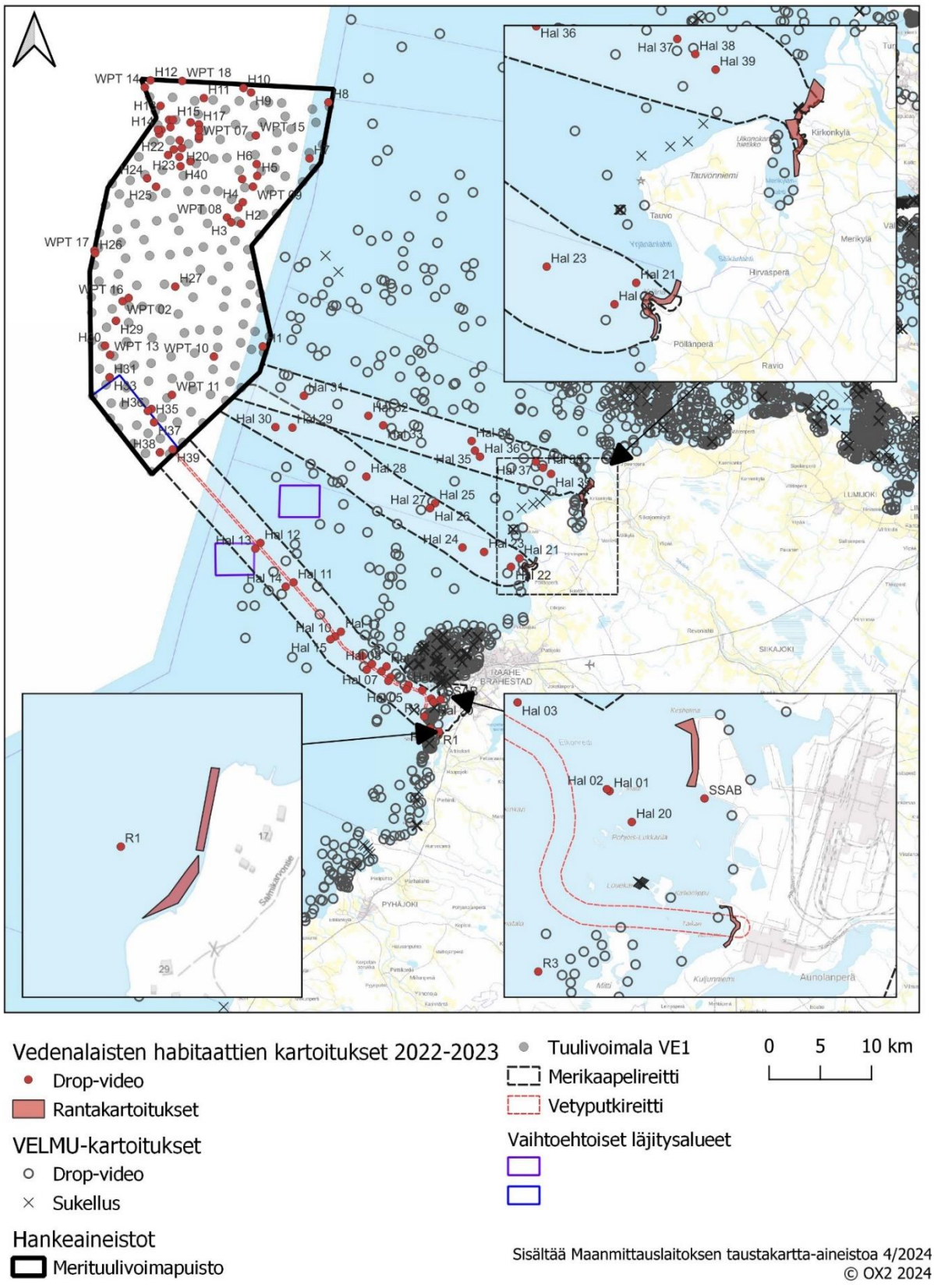
Tarkastelualueen (Hallan ja Ruotsin rannikon välissä) **luonnonympäristöön** vaikuttaa voimakkaasti sen läheisyys mereen osana Norrbottenin rannikko- ja saaristoaluetta. Maisemalle on ominaista myös Luulajan ja Kalixin saaristot käsittävä kaareva merenlahti. Rannikon kallioperä on loivasti kaltevaa, minkä vuoksi rannikolla on laaja saaristo. Rannikkomaisema, johon kuuluu sisä- ja ulkosaaristo, koostuu tasaisista alueista, joiden korkeus merenpinnasta vaihtelee 10 metristä 70 metriin. Maisemaa ovat muovanneet mannerjäätikkö ja maankohoaminen, joka jatkuu yhä jään katoamisen jälkeen. Kalixin saaristossa sijaitsevat Bergön ja Rånön ovat koko Norrbottenin saariston korkeimmat saaret, kun taas muut saaret ovat matalia.

8.4.2 Vesistö

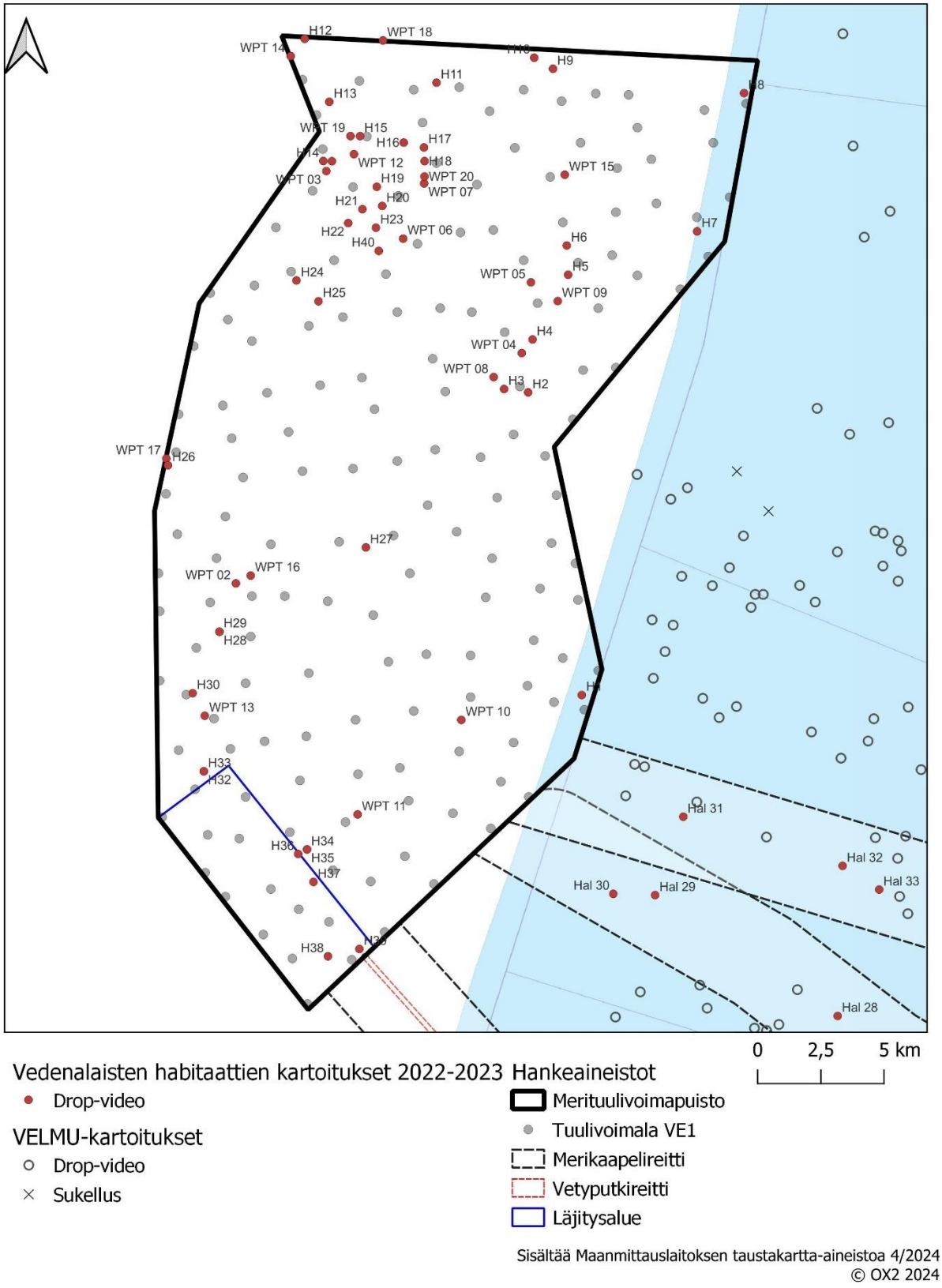
8.4.2.1 Suomen puoli

Nykytilan kuvauksessa käytetty aineisto

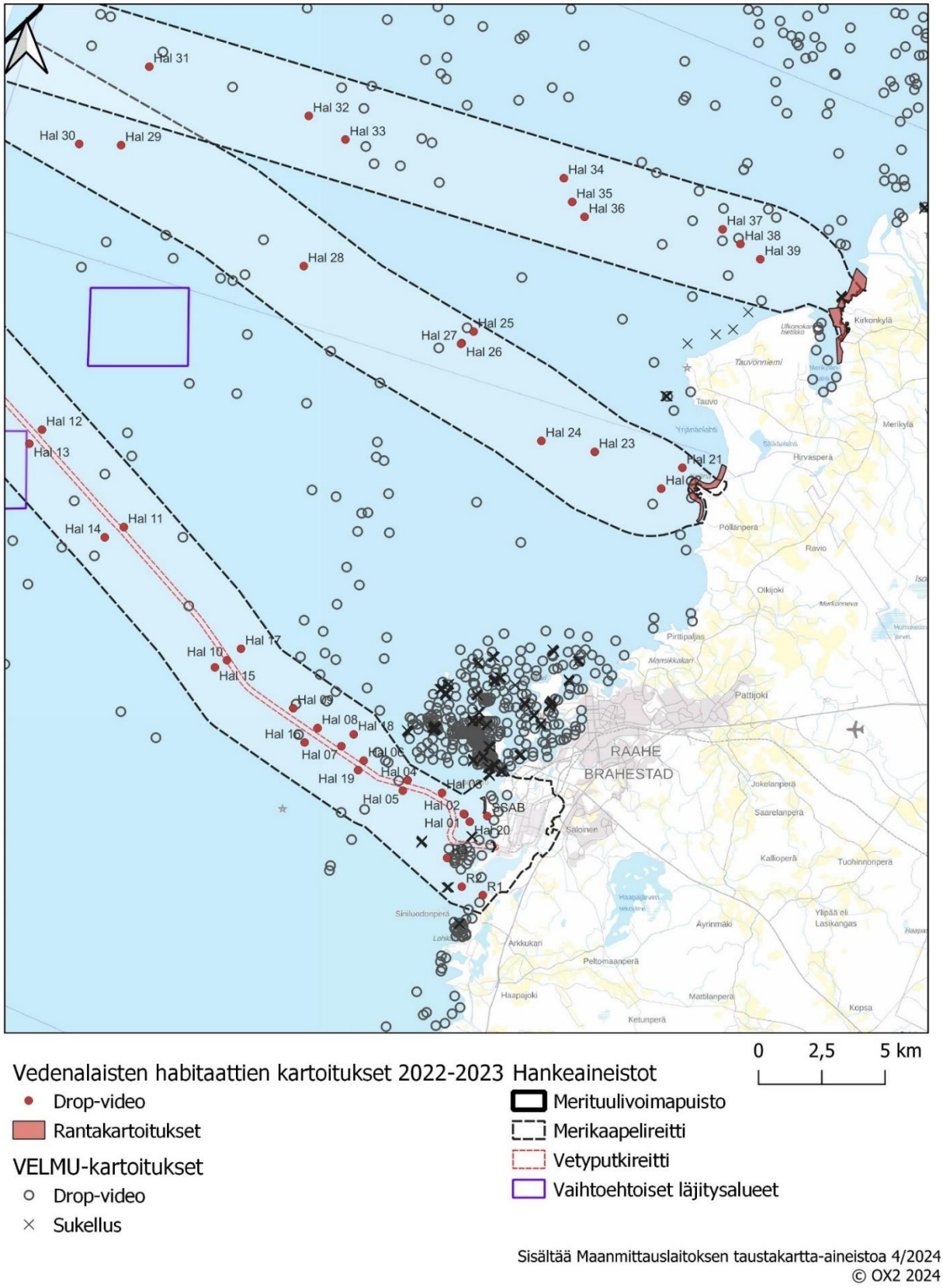
Hankealueen vesikasvillisuutta, pohjaeläimiä ja luontotyyppejä selvitettiin koostamalla mm. VELMU-hankkeen rekisteriaineistoja ja analysoimalla niitä. Vuodesta 2004 lähtien toteutetun Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelman eli VELMU-hankkeen kautta on saatu runsaasti uutta tietoa 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 vuosilta 2014–2020, mutta osa ahdinpalleron havainnoista on vuodelta 2013. Merituulivoimapuiston alueelta aiempaa kartoitustietoa ei juurikaan ole (Kuva 8-4, Kuva 8-5, Kuva 8-6). VELMU-hankkeessa on luotu kartoitusaineistojen avulla malleja lajien ja luontotyyppien esiintymiselle suotuisista ympäristöolosuhteista (*Suomen ympäristökeskus 2022a*).



Kuva 8-4. Hankkeen merialueella tehdyt kartoitukset.



Kuva 8-5. Merituulivoimapuiston alueella tehdyt kartoitukset.



Kuva 8-6. Merikaapeli- ja vetyputkireittien varrella tehdyt kartoitukset.

Hanketta varten tehdyt tarkemmat vedenalaisen luonnon selvitykset kohdennettiin arvokkaimmille ja monimuotoisimmille alueille (Kuva 8-4, Kuva 8-5, Kuva 8-6). 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 suomalainen yritys nimeltään Alleco Oy.

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 8-4, Kuva 8-5, Kuva 8-6). 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*)

Kaapelireittien ja vetyputkireittien vaihtoehtoisia rantautumisalueita on Hallan hankkeessa kolme (Kuva 8-4). 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. 2023a*) ja 21 asemalta vuonna 2023 (*Lindfors ym. 2024*). 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.

Hankealueen nykytilatietoa täydennettiin selostusvaiheeseen jatkuvatoimisilla virtaus- ja vedenlaatumittauksilla (*Lindfors ym. 2023a*). Lisäksi on käytetty muista vastaavista hankkeista saatavilla olevaa tietoa.

Vaikutusten arvioinnin aikana selvitettiin olemassa olevat tiedot suunnittelualueen ja sen lähiseudun merkityksestä harmaahylkeen ja itämerennorpan esiintymis- sekä lisääntymisalueena (mm. Luonnonvarakeskuksen hyljelaskennat). Hylkeisiin kiinnitettiin huomiota myös toteutettujen linnustoselvitysten yhteydessä ja kaikki havaitut hylkeet merkittiin paikkatieto-ohjelmaan.

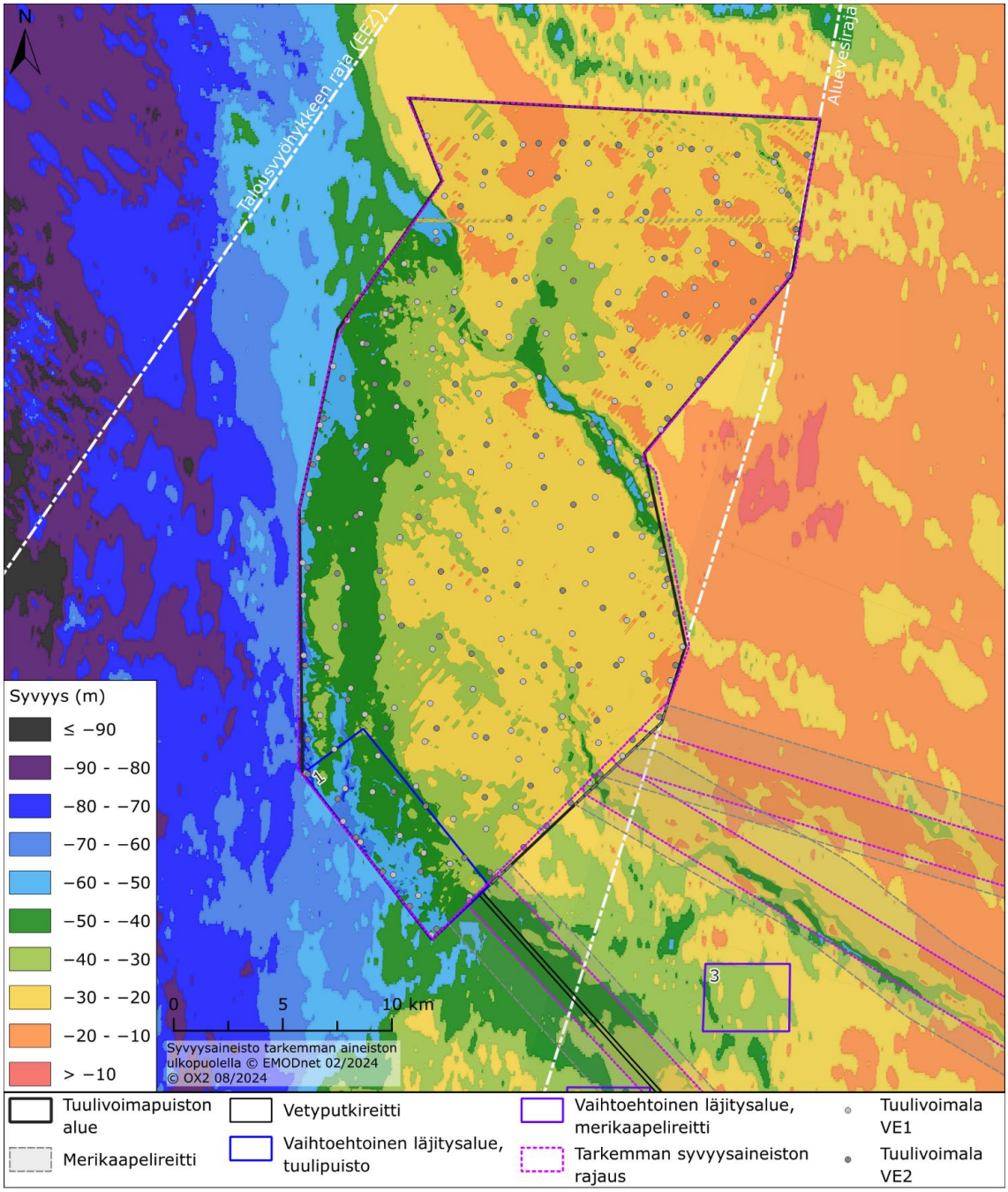
Taulukko 8-1. Nykytilan kuvauksessa käytetyt aineistot.

Nykytilan kuvauksessa käytetyt aineistot (sulkujen perässä on tieto, millä kielellä raportti on laadittu)
Ympäristöhallinnon Hertta-tietokanta (suomi/ruotsi):
Vedenlaaturekisteri Vesla
Vesienhoito- ja vesimuodostumat
Sedimenttitutkimukset hankealueella 2022 ja 2023 (kansallisen YVA-selostuksen liite 2 ja 5) (suomi)
Virtaus ja vedenlaatumittaukset hankealueella 2022 (kansallisen YVA-selostuksen liite 2) (suomi)
VELMU-karttapalvelu (suomi/ruotsi):
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 (suomi)
Suomen ympäristökeskuksen aineistot yksityisistä ja valtion luonnonsuojelualueista sekä luonnonsuojeluohjelma-alueista (suomi)
Drop-video- ja kahluukartoitukset VELMU-menetelmällä hankealueen arvokkaimmille alueille vuosina 2022 ja 2023 (kansallisen YVA-selostuksen liite 4) (suomi):
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

Nykytilan kuvauksessa käytetyt aineistot (sulkujen perässä on tieto, millä kielellä raportti on laadittu)
Drop video- ja kahluukartoituksissa havaitut LuTu-luontotyypit
Pohjaeläinnäytteenotto vuosina 2022 ja 2023 (kansallisen YVA-selostuksen liite 2 ja 5) (suomi)
Pohjaeläinrekisteriin tallennetut tiedot alueen pohjaeläinseurannoista sekä Metsähallitukselta saatu aineisto (suomi/ruotsi)
Tutkimuskirjallisuus vaikutusmekanismeista (suomi)
Lajitietokeskuksen havainnot uhanalaisista lajeista (suomi)
Ruotsin puolella olevat YVA-menettelyt ja niiden kansainvälisen kuulemisen aineistot (suomi/ruotsi): - **Skyborn Renewables Sweden AB 2024.** Polargrund Offshore. - **Njordr Offshore Wind Ab 2022.** VINDPARKEN BOTHNIA OFFSHORE OMEGA.

Yleistä

Hankealue 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 8-7). Vesisyvyys on suurin alueen länsiosassa (syvimmät kohdat n. 80 m). Syvimmät alueet ovat alueen länsi- ja lounaisosalla. Valtaosa (85,8 %) alueesta kuuluu syvyysvyöhykkeisiin 20–50 m. Hankealueen hydrografiset olot vastaavat yleisiä olosuhteita pohjoisella Perämerellä. Merikaapelireittivaihtoehdot sijoittuvat Siikajoen ja Raahen edustalle.



Kuva 8-7. Syvyysolosuhteet tuulivoimapuistoalueella avomerellä.

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*).

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.

Vedenlaatu

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*)

Hankealue (merituulivoimapuiston ja energiansiirron alueet) 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.

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 tn 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*)

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. Hailuodossa jään suurin vuotuinen paksuus oli vuosina 1961–1990 keskimäärin 75 cm, äärivuosina 45 cm ja 115 cm (*Seinä ja Peltola 1991*). 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. Oulussa ja Raahessa jääpäivien lukumäärä oli vuosina 1961–1990 keskimäärin noin 170–175 päivää (*Seinä ja Peltola 1991*) 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.

Tuulipuistoalue 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. Jäävallit muodostuvat erikokoisista jäälautoista. Vallit voivat olla hyvinkin korkeita, jolloin ne ulottuvat myös vedenpinnan alle. Yleensä jäävallit ovat Perämerellä luokkaa 5–15 m, mutta paksuus voi olla jopa 28 m. 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.

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

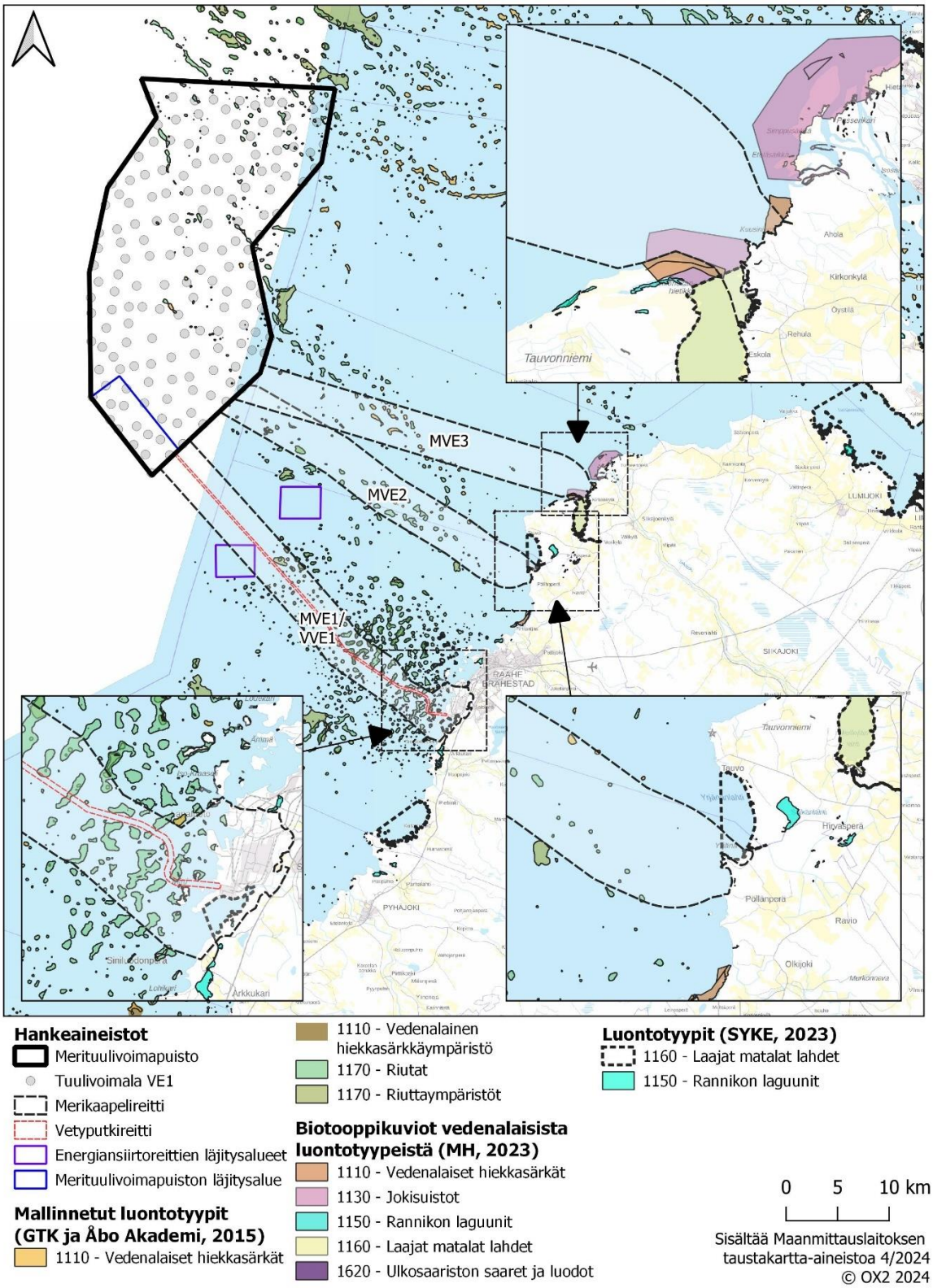
Luontodirektiivin luontotyypit

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*). 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. 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 8-8).

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.



Kuva 8-8. Luontodirektiivin luontotyypit.

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. Vedenalaiset hiekkasärkät esiintyvät pääasiassa alle 20 metrin syvyydessä, ja ne voivat koostua hiekan lisäksi osittain sitä karkeammasta tai hienommasta aineksesta.

Metsähallituksen Luontopalvelujen biotooppikuviot sisältävät valtion suojelualueilla ja suojelutarkoituksiin varatuilla alueilla sijaitsevat luontodirektiivin luontotyypit, mutta se ei sisällä merialueiden tietoja (*Metsähallitus 2023*). 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 8-8) (*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.

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*). 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. 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*).

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.

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. Vedenalaiset hiekkasärkät esiintyvät pääasiassa alle 20 metrin syvyydessä, ja ne voivat koostua hiekan lisäksi osittain sitä karkeammasta tai hienommasta aineksesta.

Metsähallituksen Luontopalvelujen biotooppikuviot sisältävät valtion suojelualueilla ja suojelutarkoituksiin varatuilla alueilla sijaitsevat luontodirektiivin luontotyypit, mutta se ei sisällä merialueiden tietoja (*Metsähallitus 2023*). 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 8-8) (*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.

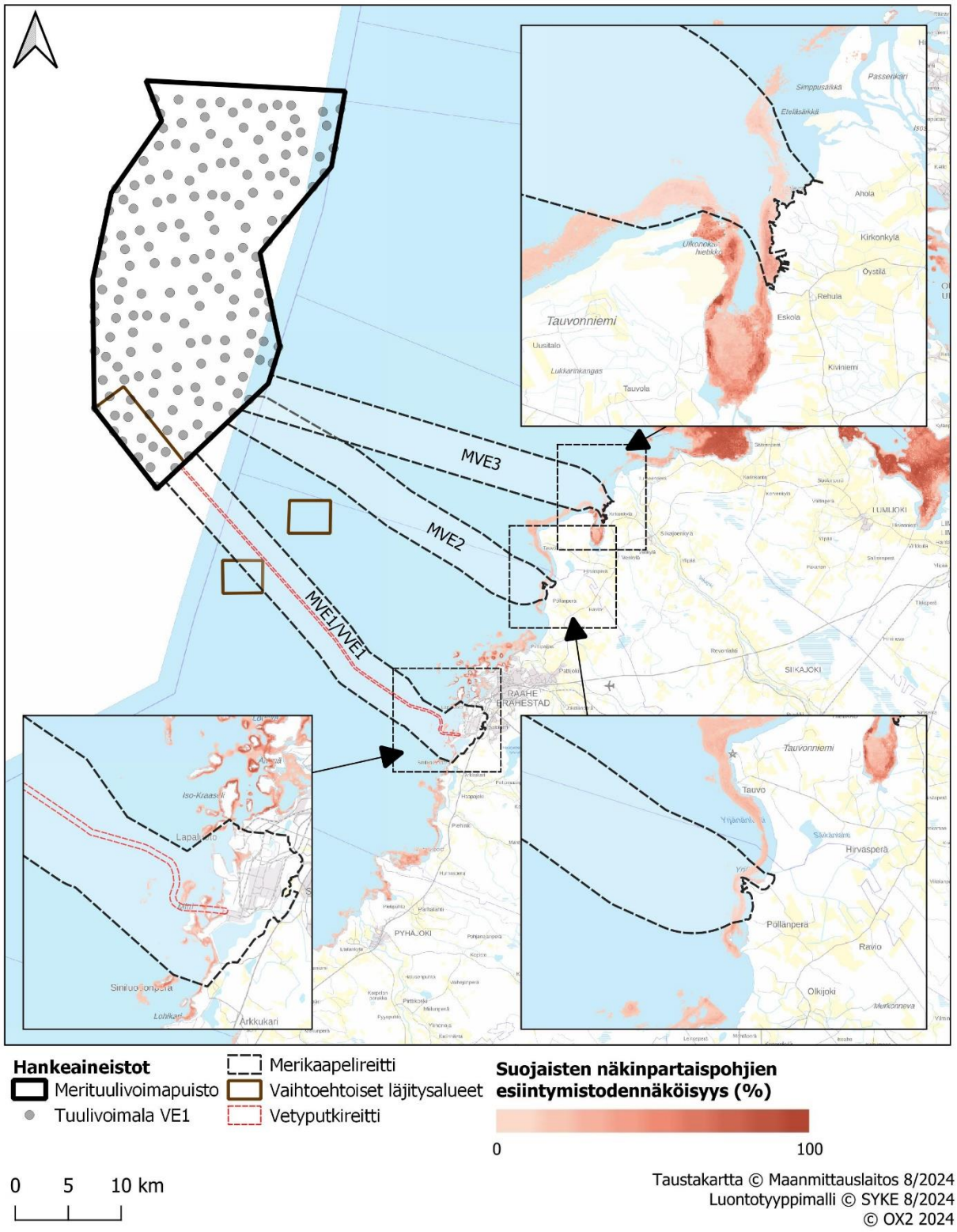
Suomen luontotyyppien punaisen kirjan uhanalaiset luontotyypit ja luonnonsuojelulain mukaiset luontotyypit

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.

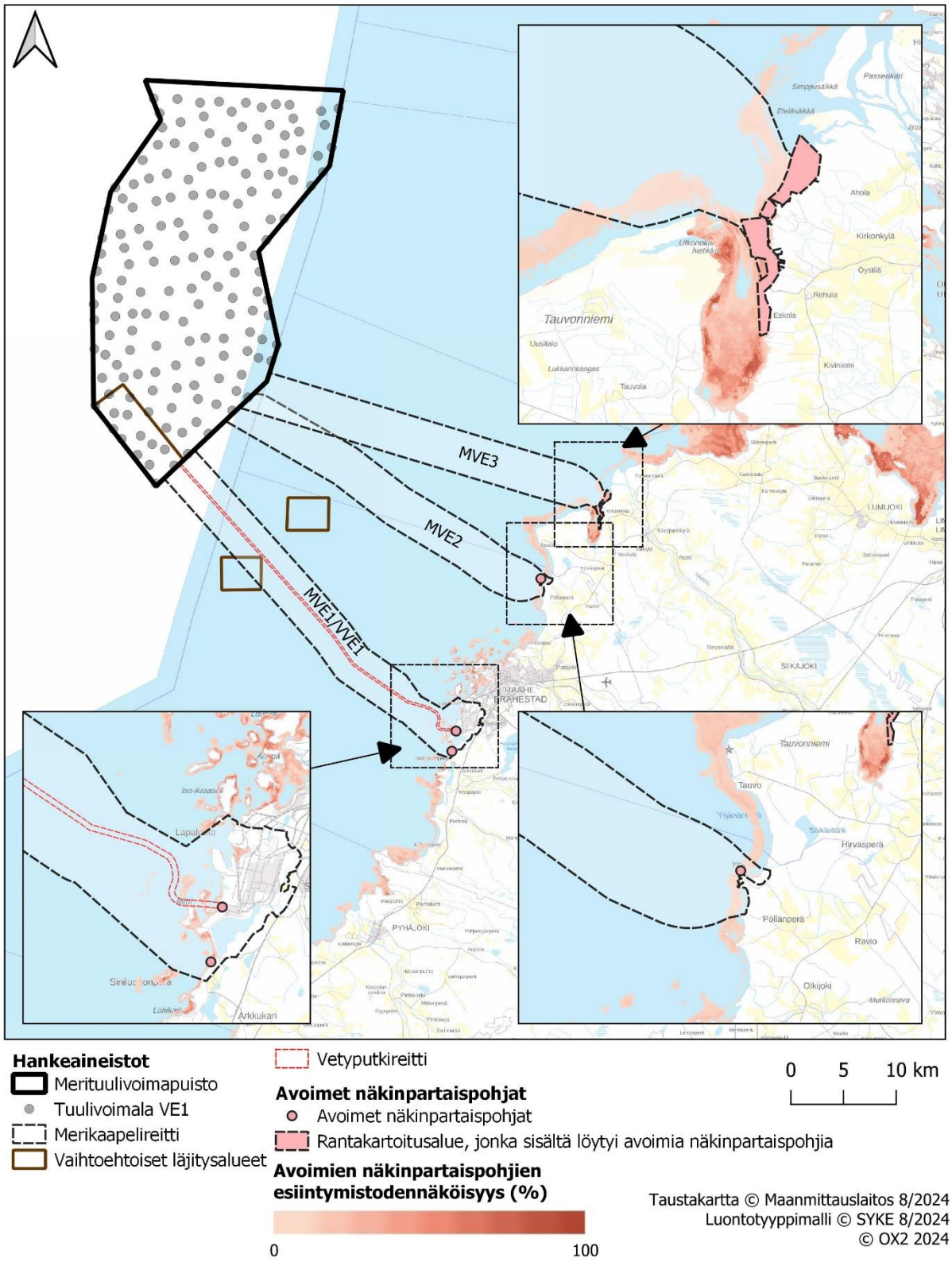
Erittäin uhanalaisiksi luontotyypeiksi (EN) arvioitiin haurupohjat, punaleväpohjat, suursimpukkapohjat, valkokatka-merivalkokatkapohjat ja jokisuistot, vaarantuneiksi luontotyypeiksi (VU) arvioitiin suojaisat näkinpartaispohjat, meriajokaspohjat, fladat ja kluuvit ja silmällä pidettäviksi luontotyypeiksi (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.

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.



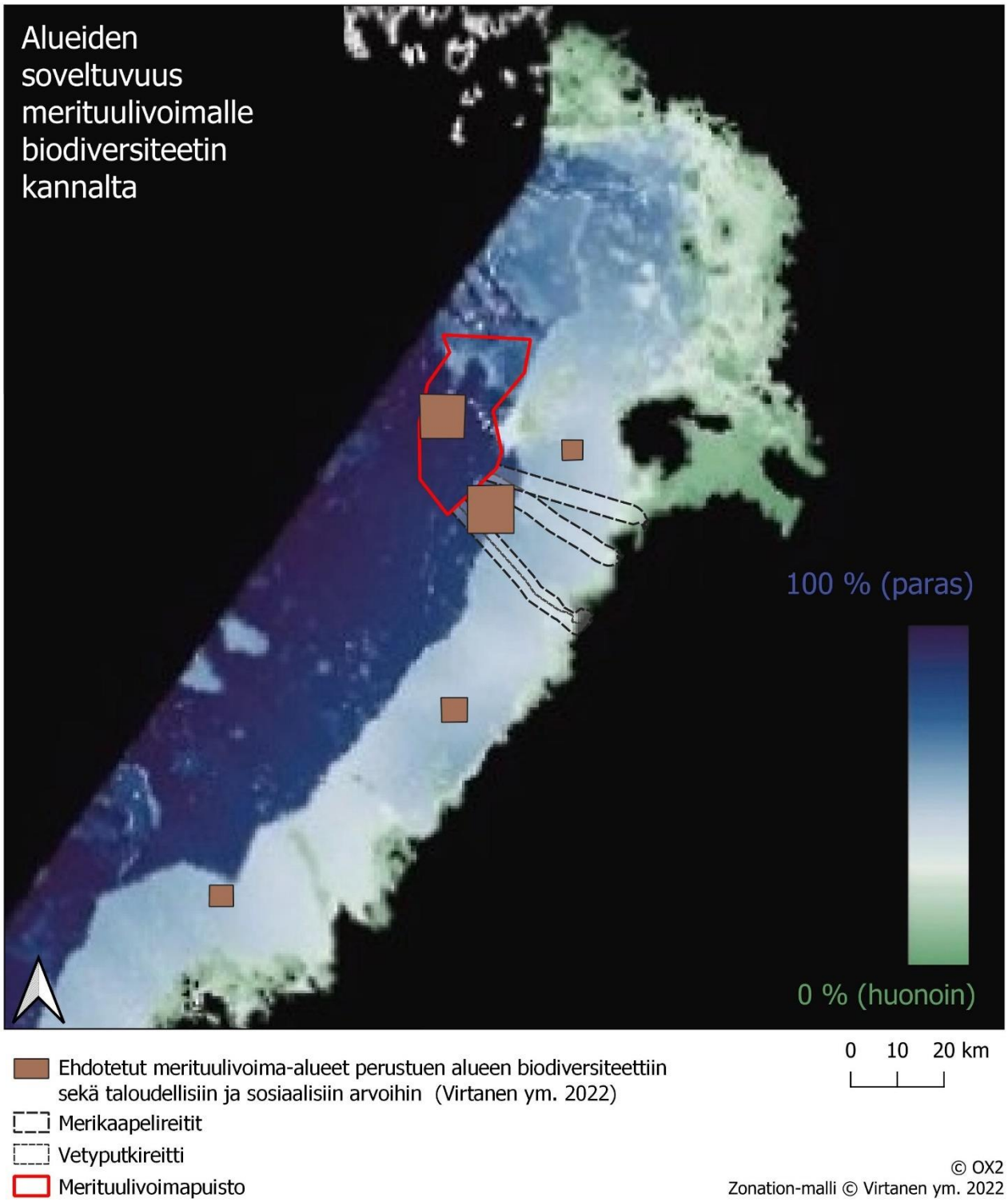
Kuva 8-9. Suojaisten näkinpartaispohjien esiintymistodennäköisyys.



Kuva 8-10. Avoimien näkinpartaispohjien esiintymistodennäköisyys ja kartoituksissa havaitut avoimet näkinpartaispohjat.

Korkean biodiversiteetin alueet

Vuonna 2022 tehtin zonation-mallinnus, jossa selvitettiin merituulivoimalle soveltuvimpia alueita (*Virtanen ym. 2022*). Hallan merituulivoimapuisto sijaitsee erittäin suotuisalla alueella biodiversiteettiarvojen kannalta (Kuva 8-11). Kaapelireitit kulkevat vähemmän suotuisten alueiden läpi. Suurimmat biodiversiteettiarvot ovat rannikon tuntumassa. Biodiversiteettiarvojen lisäksi taloudellisia ja sosiaalisia muuttujia huomioitaessa Hallan hanke sijoittuu suotuisalle alueelle.



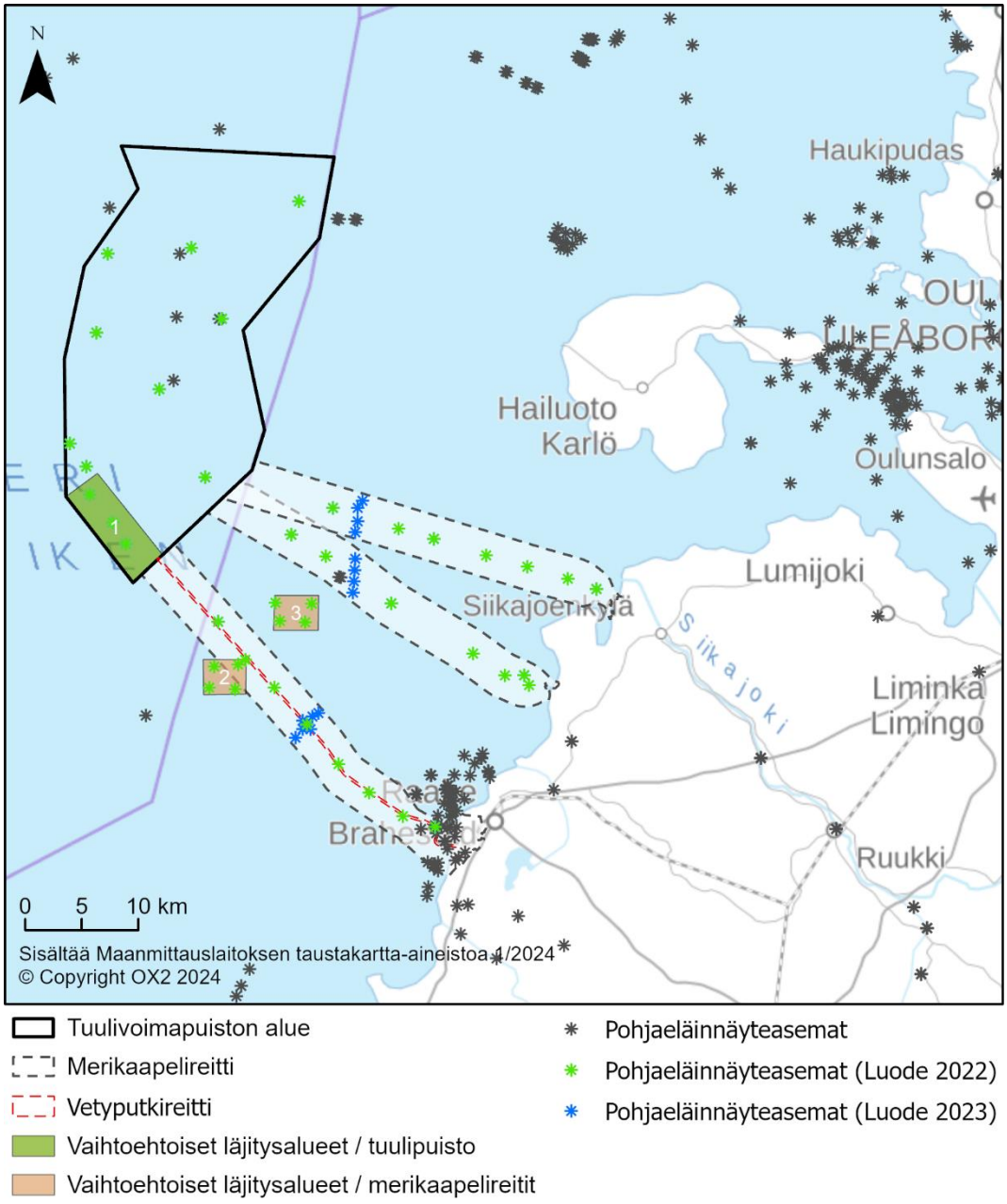
Kuva 8-11. Hallan hankkeen sijainti suhteessa zonation-mallinnukseen merialueiden biodiversiteettiarvoista sekä ehdotettuihin merituulivoima-alueisiin, joiden sijainnissa on huomioitu biodiversiteetin lisäksi taloudellisia ja sosiaalisia arvoja (Virtanen ym. 2022).

Pohjaeläimet

Perämeren pohjaeläimistö on vähälajista ja koostuu miltei yksinomaan makean veden eläimistä. Harvoista merellistä 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*) sekä muihin seurantoihin (*Suomen ympäristökeskus 2024, POHJE-rekisteri*) (Kuva 8-12). Lisäksi on hyödynnetty VELMU-hankkeen aineistoja sekä alueella tehtyjä vedenalaisen luonnon kartoituksia (drop-videoinnit) (*Vasama& Leinikki 2023)*, 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.



Kuva 8-12. Pohjaeläinnäyteasemat hankealueella (Suomen ympäristökeskus 2024, Pohje-rekisteri, Lindfors ym. 2023, Lindfors ym. 2024).

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. Avomeren

pohjaeläinyhteisöjen BQI-indeksi ylitti kaikilla asemilla yli 1,5 numeerisen raja-arvon eli näyteasemien pohjaeläinyhteisöjen tila oli hyvä molempina tutkimusvuosina (2022 ja 2023).

8.4.2.2 Ruotsin puoli

Perämeri on maailman pohjoisin murtovesisaaristo, jossa vedenpinta vaihtelee jopa kaksi metriä ja meri voi olla jäässä puolet vuodesta. **Meren syvyys** sisäsaaristossa on matala ja vaihtelee 10 ja 40 metrin välillä. Hieman kauempana syvyys on 40–100 metriä. Perämeri on ainutlaatuinen murtovesi- ja maankohoamisympäristö. Maankohoaminen luo vähitellen uusia rantoja, saaria ja matalia alueita, jotka ovat usein tärkeitä elinympäristöjä eläimille ja kasveille.

Pohjoisella Perämerellä **pohjaeliöstöyhteisöt** ovat suhteellisen lajiköyhiä, etenkin verrattuna muihin etelämpänä Ruotsissa sijaitseviin merialueisiin. 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*). 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.

8.4.3 Kalasto ja ammattikalastus

8.4.3.1 Suomen puoli

Perämerellä esiintyy kokonaisuudessaan noin 25 **kalalajia**, joista vain kolmea pidetään merilajeina. Alhainen suolapitoisuus selittää pohjoisen Perämeren vähäistä merilajien määrää. Lähempänä rannikkoa kalalajikoostumusta hallitsevat makean veden lajit, ja avomeriympäristöissä, joissa suolapitoisuus on hieman suurempi, esiintyvät Perämeren ainoat aidot mereiset kalalajit. Perämeren avomerialueen kalalajisto on tällä hetkellä heikosti tutkittu.

Hallan merituulivoimapuiston alueella ei käytössä olevien tietojen perusteella sijaitse kaupallisesti tärkeiden kalalajien merkittäviä kutualueita, pohja on pitkälti karua hiekka- ja kivikkopohjaa. Tuulivoimapuiston alueella harjoitettava kalastus on vähäistä.

Merituulivoimapuisto sijaitsee ulkomerialueella, jossa hankealueen vesisyvyys vaihtelee välillä 12–61 m. 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 2022).*

Kaupallisen kalastuksen tiedot perustuvat kahteen erilliseen kalastustiedusteluun, jotka on raportoitu kansallisen YVA-menettelyn yhteydessä (*Kala- ja vesitutkimus 2022,* kansallisen yvamenettelyn liite 7, *Kala- ja vesitutkimus 2023a*, liite 8). Lisäksi on hyödynnetty Luonnonvarakeskuksen tietoja troolikalastusalueista Suomen ja Ruotsin puolella (*Lappalainen ym. 2023).* Kalastustiedustelun perusteella on saatu arviot kalastajien kokonaismäärästä tiedusteluvuosina (Taulukko 8-2), 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 8-2. 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 2023.

	1 lk	2 lk
Suunnittelualue ja sen lähiympäristö	2	4
kaapelireitti MVE1 (ja vetyputkireitti)	3	17
kaapelireitti MVE3	6	14
kaapelireitti MVE3	6	9

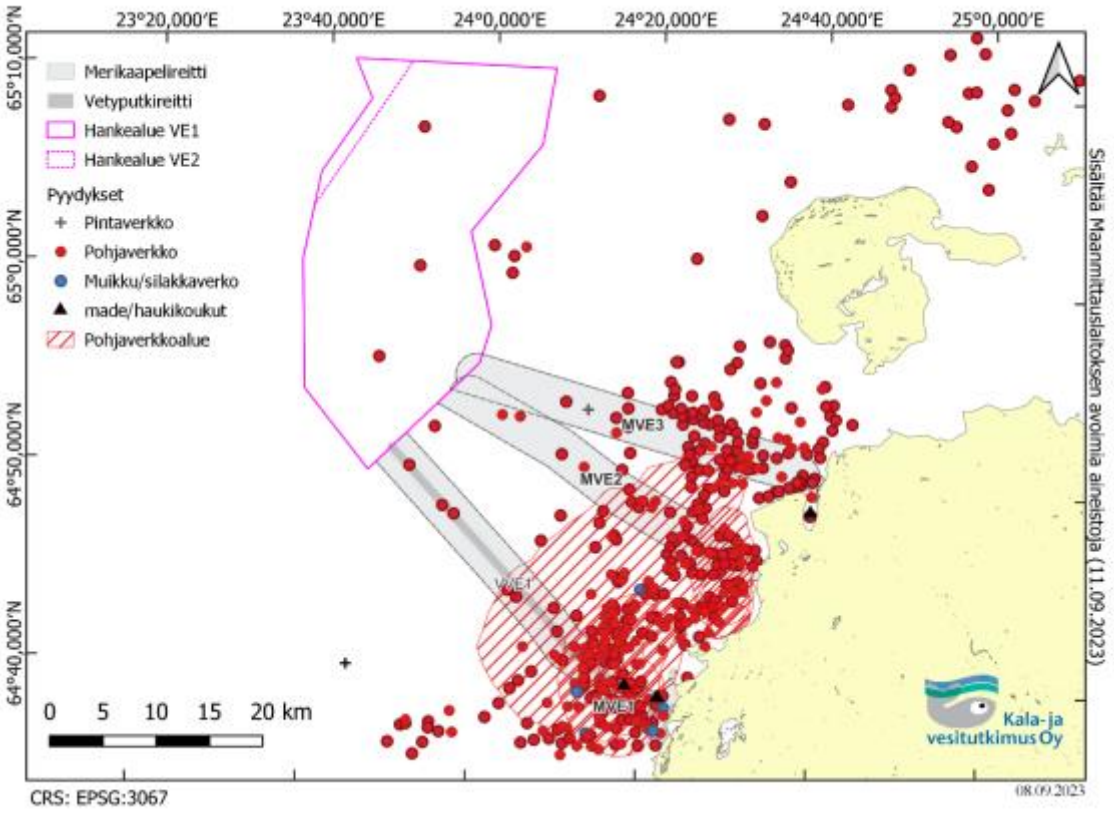
Merituulivoimapuiston alueella kalastus oli vähäistä ja koostui lähinnä silakan troolikalastuksesta. Tiedustelun ja Luonnonvarakeskuksen keräämän VMS-aineiston antama aineisto on varsin yhtenäistä. Vuositasolla kertyvät tuntimäärät ovat pieniä (Kuva 8-15).

Lisäksi tuulipuiston alueella sekä läheisellä Merikallojen matalikolla harjoitettiin satunnaista ahvenen ja siian verkkokalastusta. Kaupallista rannikkokalastusta harjoitettiin vaihtoehtoisten kaapelireittien alueella monipuolisesti verkko- ja rysäpyynnillä sekä troolikalastamalla (Kuva 8-13 ja Kuva 8-14).

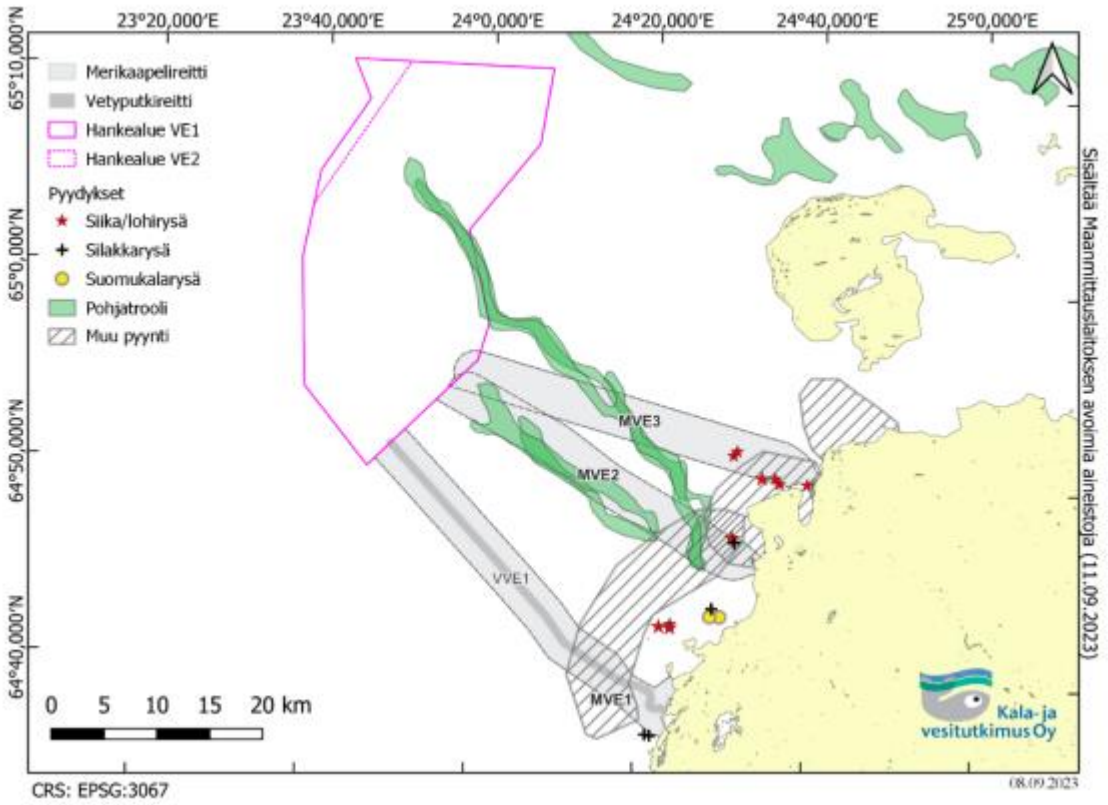
Pyydysyksiköitä (pyyntipäivä x pyydysten lukumäärä) alueella käytettiin vuonna 2022 kyselyn perusteella noin 102 000 kpl, joista lähes 99 % oli erityyppisiä verkkoja. Verkkokalastuksen pääsaalislajit olivat siika ja ahven. Rysillä kalastettiin pääasiassa siikaa ja silakkaa. Verkkokalastusta harjoitettiin 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 troolikalastusta. Troolikalastuksessa kertyvät tuntimäärät ovat pieniä (Kuva 8-15). Eniten rysäpyyntiä on reitillä MVE3 (Kuva 8-13 ja Kuva 8-14)

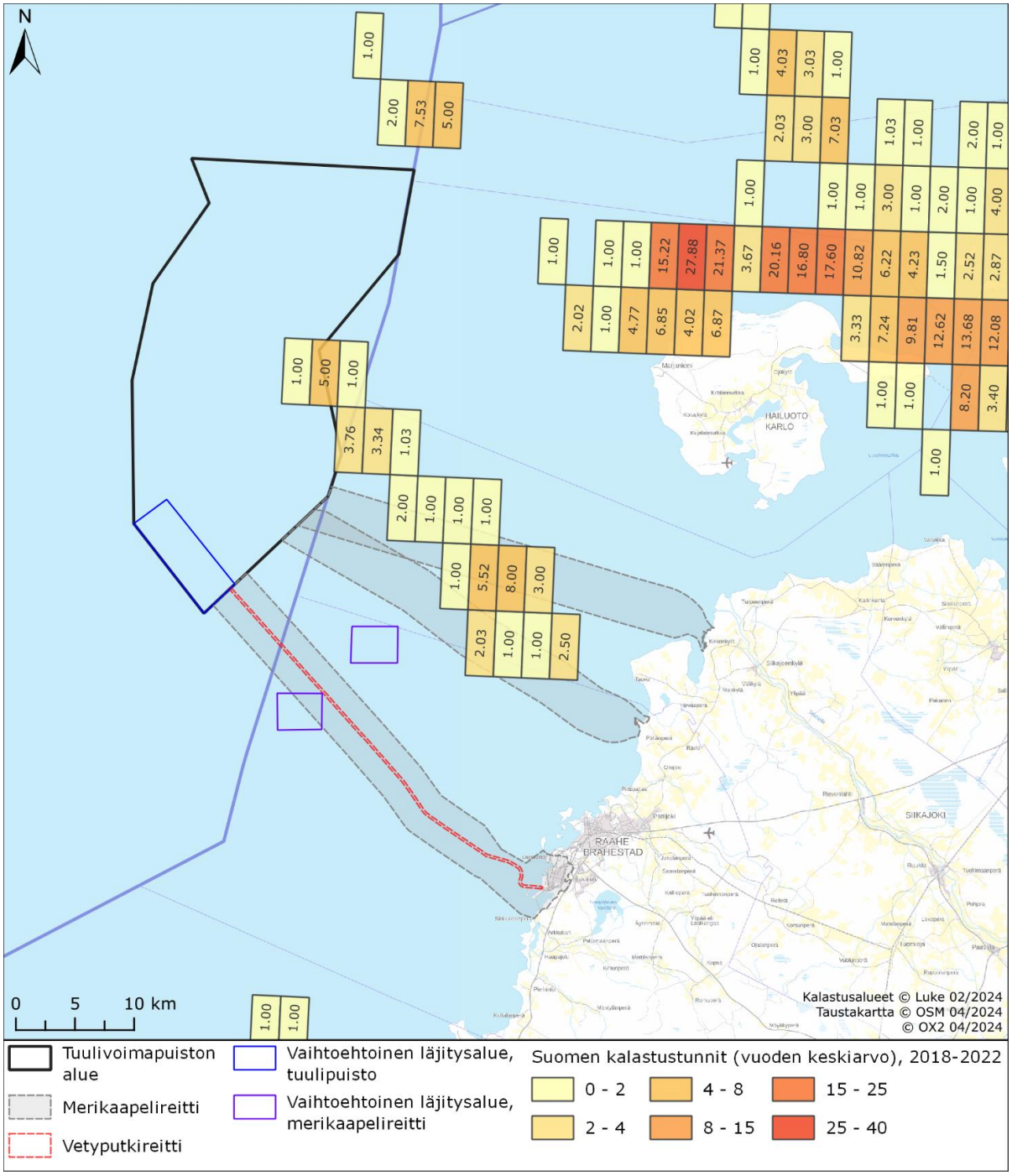
Rannikkokalastuksen saalis vuonna 2022 oli noin 386 tonnia. Saalis muodostui pääosin silakasta (86 %, 323 tonnia), siiasta (5 %, 18 tonnia) ja ahvenesta (4 %, 16 tonnia) sekä muikusta (3 %, 11 tonnia). Särkikalojen osuus kokonaissaaliista oli 3,6 % (n. 14 tonnia). Haukea (2 tonnia) ja madetta (1,3 tonnia) saatiin kohtuullisia saaliita, mutta muiden kalalajien osuus oli hyvin vähäinen. (*Kala- ja vesitutkimus 2023*, liite 8 kansallinen YVA-aineisto)



Kuva 8-13. Kaupallisten kalastajien ilmoittamat verkkopyyntipaikat ja -alueet vuosina 2021 ja 2022. Mukana on myös made-/haukikoukut. Kuva lähteestä: Kala- ja vesitutkimus 2023.



Kuva 8-14. Kaupallisten kalastajien ilmoittamat rysäpaikat sekä troolikalastusalueet vuosina 2021 ja 2022. Mukana on myös vuoden 2021 määrittelemättöminä merkittyjä kalastusalueita. Kuva lähteestä: Kala- ja vesitutkimus 2023.



Kuva 8-15. 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 km etäisyydellä, rysäkalastuskielto alle 3 km etäisyydellä ja verkkokalastuskielto alle 1 km etäisyydellä jokisuusta. (*Kalastusrajoitus.fi 2023*).

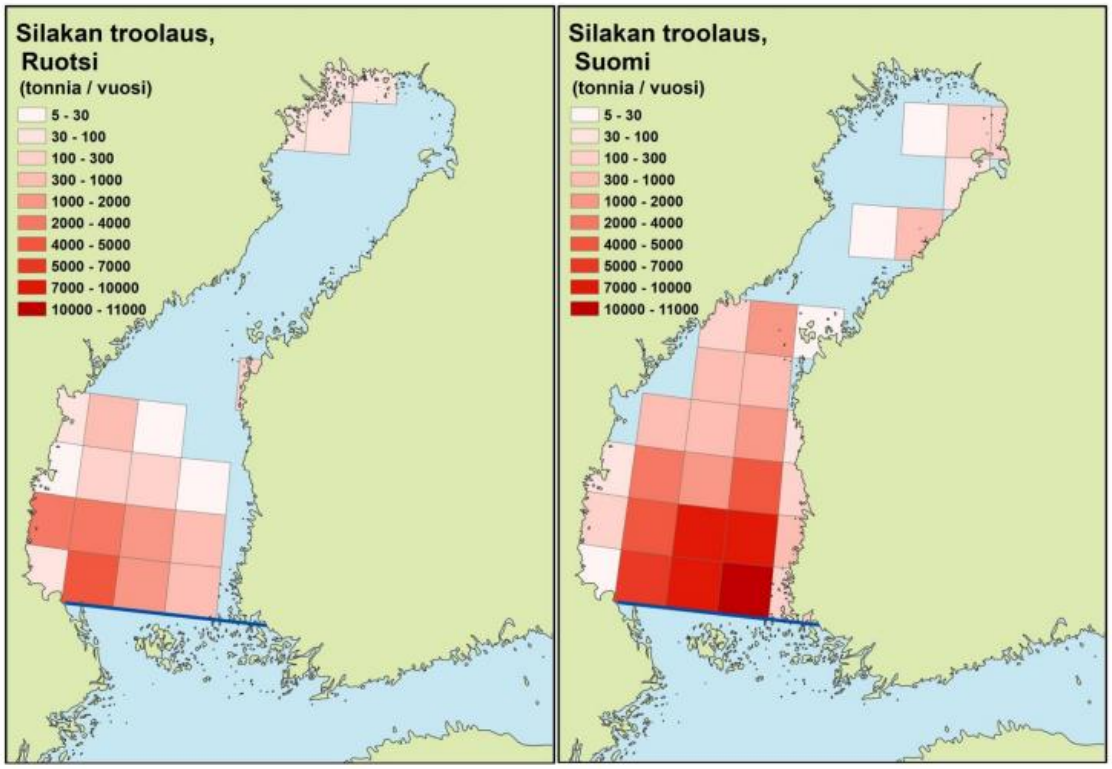
Merialuesuunnittelun mukaiset kalastusalueet on esitetty luvussa 8.1. Tärkeitä verkkokalastusalueita sijaitsee kaapeleiden MEV2 ja MEV3 alueella.

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*).

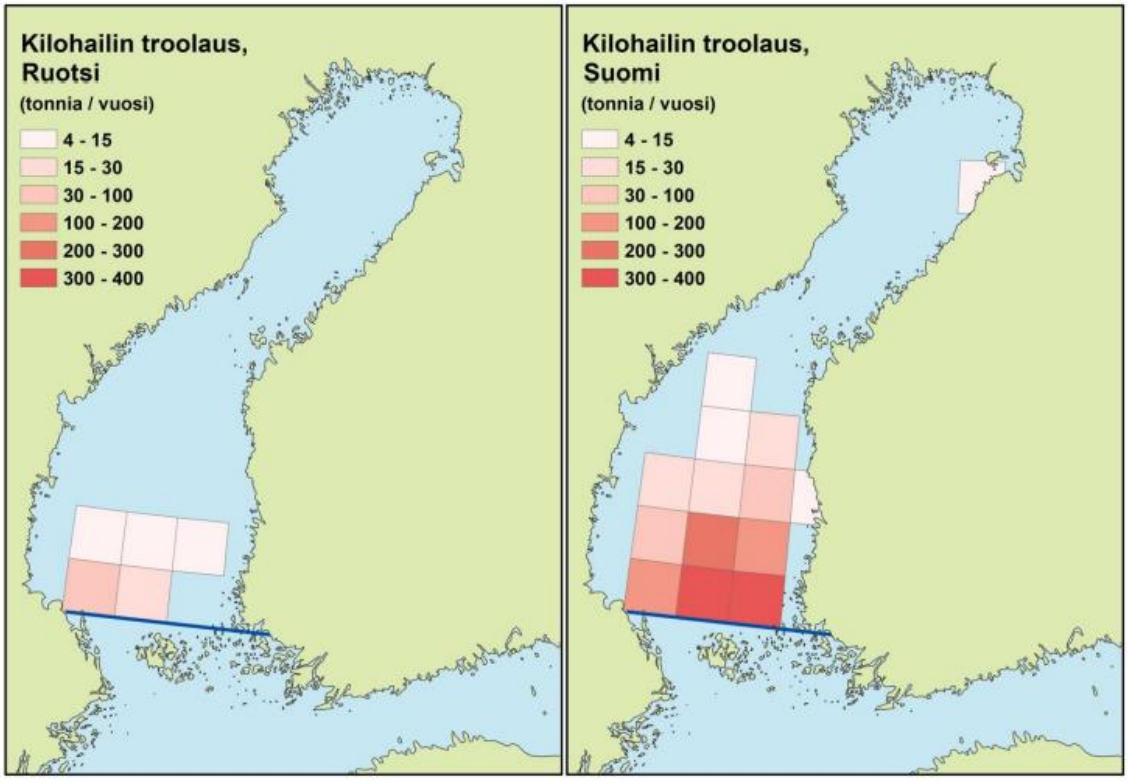
Hallan hankealueella Suomen puolella ei harjoiteta kalastusta ruotsalaisten ammattikalastajien toimesta. Ohessa on linkki AIS-aineistoon, jossa on näkyvillä vuodet 2012–2024.

Linkin kautta olevasta aineistosta näkee hyvin selkeästi, että Perämerellä ruotsalaisten kalastus rajoittuu oman rannikon läheisyyteen. https://globalfishingwatch.org/map/index?start=2012-01-01T00%3A00%3A00.000Z&end=2024-12-31T23%3A59%3A59.999Z&longitude=22.684014692652582&latitude=63.72237760095409&zoom=8.066707003003424

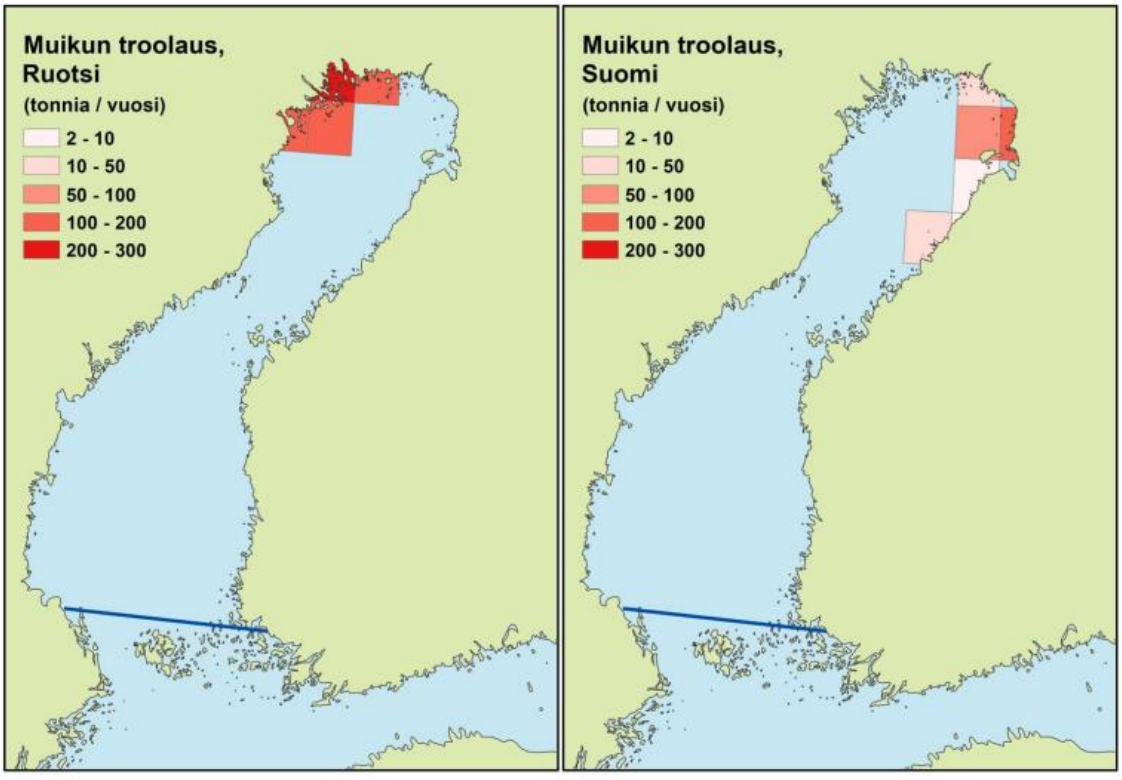
Suomen Luonnonvarakeskuksen troolariraportissa (*LUKE 2023*) on esitetty ruotsalaisten silakkatroolaus (Kuva 8-16), kilohailitroolaus (Kuva 8-17) sekä muikuntroolaus (Kuva 8-18) perustuen aineistoon vuosilta 2018–2022. Hallan alueella ei harjoiteta em. troolausmuotoja.



Kuva 8-16. Ruotsin ja Suomen troolilaivastojen tilastoruutukohtaisten silakkasaaliiden vuosikeskiarvot Pohjanlahdella ajanjaksolla 2018–2022 (Ruotsin keskiarvo 15 milj. kg/v; Suomen keskiarvo 63 milj. kg/v.).



Kuva 8-17. Ruotsin ja Suomen troolilaivastojen tilastoruutukohtaisten kilohailisaaliiden vuosikeskiarvot Pohjanlahdella ajanjaksolla 2018–2022 (Ruotsin keskiarvo 0,1 milj. kg/v; Suomen keskiarvo 1,5 milj. kg/v.

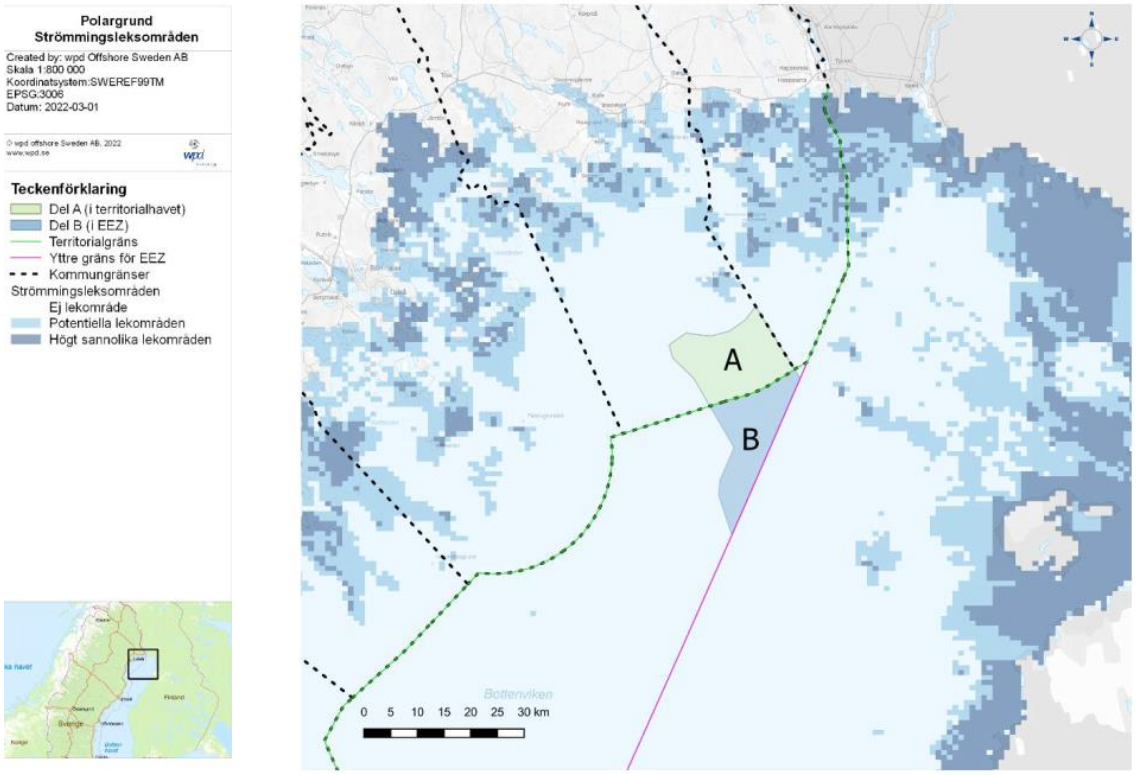


Kuva 8-18. Ruotsin ja Suomen troolilaivastojen tilastoruutukohtaisten muikkusaaliiden vuosikeskiarvot Pohjanlahdella ajanjaksolla 2018–2022 (Ruotsin keskiarvo 769 t/v; Suomen keskiarvo 307 t/v).

8.4.3.2 Ruotsin puoli

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*). Muikku eroaa hieman muista makean veden lajeista ollen pelaginen parvikala, eli se liikkuu paljon myös avomerellä. Kesällä muikku leviää koko Perämerelle ja vaeltaa sitten syksyn aikana kohti pohjoisen Perämeren rannikkoa kutemaan. Kannan koko voi vaihdella suuresti vuosien välillä, ja kunakin vuonna syntyneiden kantojen vahvuus riippuu mm. lämpötilasta ja suolapitoisuudesta (*Bryhn ym 2021*). Toinen kaupallisesti tärkeä laji alueella on silakka. Silakka kutee rannikkoalueilla koko Ruotsin itärannikolla kattaen näin myös Norrbottenin ja Västerbottenin rannikkoalueet. Kuvassa (Kuva 8-19) on esitetty nimetyt kutualueet, joilla kutemisen todennäköisyys vaihtelee.



Kuva 8-19. 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. Molempien lajien poikaset vaeltavat pois vesistöistä, joissa ne syntyvät, viettävät yhden tai useamman vuoden ajan meressä ja palaavat sitten syntymävesiinsä lisääntymään. Vaellus on rankka, ja kalat kohtaavat matkalla monia ihmisen tekemiä esteitä kuten patorakenteita, jotka ovat osaltaan aiheuttaneet sen, että lisääntyminen on vähentynyt useita vuosia peräkkäin (*Havs- och Vattenmyndigheten, 2021*). Myös Polargrund Offshoren -hankkeen lähialueen aiemmissa inventoinneissa esiintyvien kalalajien oletetaan esiintyvän tutkimusalueen molemmissa osissa, 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*).

Polargrund Offshore on wpd:n (*2022*) mukaan aloittanut varhaiset keskustelut Norrbottens Kustfiskares Producentorganisationin kanssa syksyllä 2021 saadakseen alustavan kuvan siitä, miten kalastusta harjoitetaan alueella. Alueen kaupallisen kalastuksen arvioimiseksi on tutkittu viimeisten 20 vuoden saaliit.

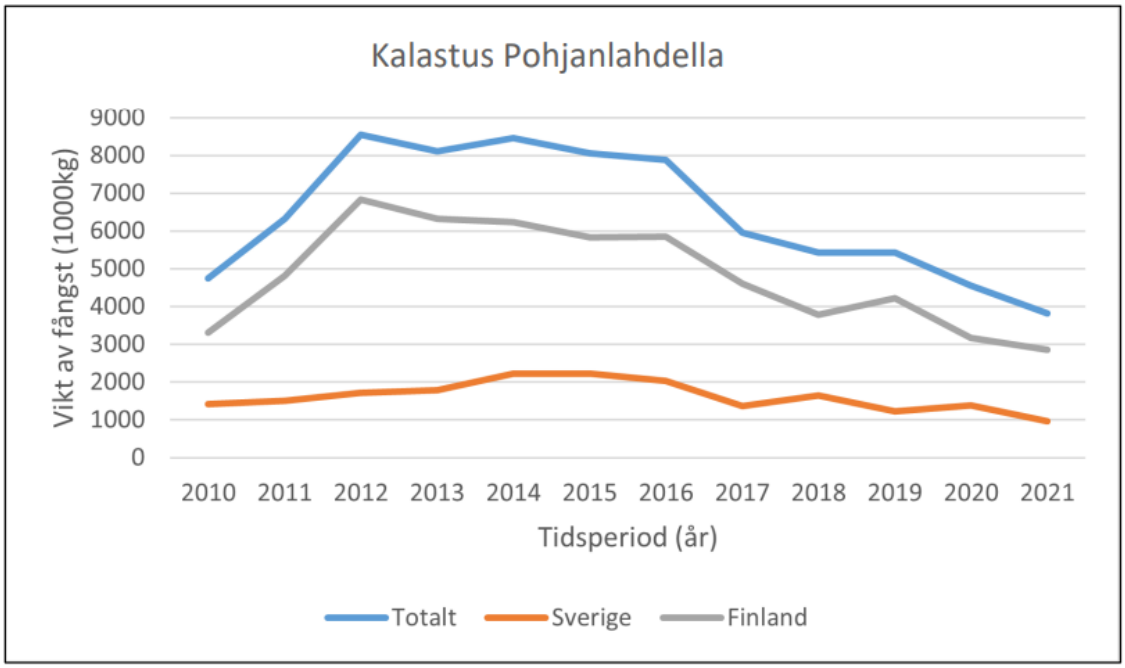
Muikun mätikalastus on Ruotsin rannikolla erittäin tärkeää ja tärkeä paikallinen tulonlähde. Mätikalastusta harjoitetaan pääasiassa troolaamalla rannikolla, ei tässä tarkastellulla tutkimusalueella.

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 2022*).

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.

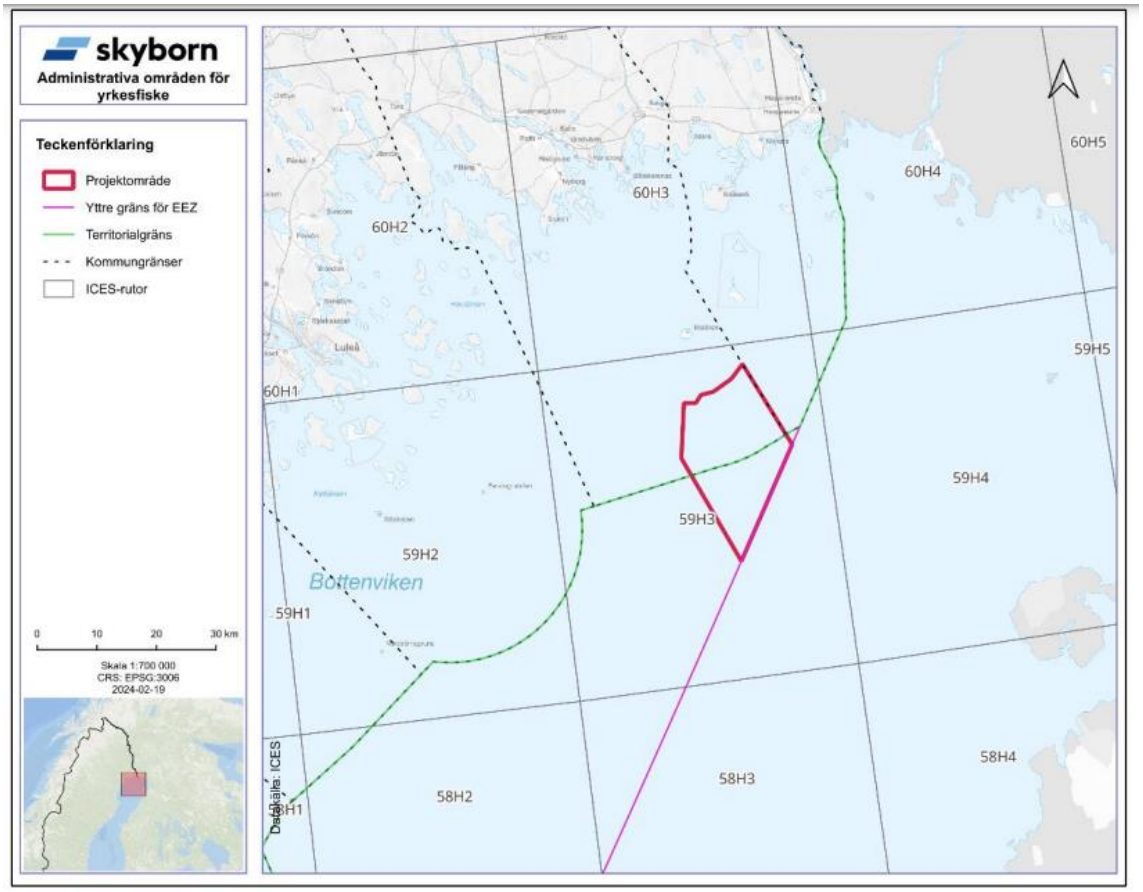
Haaparannan, Kalixin ja Luulajan mantereen puoleisilla rannikoilla on ammattikalastukseen liittyviä valtakunnallisesti merkittäviä alueita. Polargrund Offshore -kuulemisasiakirjan mukaan (*wpd 2022*) Perämeren vuosien 2009–2018 saalistietojen mukaan ammattikalastuksen pääasialliset kohdelajit 60 kilometrin säteellä tutkimusalueesta ovat muikku (noin 80 % saaliista), silli/silakka (noin 10 % saaliista) ja lohi (noin 7 % saaliista) (*Havs- och Vattenmyndigheten 2018*). Tutkimusalueella on laadittu viisi dokumentoitua saalisraporttia vuosina 2015, 2016 ja 2018 (*Havs- och Vattenmyndigheten 2018*). Saaliit koostuivat pääasiassa lohesta, mutta myös yksittäisiä siika- ja muikkusaaliita saatiin.

Suomen osuus Pohjanlahden kalastuksesta (sekä Suomen että Ruotsin puoli) on historiallisesti ollut suurin (Kuva 8-20). Vuonna 2022 Suomen saaliiden osuus oli 66 prosenttia kaikista alueen puretuista saaliista. Suomen saaliit kasvoivat vuodesta 2010 vuoteen 2012, mutta ovat sen jälkeen laskeneet vuoteen 2021 asti. Ruotsin kaupallisen kalastuksen saaliit noudattavat pitkälti samaa suuntausta: ne kasvoivat vuodesta 2010 vuoteen 2015 ja laskivat sitten (*wpd 2022*).



Kuva 8-20. Puretut saaliit Perämerenlahdella vuosina 2010–2022 (wpd 2022).

Vuosina 1980–2022 Suomen kaupallinen kalastus tilastollisen suorakulmion 59H3 alueella (Kuva 8-21) koostui yksinomaan silakasta. Vuodesta 2000 lähtien Suomi on purkanut kalaa kyseisestä tilastolohkosta vain kahtena vuonna, vuosina 2009 ja 2022. Vuoden 2022 saalis oli 37 tonnia silakkaa, mikä vastaa noin 1 % Suomen kalastuksesta Pohjanlahdella ja 8 % Suomen kalastuksesta viereisillä ICES-tilastolohkoilla. Kaiken kaikkiaan Polargrundin hankealueella nykyisin harjoitettavaa troolikalastusta pidetään erittäin vähäisenä, ollen alle 1 % ympäröiviin ICES-lohkoihin verrattuna (Kuva 8-21) (*wpd 2022*).



Kuva 8-21. Pohjanlahden pohjoisosassa sijaitsevat ICES-aluerekisterit suhteessa suunniteltuun Polargrund -tuulipuistoon (wpd 2022).

8.4.4 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*)

8.4.5 Lepakot

Lepakoiden muutto Suomen oloissa on vielä kohtuullisen vähän tunnettu ilmiö. Suomessa esiintyvistä lajeista muuttajina pidetään (esim. *Ahlén ym. 2009*) pikkulepakkoa (*Pipistrellus nathusii*), kääpiölepakkoa (*Pipistrellus pipistrellus*), vaivaislepakkoa (*Pipistrellus pygmaeus*), isolepakkoa (*Nyctalus noctula*), lampisiippaa (*Myotis dascyneme*) ja kimolepakkoa (*Vespertilio 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 8-22). 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 8-22. 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)

Polargrund Offshoren -kuulemisasiakirjan laatimisen yhteydessä on wpd:n mukaan (*2022*) tehty **lepakoiden** esiintymistä koskeva alustava tutkimus. 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.

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 esim. 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.

8.4.6 Linnusto

8.4.6.1 Aineistot

Arviointityön tueksi ja toteutettujen selvitysten lähtötiedoiksi on hankittu olemassa olevia linnustotietoja ja koottu tutkimus- ja seurantaraportteja merituulipuistojen vaikutuksista linnustoon, erityisesti Pohjan- ja Itämeren alueella. Hallan merituulipuiston vaikutusalueen pesimä- ja muuttolinnuston nykytilan osalta koottiin lisäksi tietoja Ruotsin julkisissa aineistoissa olevia tietoja Ruotsin rannikon tärkeimmistä pesimäalueista ja -lajistosta (*Länsstyrelserna 2020*) sekä havaintoja Ruotsin rannikolla havaitusta muuttolintujen muuttoreiteistä ja muuttajamääristä (*Artportalen 2024*).

Hallan hankkeen 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 on hyödynnetty 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.

Arviointi laadittiin parhaan käytettävissä olevan tiedon perusteella, jossa ensisijaisena tietolähteenä olivat toiminnassa olevien merituulivoimapuistojen seurantatiedot - erityisesti Porin Tahkoluodosta sekä Itämeren ja Pohjanmeren alueelta. 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*).

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 8-3. 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
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

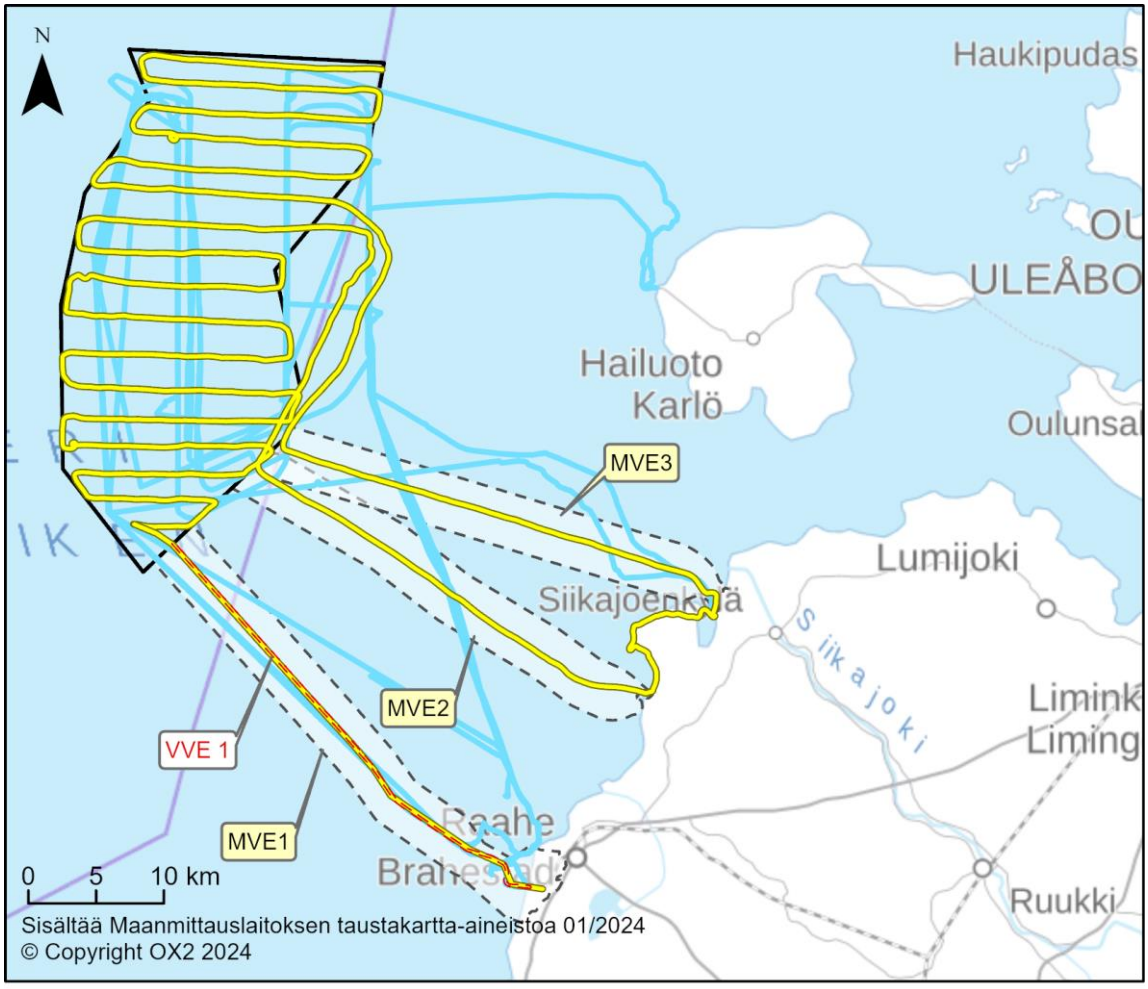
Merituulivoimapuiston alue

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 merituulivoimapuistoalueen reunalta. Kaikkiaan merituulivoimapuiston alueella käytiin 19 kertaa (Taulukko 8-3).

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 8-23). 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 m ja lentonopeus noin 100 km/h. Merituulivoimapuistoalueen ja kaapelireittien kattavan lentoreitin kokonaispituus oli noin 495 km. 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.

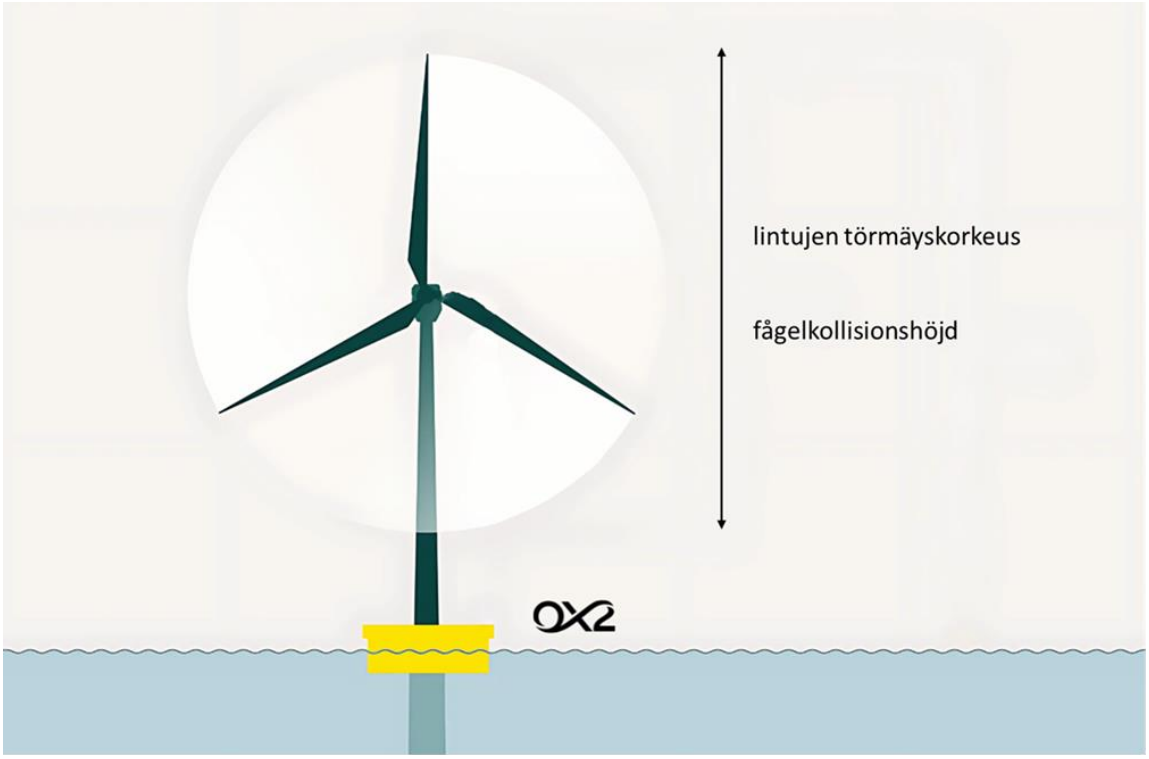


Kuva 8-23. Hallan tuulivoimapuiston alueella toteutettujen vene- ja helikopterilaskentojen reitit. Helikopterireitti (yksi lentokerta keväällä 2023) on lennon aikana tallennettu jälki. Venereitti on suunniteltu reitti, joka pyrittiin ajamaan jokaisella käyntikerralla. Itäisintä ajolinjaa on jatkettu 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/kiikaroimalla lintuja veneestä/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 m (=uivat linnut), 1–10 m, 10–20 m, 20–50 m, 50–400 m ja yli 400 m. Korkeusluokat 20–50 m ja 50–400 m

luokitellaan arvioinnissa lintujen potentiaaliseksi törmäyskorkeudeksi (Kuva 8-24). Hankkeessa suunniteltujen voimaloiden kokonaiskorkeus on korkeintaan 370 metriä. Kirjaaminen tapahtui tablettitietokoneella paikkatieto-ohjelmaan.



Kuva 8-24. Lintujen törmäyskorkeudella tarkoitetaan lentokorkeutta merenpinnasta, joilla linnut voivat potentiaalisesti törmätä pyöriviin lapoihin. Todellisuudessa lapa pyyhkäisee noin 30 m merenpinnan yläpuolelta, mutta vaikutusten arvioinnissa törmäyskorkeudeksi on luokiteltu varoivaisuusperiaatteen mukaisesti 20–400 m.

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 8-25. 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 n. 0,5 m) haittasi jossain määrin havainnointia ja etenkin uivien lintujen löytämistä. © Harri Taavetti, FCG.

Taulukko 8-4. 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						

8.4.6.2 Nykytila

Etenkin keväällä Pohjanlahden ja Perämeren rannikko muodostaa yhden merkittävimmistä muuttoväylistä useille Suomen ja muun Pohjois-Euroopan sekä arktisen tundran alueella pesiville lintulajeille (esim. *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 8-5). Toki 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, molempina syksyinä hankealueella havaittujen lintujen yksilömäärät olivat alhaisia.

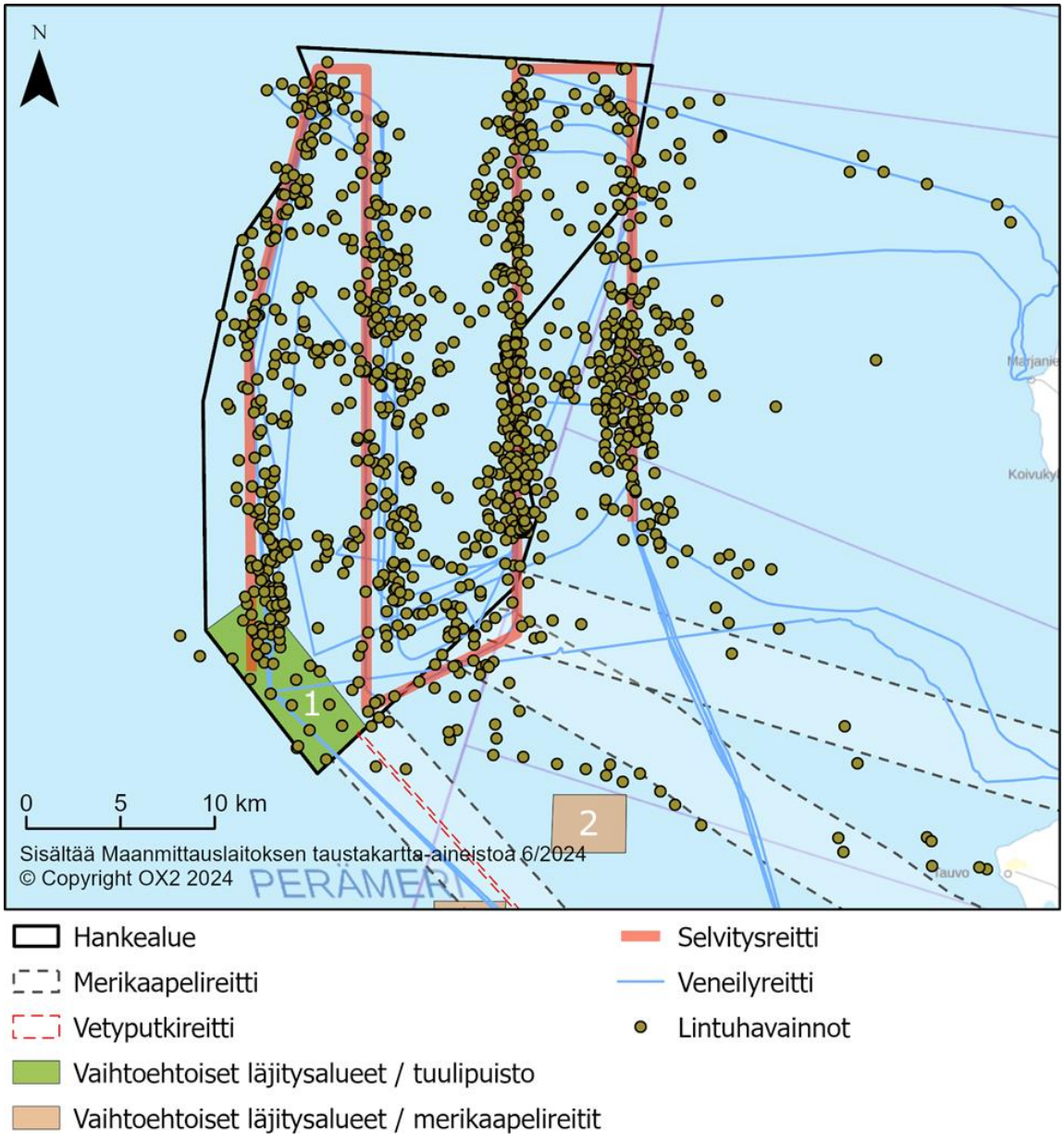
Taulukko 8-5. Koontitaulukko kaikista hankealueen selvityksissä vuosina 2021–2023 havaituista linnuista. Kevät = toukokuu, kesä = kesä-, heinä- ja elokuu, syksy = syys- ja lokakuu.

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	
Haarapääsky	8		1			7
Harmaahanhilaji	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
Kala/lapintiira	286		181	76		29
Kalalokki	95	20	11	51	11	3

Laji	Yht	Syksy 2021	Kevät 2022	Kesä 2022	Syksy 2022	Kevät 2023
Kalatiira	12		11			1
Keltavästä-räkki	1					1
Kuikka	352		210	66	5	71
Kuikkalin-tulaji	659	10	502	63	9	75
Kyhmy-joutsen	7		7			
Lapintiira	143		86	11		46
Liro	1		1			
Lokkilaji	214	17	75	101	5	16
Meriha-rakka	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			
Pikkuka-java	1			1		
Pikkulintu-laji	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
Ruokkilin-tulaji	71	4	30	26	10	1
Selkälokki	257		68	182	1	6
Sinisorsa	2		2			
Sirrilaji	1		1			
Suosirri	11		0			11
Tavi	1		0			1
Telkkä	10			4		6
Terva-pääsky	1		1			
Tukkakos-kelo	54		22	15	3	14

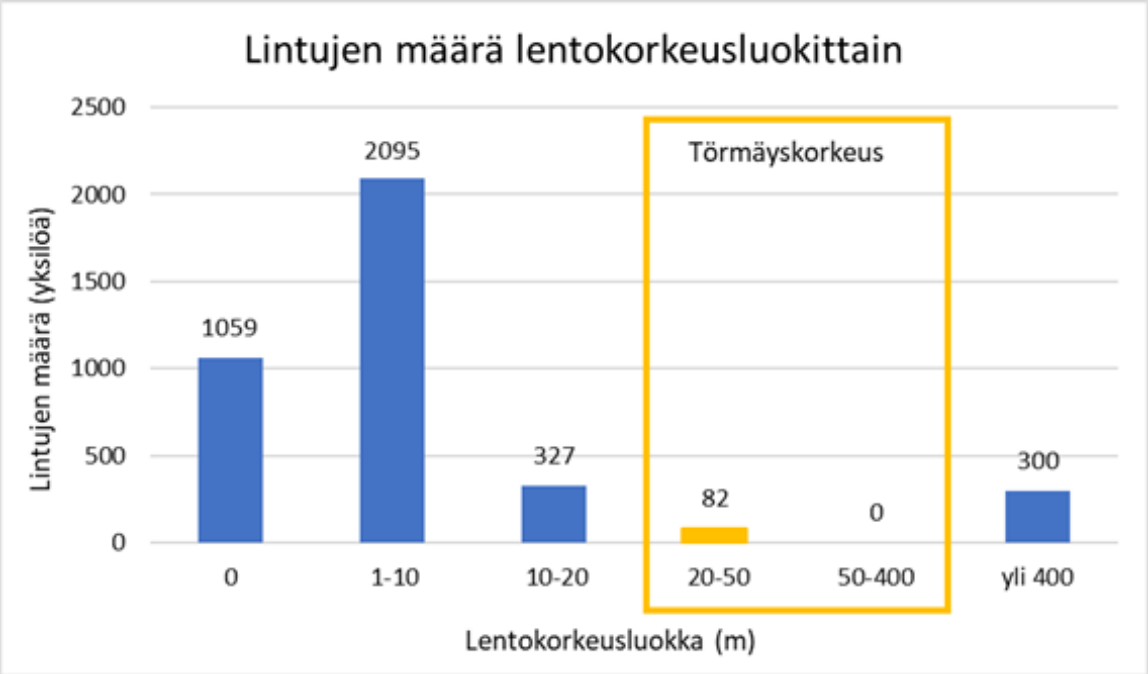
Laji	Yht	Syksy 2021	Kevät 2022	Kesä 2022	Syksy 2022	Kevät 2023
Tukkasotka	3		3			
Tundra-hanhi	1		1			
Urpiainen	3		0			3
Vesilintu-laji	512	10	309	19	23	151
Vesipääsky	7		7			
Vihervar-punen	1		0			1
Västäräkki	1		1			
Kaikki yh-teensä	**3863**	**173**	**1973**	**879**	**207**	**631**

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 8-26).



Kuva 8-26. 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 8-27). Niistä 74,7 % lensi korkeusluokassa 1–10 m. Törmäyskorkeudella (20–400 m) todettiin lentävän vain 2,9 % (82 yksilöä) linnuista, jotka kaikki havaittiin korkeusluokassa 20–50 m. Korkeusluokassa 50–400 m 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 mustalintuparvi (300 yks.) havaittiin lentävän tuulivoimapuistoalueen kautta korkealla, selvästi yli 400 m korkeudessa, eli törmäyskorkeuden yläpuolella.



Kuva 8-27. Kaavio kaikkien havaittujen lintujen (n=3863 yksilöä) lentokorkeuksista. Korkeusluokat 20–50 m ja 50–400 m luokitellaan varovaisuusperiaatteen mukaisesti törmäyskorkeudeksi (kaaviossa merkitty keltaisilla palkeilla ja keltaisella rajauksella). Korkeusluokassa 50–400 m ei havaittu yhtään lintua.

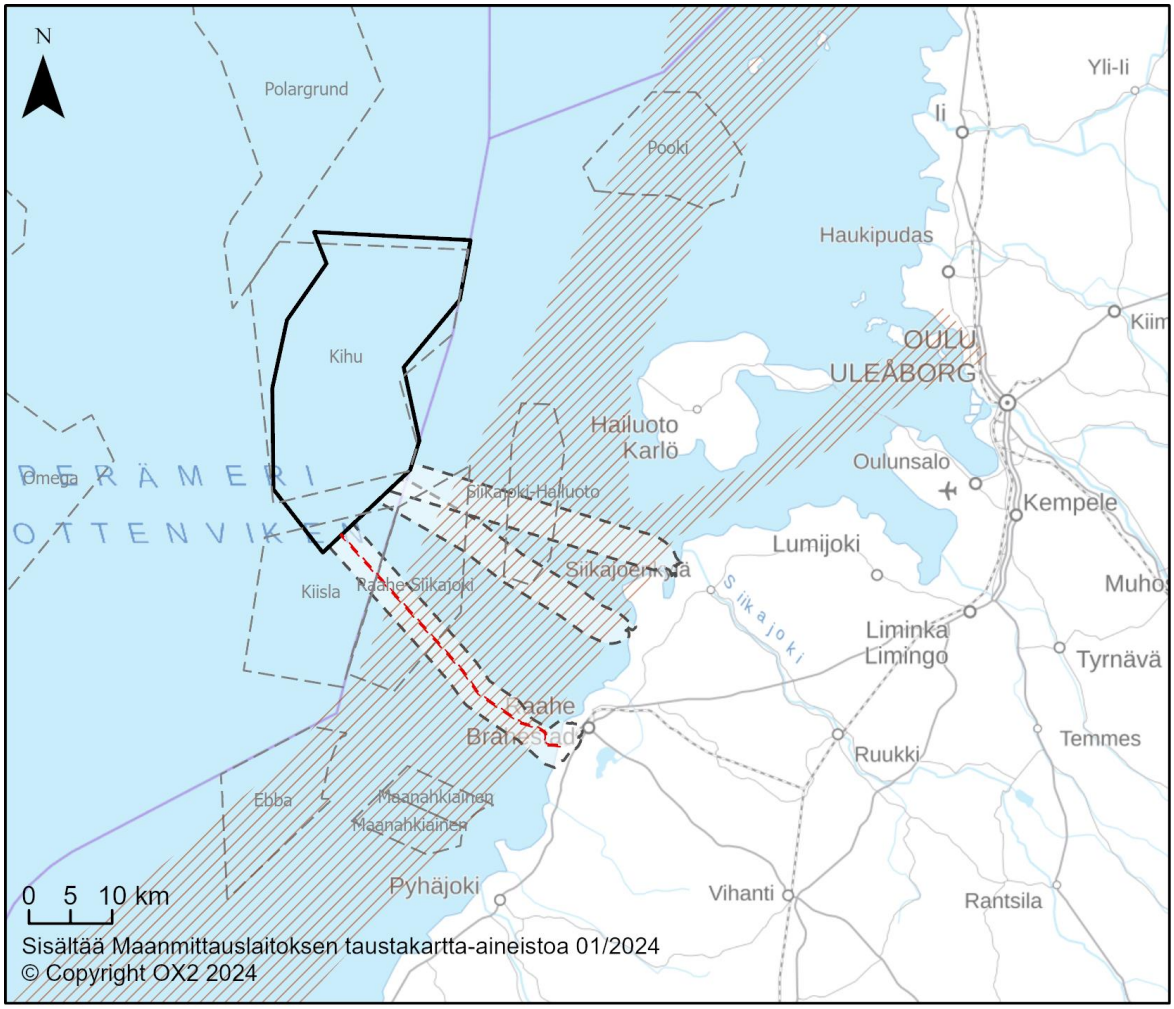
Vuoden 2023 osalta samaan aikaan ja usein Perämerelle sijoittuvien Hallan ja Laineen merituulivoimahankkeiden kanssa peräkkäisinä päivinä toteutetuissa Selkämeren talousvyöhykkeelle sijoittuvan Tyrskyn merituulivoimahankkeen (OX2) linnustoselvityksissä todettiin merkittävä ero nimenomaan muuton aikaan 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 km 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.

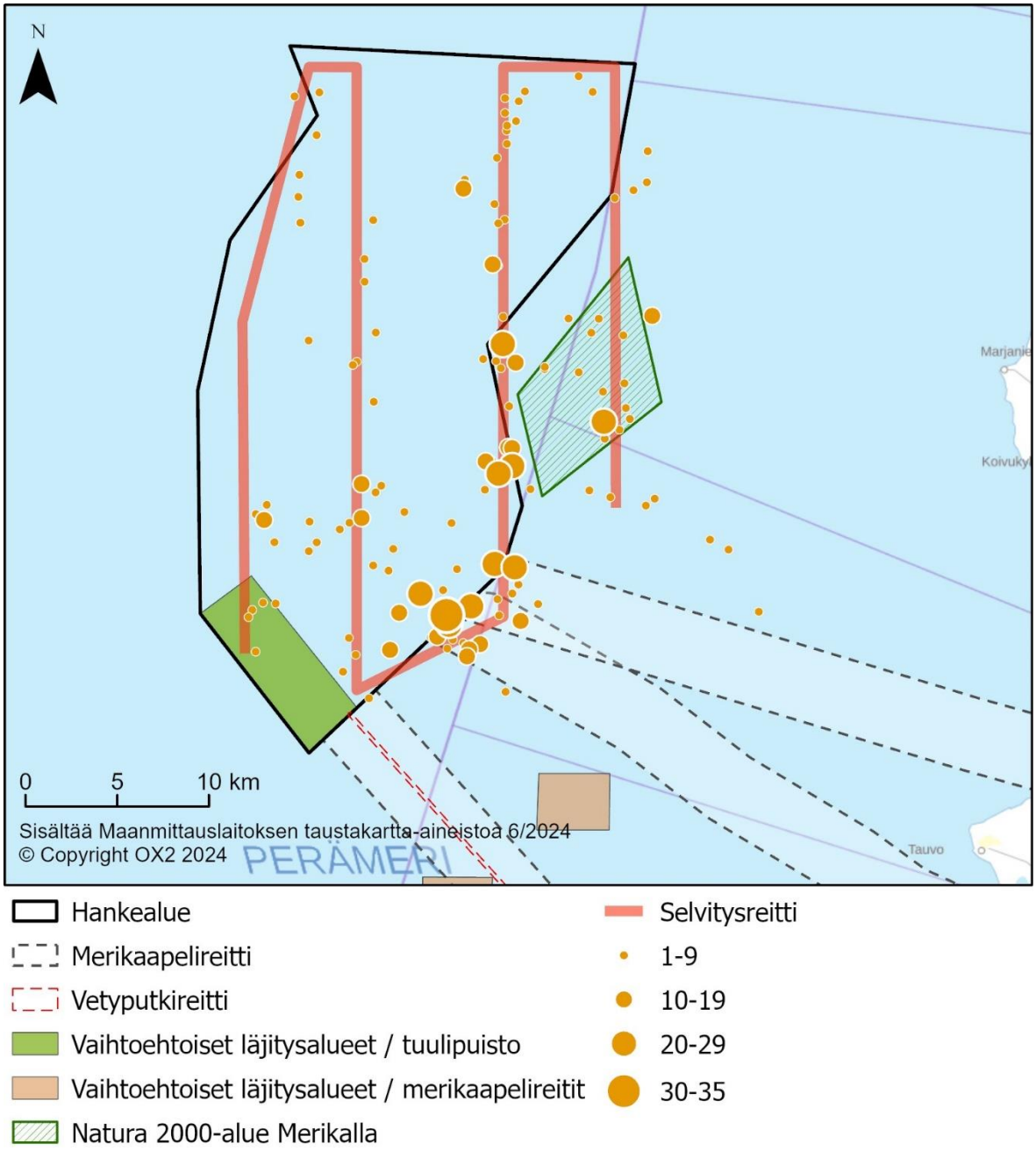
Kuikkalinnut (kuikka ja kaakkuri) / Lommar (storlom & smålom)

Hankkeen energiansiirtoreitit sijoittuvat kuikkalintujen valtakunnallisesti merkittävälle kevätmuuttoreitille (*Toivanen ym. 2023*) (Kuva 8-28).



Kuva 8-28. 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 8-29). Kaikkiaan kuikkalintuja havaittiin selvitysten aikana 1077 yksilöä, mikä on yli kaksinkertainen määrä verrattuna etelämpänä Perämerellä sijaitsevan Laineen merituulivoimapuiston alueeseen (413 yks.). 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.



Kuva 8-29. 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 (*Artportalen 2024, 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 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 kevätmuutolla 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 m. Mantereen ylle noustessaan kuikkalintuparvet nousevat yleensä satojen metrien korkeuteen. Ulkomerellä, missä ei ole esteitä näköpiirissä, parvet pääsääntöisesti siis muuttavat aivan pinnan tuntumassa.

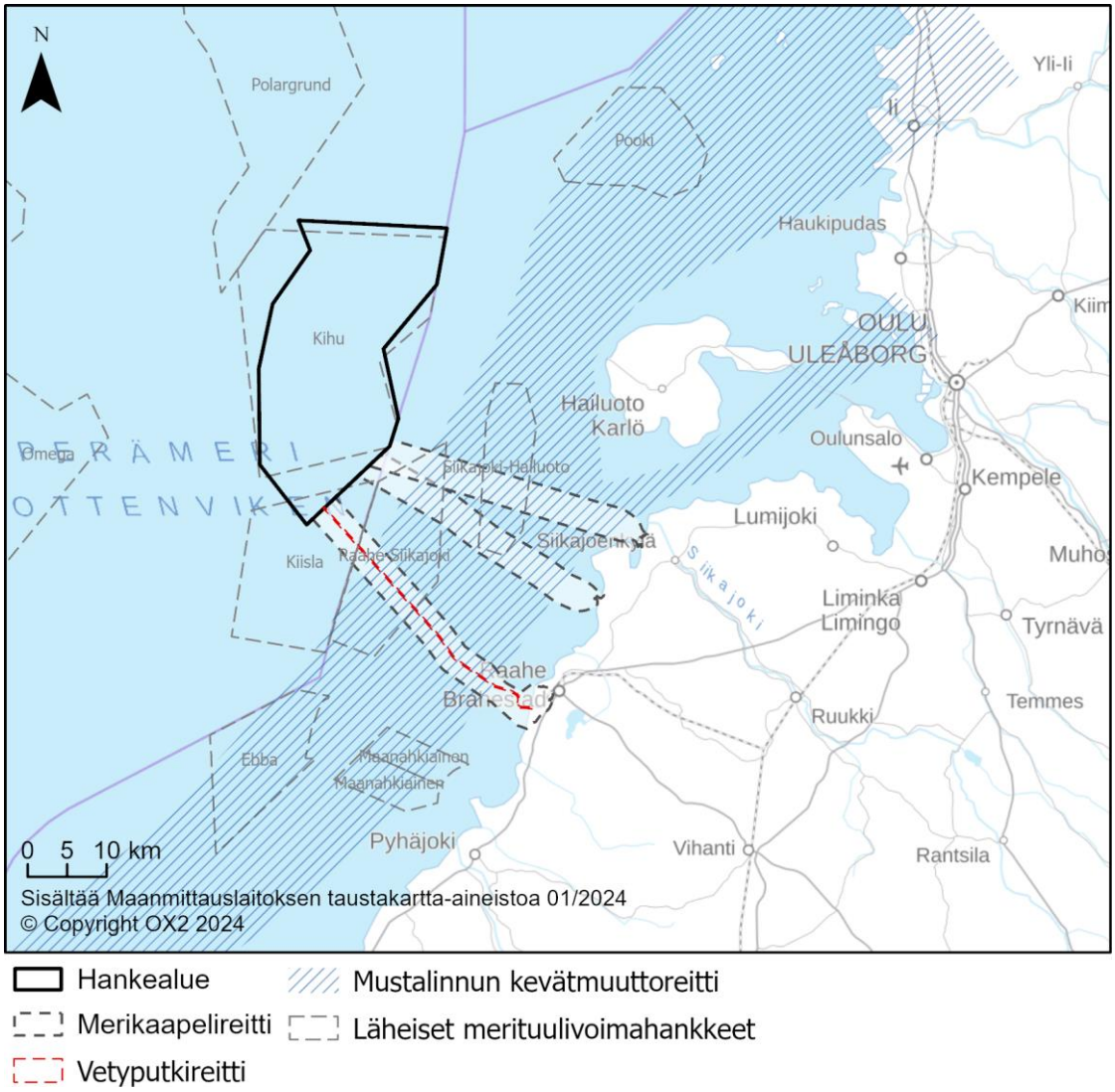
Havaitussa kuikkalintumuutossa oli merkittävä ero keväiden 2022 ja 2023 välillä. Vuonna 2022 kuikkalintuja muutti huomattavia määriä merituulivoimapuistoalueen kautta, mutta vuonna 2023 kuikkalintuja havaittiin vain 77 muuttavaa yksilöä. Tähän voivat vaikuttaa useat tekijät. Vuoden 2023 ”kuikkalintukevät” 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 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 8-30).



Kuva 8-30. 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 yks.).

Olemassa olevan tiedon (mm. *Artportalen 2024, 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 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 n. 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 4797 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.

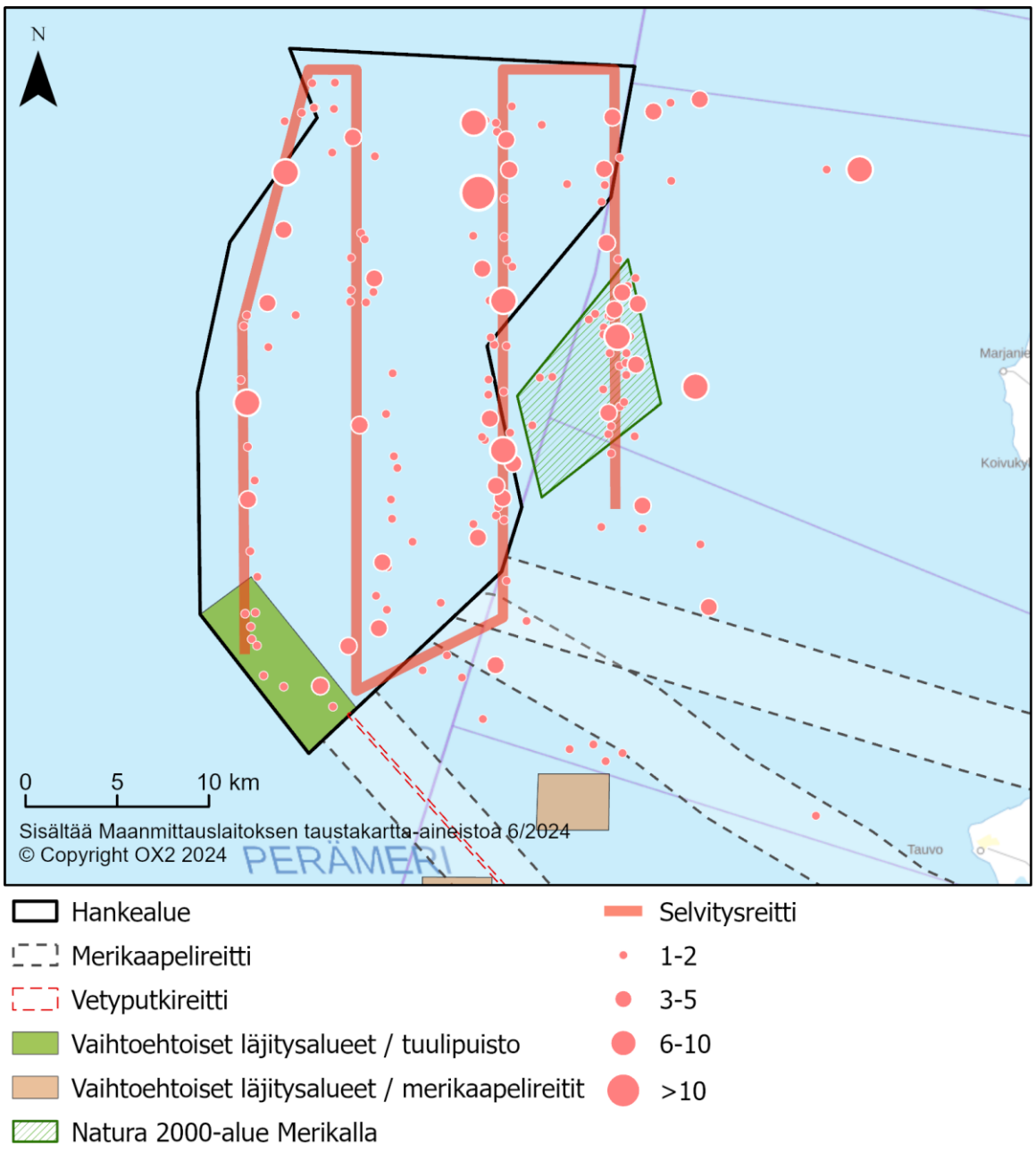
Kesäaikana arktisia vesilintuja ei merituulivoimapuiston alueella havaittu lainkaan.

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 8-31). Kaikkiaan ruokkeja havaittiin 350 yksilöä, mitä voidaan pitää merkittävänä määränä. Toukokuussa ruokkeja havaittiin kaikkiaan n 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 n. 450 paria (2019 tilanne) (*H. Tuohimaa/ Metsähallitus, kirjall. tiedonanto*).

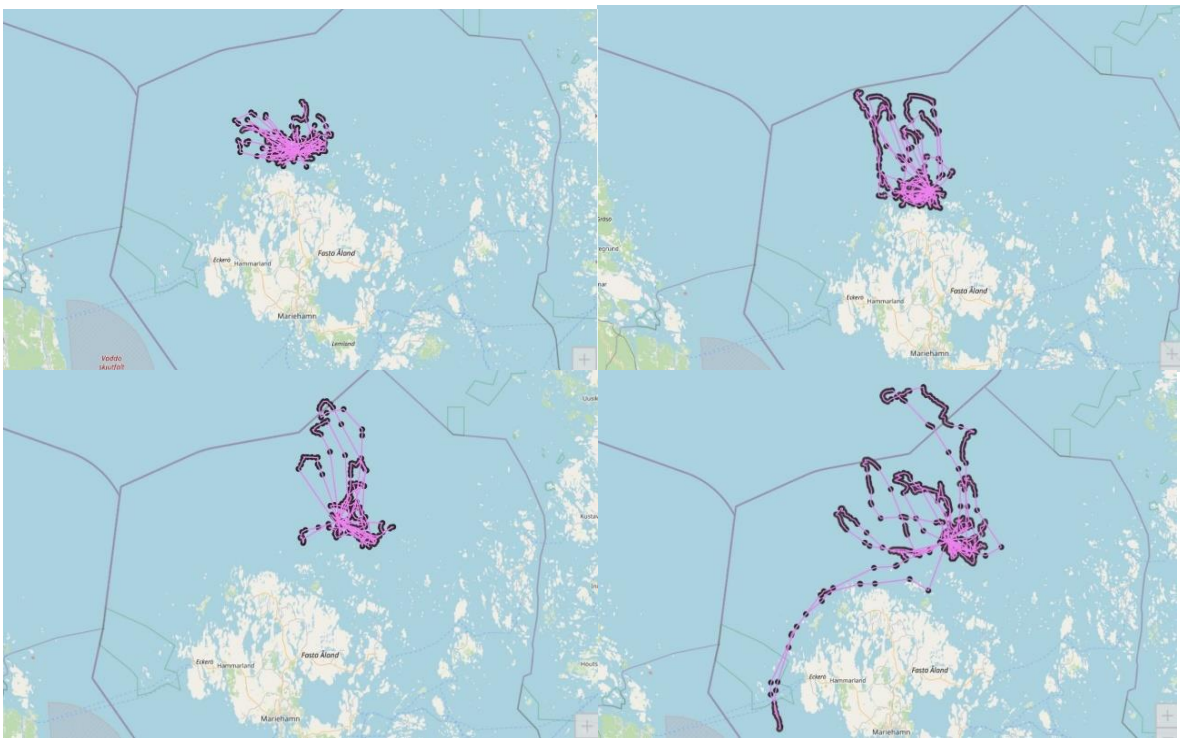
Ruokkeja havaittiin lähes kaikilla kevätmuuton sekä kesän ja syksyn käyntikerroilla. Suurimmillaan yksilömäärät olivat toukokuun lopulla, jolloin havaittiin enimmillään 71 ruokkia yhden päivän/ käyntikerran aikana. Myös 31.7. havaittiin 46 ruokkia, jolloin havaittiin myös yksi pesästä emon kanssa merelle lähtenyt poikanen. Myös loppusyksystä havaittiin vielä ruokkeja: 20.10. 49 yksilöä ja 27.10. 45 yksilöä. Mainitut yksilömäärät sisältävät määrittämättömät ruokki/etelänkiislat.



Kuva 8-31. 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 8-32Kuva 8-24). Näin ollen on mahdollista, että Krunnien lisäksi ruokkeja saapuu Hallan tuulivoimapuiston alueelle myös Ruotsin puolen pesimäyhdyskunnista.



Kuva 8-32. 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 m), oli tundrahanhi (bläsgås), 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) (skraker, 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.

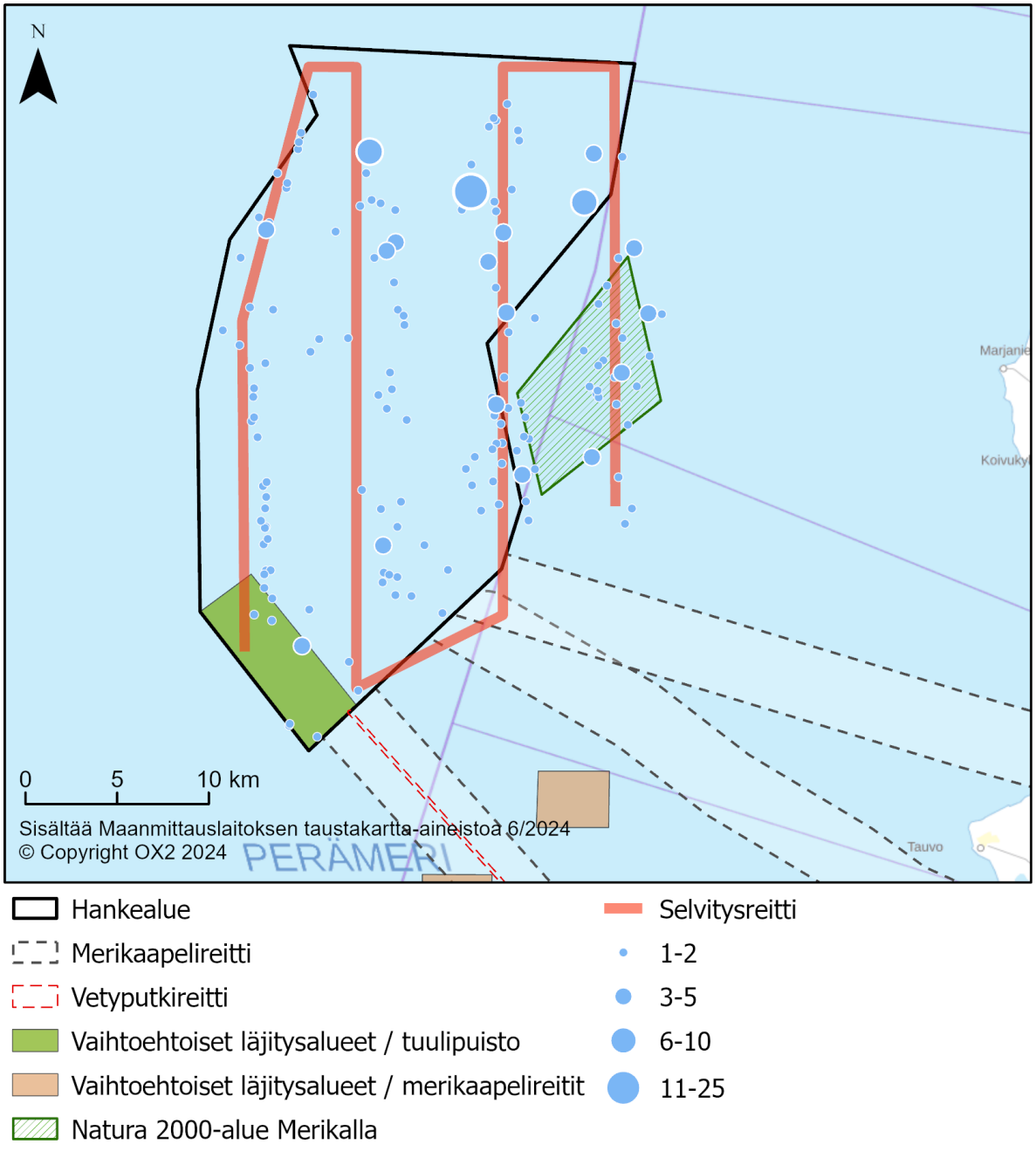
Lokkilinnut ja tiirat (måsar & trutar och tärnor)

Lokkeja havaittiin merituulivoimapuiston alueella kaikkiaan 832 yksilöä. Lajilleen määritetyistä lokeista selkälokkeja (östersjötrut) havaittiin 257, harmaalokkeja (gråtrut) 244 ja kalalokkeja (fiskmås) 95 yksilöä. Muita lokkilajeja (meri- (havstrut), nauru- (skrattmås) ja pikkulokki (dvärgmås)) havaittiin vain yksittäisiä. Lisäksi havaittiin yksi Suomessa harvalukuisena läpimuuttajana esiintyvä pikkukajava.

Havaituista lokeista noin 8,1 % lensi törmäyskorkeudella (20–50 m) 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.

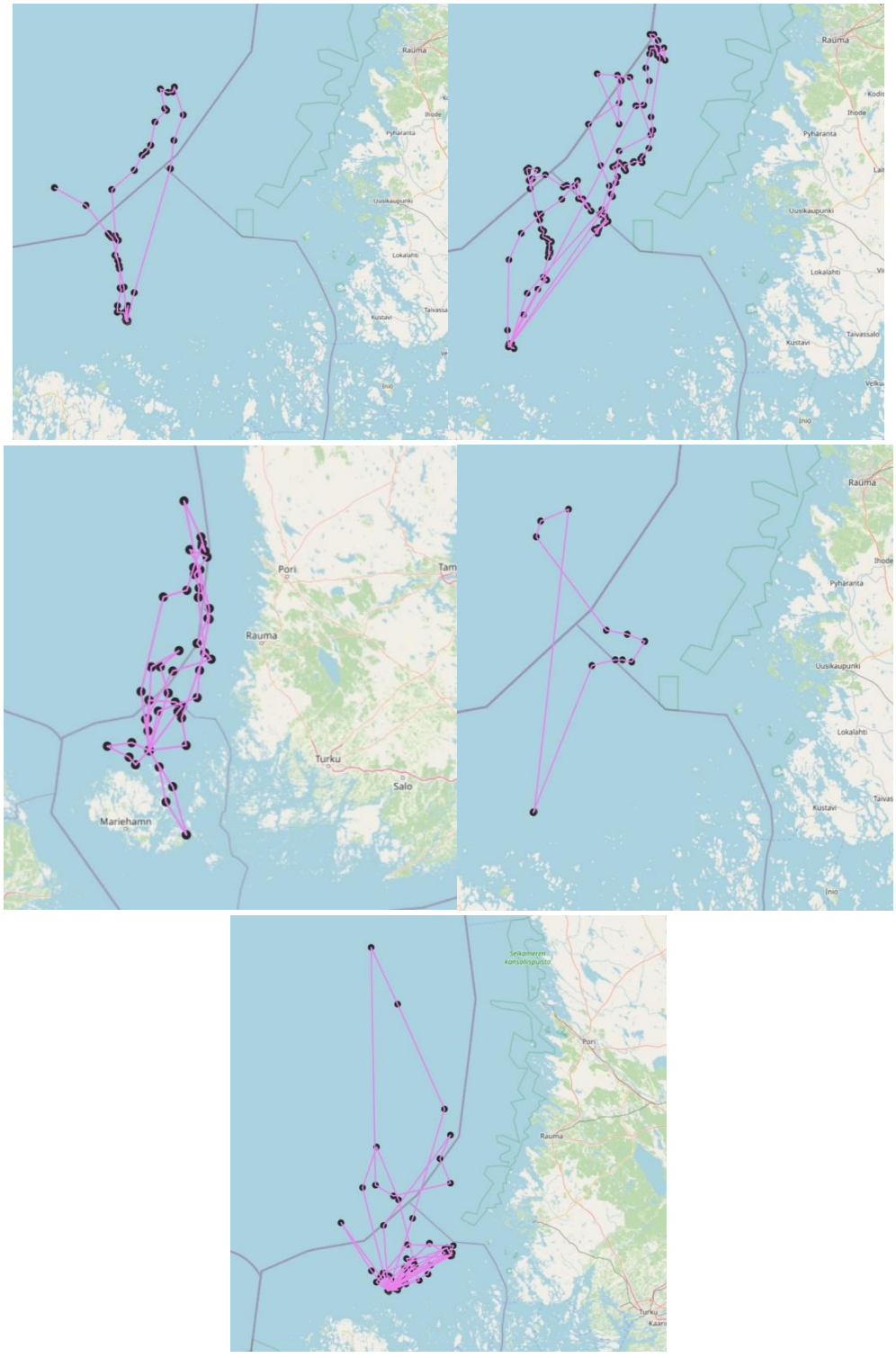
Lokkeja esiintyi varsin tasaisesti sekä ajallisesti koko selvityskauden ajan, että alueellisesti koko tuulivoimapuiston alueella ja sen ympäristössä. Havaintojen perusteella hankealueella liikkuu lokkeja muuttoaikoina ja lisäksi hankealueella on merkitystä myös lokkien pesimäaikaisena ruokailualueena. 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.

Alueella havaittujen selkälokkien määrää voidaan pitää merkittävänä. Laji on uhanalaisluokitukseltaan erittäin uhanalainen (EN) (*Hyvärinen ym. 2019*). Suurimmat päiväsummat (eli merituulivoimapuiston alueella havaittuja selkälokkeja / 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 n. 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 n. 40 km ja Raahen edustan saariin, missä selkälokkeja pesii (Jyry, Kallanriutta) vähimmillään n. 30 km. 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 n. 40 km. Luoteessa Luulajan saariston uloimpiin saariin matkaa kertyy n. 60 km.



Kuva 8-33. 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 km etäisyydelle pesimäyhdyskunnasta. Seurannassa viiden lähetinlinnun lähettimet toimivat riittävän hyvin, että niistä voitiin laatia liikkumiskartat (Kuva 8-34). Ruokailulennot ulottuivat karkeasti 50–150 kilometrin etäisyydelle pesimäkoloniasta ja suuntautuivat pääasiassa Selkämeren avomerelle.



Kuva 8-34. Kooste Noatun Nord -hankkeen yhteydessä toteutetun selkälokkien satelliittiseurannan paikannuksista. Paikannusaineistosta voidaan todeta, että valtaosa liikkumisesta suuntautuu ulkomerelle ja voi ulottua jopa 150 km 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 km etäisyydelle pesimäyhdyskunnasta. Keskiarvo ruokailulentojen pituudessa vaihteli 11,2 km ja 34,9 km välillä (n=5).

Yllä mainittujen seurantojen tulosten perusteella 30–40 km etäisyydellä Raahen saaristosta, Iin saaristosta ja Ruotsin puolen Malörenin ja Sandskärin saaristosta sekä yli 60 km 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.

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.

Petolinnut

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*).

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*).

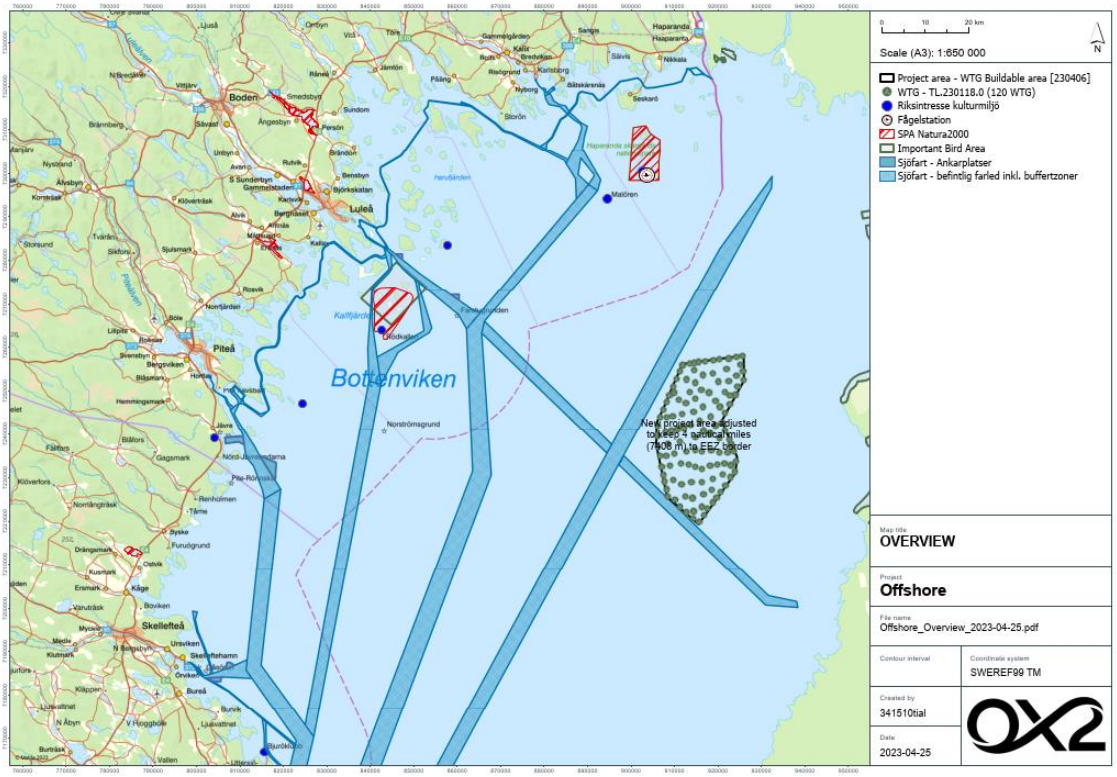


Kuva 8-35. Petolintujen oletetut pääasialliset muuttoreitit, jotka on arvioitu karttatutkimusten avulla (punaiset nuolet). Sininen katkoviivanuoli osoittaa mahdollista kulkureittiä kyseessä olevalla tutkimusalueella, mikä merkitsisi periaatteessa pisintä reittiä avoveden yli pääasiallisiin muuttoreitteihin 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 8-36).

Lähimmät linnustollisesti arvokkaat Natura 2000 -alueet sekä IBA-alueet sijaitsevat noin 44 km etäisyydellä Hallan alueesta. Hankealuetta lähin suojelualue on Haaparannan saariston Natura 2000 – alue (SPA) ja kansallispuiston alue, joka sijaitsee 44 km etäisyydellä. Sandskär on Haaparannan kansallispuiston suurin saari. Haaparannan kansallispuisto sijaitsee Ruotsin puolella, suurin piirtein Perämeren kansallispuiston kohdalla. 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. Rannoilla uiskentelee tukkakoskeloita, tukkasotkia, lapasotkia ja jouhisorsia. Alueilla asuu myös kahlaajia, kuten liroja, tyllejä ja valkovikloja. Täällä ovat pesineet itäiset lajit idänuunilintu ja pikkusirkku. Uloimmilla luodoilla asuu lokkilintuja, tiiroja, naurulokkeja, pikkulokkeja, karikukkoja, hanhia ja sorsia. *(NOF 2024*)

Rödkallen-Sörespenin saari sijaitsee 67 km etäisyydellä Hallasta ja kuuluu Natura-verkostoon sekä on IBA-alueeksi luokiteltu. 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*.



Kuva 8-36. Ruotsin puolella sijaitsevat lähimmät linnustollisesti arvokkaat alueet (SPA Natura 2000 -alueet sekä IBA-alueet), lintuasemat sekä muut suojelualueet. (OX2 2023)

8.4.7 Suojelualueet

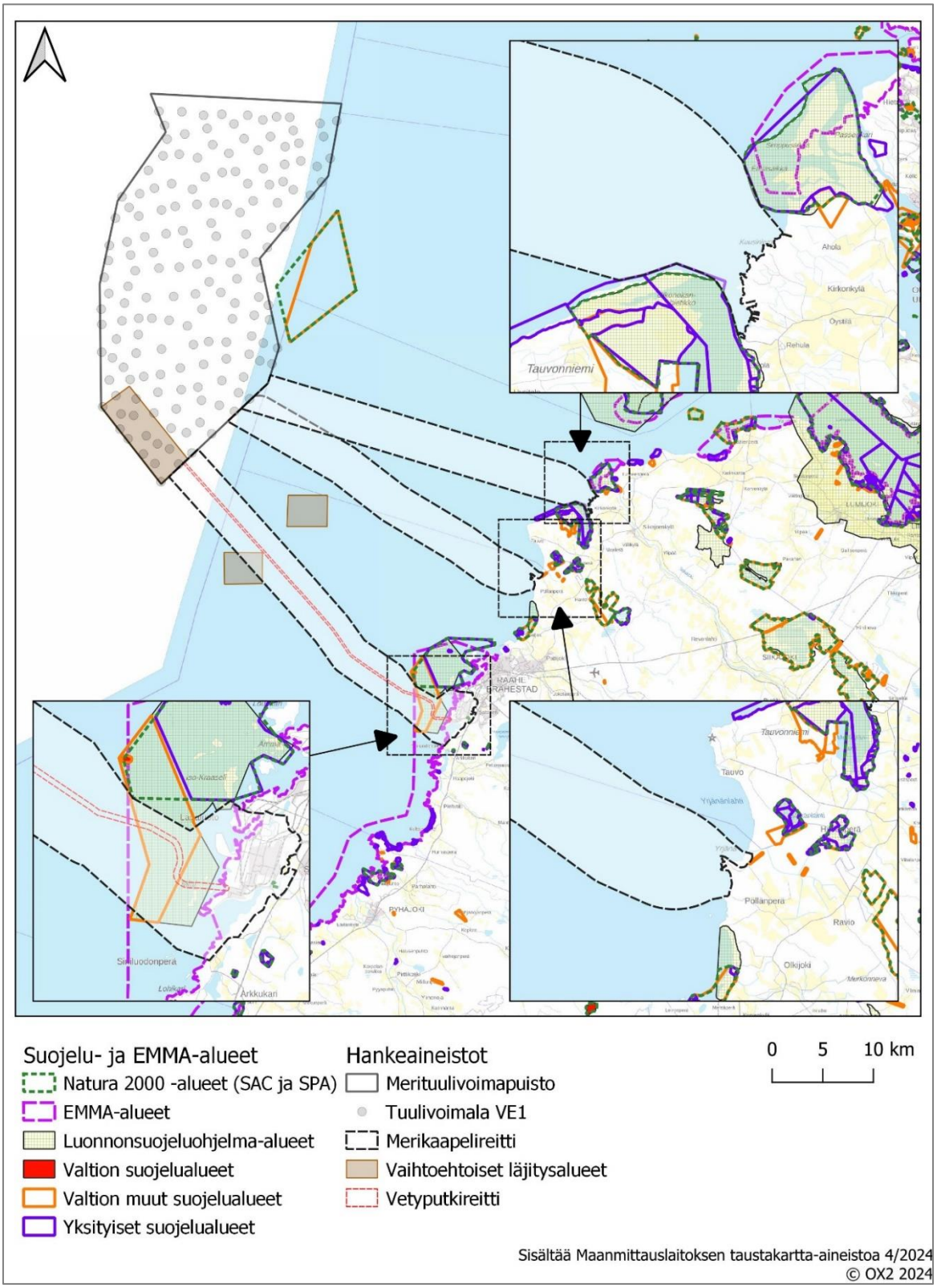
8.4.7.1 Suomen puoli

Merituulivoimapuiston alueen itäpuolella noin yhden kilometrin päässä sekä VE1- että VE2-vaihtoehdoista sijaitsee Merikallan Natura 2000 -alue. Alueen sijainti on esitetty kuvassa Kuva 8-37.

Merituulivoimapuiston alue sijaitsee lähimmillään noin 1 kilometrin etäisyydellä Merikallan Helcomin mereisestä suojelualueesta, jonka syvyys vaihtelee 7–26 metrin välillä (Kuva 8-37). 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



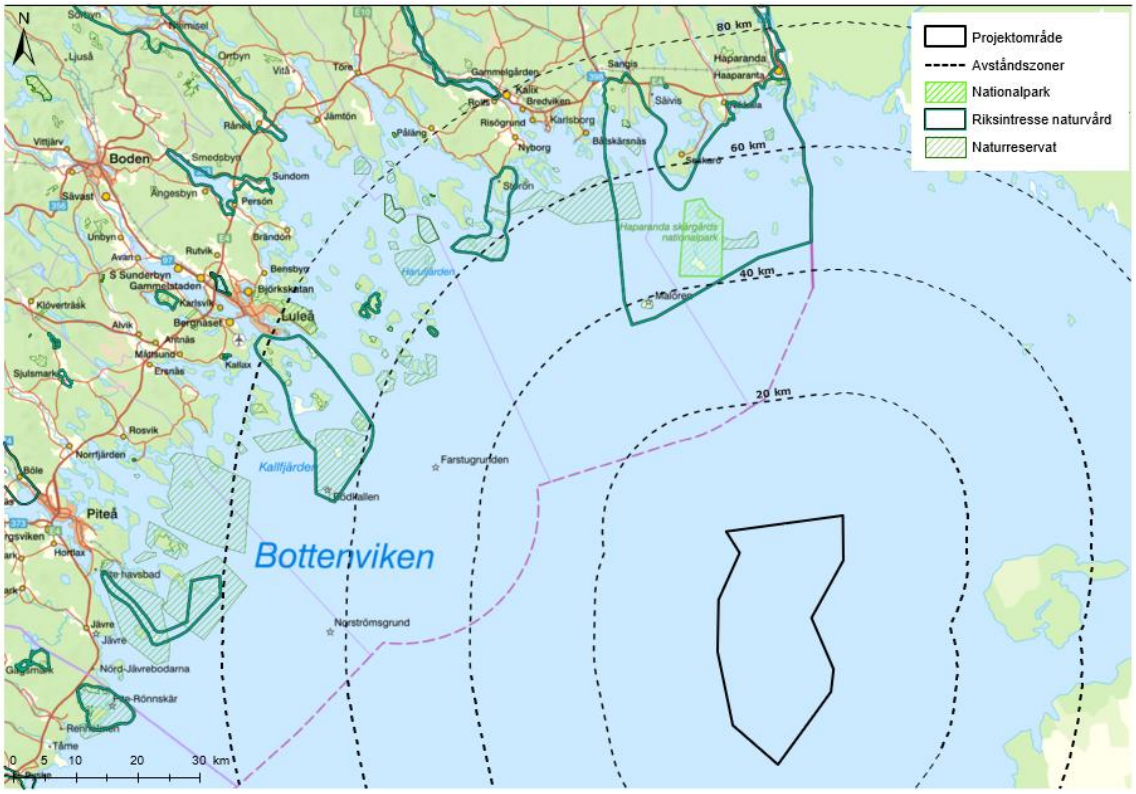
Kuva 8-37. Suojelualueet ja EMMA-alueet Suomen puolella.

8.4.7.2 Ruotsin puoli

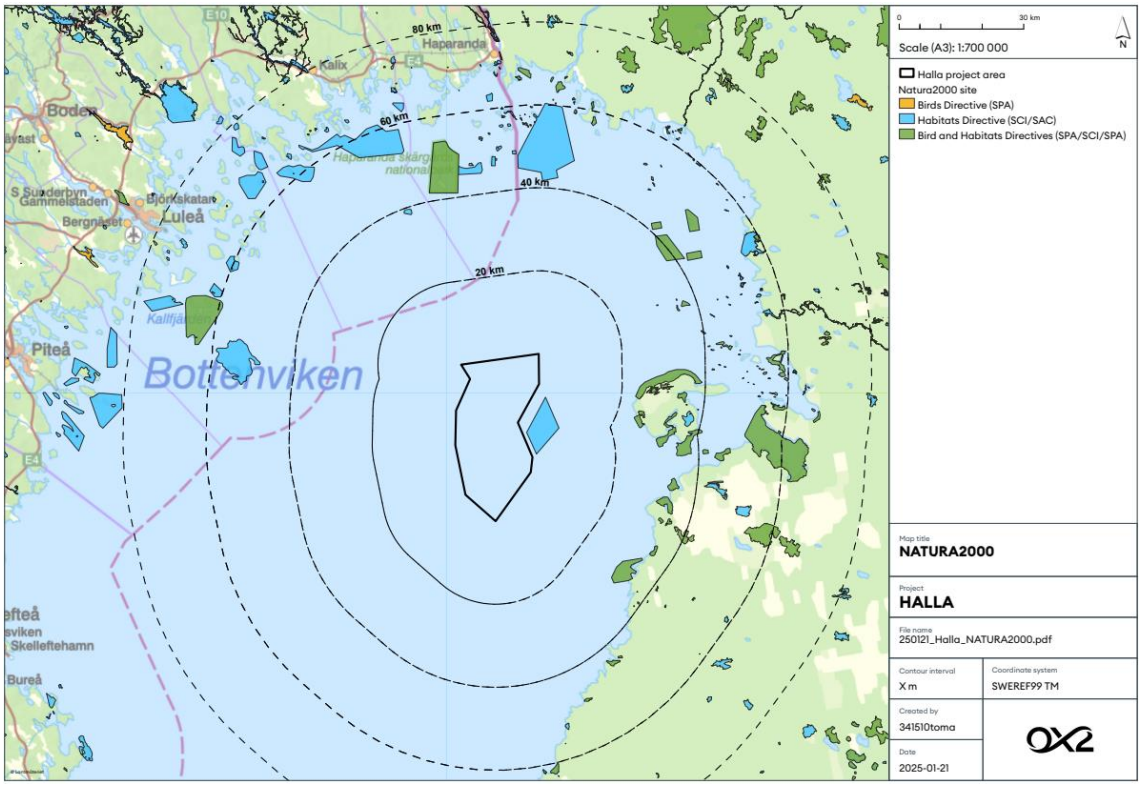
Tarkastelualueella on suuri määrä suojeltuja luontoalueita, kuten luonnonsuojelualueita, luonnonsuojeluun liittyviä valtakunnallisesti merkittäviä alueita, Natura 2000 -alueita ja yksi kansallispuisto (Haaparannan saariston kansallispuisto); ks. liitteen 2 kuva 5, jossa esitetään luonnonsuojeluun liittyvien valtakunnallisesti merkittävien alueiden, kansallispuistojen ja luonnonsuojelualueiden jakautuminen. Ehdotettu tuulivoimapuisto sijaitsee noin 40–45 kilometrin päässä Haaparannan saariston kansallispuistosta.

Haaparannan saariston kansallispuisto koostuu useista saarista Perämerellä. Alue on laaja, ja kansallispuiston tarkoituksena on säilyttää Haaparannan saariston ainutlaatuinen saaristomaisema. Kansallispuiston suurin saari on Haparanda Sandskär (Haaparanta-Sanskeri). Sandskärin luontotyypit vaihtelevat pitkistä hiekkarannoista haapametsään, jossa kasvaa useita harvinaisia kasveja. Seskar-Furö on myös osa Haaparannan saariston kansallispuistoa, ja siellä on mäntyvaltaisia metsäympäristöjä ja rantoja, joilla on suuria hiekkadyynejä.

Kuvassa (Kuva 8-39) on esitetty Hallan-hankealueen lähimmät Natura 2000 -alueet. Hallan merituulivoimapuistoa lähin Ruotsin puolen Natura 2000 -alue Malören (SE0820724; SCI) sijaitsee noin 40 km pohjoiseen. Marakallen Natura 2000 -alue (SE0820751; SCI) sijaitsee vajaan 50 km länteen. Ruotsin puolen lähin lintudirektiivin kautta Natura 2000 -alueeksi luokiteltu alue Haparanda-Sandskär (SE0820108; SPA; alue on myös kansallispuisto) sijaitsee noin 44 km pohjoiseen Hallan alueesta. Lisäksi Rödkallen-SörÄspen (SE0820035; SPA) sijaitsee 67 km länteen Hallan alueesta. Edellä mainittuihin lähimpiin Natura 2000 -alueisiin ei arvioida aiheutuvan ympäristövaikutuksia pitkien etäisyyksien vuoksi, eikä Natura-arviointia ole nähty tarpeelliseksi tehdä.



Kuva 8-38. Kartta, joka näyttää lähimmät luonnonsuojelualueet. Lähde: Naturvårdsverket (2024) suojelualueet: kansallispuisto, luonnonsuojelualue ja kansallinen kiinnostus luonnonsuojeluun. Taustakartta Topografinen web-kartta. Näkymä, yleiskuva. © Lantmäteriet. (AFRY Sverige 2024)



Kuva 8-39. Kartta, joka esittää Hallan ympäristössä olevat Natura-alueet. Lähde: Naturvårdsverket (2024). Taustakartta Topografisk webbkarta Visning, översiktlig © Lantmäteriet. (AFRY Sverige 2024)

8.4.8 Maa- ja kallioperä

Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien sekä meriläjitysalueiden maa- ja kallioperää on selvitetty olemassa oleviin aineistoihin perustuen sekä lisäksi aluetta selvitettiin mm. luotaamalla sekä näytteenoton avulla.

Julkisia aineistoja ovat mm. Geologian tutkimuskeskuksen sähköisisitä palvelusta (GTKa, GTKb) saatavat aineistot. Lisäksi on hyödynnetty muita sähköisiä aineistoja (mm. *Östersjön.fi 2024*) ja lähialueilla tehtyjä YVA-hankkeiden tietoja (*Sito Oy 2016, 2017, Rajakiiri Oy 2010, WSP Environmental 2010, Pohjan Voima Oy 2010, 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*). Merituulivoimapuiston alueelta on laadittu myös käsitteellinen geologinen malli Arctian kauden 2022 luotauksien pohjalta *(COWI 2023).*

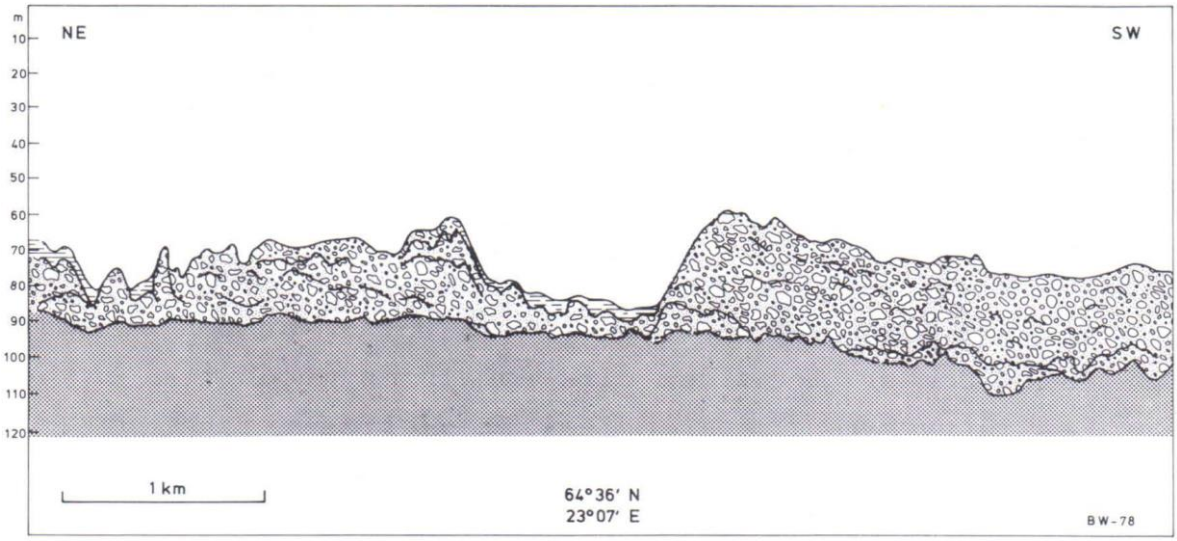
Erillisselvitykset mm. pohjan olosuhteiden, sedimentin laadun ja fysikaalisten ominaisuuksien selvittämiseen on toteuttanut Luode Consulting Oy vuosina 2022 ja 2023 *(Lindfors ym. 2023a, 2024).*

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*).

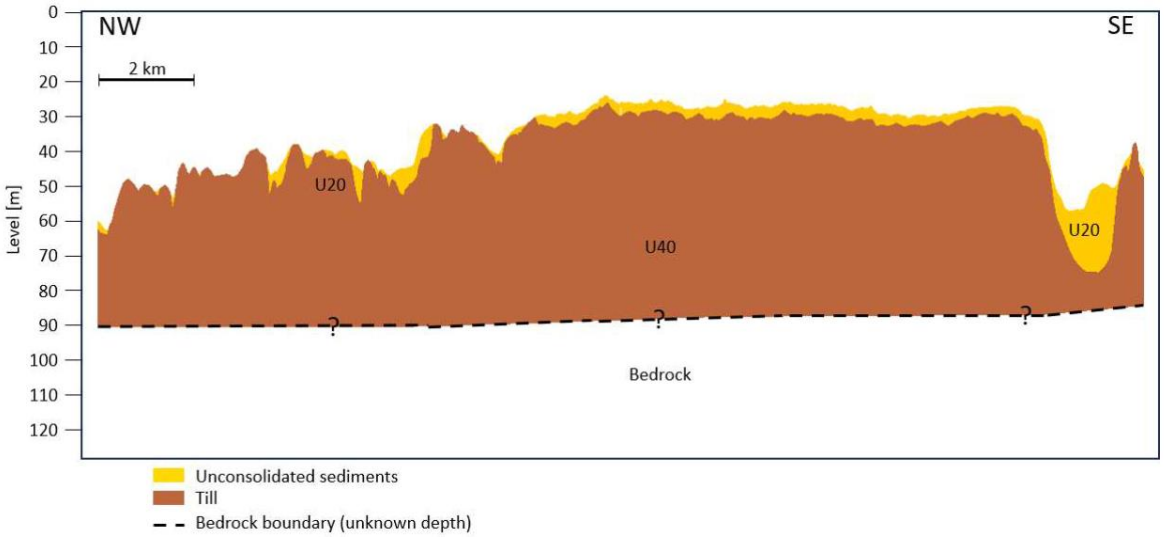
Perämeren alueella on merkittävää maankohoamisilmiö. Maankohoamisen syynä on manner-jäätikön alla painuneen maankuoren palautuminen isostaattiseen tasapainotilaan (glasiaali-isostasia). Viimeisen 3000 vuoden aikana maankohoaminen on ollut noin metrin vuosisadassa. Esimerkiksi Hailuodon kohoaminen merestä 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 8-40). 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*).



Kuva 8-40. Akustisen reflektioluotauksen perusteella laadittu piirros Perämeren pohjaa yleisesti peittävästä paksusta "kvartääri"-kerrostumasta (Ignatius ym. 1980).

Merituulivoimapuiston alueelta on laadittu käsitteellinen geologinen malli (*COWI 2023*) on oheisessa kuvassa (Kuva 8-41).



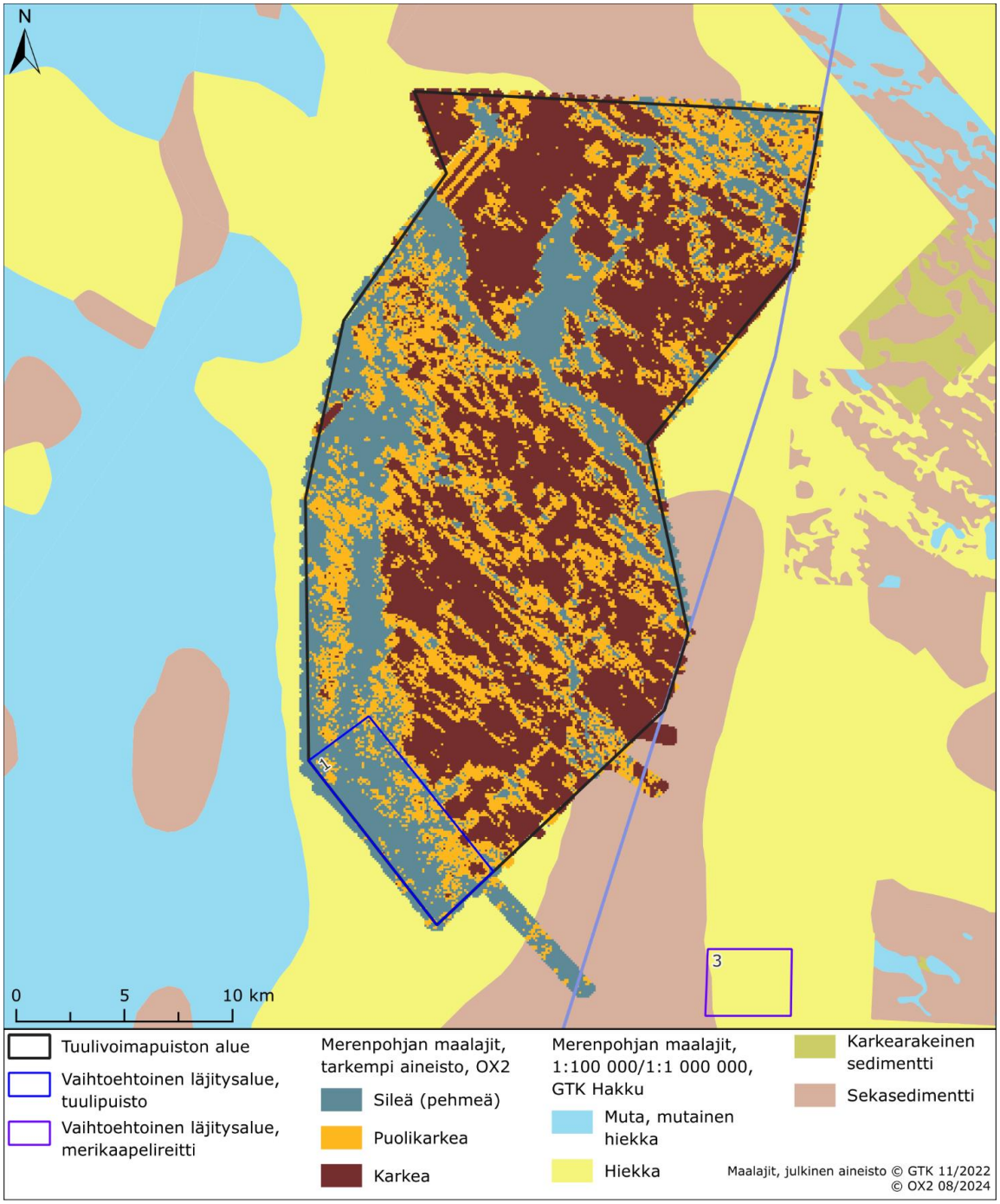
Kuva 8-41. Käsitteellinen geologinen malli merituulivoimapuisto alueelta. The conceptual geological model for the site (COWI 2023).

8.4.8.1 Merenpohjan maalajit

Suomen puoli

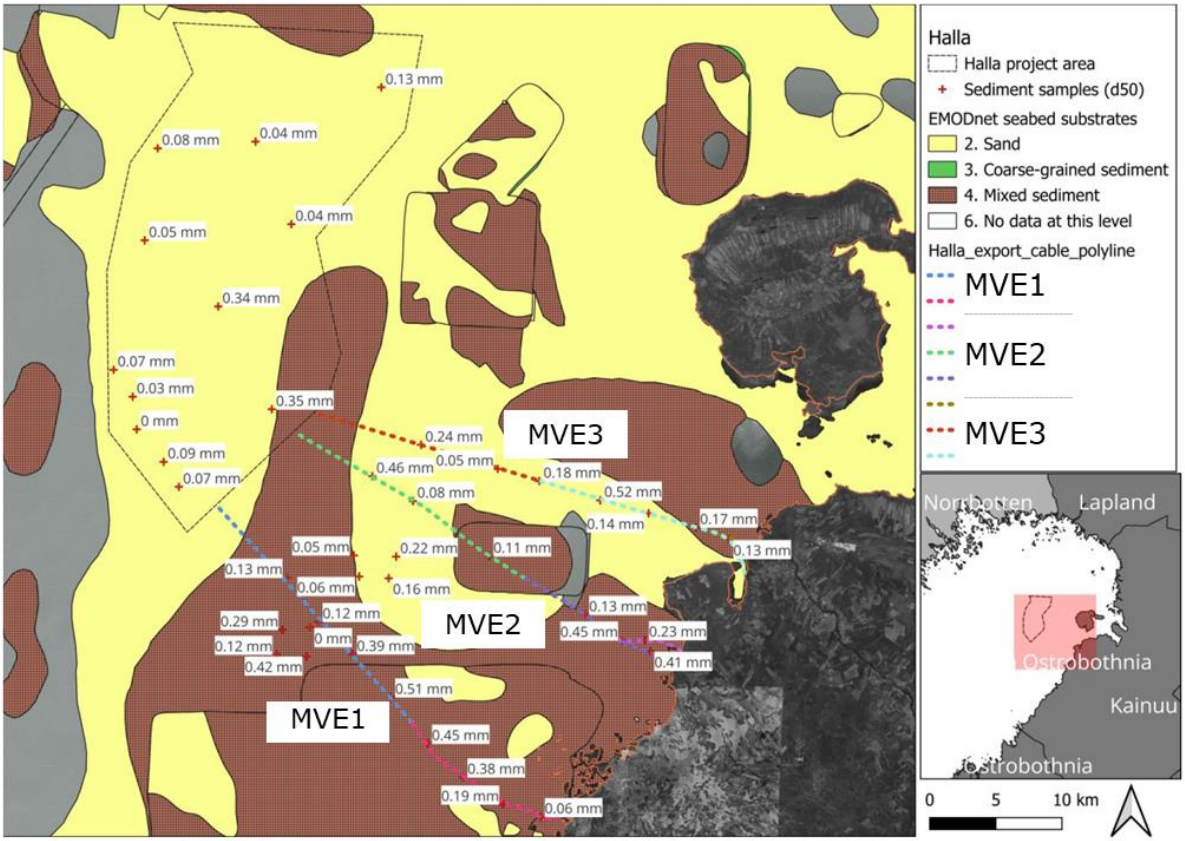
Vaihtelevien prosessien seurauksena meren pohjalla voi olla paljastuneena eri-ikäisiä kerrostumia jääkauden aikaisista tai varhaisemmista sedimenteistä nuoriin, juuri kerrostuneisiin liejuihin tai eroosiohiekkakerroksiin. Tästä syystä eri pohjanlaatujen alueellinen esiintyminen on hyvin epätasaista. 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 (*GTKa*). Oheisessa kuvassa (Kuva 8-42) on esitetty 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 (*GTKc 2024*).



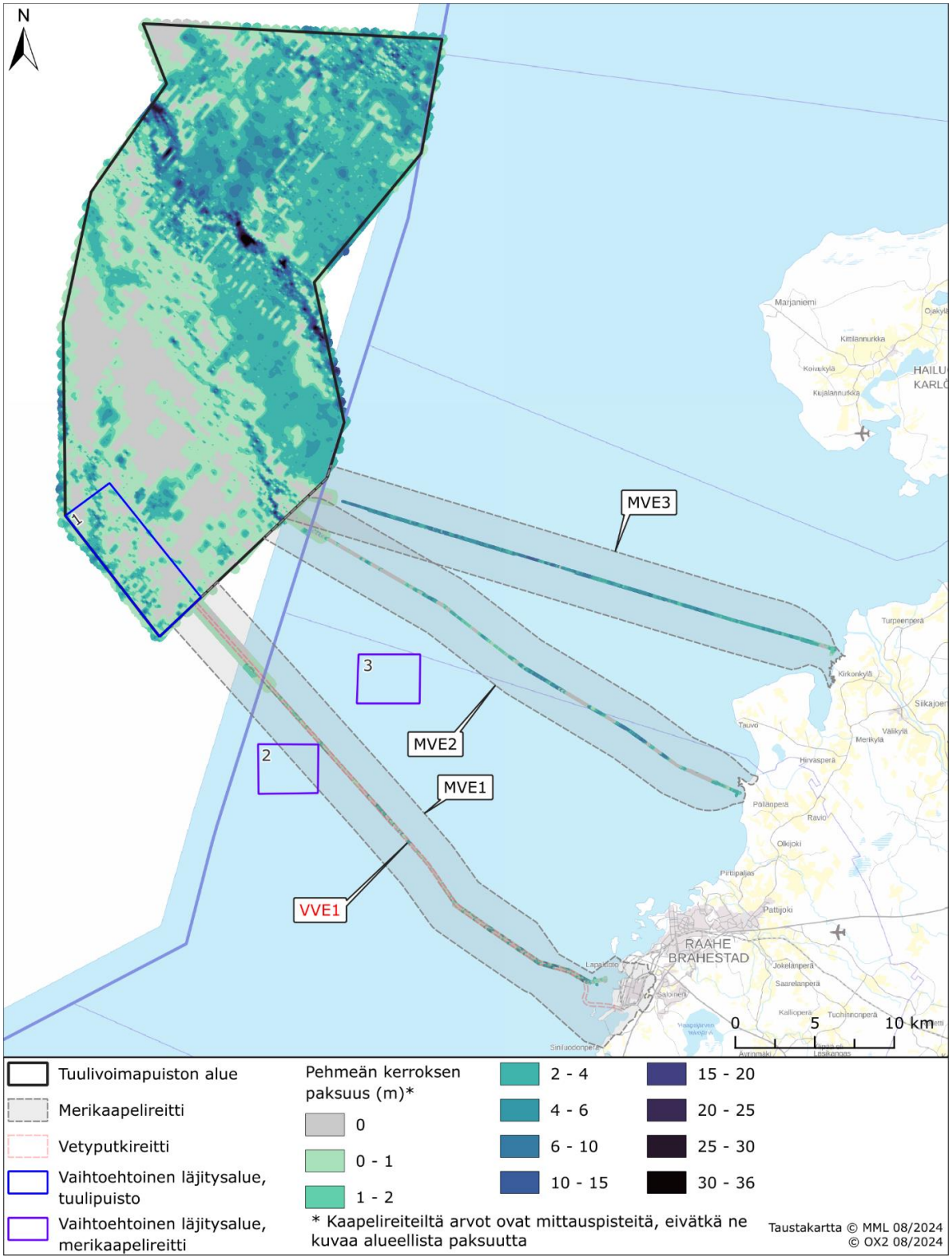
Kuva 8-42. Merenpohjan maalajit tuulivoimapuiston alueella on määritelty Arctian luotauksien perusteella COWI:n toimesta (COWI 2023). Tuulivoima-alueen ympäristön maalajit on esitetty GTK:n julkisen aineiston perusteella (GTK 2023a).

Sedimentin leviämismallinnuksessa *(Niras 2023a*, Liite 3*)* on oheinen kuva (Kuva 8-43), 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 8-43. Merenpohjan maalajit ja sedimenttinäytteet (Niras 2023, liite 3).

Pehmeän kerroksen paksuuksia merituulivoimapuiston sekä sähkönsiirtoreittien ja vetyputki-reitin alueella on esitetty oheisissa kuvissa (Kuva 8-44 ja Kuva 8-45).



Kuva 8-44. Pehmeän kerroksen paksuus tuulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella. (Sanila 2021, COVI 2023)

Geologian tutkimuskeskus suoritti Hallan hankkeeseen liittyen luotauksia pääosin Suomen aluevesille sijoittuvien energiansiirtoreittien 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 m).

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, GTK 2024a) mukaan välittömästi tuulivoimapuiston itäpuolella kallioperä on hiekkakiveä ja sen ympärillä ns. Muhos-muodostuman silttikiveä. Fennoskandian kilven kallioperäkartan mukaan (GTK 2024b). 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 m syvyydessä.

8.4.8.2 Sedimentin haitta-aineet

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 m, ovat pääosin kerrostumisympäristöjä ja alueet, jotka ovat matalampia kuin 60 m, ovat luonteeltaan pääosin eroosio- tai kulkeutumis/eikerrostumisympäristöjä (*Leivuori ja Niemistö 1993*).

Kohteen alueella pohjan (vesi) olosuhteet ovat hapelliset *(Lindfors ym. 2023,* kansallisen YVA-selostuksen 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 esim. sedimentin metallipitoisuuksiin.

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 m). 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).*

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,* kansallisen YVA-selostuksen 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 8-45) 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 8-6) on esitetty ohjeelliset, näytteenoton kohdentamisessa ja ruoppausmassan läjityskelpoisuuden arvioinnissa käytettävät pitoisuustasot. Täydellinen taulukko löytyy ruoppaus- ja läjitysohjeesta *(Ympäristöministeriö 2015).*

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 8-45). 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.

8.4.8.3 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*)

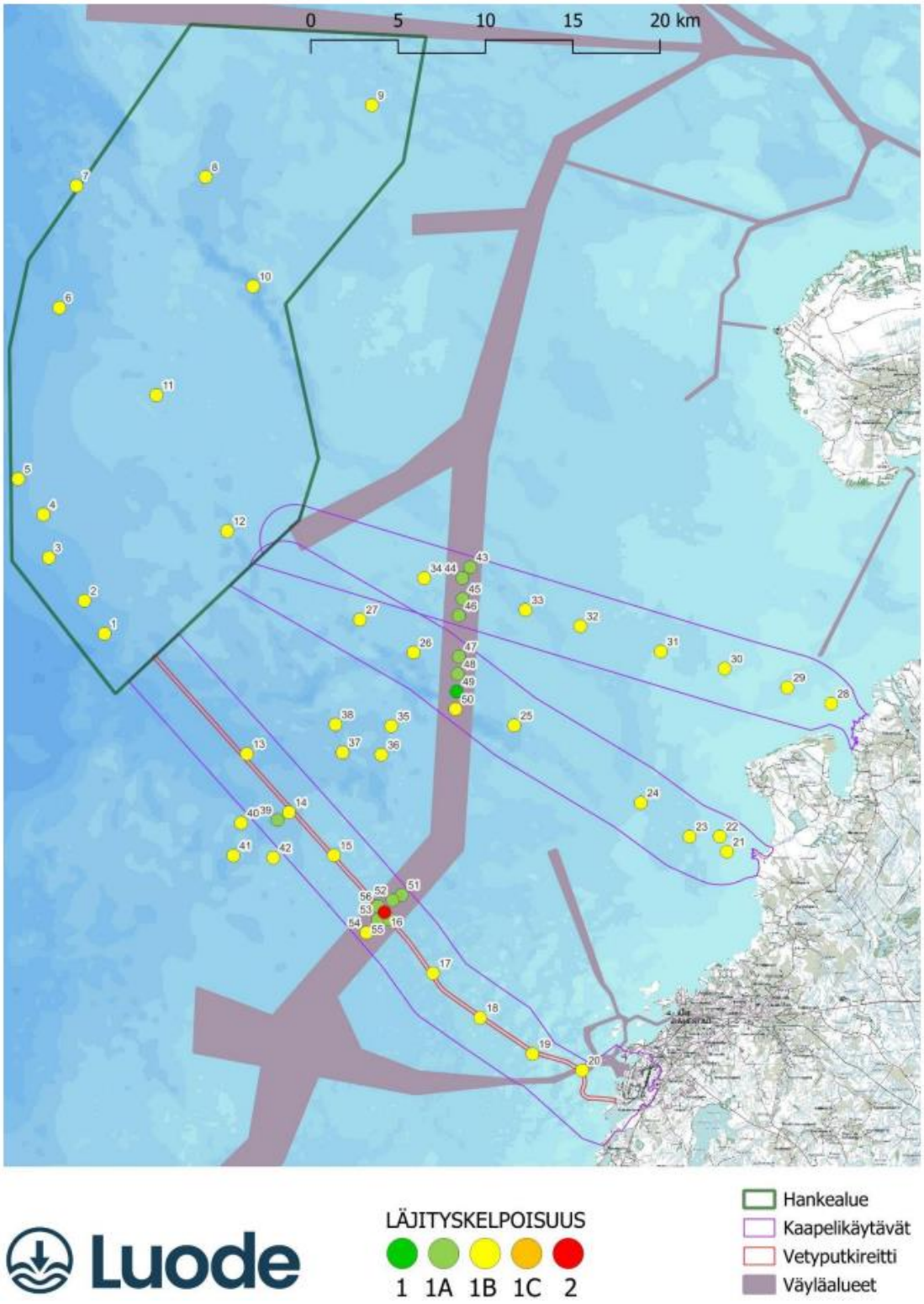
Ruoppaus- ja läjitysohjeen mukaan *(Ympäristöministeriö 2015)* ruoppausmassojen sisältämät haitta-aineet tulee ottaa huomioon niiden läjityskelpoisuutta arvioitaessa. Arvioinnin tueksi sedimenteille on määritelty pitoisuustasot 1, 1A, 1B, 1C ja 2. Arviota läjityskelpoisuudesta verrataan läjityspaikan 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 ala-alueisiin (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 8-6. 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
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 8-45) on esitetty sedimenttien yleinen läjityskelpoisuus vuosien 2022–2023 näytteenoton perusteella *(Lindfors ym. 2023 ja Lindfors ym. 2024* kansallisen YVA-selostuksen liite 2 ja liite 5*).*



Kuva 8-45. Sedimenttien yleinen läjityskelpoisuus vuosien 2022–23 näytteenoton perusteella (Lindfors ym. 2024).

8.4.8.4 Läjitysalueet ja virtaukset

Tuulivoimapuiston ruoppausmassat on tarkoitus läjittää voimala-alueen etelä-lounaiskulmauksessa sijaitsevalle alueelle (tuulivoimapuiston läjitysalue nro 1; Luku 1, Kuva 1-1). Energiansiirtoreittien massoille on kaksi vaihtoehtoista sijoituspaikkaa (eteläinen läjitysalue nro 2, pohjoinen läjitysalue nro 3; Luku 1, Kuva 1-1). Läjitysalueiden sijainnit on esitetty luvun 1 karttojen lisäksi kuvassa (Kuva 8-44).

Merituulivoimapuistoalueen virtausten ja vedenlaadun nykytilaa arvioitiin asentamalla kolmeen paikkaan jatkuvatoimiset mittauslaitteistot *(Lindfors ym. 2023,* kansallisen YVA-selostuksen 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 m kerroksissa noudattelivat hyvin toisiaan. Oheisessa taulukossa (Taulukko 8-7) on esitetty mittauspaikoittain maksimivirtausnopeudet, keskimääräiset virtausnopeudet sekä verrattu tuloksia Suomen Ympäristöhallinnon 2015 sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeiden mukaisiin ei-sitoviin kriteereihin koskien hyvän ja tyydyttävän läjityspaikan valintaa.

Sedimenttien 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 8-7. 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.

Ruotsin puoli

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*).

8.5 Maisematyypit

Saariston maisemalle on tyypillistä, että laajat lahdet ympäröivät tasaisia saariryhmiä. Etäisyys mantereelta uloimmalle saarelle, Malörenille, on noin 3 kilometriä. Piitimen, Luulajan ja Kalixin saaristossa suurin osa saarista ulottuu luoteesta kaakkoon, kun taas Haaparannan saaristo kulkee pohjoisesta etelään. Myös saariston saarten luonne vaihtelee sisäsaariston suljetummista ja metsäisemmistä saarista ulkosaariston karuihin maisemiin, joissa on kivikkoisia peltoja. Haaparannan saaristossa on tasaisia saaria, joilla on hiekkarantoja. Joillakin suuremmilla saarilla on selväpiirteisempiä maatalousmaisemia. Metsätaloudella on ollut merkittävä vaikutus suurempiin metsien peittämiin saariin, ja joillakin saarilla metsät on lähes kokonaan hakattu.

Tarkastelualueella on vaihteleva saaristomaisema, jossa on kaikkea ulkosaariston paljaista kivikkoisista saarista suuriin kuusimetsän peittämiin saariin lähellä rannikkoa. Tyypillistä on hyvin tasainen maisema, jossa tasakorkuiset saaret ovat nousseet vedenpinnan yläpuolelle ja jossa on jälkiä kalastuksesta, hylkeenpyynnistä ja jossain määrin myös laiduntamisesta.

Haaparannan, Kalixin, Luulajan ja Piitimen kunnat tekivät vuonna 2008 yhteisen Norrbottenin rannikkoa ja saaristoa koskevan tuulivoimaselvityksen. Siinä on tunnistettu ja kuvattu useita maisematyyppejä, jotka perustuvat selvityksessä tehtyyn yleiseen maisema-analyysiin. Näitä ovat metsämaisemat, maatalousmaisemat, jokilaaksot ja jokisuistot, sisäsaaristo ja rannikko sekä ulkosaaristo. Tässä raportissa tarkastelualueelle on määritelty maisematyypit sisäsaaristo ja rannikko sekä ulkosaaristo.

Sisäsaariston ja rannikon maisematyypille on ominaista tasainen saaristomaisema, jossa kapeat niemet ulottuvat Perämereen luoteis-kaakkoissuunnassa, ja rannikkoa lähinnä olevat suuremmat metsäiset saaret. Sisäsaaristo on suhteellisen suojassa mereltä, ja merenkäynti vaikuttaa siihen vähemmän kuin ulkosaaristoon. Meri on matala, ja saariston ulkonäkö muuttuu jatkuvasti maankohoamisen vuoksi. Saaret ovat ryhminä, joita ympäröivät laajat lahdet. Alueelle ovat ominaisia saariston valo-olosuhteet valoisine kesäöineen ja pimeine talvipäiviineen sekä paksu jää.

Joillakin saarilla on vakituista asutusta. Useilla saarilla on varhainen asutushistoria ja aikanaan suhteellisen kehittynyt maatalous. Luulajan edustan suurilla saarilla on selvimmät jäljet saaristossa aikoinaan harjoitetusta maataloudesta. Rannikolla on nauhamaisesti loma-asutusta. Rakennuksista on näkymät lähimmille sisäsaariston saarille, ja ne edustavat sekä vanhempaa että uudempaa rakennusperinnettä.

Ulkosaariston maisematyypille on tyypillistä matalat saaret, joihin meren aallot ja avomeri vaikuttavat voimakkaasti. Saariston ulkopuolisella merellä on vain vähän maamerkkejä navigointia varten. Piitimen ja Luulajan edustan saaret ovat pääosin paljaita ja kivikkoisia. Pienemmissä saarissa kasvillisuus on niukkaa, mutta maaperän sallimissa paikoissa kasvaa mäntyä ja koivua. Aiemmin maa oli enimmäkseen hiekan peitossa, mutta nyt siellä on myös ruohoa ja sammalta. Kalixin ja Haaparannan edustalla sijaitsevalle ulkosaaristolle on ominaista hyvin matalat saaret, joiden hiekkarannat muistuttavat trooppisempia meriä. Kalastajakylät ja vanhat merenkulun jäännökset ovat yleisiä erityisesti ulkosaaristossa. Saarilla on jälkiä muinaisista hylkeenmetsästäjistä ja kalastajista. Saarille on tyypillistä rannoilla sijaitsevat punaiseksi

maalatut kalastajamökit ja ranta-aitat sekä historialliset kappelit. Merimerkit ja tunnusmajakat ovat yleisiä ulkosaaristossa, ja ne kertovat viimeisestä etuvartioasemasta ennen avomerta.

8.6 Kulttuuriympäristö

8.6.1 Kuvaus

Tarkastelualueella on vaihteleva maisema ja saariston omaleimaiset kulttuuriympäristöt. Nämä osoittavat meren merkityksen rannikko- ja saaristoväestölle saarten ja mantereen noustua merestä. Saaristolla on ollut rannikkoväestölle keskeinen asema jo pitkään, ja historialliset jäännökset asutuksesta, metsästyksestä ja kalastuksesta osoittavat, että Norrbottenin rannikkomaisema oli asutettu jääkauden päättymisen jälkeen. Kalastus, hylkeenpyynti ja maatalous olivat pitkään Norrbottenin saariston tärkeimmät elinkeinot. Keväällä hylkeitä metsästettiin jäällä, ja kesällä silakan kalastus oli tärkeää. Sisäsaaristossa on ollut keskiajalta lähtien maatalousasutusta, ja ihmiset ovat kalastaneet ja pyytäneet hylkeitä. 1600-luvulla saarille alkoi syntyä myös pienempiä maatalouskyliä.

Norrbottenin saariston kulttuuriympäristöt liittyvät läheisesti kalastukseen ja hylkeenpyyntiin. Aikaisemmin kalastus perustui saaristoa ympäröiviin kalastajakyliin. Noin viisikymmentä hyvin säilynyttä kalastajakylää, joissa on punaiseksi maalattuja taloja, ovat selkein todiste kalastuksen merkityksestä. Ne toimivat kausittaisina yöpymispaikkoina, kun kalastettiin läheisillä vesillä.

Kalastajakylien ja säilyneiden ranta-aittojen ja venevajojen lisäksi saaristossa on muitakin jäänteitä kalan- ja hylkeenpyynnistä keskiajalta lähes nykypäivään. Tarkastelualueella on jäänteitä, kuten tontteja ja talojen perustuksia, laajoja verkonkuivatusseipäiden tukikivikokonaisuuksia, joissa kuivattiin kaloja, sekä labyrinttejä ja kompassiruusuja. Norrbottenin saaristo on yksi maan sokkeloisimmista alueista. Labyrintit muodostuvat pääasiassa kuvioon asetetuista kivistä. Ihmiset kulkivat labyrinttien läpi riittinä, joka toi onnea kalastukseen ja suojeli heitä mahdollisilta meren vaaroilta.

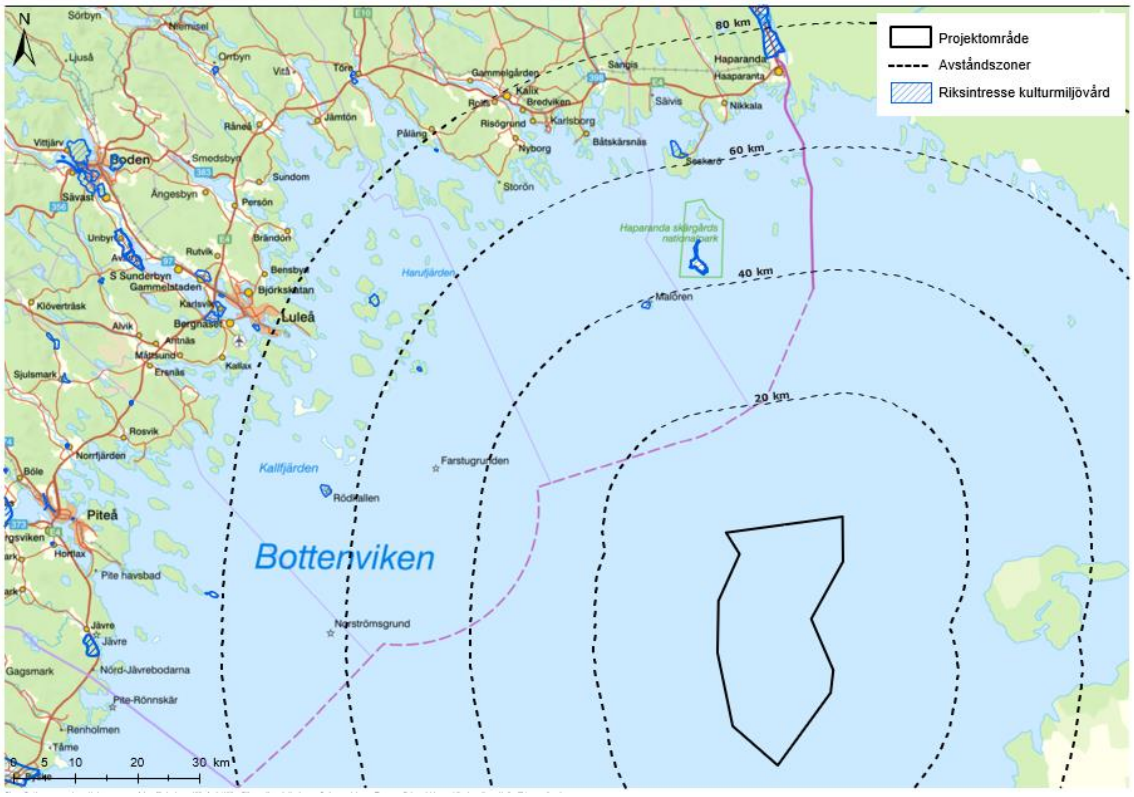
Haaparannan saariston saaret ovat esimerkkejä ympäristöistä, joilla on suuri kulttuurihistoriallinen arvo tarkastelualueella. Kulttuuriympäristöissä on paljon kalastukseen ja hylkeenpyyntiin liittyviä muinaisjäännöksiä sekä hyvin säilyneitä kalastajakyliä, jotka osoittavat kalastuksen ja hylkeenpyynnin suuren merkityksen Norrbottenin elinkeinojen ja talouden kannalta jo pitkään.

Saaristosta löytyy merellisiä merkkejä, kuten majakoita, tunnusmajakoita, labyrinttejä ja muita jäänteitä entisestä vesiväyläverkostosta, joka johti kyliin ja kaupunkeihin. Nämä historialliset jäljet ovat tärkeää kulttuuriin ja merenkulkuun liittyvää perintöä, joka kertoo alueen rikkaasta historiasta ja sen läheisistä siteistä mereen. Ulkosaariston majakat ja tunnusmajakat kertovat viimeisistä etuvartioasemista ennen avomerta, ja useat majakkaympäristöt on suojeltu. Tarkastelualueella on kansallisia rakennusmuistomerkkejä, kuten Malörenin majakka, joka sijaitsee noin 40 kilometrin päässä ehdotetusta tuulivoimapuistosta. Malören majakoineen, kappeleineen ja vanhoine rakennuksineen sijaitsee uloimpana Norrbottenin saaristossa. Vuodelta 1850 peräisin oleva majakka ja vuodelta 1770 peräisin oleva kirkko luovat Malörenille omaleimaisen siluetin.

8.6.2 Suojelualueet

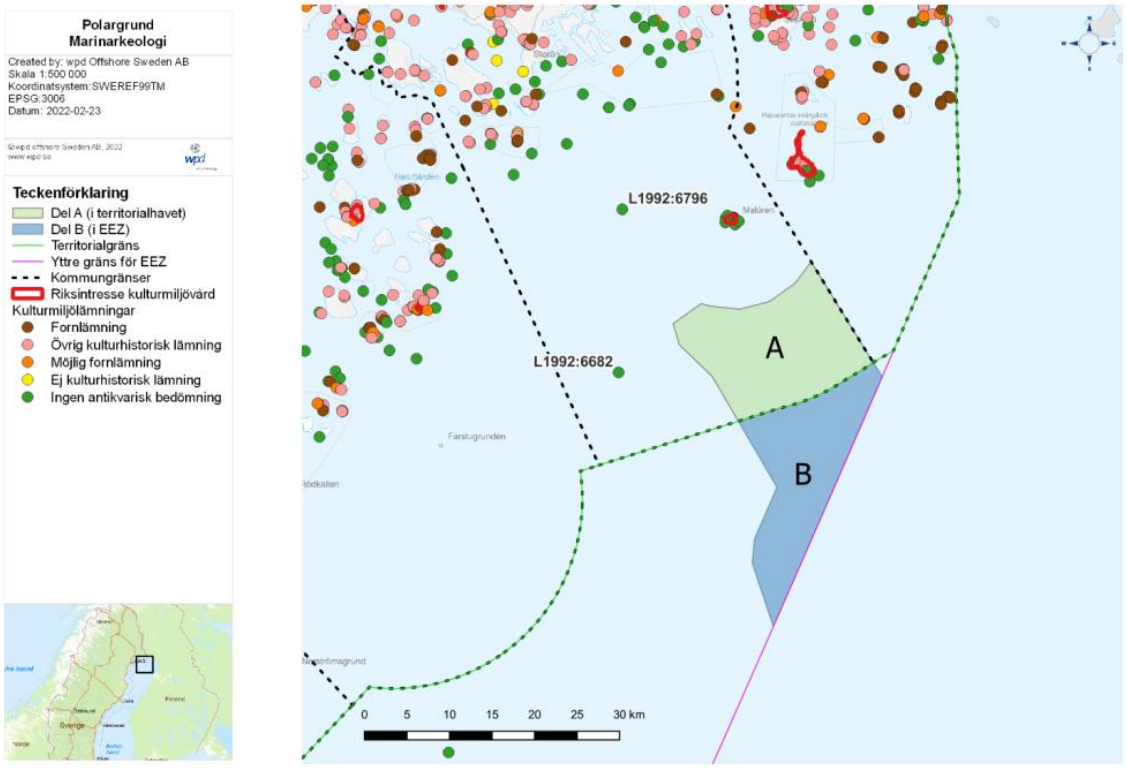
Tarkastelualueella on useita suojeltuja kulttuuriympäristöjä, kuten kulttuuriympäristön suojeluun liittyviä valtakunnallisesti merkittäviä alueita, sekä useita muinaismuistomerkkejä ja

kansallisia rakennusmuistomerkkejä. Kulttuuriympäristön suojeluun liittyvien valtakunnallisesti merkittävien alueiden jakautuminen on esitetty kuvassa 6.



Kuva 8-46. Kartta, jossa esitetään kulttuuriympäristön suojeluun liittyvät valtakunnallisesti merkittävät alueet. Lähde: Riksantikvarieämbetet. Taustakartta Topografinen verkkokartta Näkymä, yleiskuva © Lantmäteriet. (AFRY Ruotsi 2024)

Ruotsin merialueella lähellä Hallaa ei sijaitse tunnettuja meriarkeologisia kohteita (*wpd 2022*). Ruotsin puolella merellä on kaksi suhteellisen lähellä sijaitsevaa jäännöstä, joita ei ole arvioitu antikvaarisesti. Toinen (L1992:6796) sijaitsee noin 14,5 km luoteeseen ja toinen (L1992:6682) noin 8 km lounaaseen Polargrund Offshore -tutkimusalueesta (*wpd 2022*). Jäännökset ovat aluksen/veneen jäänteitä. Aivan Malurin ja Sanskerin ulkopuolella on muita jäännöksiä, joita ei ole arvioitu tarkemmin.



Kuva 8-47. Kulttuuriympäristön suojeluun liittyvät valtakunnallisesti merkittävät alueet ja kulttuurihistorialliset jäännökset Polargrund Offshore -tutkimusalueen läheisyydessä (Riksantikvarieämbetet, 2021). (Lähde: wpd 2022)

8.7 Virkistys ja ulkoilu

8.7.1 Kuvaus

Tarkastelualueen maisema koostuu suurelta osin sisä- ja ulkosaaristoympäristöistä sekä rannikko- ja merialueista. Saaristoympäristöt ovat yleisesti ottaen tärkeitä virkistyksen ja ulkoilun kannalta, sillä ne sisältävät arvokkaita luonto-, kulttuuri- ja ulkoilukohteita, joihin voi tutustua. Norrbottenin rannikot ja rannat tarkastelualueella ovat suhteellisen hyödyntämättömiä (erityisesti ulkosaaristo), mikä tarkoittaa, että alueilla on hiljaisuutta, koskemattomuutta ja rikkomatonta rauhaa. Monilla rannikkokylillä on myös perinteisesti ollut kalastajakylänsä ulkosaaristossa. Sisäsaaristoa hyödynnetään yleensä enemmän virkistykseen ja ulkoiluun, koska se on helpommin saavutettavissa eikä vaadi veneitä tai muita liikennevälineitä. Tämän vuoksi sisäsaaristossa on myös enemmän kohteita ulkoiluun, kuten laitureita, vesiväyliä, vuokramökkejä, leirintäalueita ja merkittyjä moottorikelkkareittejä.

Ulkoiluaktiviteetit vaihtelevat vuodenajan ja rannikon etäisyyden mukaan. Kesäisin, kun aurinko paistaa suurimman osan päivästä, saaristossa harrastetaan veneilyä (huviveneily, purjehdus, melonta, kajakkimelonta), uintia, rantaelämää ja purjelautailua hiekkarantoja seuraten. Suosittuja aktiviteetteja ovat myös vapaa-ajan kalastus käsikäyttöisillä välineillä, kävely, vaellus, marjastus, sienestys, metsästys ja lintujen tarkkailu. Vaellus- ja luontopolkuja löytyy esimerkiksi Luulajan lähellä sisäsaaristossa sijaitsevilta Småskärin ja Kluntarnan saarilta.

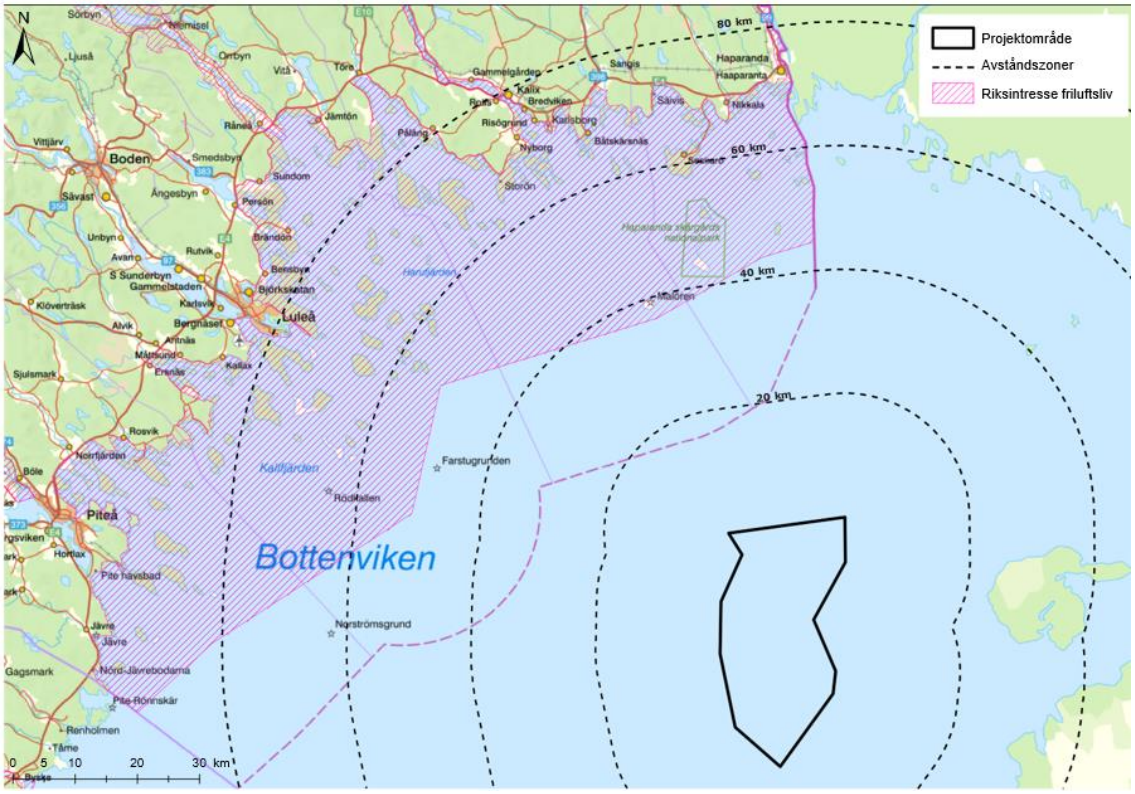
Talvisin, kun päivänvaloa on vähemmän, harrastetaan esimerkiksi koiravaljakkoajelua, pilkkiongintaa, moottorikelkkailua, hiihtoa, luistelua ja varjoliitoa. Joillakin sisäsaariston alueilla taajamien läheisyydessä on aurattuja jääteitä, joilla voi hiihtää, luistella, potkukelkkailla ja tehdä kävelylenkkejä.

Tarkastelualueella sijaitsee myös Haaparannan saariston kansallispuisto, jonne pääsee veneellä. Kansallispuistoon kuuluu useita saaria, joista suurin on Sandskär, ja Kumpulan kalastajakylässä on satama. Hiekka ja dyynit peittävät suuren osan saaresta, ja saarella vieraillaan luontopolkujen, hiekkarantojen ja lintujen tarkkailumahdollisuuksien vuoksi. Sandskärillä on myös mökkejä ja telttapaikkoja.

8.7.2 Suojelualueet

Tarkastelualueella on ulkoiluun liittyvä valtakunnallisesti merkittävä alue, jota säännellään Ruotsin ympäristökaaren 4 luvun 2 § nojalla. Tämä alue on Norrbottenin saaristo. Näillä alueilla ”matkailun ja virkistyksen, ennen kaikkea ulkoilun, edut on otettava erityisesti huomioon arvioitaessa, ovatko ympäristön hyödyntäminen tai muut ympäristöön kohdistuvat toimenpiteet sallittuja”. Norrbottenin saariston ulkoiluun liittyvä valtakunnallisesti merkittävä alue ulottuu Piitimen eteläpuolella sijaitsevasta Bondöfjärdenistä koillisessa sijaitsevalle Suomen rajalle.

Tarkastelualueella on myös kaksi ulkoiluun liittyvää valtakunnallisesti merkittävää aluetta, joita säännellään ympäristökaaren 3 luvun 6 § nojalla. Toinen niistä on Norrbottenin rannikko ja saaristo. Valtakunnallisesti merkittäväksi nimeämisen tarkoituksena on saariston monimuotoisen ympäristön suojeleminen ja säilyttäminen. Tämä on erittäin arvokasta, koska se tarjoaa hyvät edellytykset häiriöttömälle ulkoilulle ja aluetta voidaan käyttää monenlaisiin ulkoaktiviteetteihin. Toinen ulkoiluun liittyvä valtakunnallisesti merkittävää alue on Tornionjoen-Muonionjoen laakso. Valtakunnallisesti merkittäväksi nimeämisen tarkoituksena on muun muassa monenlaisiin ulkoaktiviteetteihin käytettävän jokilaakson ja sen ympäristön suojeleminen ja säilyttäminen.



Kuva 8-48. Kartta, jossa esitetään ulkoiluun liittyvät valtakunnallisesti merkittävät alueet. Lähde: Naturvårdsverketin (2024) suojelemat alueet: ulkoiluun liittyvä valtakunnallisesti merkittäväksi nimeäminen Ruotsin ympäristökaaren 3 luvun mukaisesti. Taustakartta Topografinen verkkokartta Näkymä, yleiskuva © Lantmäteriet. (AFRY Ruotsi 2024)

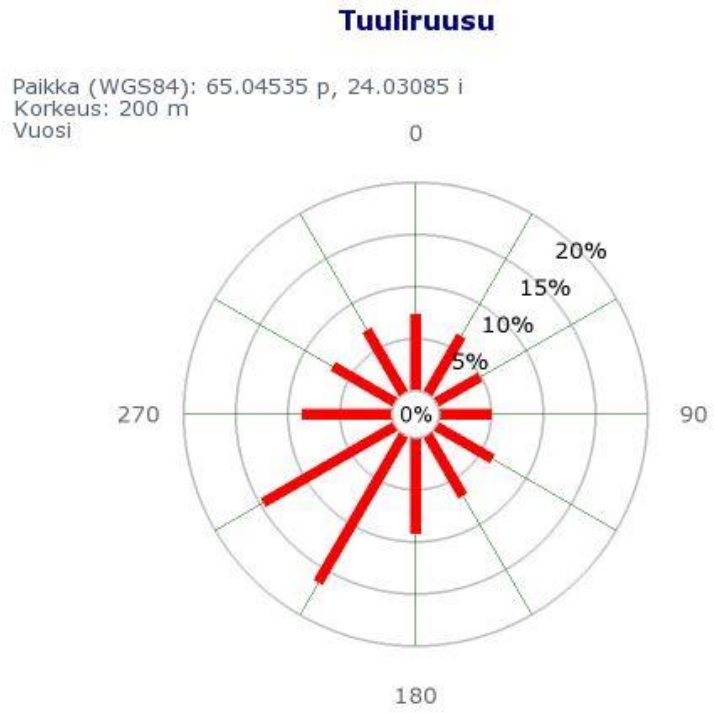
8.8 Ilmanlaatu

Ilmanlaatu on ulkomerialueella enimmäkseen hyvä. Ulkomerialueella 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.

8.9 Ilmasto

Hallan merituulivoimapuiston alue 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 Hallan merituulivoimapuiston alueella on lounaasta (Kuva 8-49). Keskimääräinen tuulen nopeus on 100 metrin korkeudella noin 9,1 m/s ja 200 metrin korkeudella noin 9,8 m/s. (*Tuuliatlas 2023*)



Kuva 8-49. Tuulen suhteelliset osuudet eri suunnista hankealueella 200 metrin korkeudella (Tuuliatlas 2023).

8.9.1 Kansainväliset, kansalliset ja alueelliset ilmastotavoitteet

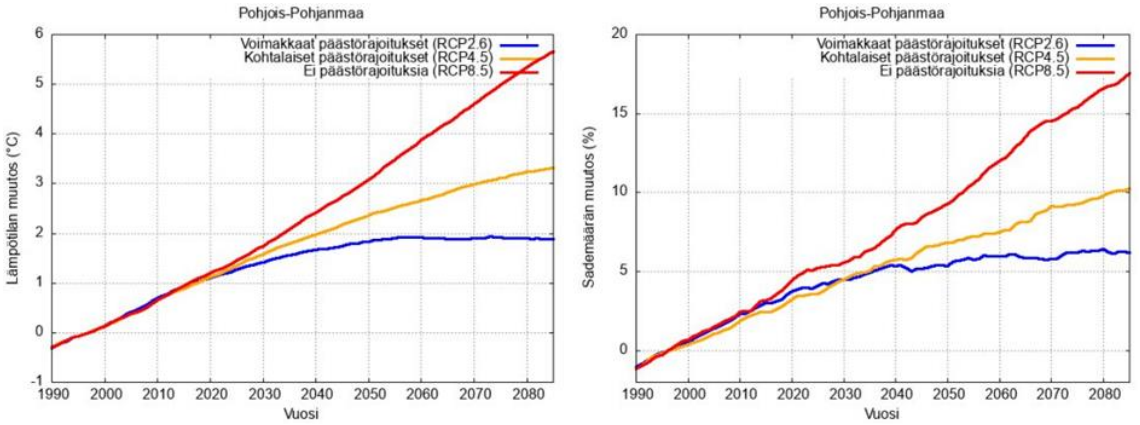
EU:n ilmastopolitiikalla ohjataan EU-alueen yhteisiä ja jäsenmaiden poliittisia toimia ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja siihen sopeutumiseksi. EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjä vähintään 55 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 ja EU:n tavoitteena on olla alueellaan ilmastoneutraali vuoteen 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*)

Suomessa sijaitsevalle 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*)

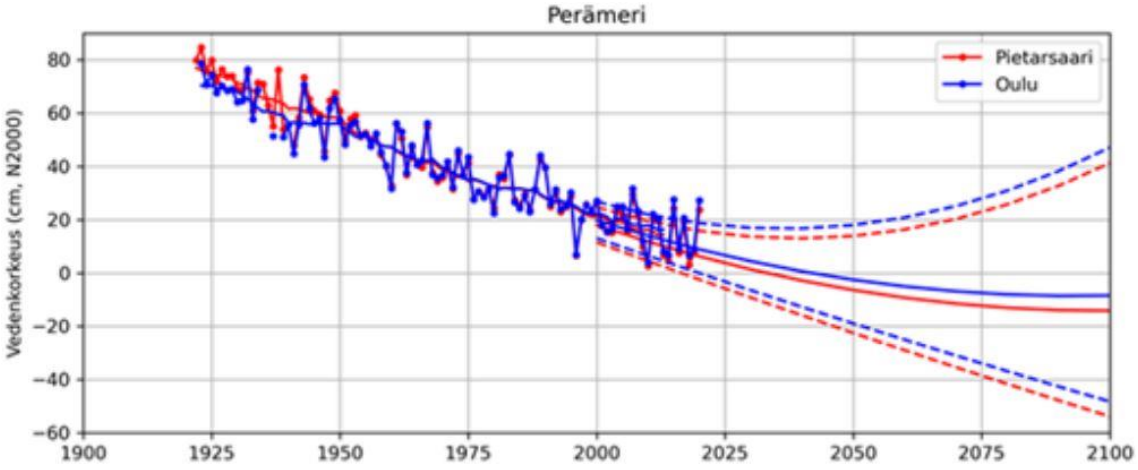
8.9.2 Yleiset ennusteet ilmastonmuutoksen aiheuttamista vaikutuksista

Ennusteiden mukaan Pohjois-Pohjanmaan ilmasto lämpenee noin 2,0–5,7 °C ja sademäärä kasvaa 6–17 % kuluvana vuosisatana verrattuna ajanjaksoon 1981–2010 (Kuva 8-50). 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 8-50. 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 8-51). 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 8-51. Perämeren merenpinnan korkeus ja arvio korkeuden muutoksesta eri ilmastoskenaarioilla. (Gregow ym. 2021)

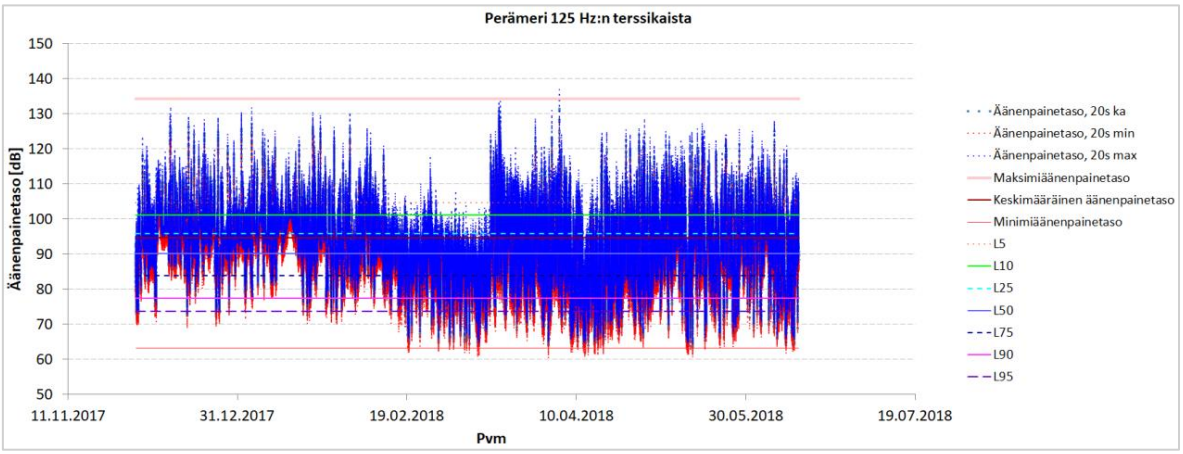
8.10 Melu ja tärinä

Hankealueen ja sen lähiympäristön myös Ruotsin puolella meriympäristön vedenpäällisen ympäristömelun nykytila koostuu pääsääntöisesti rahtilaivojen, kalastusalusten (ammattikalastus on kuitenkin vähäistä ao. alueella) sekä muiden satunnaisten alusten käyntiajan melusta.

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*)

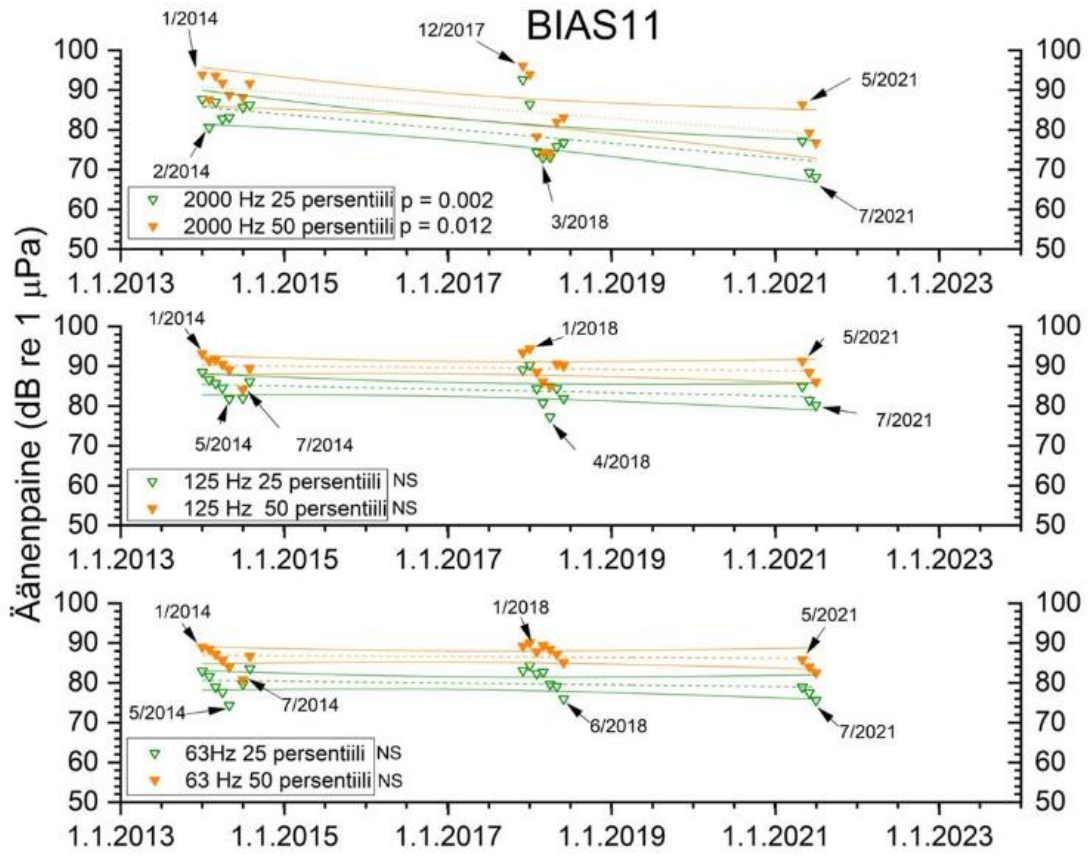
Poikkeuksena muista meristä, Itämeri myös jäätyy osittain talvisin ja vedenalaisen äänenpainetasot laskevat jääpeitteisenä aikana, koska tuuli ei pääse vaikuttamaan taustameluun. Myös ihmisten vapaa-aikaan liittyvä aktiivisuus ja siitä aiheutuva melu vähenee talvisin ja on voimakkaimmillaan kesällä (*Pajala ym. 2016, Sairanen 2014*).

BIAS-hankkeessa Perämerellä sijaitsee yksi hydrofonilla varustettu vedenalainen mittauspiste. Mittaustulosten perusteella alueella vallitsee äänitasollisesti voimakkaasti vaihteleva tilanne (ks. Kuva 8-52).



Kuva 8-52. Perämeren mittauspisteen koko mittausaineiston äänitason vaihtelu 125Hz:n terssikaistan taajuudella (Suomen ympäristökeskus 2019).

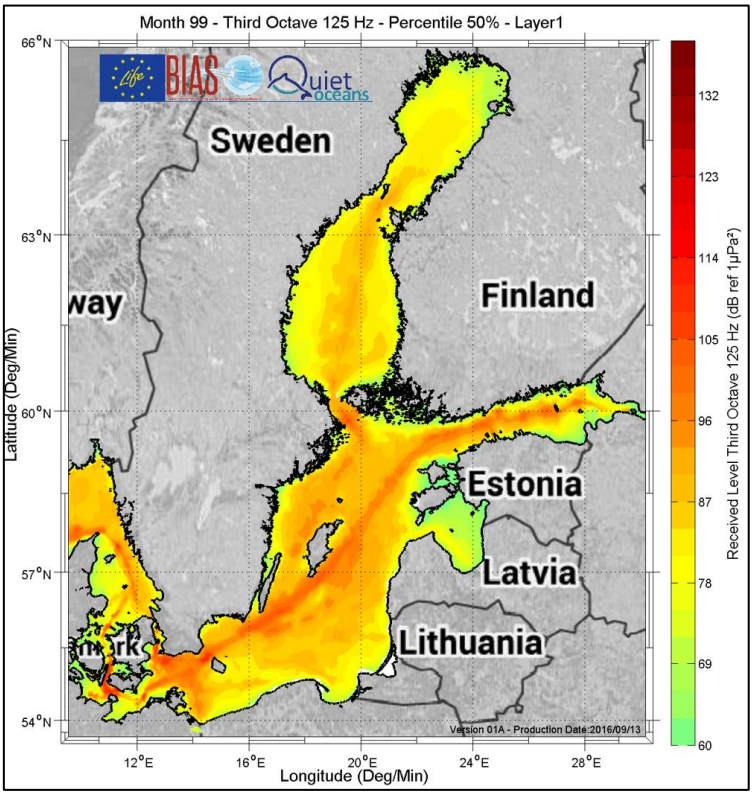
Mittauksissa vedenalaiset äänitasot ovat 2021 vuonna olleet keskimäärin 90 dB:n tasolla (50 %:n persentiili) mittauspisteessä tai sen alle hieman vaihdelleen taajuuden mukaan. Korkeamman taajuuden 2000Hz:n kohdalla äänitaso on mittausten perusteella laskenut vuodesta 2014 noin 5 dB, kun muissa mitatuissa taajuuksissa taso on pysynyt lähes ennallaan (Kuva 8-53).



Kuva 8-53. 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 125Hz:n taajuuden kohdalla kuitenkin noin 5-10dB alhaisempia kuin mittaustulokset (Kuva 8-54). Mallinnustulokset eivät kuitenkaan sisällä vedenalaisen melun luonnollista taustakohinaa, vaan vain alusten aiheuttamaa vedenalaista melua.



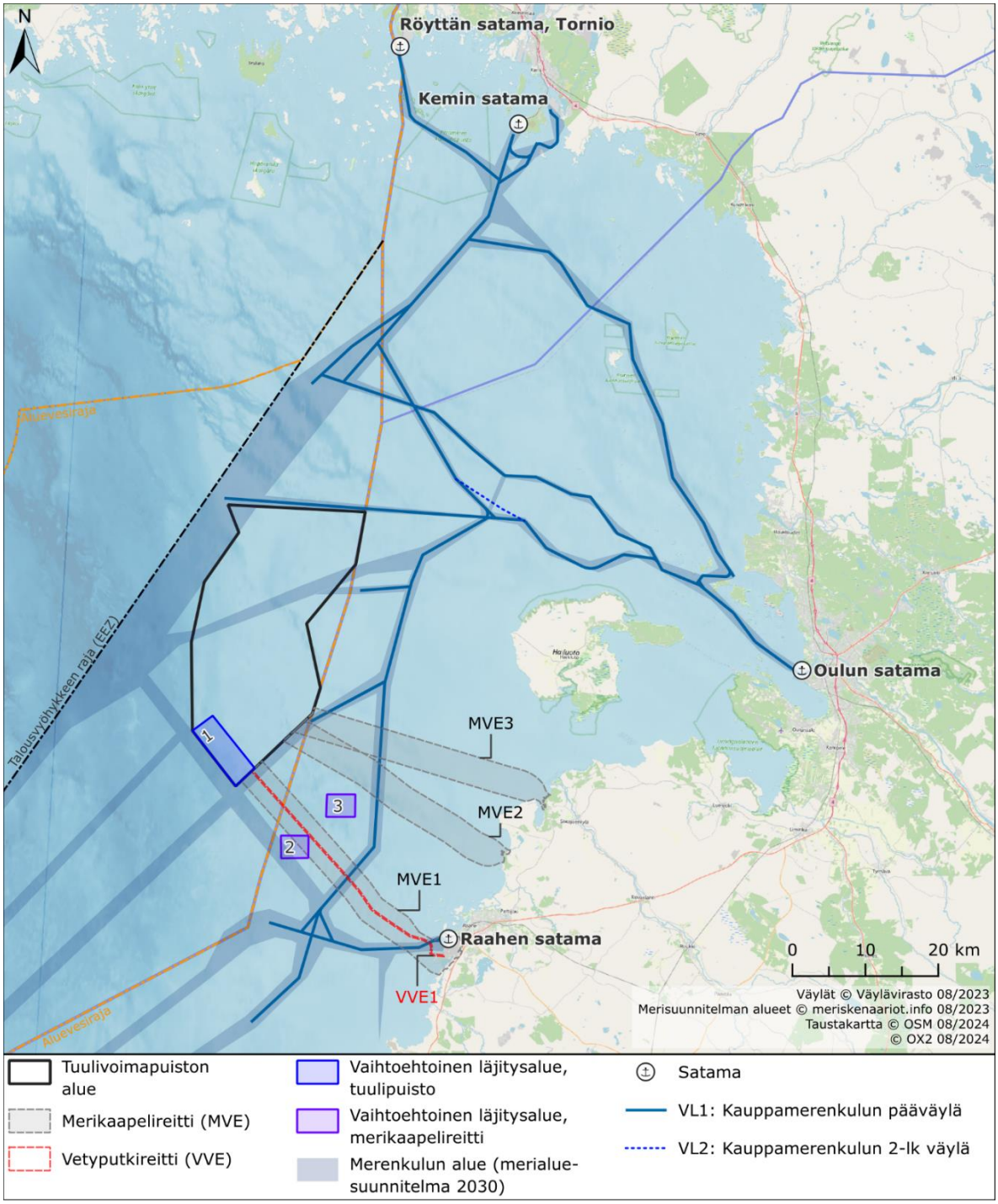
Kuva 8-54. 125Hz:n terssikaista vedenalaisen melun 50 %:n persentiilin mukainen mallinnus koko Itämerelle (BIAS 2014).

8.11 Meriliikenne

8.11.1 Satamat

8.11.1.1 Suomen puoli

Meriliikenteellä on tärkeä rooli Suomen ulkomaankaupan ja -tavaraliikenteen kannalta, sillä yli 90 % ulkomaankaupasta tapahtuu meritse (*Traficom & Väylävirasto 2023*). Suomen Merialue-suunnitelma 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 TEN-T (Trans European Transport Network) kattavan verkon kansainvälisesti merkittävää satamaa: Oulu, Raahe ja Kemi. Myös Torniossa sijaitsee merkittävä satama. Satamien sijainnit on esitetty kuvassa *(Kuva 8-55).*



Kuva 8-55. Hankkeen vaikutusalueen merkittävimpien satamien sijainnit ja niihin johtavat laivaväylät sekä Suomen merialuesuunnitelma 2030 mukaiset merenkulun alueet.

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*)

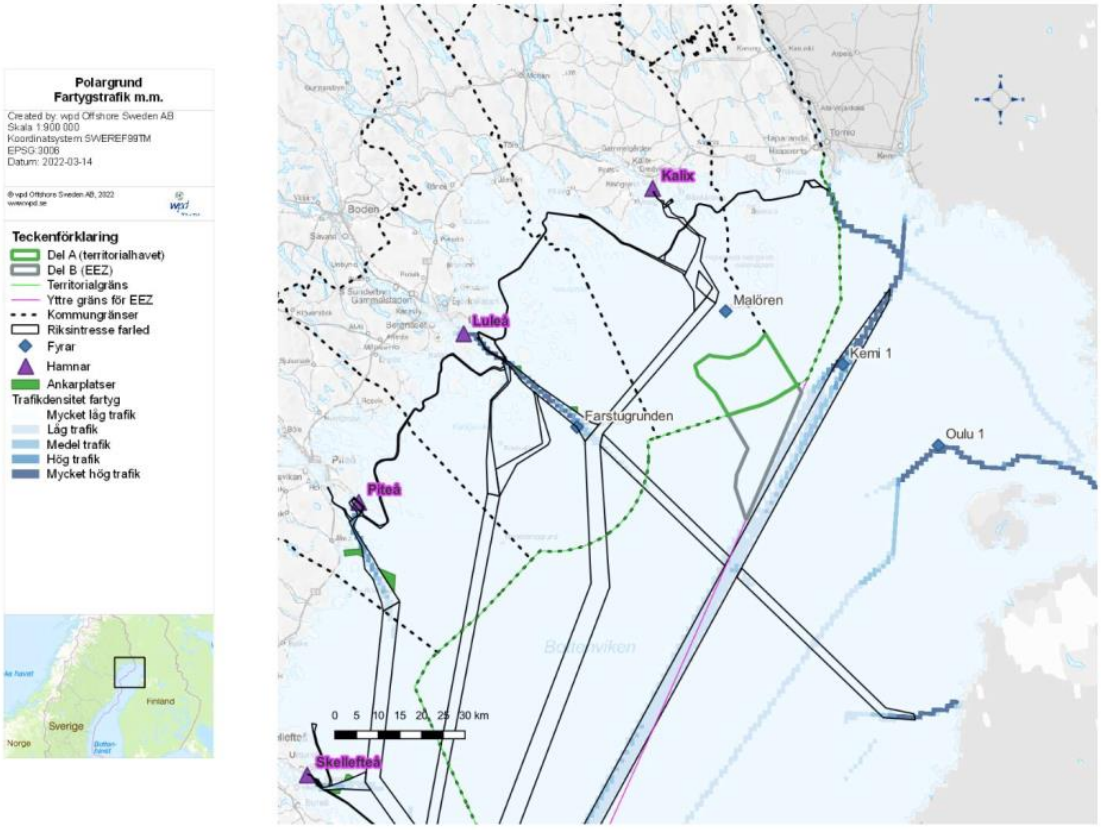
Kemin satama koostuu kolmesta osasta: Ajoksen satamasta, Veitsiluodon satamasta ja Öljysatamasta, joka on osa Ajoksen satamaa. Sataman vuosittainen alusmäärä on ollut viime vuosina noin 340–440 alusta. Ajoksen kautta kulkee muun muassa kontteja, metsäteollisuuden tuotteita ja erilaisia bulk-tuotteita. 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*)

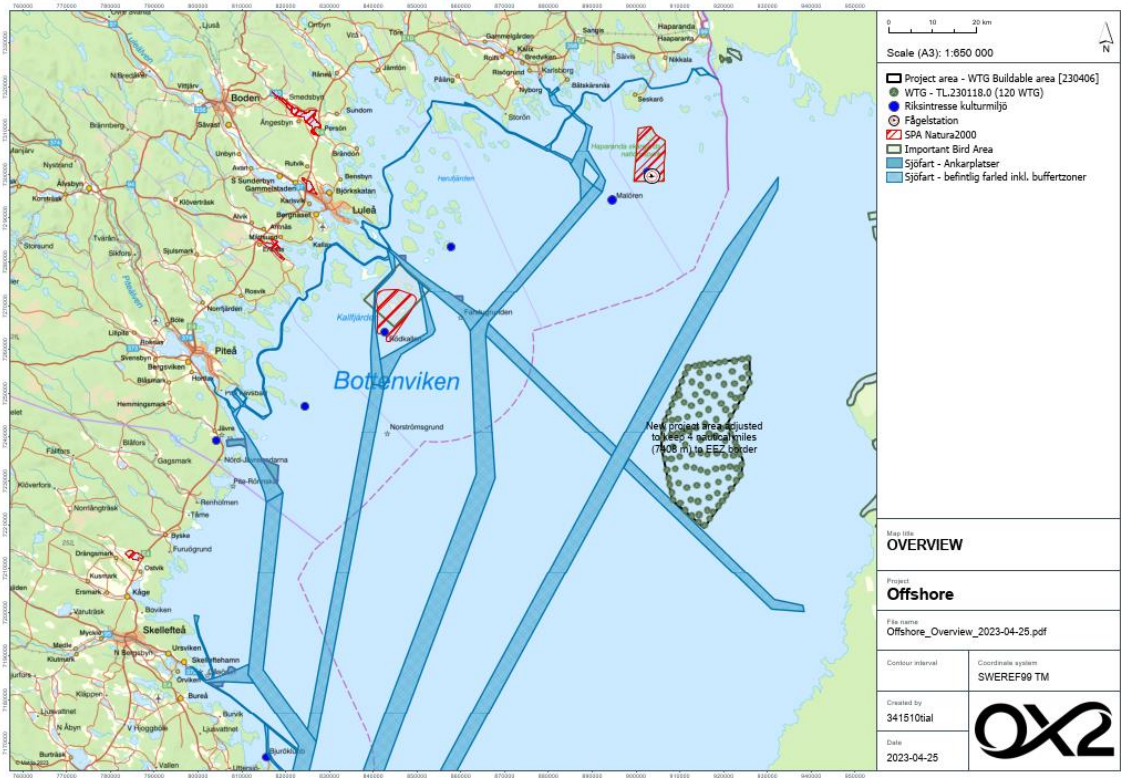
8.11.1.2 Ruotsin puoli

Kuvassa (Kuva 8-56) on esitetty lähellä sijaitsevat suuremmat satamat. Kalixin satama sijaitsee noin 40 kilometriä tutkimusalueesta 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 (Kalix Industrihotell AB, u.d.). Luulajan satama sijaitsee noin 50 kilometriä 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 8-57). 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 8-56).



Kuva 8-56. Vesiliikenne, majakat, ankkuripaikat ja satamat Ruotsin merialueella (Trafikverket, 2021; HEL-COM, 2016). (Lähde: wpd 2022)



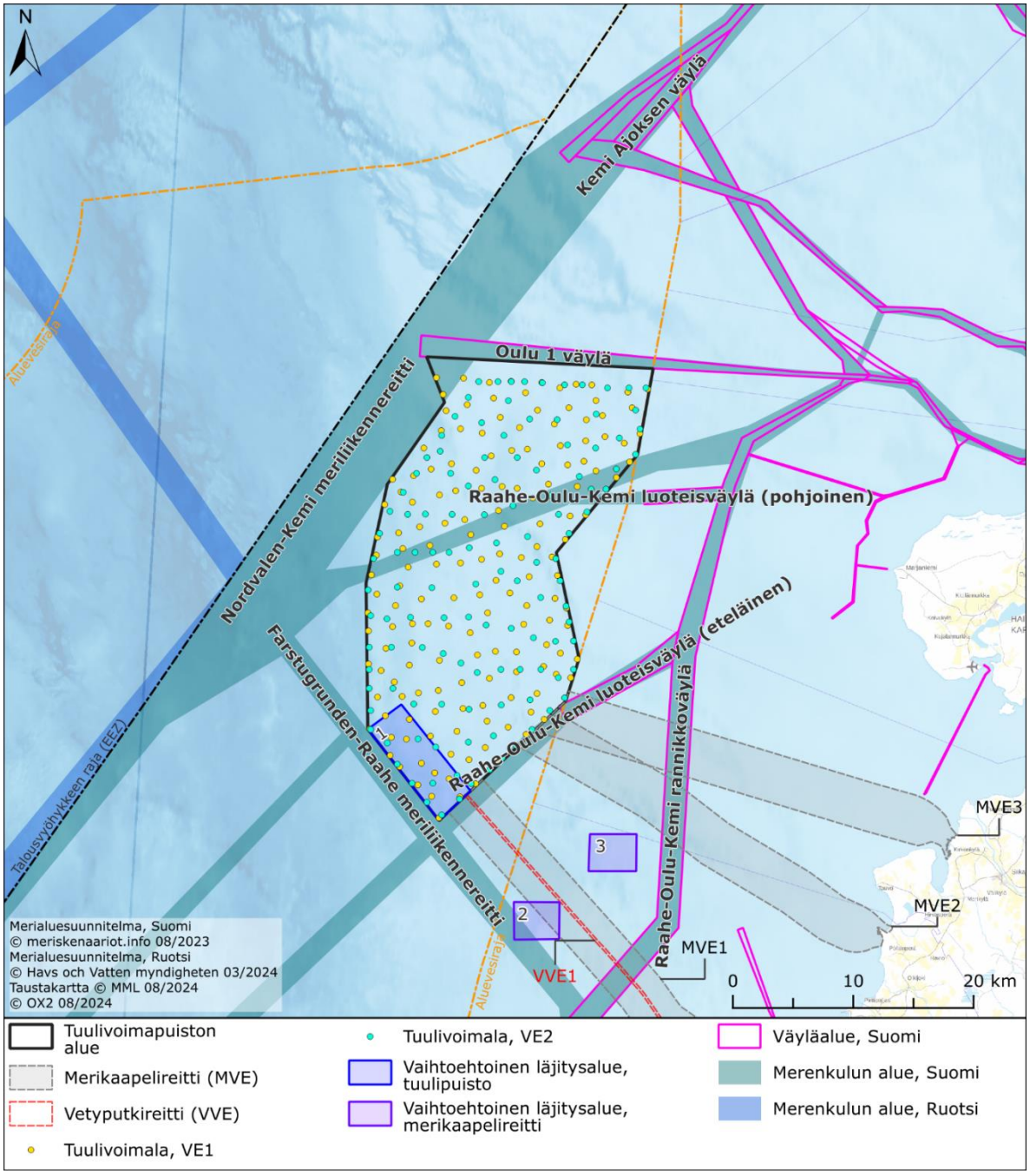
Kuva 8-57. Ruotsin puolella sijaitsevat merenkulun alueet ja ankkurointipaikat. (OX2 2023)

8.11.2 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 8-58, Kuva 8-59).



Kuva 8-58. 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 8-60). Vaihtoehdot MVE2 ja MVE3 puolestaan risteävät rannikkoväylän kanssa Siikajoen edustalla (Kuva 8-62). (*Väylävirasto 2024a*)

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 km 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 8-62). (*Väylävirasto 2024a*)

Hallan tuulivoimapuiston pohjoispuolelle sijoittuu Oulun satamaan johtava Oulu 1 väylä (VL 1, Syvyys 10 m), jonka väyläalueeseen tuulivoima-alue rajautuu (Kuva 8-58) (*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 km etäisyydelle päättyy Kemin ja Tornion satamiin johtava Kemi Ajos väylä (VL 1, syvyys 12 m) (Kuva 8-58) (*Väylävirasto 2024a*).

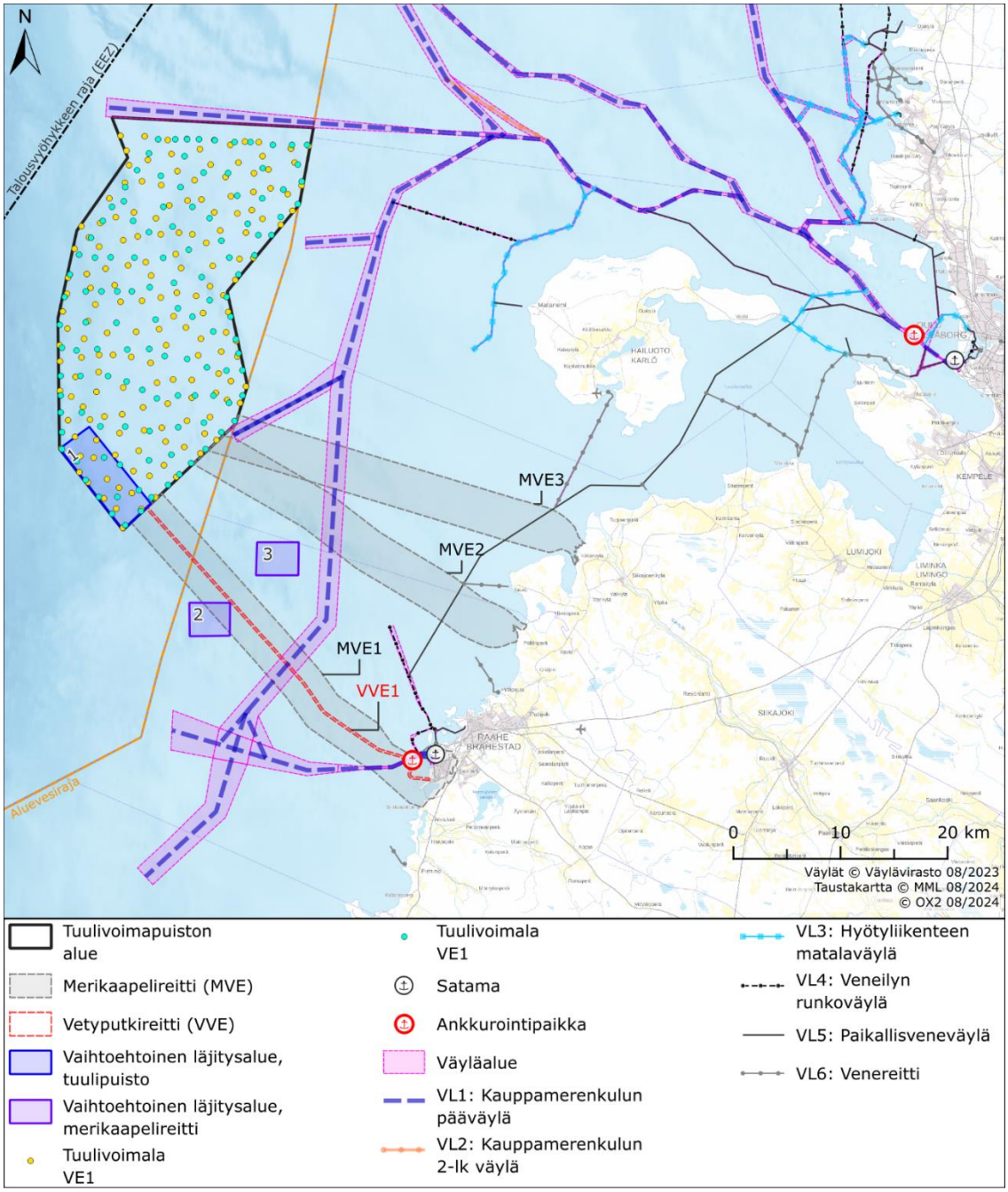
Raahen satamaan johtaa Raahen väylä (VL 1, syvyys 10 m), jolta matkaa merituulivoima-alueen rajalle on noin 19 kilometriä. Merikaapelireittivaihtoehto MVE1 sekä vetyputkireitti VVE1 risteävät väylän kanssa Raahen sataman edustalla (Kuva 8-61). (*Väylävirasto 2024a*)

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 8-58). (*Sweco 2023a*, liite 5)

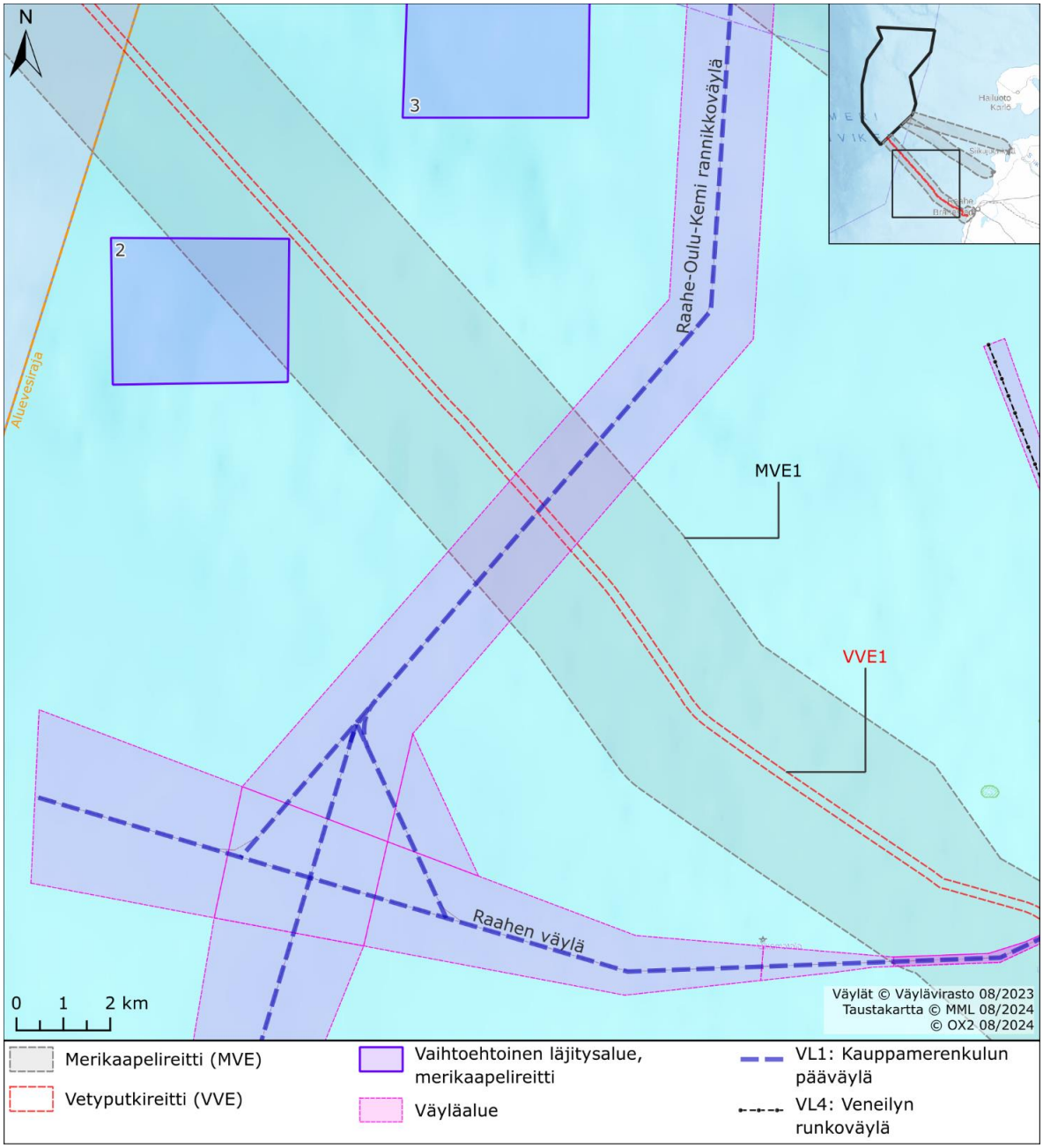
Meriliikenne jatkuu myös päättyvien väyläalueiden ulkopuolella. Haasteellinen kohde on Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän pohjoinen linjaus, jonka päätepiste asettuu keskelle tuulivoima-alueen länsireunaa. Väylän jatko Nordvalen-Kemi meriliikennereitille kulkee Hallan tuulivoima-alueen läpi (Kuva 8-58). (*Pohjanmaan 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 5)

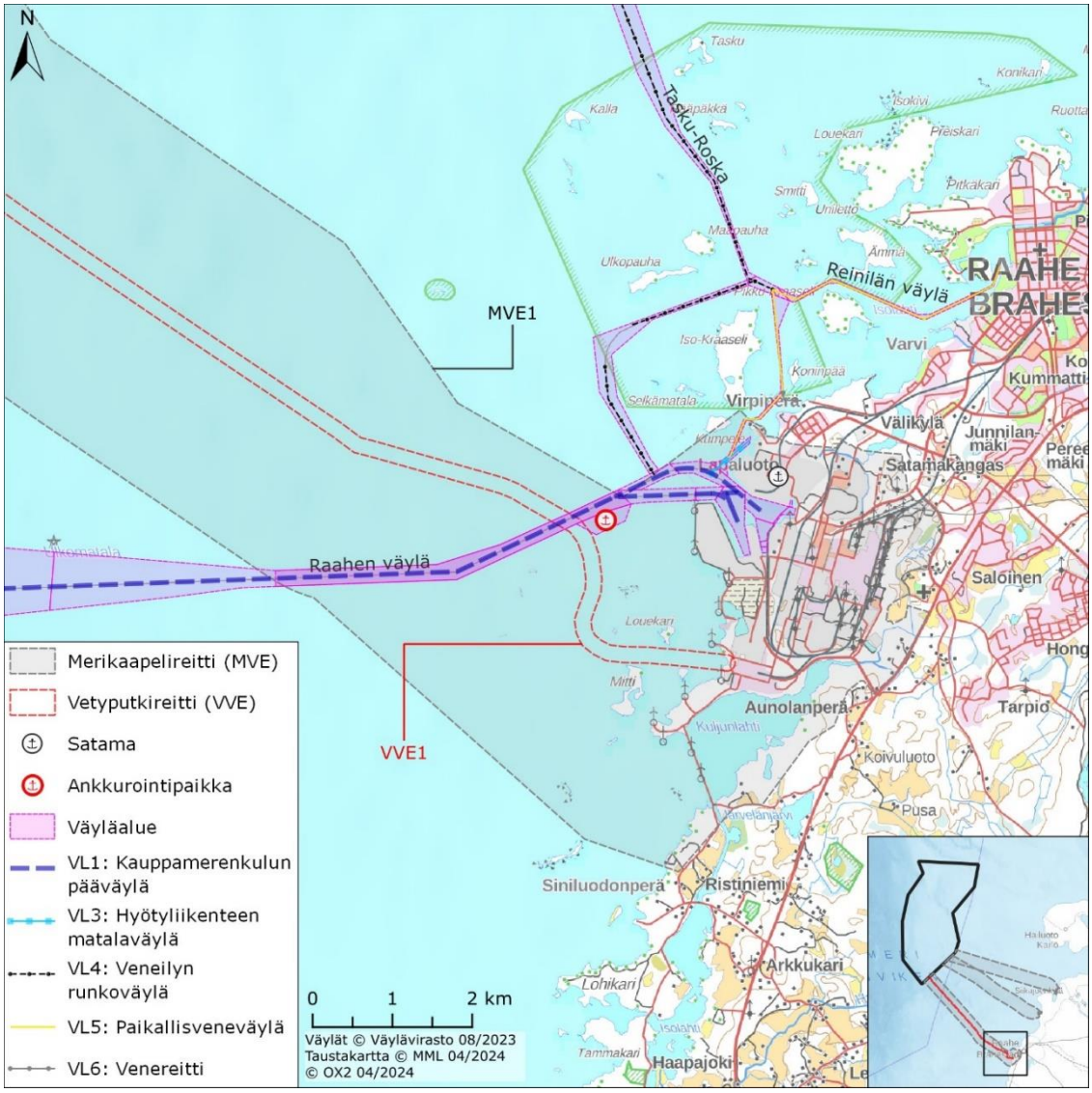
Kauppamerenkulun väylien lisäksi Hailuodon ja mantereen edustalla sijaitsee useita veneliikenteen matalaväyliä. Merikaapelireittivaihtoehdot MVE2 ja MVE3 risteävät Siikajoen edustalla Siikajoen väylän (VL 5, syvyys 1,7 m) kanssa (Kuva 8-63). (*Väylävirasto 2024a*)



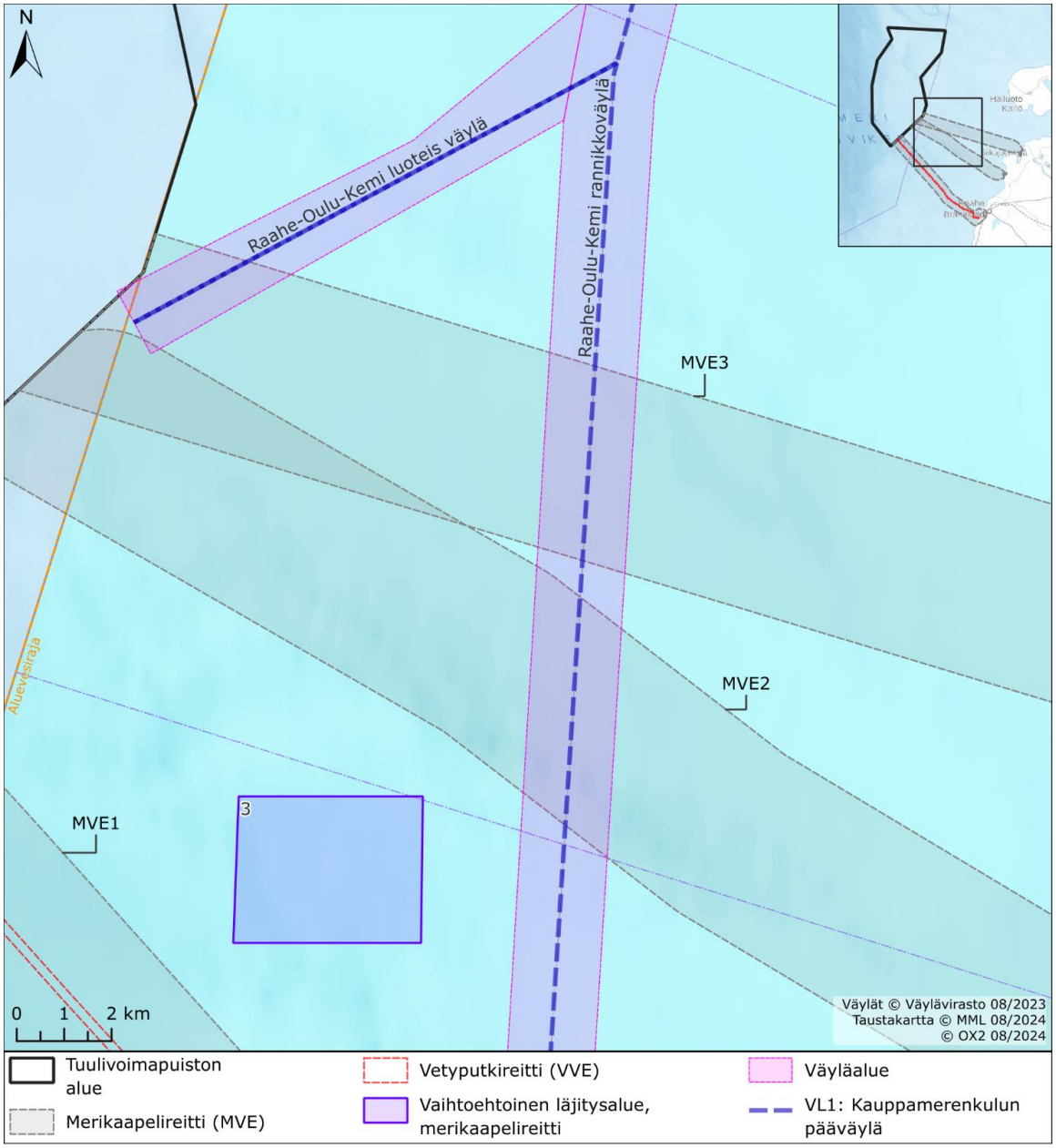
Kuva 8-59. Hallan hankealueen läheiset viralliset meriliikenneväylät.



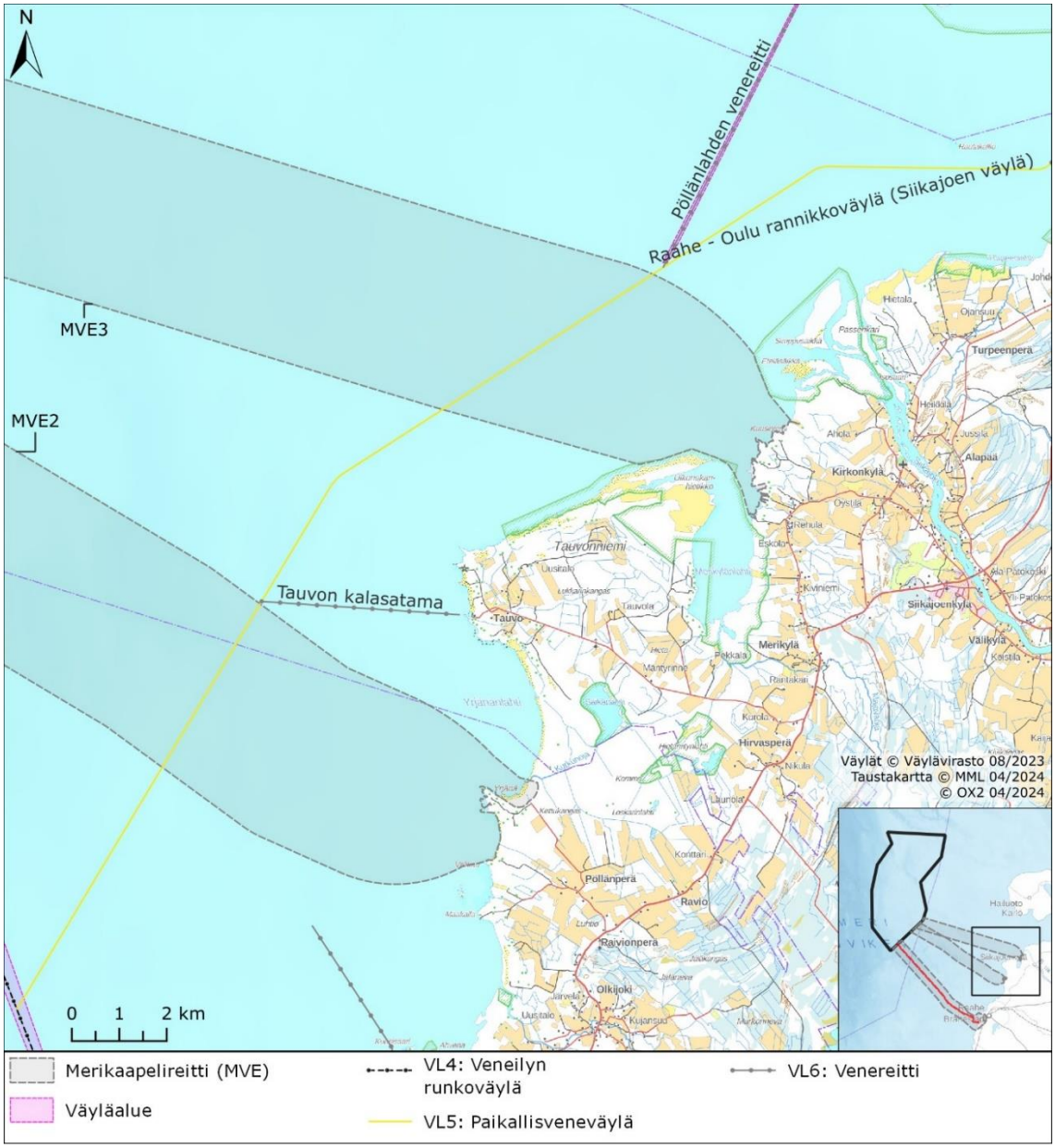
Kuva 8-60. Merikaapelireitin MVE1 ja Vetyputkireitin VVE1 läheiset meriväylät.



Kuva 8-61. Merikaapelireitin MVE1 ja Vetyputkireitin VVE1 rantautumispisteiden läheiset meriväylät.



Kuva 8-62. Merikaapelireittien MVE2 ja MVE3 läheiset meriväylät.



Kuva 8-63. Merikaapelireittien MVE2 ja MVE3 rantautumispisteiden läheiset meriväylät.

Suojasatamia ei sijaitse hankealueella tai sen läheisyydessä.

8.11.3 Muut läheiset merituulivoimahankkeet

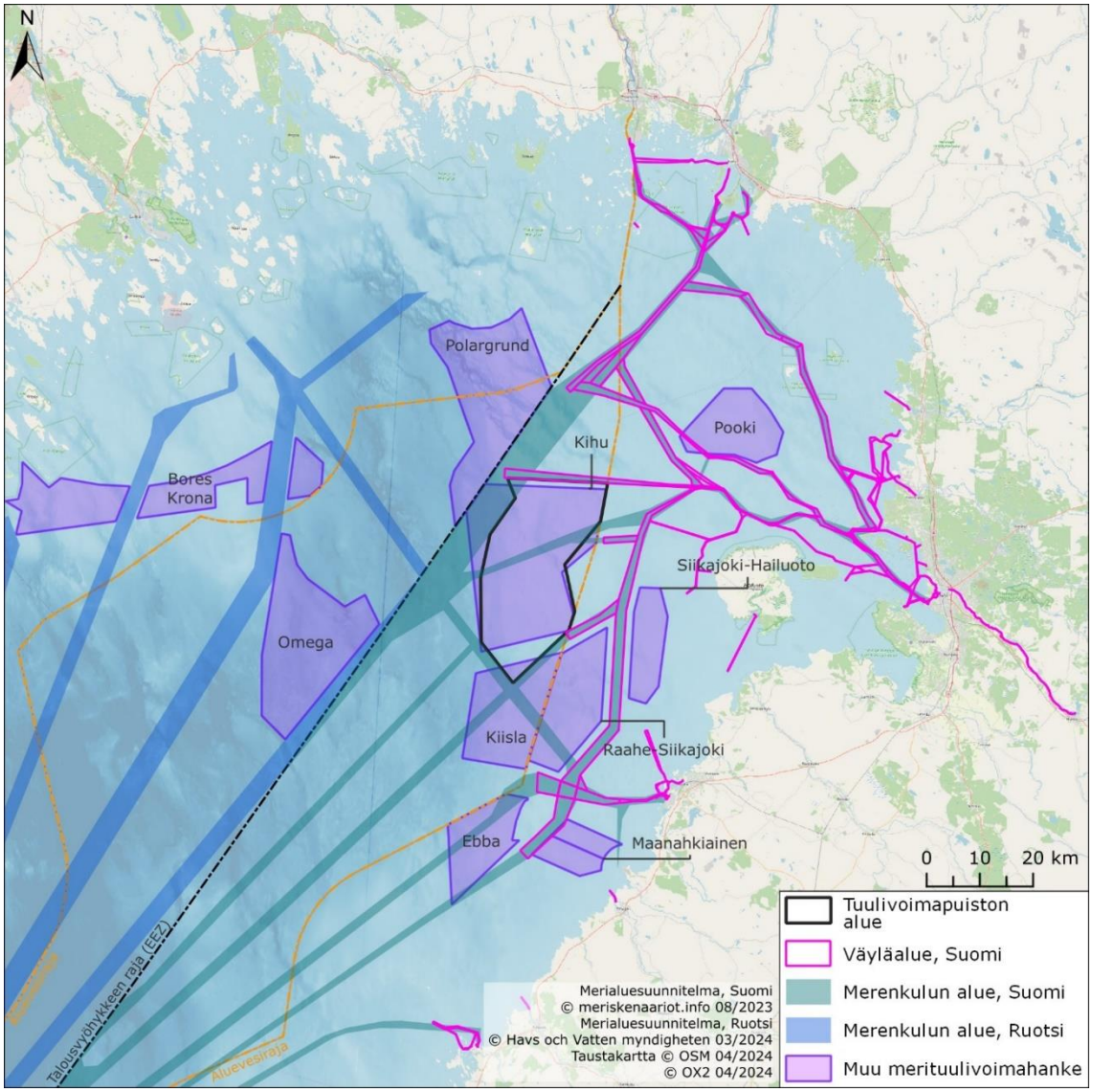
Perämeren alueella Hallan merituulivoimapuiston läheisyyteen on suunnitteilla useita muitakin merituulivoimapuistoja. Ne ovat esitettynä kuvassa (Kuva 8-64).

Hallan kanssa samalle sijainnille Suomen talousvyöhykkeelle on suunnitteilla myös toinen merituulivoimapuisto, Suomen Hyötytuuli Oy:n Kihu. Molempia hankkeita ei voida toteuttaa, vaan hankkeet ovat keskenään vaihtoehtoisia ja vain toinen voi saada alueen hyödyntämisoikeuden. Osittain Hallan eteläosan kanssa päällekkäin sijoittuu Suomen talousvyöhykkeelle Suomen Hyötytuuli Oy:n Kiisla hanke, joka ei ole saanut valtioneuvoston suostumusta tutkimustoimintaan (päätös TEM/2024/58, 23.5.2024). Molempia hankkeita ei voida siis sellaisenaan toteuttaa ja tuulivoima-alueita olisi muokattava.

Suomen aluevesillä Hallan tuulivoima-alueesta noin 2,3 km etäisyydelle kaakkoon sijaitsee Metsähallituksen huutokaupattava tuulivoima-alue Raahe-Siikajoki. Toinen Metsähallituksen huutokaupattava tuulivoima-alue Siikajoki-Hailuoto sijaitsee noin 11 km etäisyydellä Hallan tuulivoima-alueesta itään. Näiden hankkeiden suunnittelu on kuitenkin vielä alkuvaiheessa, sillä hankekehittäjiä ei ole valittu eikä siten esim. voimaloiden sijoittelusuunnitelmaa ole saatavilla.

Lähin Ruotsin puolelle talousvesivyöhykkeelle suunnitteilla oleva merituulivoimapuisto on Skyborn Renewables AB:n Polargrund ja se sijaitsee lähimmillään noin 2,8 km etäisyydellä Hallan hankevaihtoehdon VE1 tuulivoima-alueesta luoteeseen. Toinen Hallan kannalta merkittävä Ruotsin talousvesivyöhykkeellä sijaitseva merituulivoimahanke Statkraft AS:n Omega on suunnitteilla noin 19 km etäisyydellä lounaaseen Hallan merituulivoima-alueesta.

Muut suunnitellut hankkeet eivät arvion mukaan aiheuta merkittäviä vaikutuksia Hallan kannalta. Ruotsin aluevesillä sijaitseva Bores Krona sijaitsee noin 33 km etäisyydellä Hallasta länteen. Suomen aluevesillä sijaitsevan Skyborn Renewables Oy:n Pookin sijainti on noin 16 km Hallasta koilliseen, Metsähallituksen huutokaupattavan Ebban noin 21 km Hallasta etelään ja Rajakiiri Oy:n Maanahkiaisen noin 27 km Hallasta lounaaseen.



Kuva 8-64. Tiedossa olevat Perämeren merituulivoimahankkeet ja niiden sijainnit.

8.11.4 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 alaja 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. Jäänmurtajat ohjaavat usein liikennettä Perämerellä ja ne määrittelevät reitit, joita tulisi noudattaa. Jäänmurtajien määrittämien 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 jäänmurtajaapua 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 5)

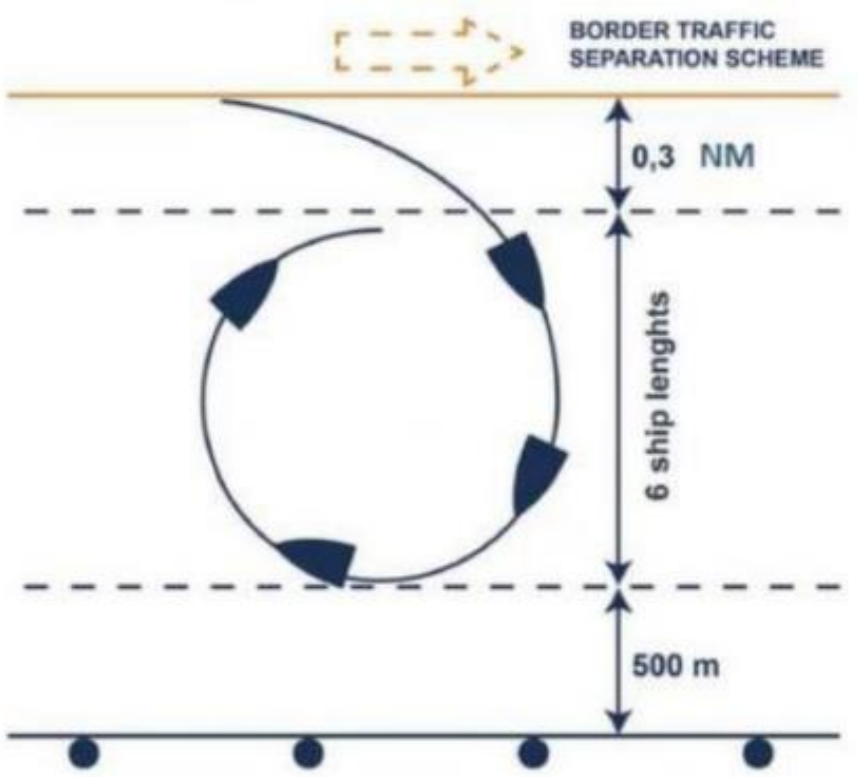
8.11.5 Merituulivoimapuiston turvaetäisyys meriliikenteeseen

Lähtökohtaisesti merituulivoimaloiden ja meriliikenteen turvaetäisyys valitaan tapauskohtaisesti riippuen esimerkiksi tuulivoimapuiston sijainnista, maantieteellisistä näkökohdista ja alueen alusliikenteestä (*Sweco 2023b, liite 6*). 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 km 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 (n. 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 m 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 5)

Seuraava kuva (Kuva Kuva 8-65) havainnollistaa PIANC:n konseptisuunnitelmaa reittijakojärjestelmän ja tuulivoimapuiston välisestä turvaetäisyydestä.



Kuva 8-65. Reittijakojärjestelmän ja merituulivoima-alueen välinen turvaetäisyys PIANC:n konseptisuunnitelman mukaan (360 asteen käännös oikealle puolelle). (Sweco 2023a, liite 5)

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 6)

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 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*)

8.11.6 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.

8.11.7 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 8-8) 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.

Taulukko 8-8. 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 5)

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 %)					

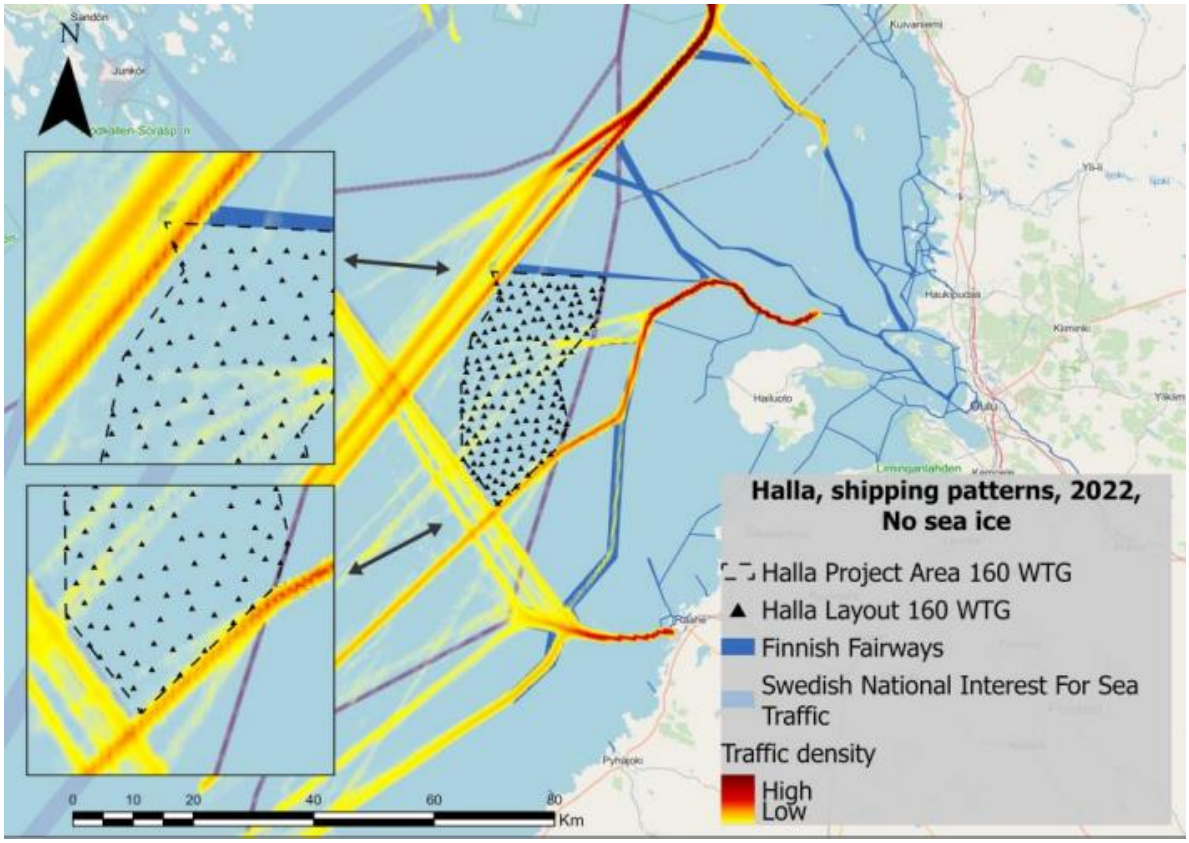
Hankealueen läheisillä väylillä alusliikenteestä suurimman osan muodostivat erilaiset rahti- ja roro-alukset, tankkerit sekä erilaiset avustus- ja turva-alukset (jäänmurtajat, luotsialukset ja hinaajat). Alusliikenteen jakauma kuvaa hyvin kauppamerenkulun merkitystä alueella.

Meriliikenteen määrät Perämeren alueella ovat keskimäärin varsin pieniä verrattuna esimerkiksi muihin Itämeren alueisiin. Oheiseen taulukkoon (Taulukko 8-9) 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 8-9. 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 5)

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	-	-

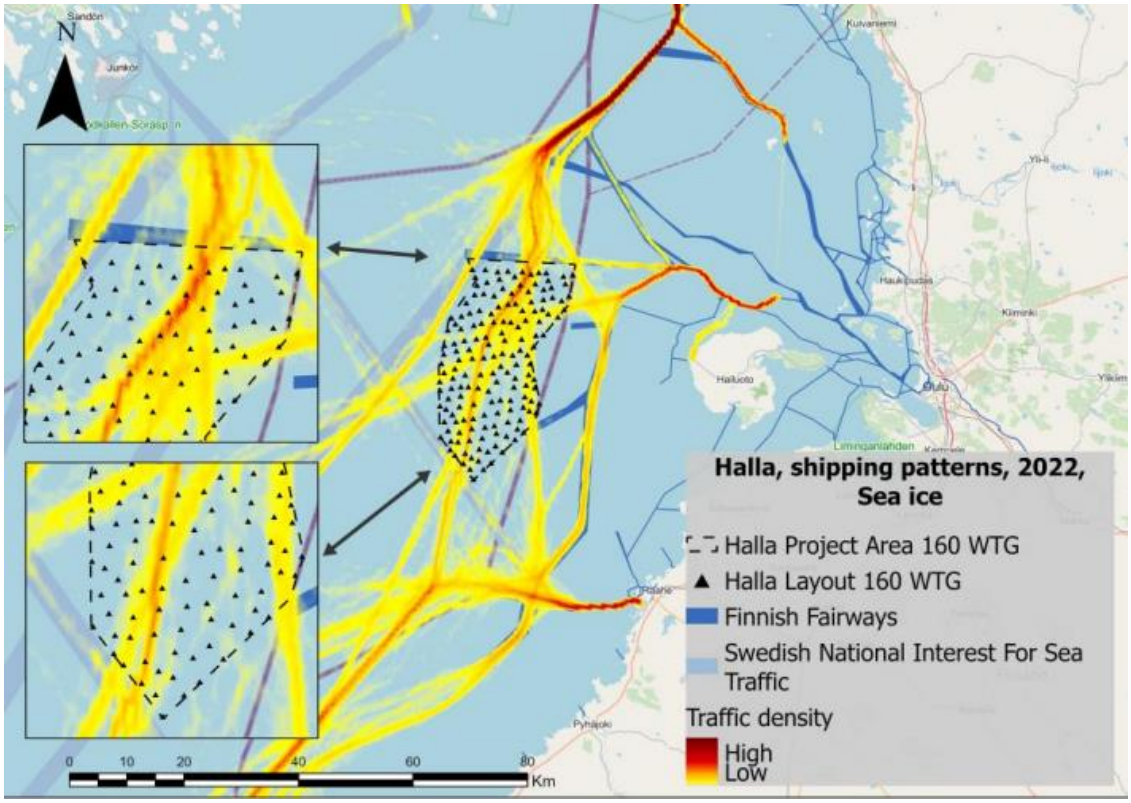
Jäättöminä kuukausina (kesäkuu-joulukuu) selvästi vilkkain alusliikenteen käyttämä reitti oli Hallan tuulivoima-alueen luoteispuolella kulkeva Nordvalen-Kemi meriliikennereitti. Muita merkittäviä väyliä olivat jäättömänä aikana Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläinen linjaus sekä Farstugrunden-Raahe meriliikennereitti. Jäättömien kuukausien alusliikennettä alueella vuonna 2022 on havainnollistettu AIS-dataan perustuvalla lämpökartalla oheisessa kuvassa (Kuva 8-66).



Kuva 8-66: Lämpökartta meriliikenteen käyttämistä reiteistä Hallan ympäristössä merijäättömänä aikana vuonna 2022 (Kesäkuu-Joulukuu). Suuri liikennetiheys kartassa punaisella ja pienemmät keltaisella. (Sweco 2023a, liite 5)

Edellä esitetystä kuvasta (Kuvasta Kuva 8-66) 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.

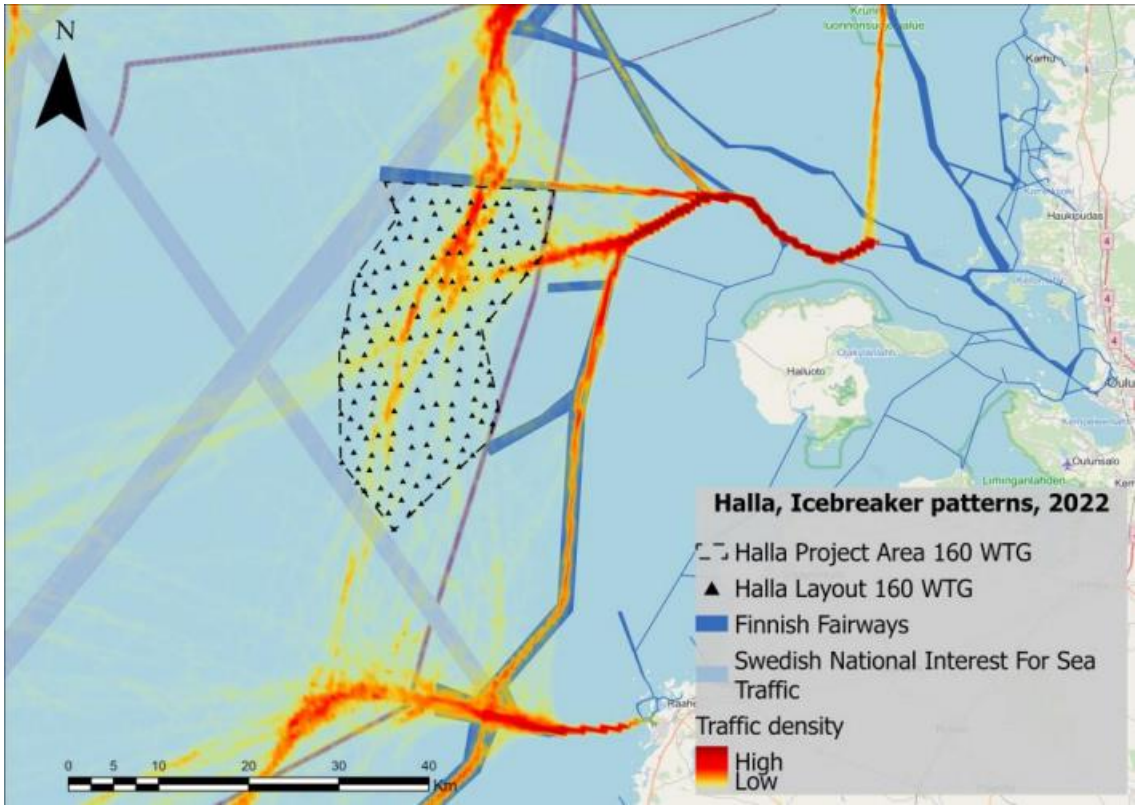
Merijäällä on huomattava vaikutus meriliikenteen käyttämiin reitteihin. Alusten on tällöin noudatettava Väyläviraston asettamia määräyksiä liikennöintirajoituksia ja reitityksistä, sillä muuten ne eivät ole oikeutettuja jäänmurtoapuun (hätätilanteissa lukuun ottamatta). Vaikutus reitteihin on huomattavissa selkeästi myös tarkastelualueella merijääkuukausina (tammikuu-toukokuu). Vuoden 2022 merijääkuukausien aikaista alusliikennettä alueella on havainnollistettu AIS-dataan perustuvalla lämpökartalla oheisessa kuvassa (Kuva 8-67)



Kuva 8-67: Lämpökartta meriliikenteen käyttämistä reiteistä Hallan ympäristössä merijään esiintymisen aikana vuonna 2022 (Tammikuu-Toukokuu). Suuri liikennetiheys kartassa punaisella ja pienemmät keltaisella. (Sweco 2023a, liite 5)

Kuvasta Kuva 8-67 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 8-68). 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.



Kuva 8-68: Lämpökartta jäänmurtajien käyttämistä reiteistä Hallan ympäristössä merijään esiintymisen aikana vuonna 2022 (tammikuu-toukokuu). Suuri liikennetiheys kartassa punaisella ja pienemmät keltaisella. (Sweco 2023a, liite 5)

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 5)

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 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 5)

Myös muilla suunnitteilla olevilla merituulivoimahankkeilla (Kuva 8-64) 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 km 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 5)

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 5)

8.12 Ilmailu

8.12.1 Suomen puoli

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.

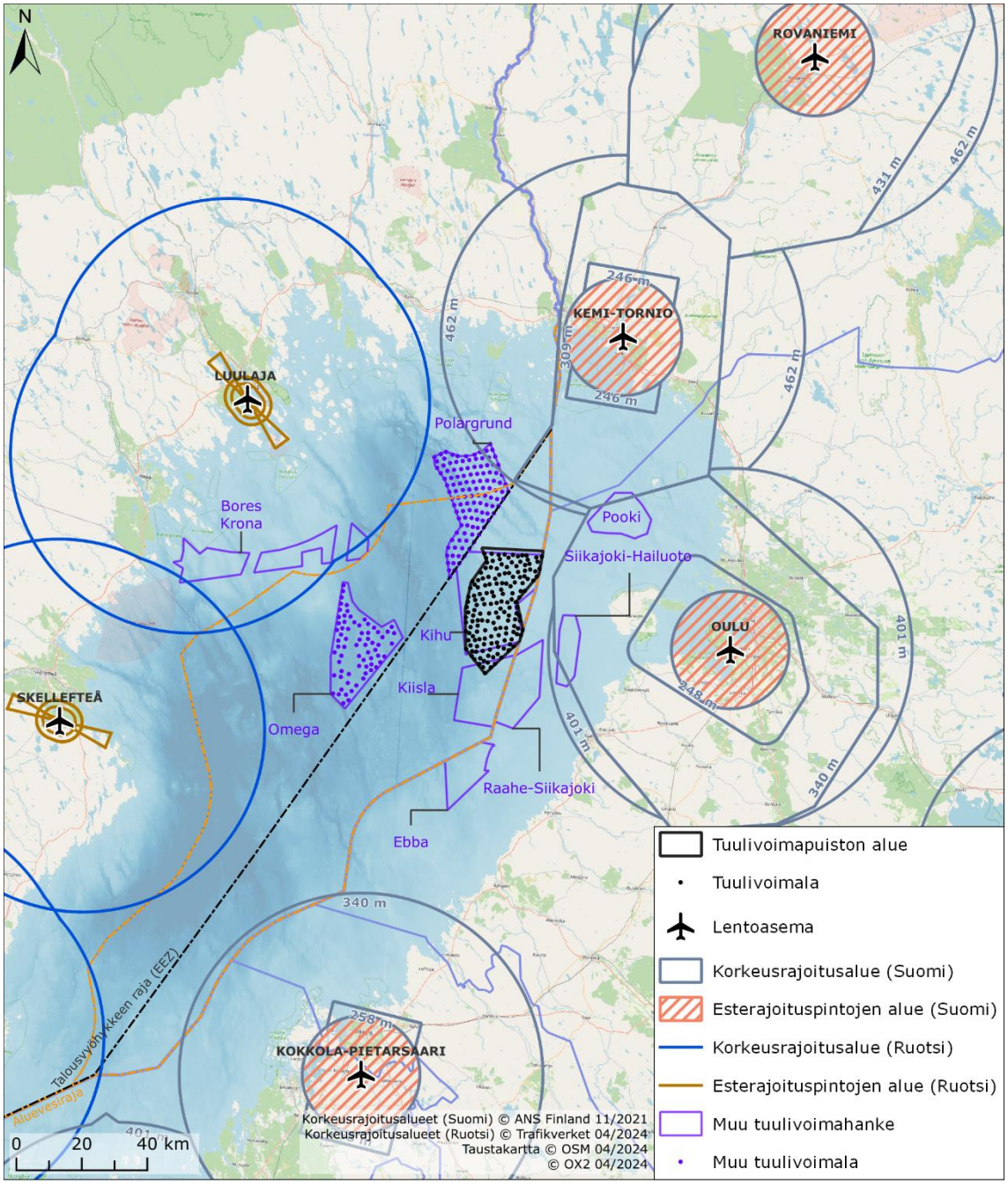
Ilmatilan rajoitusalueita ovat R-alue eli rajoitusalue (restricted area), P-alue eli ilmailulta kielletty alue (prohibited area), aluevalvontalain mukaiset ilmakuvauskieltoalueet, ja kieltävät tai rajoittavat UAS-ilmatilavyöhykkeet. R-alueet on perustettu puolustusvoimien toiminnan suojaamista varten, 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 8-69). Hallan merituulivoimapuiston alue ei sijoitu korkeusrajoitusalueelle.

8.12.2 Ruotsin puoli

Lähin suuri lentoasema on Luulajan lentoasema, jonka MSA-alue on kosketuksissa Polargrundin tutkimusalueen länsiosaan Kalixissa. Luulajan lentoasema sijaitsee lähimmillään noin 52 km länteen Polargrundin hankealueesta (Kuva 8-69). Kalixin ja Haaparannan kunnissa ei ole nykyään toiminnassa olevia lentoasemia. (*wpd 2022*)



Kuva 8-69. Ilmailun korkeusrajoitusalueet. (ANS Finland 2021)

9 Rajat ylittävien vaikutusten arviointi

Rajat ylittävien vaikutusten arvioinnista laadittu yhteenveto on esitetty tässä asiakirjassa yhteysviranomaisen ohjeen mukaisesti. Vaikutusarvioinneissa on hyödynnetty EU:n opasta: *"Guidance on the Application of the Environmental Impact Assessment Procedure for Large-scale Transboundary Projects"* (Euroopan Unioni 2024). Hankkeen rajat ylittävät sekä suorat että välilliset kokonaisvaikutukset on arvioitu ohjetta hyödyntäen. Kokonaisvaikutusten arvioinneissa on hyödynnetty eri arvioitavien osa-alueiden tuloksena saatuja määrällisiä ja laadullisia arviointeja, joiden pohjalta on luotu kokonaiskäsitys hankkeen rajat ylittävistä vaikutuksista.

Seuraavissa kappaleissa on arvioitu hankkeen ympäristön eri osa-alueisiin kohdistuvat mahdolliset rajat ylittävät vaikutukset, keskittyen todennäköisesti merkittävimpiin vaikutuksiin. Lisäksi on kuvattu tiiviisti vaikutusarvioinnissa käytetyt menetelmät ja kerätty aineisto. Keskeiset erillisselvitykset, joiden osalta rajat ylittäviä vaikutuksia on arvioitu, ovat myös liitteinä.

Seuraavissa kappaleissa on lisäksi eritelty, minkä tyyppisiä yhteisvaikutuksia kullakin tiedossa olevalla muulla aktiivisella 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.

Arvioinnissa on hyödynnetty tietoja lähiympäristön hankkeista ja niihin tehdyistä selvityksistä sekä vaikutusten arvioinneista. Aineistona on käytetty myös maakuntakaavoitusta varten tehtyjä selvityksiä.

Vaikutusten arvioinnista on vastannut suomalaisista ja ruotsalaisista asiantuntijoista koostuva asiantuntijaryhmä. Asiantuntijat on esitetty tämän asiakirjan alussa kohdassa ”YVA-työryhmä”.

9.1 Merialuesuunnitelma

Hallan merituulivoimahanke toteuttaa merialuesuunnitelmassa alueelle osoitettuja strategisia tavoitteita (kuten energiantuotanto), ja alueen eri toiminnot ovat sovitettavissa keskenään yhteen. Merituulivoimapuisto sekä siihen liittyvät mantereelle johtavat energiansiirtoreitit voivat aiheuttaa rakentamisen aikaisia vaikutuksia muun muassa meriliikenteelle, kalastukselle ja lyhytkestoisia häiriöitä esimerkiksi virkistykselle. Hankealueen poikki lounais-koillissuuntaisesti ja sen ympärille on osoitettu Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merenkulun alueita. Hallan hankevaihtoehdossa VE2 on merituulivoimapuiston aluetta supistettu luoteiskulmasta siten, että se väistää merenkulun alueen.

Merialuesuunnitelman rooli Suomessa on strateginen ja ohjaava, se ei kuulu alueidenkäytön suunnittelujärjestelmään, eikä sillä ole oikeusvaikutuksia.

Hallan hankkeen ei arvioida vaikeuttavan Ruotsin merialuesuunnitelmassa Ruotsin puolelle osoitettujen strategisten tavoitteiden toteutumista ja merialueen muut toiminnot, kuten merenkulun alueet ovat yhteen sovitettavissa Hallan hankkeen suunnitelmien kanssa. Merituulivoimahankkeiden suunnittelussa tehdään tiivistä yhteistyötä meriliikenneviranomaisen kanssa myös kansainvälisellä tasolla ja mahdollisia haittoja mm. merenkulun alueiden käytettävyyteen ehkäistään esim. riittävillä turvaetäisyyksillä.

9.2 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.
- Suunnitellun puiston on tarkoitus ulottua noin 40 kilometrin päähän Norrbottenin rannikon ulkosaaristosta ja noin 60 kilometrin päähän suurimmasta osasta sisäsaaristoa ja rannikkokaistaleesta. Tuulivoimapuisto näkyy horisontissa ulkosaariston lähempänä sijaitsevissa osissa tietyissä sääolosuhteissa. Voidaan todeta, että maiseman ja tuulivoimapuiston välinen suuri etäisyys määrää muutoksen asteen.
- Merikaapelin vaihtoehdoista tai vetyputkesta ei muodostu maisemallisia vaikutuksia.

Vedenalainen kulttuuriperintö

- Hallan merituulivoimapuiston alueelle ei sijoitu tunnettuja muinaisjäännöksiä tai muita kulttuuriperintökohteita. Tieto alueen muinaisjäännöskohteista tarkentuu ennen rakentamista suoritettavassa meriarkeologisessa inventoinnissa.
- Vedenalaisiin muinaisjäännöksiin ei kohdistu suoria tai epäsuoria vaikutuksia Ruotsin puolella mahdollisesti oleviin kohteisiin.

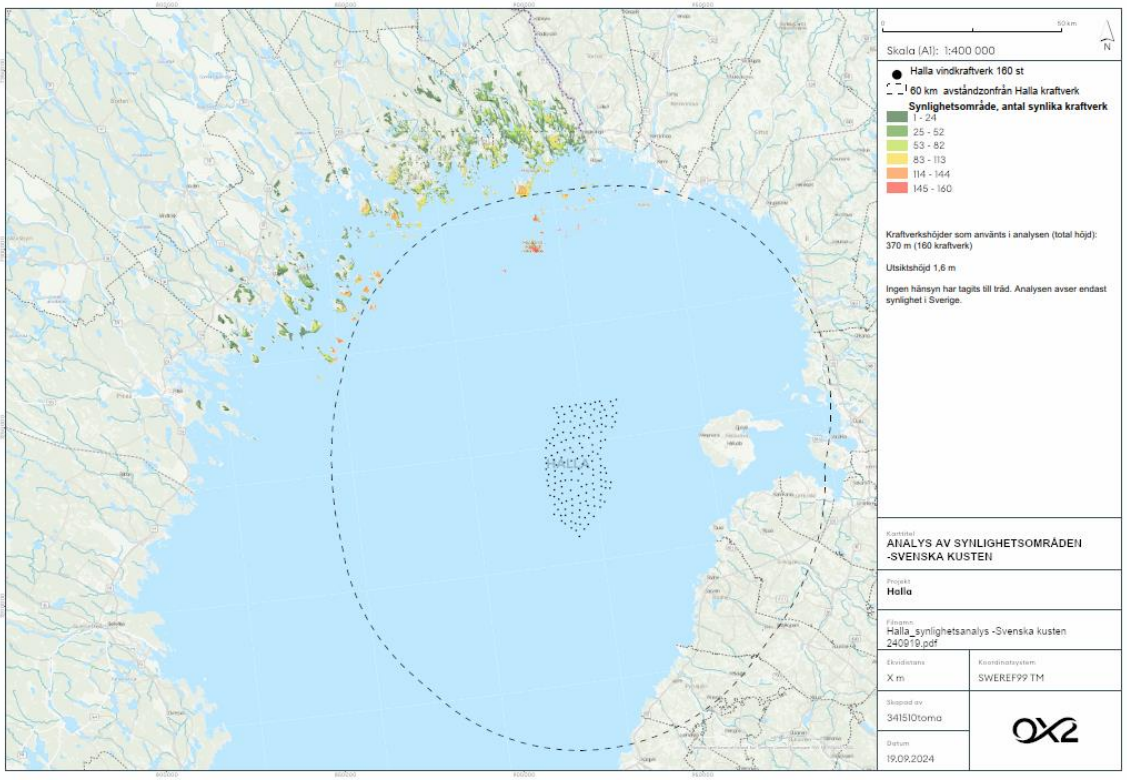
9.2.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Vaikutusten arviointi Ruotsin puolen maiseman ja kulttuuriympäristön osalta perustuu hankkeen alustavaan suunnitelma-aineistoon, kartta- ja ilmakuvatarkasteluihin, maastokäyntiin Ruotsin puolella eri kohteissa sekä olemassa oleviin selvityksiin.

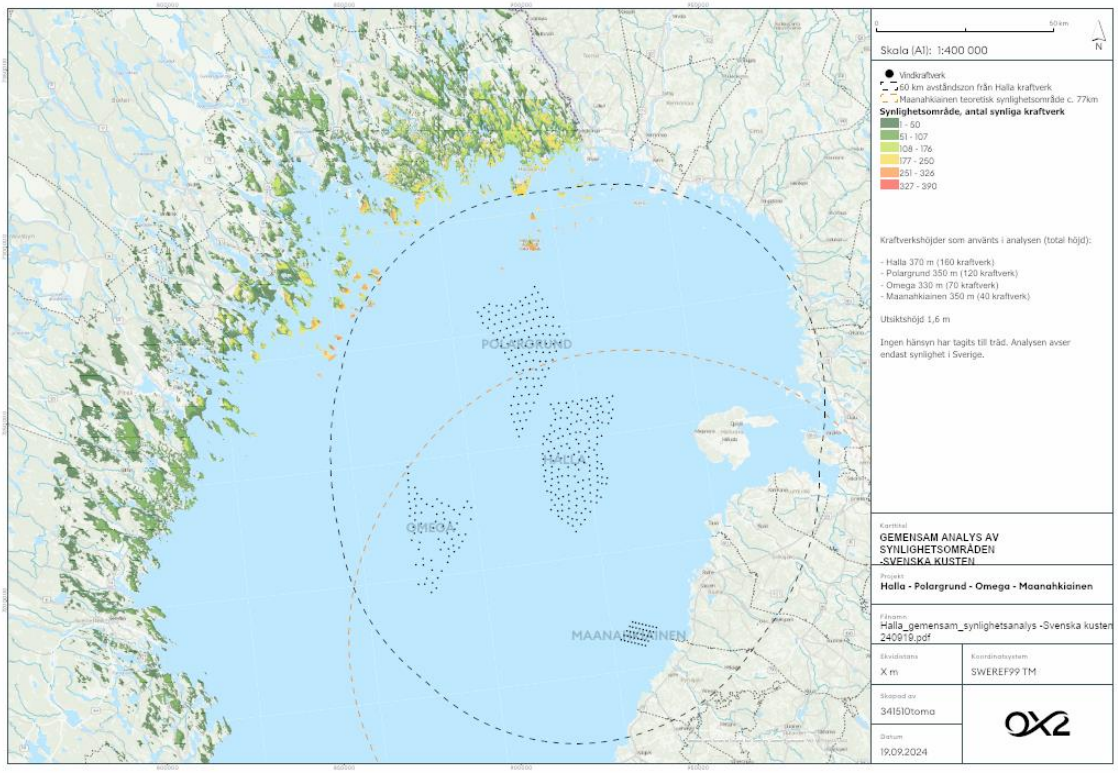
Arvioinnissa annetaan yleiskuva vaikutusten kohdentumisesta, luonteesta ja merkittävyydestä. Omia tulkintoja maiseman arvoista kuten maiseman ”kauneudesta” ei tehdä, jotta arviointi olisi mahdollisimman objektiivista. Myös yhteisvaikutukset muiden hankkeiden ja suunnitelmien kanssa kuvataan sanallisesti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

Merkittävien maisemallisten vaikutusten tarkastelualueeksi on määritelty tässä hankkeessa 35 kilometriä merituulivoimapuiston osalta, mitä voidaan pitää teoreettisena maksiminäkyvyysalueena (Kuva 8-3). 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.

Vaikutusarviointia varten on tehty näkymäalueanalyysi (Kuva 9-2), jossa on selvitetty Ruotsin puolelta alueet, joilta on näkymäyhteys voimaloihin (*AFRY Sverige 2024*). Maisemavaikutuksia on havainnollistettu lisäksi realistisilla havainnekuvilla Ruotsin puolelta. Ruotsin puolen maisema-arviointi on esitetty erillisessä liitteessä 2, joka sisältää menetelmäkuvauksen, vaikutustenarvioinnin, havainnekuvat sekä näkymäalueanalyysien kuvat tarkempina.



Kuva 9-1. Ote näkymäalueanalyysistä Hallan tuulivoimahankkeen näkymisestä Ruotsiin. Tarkempi kuva on liitteenä 2. (OX2 2024)



Kuva 9-2. Ote näkymäalueanalyysistä Hallan tuulivoimahankkeen näkymisestä Ruotsiin sekä yhteisvaikutukset Hallan (FI), Polargrundin (SWE), Omegan (SWE) ja Maanahkiaisen (FI) näkymisestä Ruotsiin. Tarkempi kuva on liitteenä 2. (OX2 2024)

Näkymäalueanalyysin tarkoitus on muodostaa teoreettinen kuva Hallan tuulivoimahankkeen näkyvyydestä ympäristöönsä. Hallan merituulivoimahankkeelle laadittiin erikseen näkymäalueanalyysi kansainvälistä kuulemista varten hankkeen näkymisestä Ruotsin puolelle. Näkymäalueanalyysejä tehtiin kaksi kappaletta, toinen vain Hallan hankkeelle ja toinen yhteisvaikutuksia varten huomioiden Hallan merituulivoimahankkeen lisäksi Suomen puolelta Maanahkiainen sekä Ruotsin puolelta Polargrund sekä Omega hankkeet. Hankkeiden sijoitussuunnitelmat sekä mallinnuksessa käytetyt kokonaiskorkeudet on esitetty mallinnuskuvissa (liite 2). Mallissa mukana olevat hankkeet valittiin perustuen niiden kehitysvaiheeseen sekä teoreettiseen näkyvyyteen Ruotsin puolelle suhteessa Hallan hankkeeseen. Hankkeet, jotka eivät ole aktiivisessa kehityksessä tai jotka eivät Ruotsin puolelta katsottuna muodosta yhteisiä näkymiä Hallan kanssa, ei sisällytetty analyysiin.

Analyysi on tehty ArcGIS paikkatieto-ohjelmistolla. Analyysissä ei huomioitu puuston peittävää vaikutusta eli se on tehty maksimivaikutusperiaatteella. Hallan voimaloiden kokonaiskorkeutena on analyysissä YVA-menettelyn enimmäiskorkeus eli 370 metriä ja analyysissä näkymäalue muodostuu, vaikka voimalasta näkyisi vain osa. Katselupisteen korkeus on 1,6 metriä ja korkeusmallina on käytetty Lantmäteriet nationella höjdmodellen 50 metrin -aineistoa. Analyysin maksimietäsyys on 100 km. Analyysi on laadittu hahmottamaan hankkeiden näkyvyyttä maa-alueille, jolloin merialueelle näkymistä ei ole huomioitu, vaikka sinne näkyisi voimaloita. Mallinnuksessa oletetaan sään olevan selkeä, jolloin voimaloiden näkyvyys on voimakkaimmillaan.

Näkymäalueanalyyseissä on havaittavissa, että Hallan merituulivoimahanke muodostaa näkymiä enimmäkseen Ruotsin puolen Perämeren rannikon luoteisosiin. Hanke näkyy Luulajaan ja sen edustan saarille sekä Kalixin (Kainuu) ja Haaparannan rannikoille. Näkymät vähenevät sisämaahan siirryttäessä.

Yhteisvaikutusmallinnuksesta on huomattavissa, että lähempänä Ruotsin rannikkoa olevien Polargrund ja Omega hankkeiden aiheuttavan kauemmas sisämaahan ulottuvia näkemäalueita kuten myös etelämmässä Perämeren länsirannikolle. Maanahkiaisen hanke Suomen aluevesillä ei näy Ruotsin rannikolle, joten sen teoreettinen näkemäalue on merkitty karttaan.

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.

9.2.2 Vaikutusten arviointi

Hankkeen toteutuessa suoria maisemavaikutuksia aiheutuu toiminnan aikana tuulivoimalarakenteista. Rakentamisvaiheessa maisemavaikutukset kohdistuvat lähinnä itse hankealueisiin. Korkeat nosturit saattavat kuitenkin näkyä myös laajemmalle alueelle, mutta niiden vaikutus on tilapäinen. Toimintavaiheen alettua tuulivoimaloiden rakenteet tulevat näkymään laajalle alueelle suuren kokonsa ja sijaintinsa johdosta. Näkymiä kohti hankealuetta avautuu avoimilta ranta-alueilta myös Ruotsin puolelta. Näkymiä ympäristöstä kohti tuulivoimaloita katkaisevat rakennukset, rakenteet ja erityisesti kasvillisuus. Esimerkiksi rakennetuilla ja metsäisillä alueilla tämäntyyppisiä pitkiä näkymäakseleita katkaisevia elementtejä on yleensä runsaasti.

Suomen rannikolle johtavista merikaapeleista tai vetyputkista ei rakentamisen tai toiminnan aikana aiheudu maisemavaikutuksia.

Seuraavassa on tiivistelmä Ruotsin puolelle kohdistuvien maisemavaikutusten arvioinnin raportista (*AFRY Sverige 2024*). Havainnekuvat ovat nähtävissä liitteessä 2.

9.2.3 Kokonaisarvio

Jäljempänä kuvataan maiseman herkkyyttä tarkastelualueella sekä arvioidaan yleisesti rajat ylittäviä vaikutuksia, joita Hallan tuulivoimapuistolla odotetaan olevan Ruotsin puoleiseen maisemaan.

9.2.3.1 Maiseman herkkyys

Tarkastelualueen arvioidaan olevan herkkä useille näkyville korkeille pystysuorille kohteille, kuten tuulivoimaloille, jotka rikkovat horisonttirajan. Voimalat erottuvat selvästi tasaisessa ja matalassa saaristomaisemassa ja vaikuttavat siten useisiin näkymiin kohti katkeamatonta horisonttia. Laajat näkymät tekevät kuitenkin laivaväylien liikenteen selvästi näkyväksi, mikä saattaa joistakin paikoista katsottuna hieman vähentää tuulivoiman hallitsevuutta.

Saaristo tarjoaa suuria luonto- ja kulttuuriarvoja, joita arvostetaan virkistyksessä ja ulkoilussa. Etelämpiin saaristoihin verrattuna Norrbottenin saaristo on rauhallinen, koskematon ja suhteellisen asumaton. Saariston rauhallisuudelle on ominaista muun muassa se, että ihmisen toiminnasta on vain vähän merkkejä, sekä hiljaiset alueet. Ulkosaaristossa on vähemmän ihmisiä, ja tuulivoimaa on vaikea havaita mantereelta, mutta ulkosaariston maisema on luonnostaan herkempi tuulivoimalle. Tämä johtuu siitä, että avomerellä on vain vähän muita elementtejä, jotka katkaisevat avomerinäkymän. Ihmisen viimeaikainen toiminta vaikuttaa vähiten tähän osaan saaristoa.

Saaristossa on luonto- ja kulttuuriympäristöjä, joissa muutoksia tapahtuu hitaasti. Näkyvät tuulivoimalaitokset vaikuttavat niissä enemmän tai vähemmän kokemuksiin. Esimerkkinä tästä ovat Haaparannan saariston kansallispuiston saaret, joilla on vanhoja kalastajakyliä. Nykyaikaiset rakenteet, kuten tuulivoimalat, voidaan nähdä vastakohtana olemassa olevalle ominaislaadulle, mikä vaikuttaa nykyiseen koskemattoman saaristoympäristön ilmeeseen. Tuulivoimalat voivat myös kilpailla alueen perinteisten maamerkkien, kuten majakoiden, kanssa, mikä voi vaikuttaa suunnistukseen ja maiseman hahmottamiseen.

9.2.3.2 Tuulivoimapuiston visuaaliset vaikutukset

Suunnitellun puiston on tarkoitus ulottua noin 40 kilometrin päähän Norrbottenin rannikon ulkosaaristosta ja noin 60 kilometrin päähän suurimmasta osasta sisäsaaristoa ja rannikkokaistaleesta. Tuulivoimapuisto näkyy horisontissa ulkosaariston lähempänä sijaitsevissa osissa tietyissä sääolosuhteissa. Voidaan todeta, että maiseman ja tuulivoimapuiston välinen suuri etäisyys määrää muutoksen asteen. Katso liitteessä 2 oleva kohta 4.1.1 etäisyyden vaikutuksesta tuulivoimapuiston näkyvyyteen.

Suuremmista osista sisäsaaristoa ja rannikkokaistaletta, kuten Frevisörenin valokuvauspisteestä, on selvää, että etäisyys vaikuttaa siihen, että puiston suuremmat osat jäävät horisontin taakse. Visuaaliset vaikutukset ovat vähäisiä tai hyvin pieniä näillä alueilla, joilla etäisyys puistoon ja metsän peittämät saaret saattavat peittää näkymät horisonttiin. Kuten Frevisörenin valokuvauspisteen kumulatiivisessa kuvassa näkyy, lähempänä rantaviivaa sijaitsevat puistot ovat havaittavissa.

Haaparannan saariston kansallispuiston sisältävän saariston uloimmissa osissa voimalat näkyvät suppeassa osassa horisonttia, mutta ne eivät täytä koko horisonttiviivaa. Muunsuuntaisissa näkymissä tuulivoimapuisto ei näy. Riksantikvarieämbetetin raportissa ”Sveriges kust- och skärgårdslandskap: kulturhistoriska karaktärsdrag och känslighet för vindkraft”

(Riksantikvarieämbetet 2003) viitataan noin 1,5 kilometrin etäisyyteen ulkosaarista, ja Hallan tuulivoimapuisto sijaitsee Sandskäristä noin 40 kilometrin päässä.

Ulkosaaristossa on ympäristöjä ja maisemia, joista avautuu katkeamaton näkymä horisonttiin. Näkymissä, joissa puisto on havaittavissa hyvissä näkyvyysolosuhteissa, kuten Sandskärin rannan valokuvauspisteessä, voimalat voidaan kokea ristiriitaisina ympäröivään ympäristöön nähden. Etäisyys tuulivoimaloihin vaikuttaa kuitenkin siihen, miten hallitsevaksi tuulivoimalat koetaan tässä maisemassa, mikä vähentää mahdollista kontrastivaikutusta.

Tuulivoimapuiston visuaalisia vaikutuksia yöaikaan on havainnollistettu kiinteällä punaisella valolla. Vaikutukset ovat havaittavissa ulkosaariston alueilla, mutta ne jäävät horisontin taakse kauempana kohti rannikkoa mentäessä, eikä niillä ole visuaalisia vaikutuksia. Siellä, missä lentoestevalot on havaittavissa hyvissä näkyvyysolosuhteissa, valopisteet havaitaan hyvin pieninä ja keskittyneenä ryhmänä.

9.2.3.3 Yhteisvaikutukset

Yhteisvaikutusten arvioinnin tueksi tehtiin näkymäalueanalyysi, missä huomioitiin Polargrund ja Omega hankkeet. Näkymäalueanalyysin mallinnuskuvat ovat liitteessä 2. Lisäksi tehtiin havainnekuvat Hallan, Polargrundin ja Omegan hanke huomioiden, jotka ovat myös liitteessä 2.

Alueella toimii myös muita tuulivoimapuistojen toimijoita. Frevisörenin valokuvauspisteestä on tuotettu kumulatiivisen vaikutuksen valokuvasovitteita. Kumulatiivinen vaikutus voi syntyä ulkosaariston vyöhykkeillä, jos suurempi määrä tuulivoimaloita muuttaa siellä nykyisin vallitsevaa maisemakokemusta, jossa on laajat näkymät horisonttiin ympäristössä, joka koetaan suhteellisen koskemattomaksi ja luonnonläheiseksi. Ruotsin rajan sisäpuolelle suunnitellut tuulivoimapuistot (jos ne hyväksytään ja rakennetaan), jotka ovat lähempänä valokuvauspistettä, näkyvät todennäköisesti selkeämmin kuin Hallan voimalat, jotka ovat niiden takana.

Yhteenvetona voidaan todeta, että suurempi etäisyys vaikuttaa lieventävästi muutokseen, joka saattaa tapahtua maisemakuvassa suunnitellun tuulivoimapuiston myötä. Voimalat näkyvät hyvissä näkyvyysolosuhteissa pääasiassa Norrbottenin rannikon ulkosaaristoalueilla. Lähempänä rannikkoa ja sisäsaaristoa visuaalinen vaikutus vähenee.

9.3 Meriympäristö, eliöstö, merinisäkkäät ja lepakot

YHTEENVETO:

- Laaditun vesistömallinnuksen perusteella tuulivoimaloiden perustusten rakentamisesta sekä puiston sisäisten merikaapeleiden ja/tai vetyputkien asentamisesta aiheutuva kiintoainekuormitus veteen eli samentumisvaikutus jää pääosin tuulivoimapuistoalueen sisälle lukuun ottamatta läjitystä.
- 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 ja näin ollen vähäisiä rajat ylittäviä vaikutuksia voi tätä kautta aiheutua.
- Sedimenttiin sitoutuneita mahdollisia haitta-aineita voi myös vapautua veteen, mutta tehtyjen sedimenttitutkimusten perusteella haitta-ainepitoisuudet olivat tuulivoimalan alueella pääosin pieniä, eikä näin ollen arvioida aiheutuvan kuin maksimissaan hyvin vähäisiä kielteisiä rajat ylittäviä vaikutuksia.
- Toimintavaiheen aikaiset vaikutukset liittyvät sekä tuulivoimalan pohjan muokkausten ja voimalarakenteiden aiheuttamiin muutoksiin virtauksissa, aallonmuodostuksessa ja jääpeitteessä tuulivoimapuistoalueen sisällä, eivätkä nämä vaikutukset ulotu Ruotsin puolelle.

- Vedyntuotannosta aiheutuu myös vähäistä paikallista lämpö- ja suolakuormitusta tuulivoimaloiden läheisyyteen tai keskitetyssä vedyntuotannossa elektrolyysereiden läheisyyteen Suomen puolelle.
- Tuulivoimaloiden aiheuttamalla pintatuulihäviöllä on laajempia, merituulivoimapuiston ulkopuolelle Ruotsiin asti 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 Suomen puolella.
- 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 Suomessa tai Ruotsissa. Tuulivoimaloiden rakentamisen seurauksena riuttoja voi kuitenkin Suomen puolella hävitä, ja tarkentavia kartoituksia olisi hyvä tehdä hankkeen jatkokehityksessä, jotta voidaan paremmin arvioida kuinka riuttaympäristöt olisi syytä ottaa huomioon.
- 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 ja ne rajoittuvat Suomen puolelle.
- Vedyntuotannosta aiheutuva suola- ja lämpökuormitus on siinä määrin pientä, ettei sillä ole vaikutusta pohjaeläimistöön tai luontotyyppeihin.
- Merikaapelien sähkömagneettisen säteilyn vaikutus pohjaeläimiin arvioitiin korkeintaan vähäiseksi ja se rajoittuu Suomen puolelle.
- 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). Lepakoille ei aiheudu vaikutuksia tuulivoimapuiston rakentamisen aikana.
- 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. Rajat ylittävät vaikutukset kokonaisuutena eläimistöön arvioitiin merituulivoimapuiston osalta vähäisiksi.
- Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ovat samanlaisia kuin rakentamisen aikaiset vaikutukset.

9.3.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Rajat ylittävien mahdollisten ympäristövaikutusten laajuus ja merkitys vaihtelevat riippuen vaikutusten luonteesta ja ympäristöolosuhteista.

Esim. ruoppausten ja läjitysten aiheuttama **veden sameuden ja kiintoaineen sekä ravinteiden leviämisen laajuus** on selvitetty vedenlaatumallinnuksen avulla arviointiselostusvaiheessa (*Niras 2023, liite 3)*. Myös mahdolliset toiminnan aikaiset rajat ylittävät vaikutukset on arvioitu (mm. vedenalainen melu, pintavirtausten muutokset sekä vedyntuotannon lämpö- ja

suolakuorma mukaan lukien hajautettu sekä keskitetty vedyntuotanto). Merituulivoimapuiston perustusten aiheuttamat virtausmuutokset on arvioitu mallintamalla hankealueen lähialueen virtaukset nykytilanteessa ja rakenteiden kanssa.

Vaikka mallinnuksien tarkastelualue ei suoraan ole ulottunut Ruotsin puolelle, on mallinnuksesta saatu suuntaa-antavia tietoja siitä, kuinka etäälle rakentamisen ja toiminnan aikana virtausten perusteella vaikutuksia voi ulottua eri ilmansuunnissa. Kaikki mallinnukset on tehty suurimman mahdollisen vaikutuksen aiheuttavan voimala- ja perustustyypin mukaisesti, jotta on saatu ilmi hankkeen aiheuttamat maksimivaikutukset. Mallinnukset ovat kokonaisuudessaan tämän asiakirjan liitteinä (liite 3).

Suoria vaikutuksia aiheutuu merituulivoimapuiston ja merikaapeleiden lähialueella mm. **pohjaeliöstön** muuttuessa merenpohjan ruoppauksen ja kiviaineksen sijoittamisen vuoksi. Suorat merenpohjan muokkaustyöt kohdistuvat vaihtelevan kokoiselle alueelle riippuen valittavasta perustustavasta, mutta jäävät vain Suomen alueelle. Epäsuorat vaikutukset, kuten väliaikainen veden samentuminen, leviävät laajemmalle alueelle riippuen mm. ruoppauskohteiden sijainnista, pohjan laadusta ja veden virtauksista. Ruoppauksen myötä veteen nousevan kiintoaineen leviäminen ympäristöön riippuu etenkin sedimentin partikkelikoosta, hienojakoisempi aines ajelehtii helpommin veden mukana ja leviää laajemmalle, kun taas karkeampi aines laskeutuu nopeammin työalueen lähialueelle.

Rakennusvaiheen kuormitus aiheutuu rakennustöistä johtuvasta merenpohjan sedimentin resuspensiosta ja mahdollisesti rakentamiseen käytettävän kivimateriaalin seassa olevan hienoaineksen suspendoitumisesta. Rakennusmateriaalissa voi olla myös liukenevia aineita, kuten esim. räjähdysaineesta jäänyttä typpeä. Perustukset rakennetaan muualta tuodusta louheesta, kiviaineksesta, teräksestä tai betonista. Rakentamiseen käytettävä materiaali on todennäköisesti neutraalisti käyttäytyvää, eli rapautuminen on hidasta, eikä kivestä liukene veteen merkittäviä määriä haitallisia aineita tai ravinteita.

Ruoppaustöistä aiheutuu pohjasedimentin resuspendoitumista ja tästä johtuvaa kiitoaine- ja ravinnekuormitusta. Sedimentti voi sisältää fosforia ja typpeä, happea kuluttavaa materiaalia, sekä orgaanisia ja epäorgaanisia haitta-aineita.

Sedimentin resuspensio, ja hienoaineen sekä ravinteiden (typen ja fosforin) leviäminen rakennusaikana on arvioitu vedenlaatumallinnukseen perustuen. Ruoppauksen, läjityksen ja täytön kuormitusmäärät on arvioitu ruopattavan ainesmäärän, pohjan laadun ja käytettävien työmenetelmien perusteella, minkä jälkeen aineiden kulkeutuminen on arvioitu laskennallisesti kulkeutumismallinnuksen avulla.

Mallilaskennan lähtötiedoiksi tarvittavat ruoppausmäärät, ruoppausmenetelmät, sedimentin ravinne- ja haitta-ainepitoisuudet ja läjityspaikat on selvitetty portaittain, ensin YVA-menettelyssä yleisellä tasolla ja tietoja tarkennetaan vesilupavaiheessa.

Vaikutusten arvioinnin tueksi on tehty sedimentti- ja pohjaeläinnäytteenottoa vuosina 2022 ja 2023.

Hankkeen vaikutuksia **merialueen eläin- ja kasvilajistoon** on arvioitu mahdollisten rajat ylittävien vaikutusten osalta hankkeen rakentamisen aikaisten tietojen ja vesistövaikutusarvion sekä muista vastaavista hankkeista saatujen kokemusten perusteella. Hankkeen vaikutusten tarkastelu ja arviointi on painotettu monivuotisiin yhteisöihin, joita pidetään luonnonarvojen ja monimuotoisuuden kannalta tärkeinä. Hankealueen vedenlaista luontoa on selvitetty olemassa olevaan tietoon sekä vuosien 2022 ja 2023 aikana tehtyihin kenttäselvityksiin perustuen. Tarkemmat vedenalaisen luonnon selvitykset on kohdennettu arvokkaimmille ja

monimuotoisimmille alueille, joita sijoittuu matalammille alueille. Selvitykset ovat sisältäneet kaapelireittien ja vetyputkien rantautumispaikoilla lähinnä kahlaamalla tehtävän uhanalaisten kasvilajien kartoitukset sekä reittien vaikutusalueella matalien alueiden vedenalaisten luontotyyppien kartoittamisen drop-videomenetelmällä ja sukeltamalla. Merituulivoimapuiston alueella on käytetty menetelminä drop video -menetelmää, sukeltamista sekä pehmeiden pohjien lajiston osalta pohjaeläinnäytteenottoa.

Tuulivoimaloiden perustukset luovat uusia kasvualustoja kovien pohjien lajeille. Näiden pohjien asuttaminen kestää kuitenkin useita vuosia ja monimuotoisuuden mahdollinen lisääntyminen muutoin melko monotonisella syvällä merialueella riippuu monesta tekijästä, kuten mm. alueen lajistosta /veden suolapitoisuudesta, perustustavasta ja verhoilussa käytettävästä materiaalista.

Merinisäkkäisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnin aikana selvitettiin olemassa olevat tiedot suunnittelualueen ja sen lähiseudun merkityksestä harmaahylkeen ja itämerennorpan esiintymis- sekä lisääntymisalueena (mm. Suomen 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 4), 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.

Lepakoiden osalta selvitettiin olemassa olevat tiedot sekä Suomen että Ruotsin puolelta ja niiden pohjalta tehtiin asiantuntija-arvion rajat ylittävien vaikutusten arviointi.

9.3.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

9.3.2.1 Merituulivoimapuisto

Vaikutukset vedenlaatuun

Tuulivoimaloiden perustusten sekä sähköasemien, muuntajien ja sähkönsiirtokaapeleiden ja/tai vetyputkien 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 vähäistä räjähdysaineista peräisin olevaa typpikuormitusta vesistöön. Mahdollisen louhinnan vaikutukset ruoppaukseen ja läjitykseen verrattuna ovat kuitenkin vähäisiä.

Ruoppauksen ja läjityksen aiheuttamia mallituloksissa 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 ja näin ollen vähäisiä rajat ylittäviä vaikutuksia voi tätä kautta aiheutua.

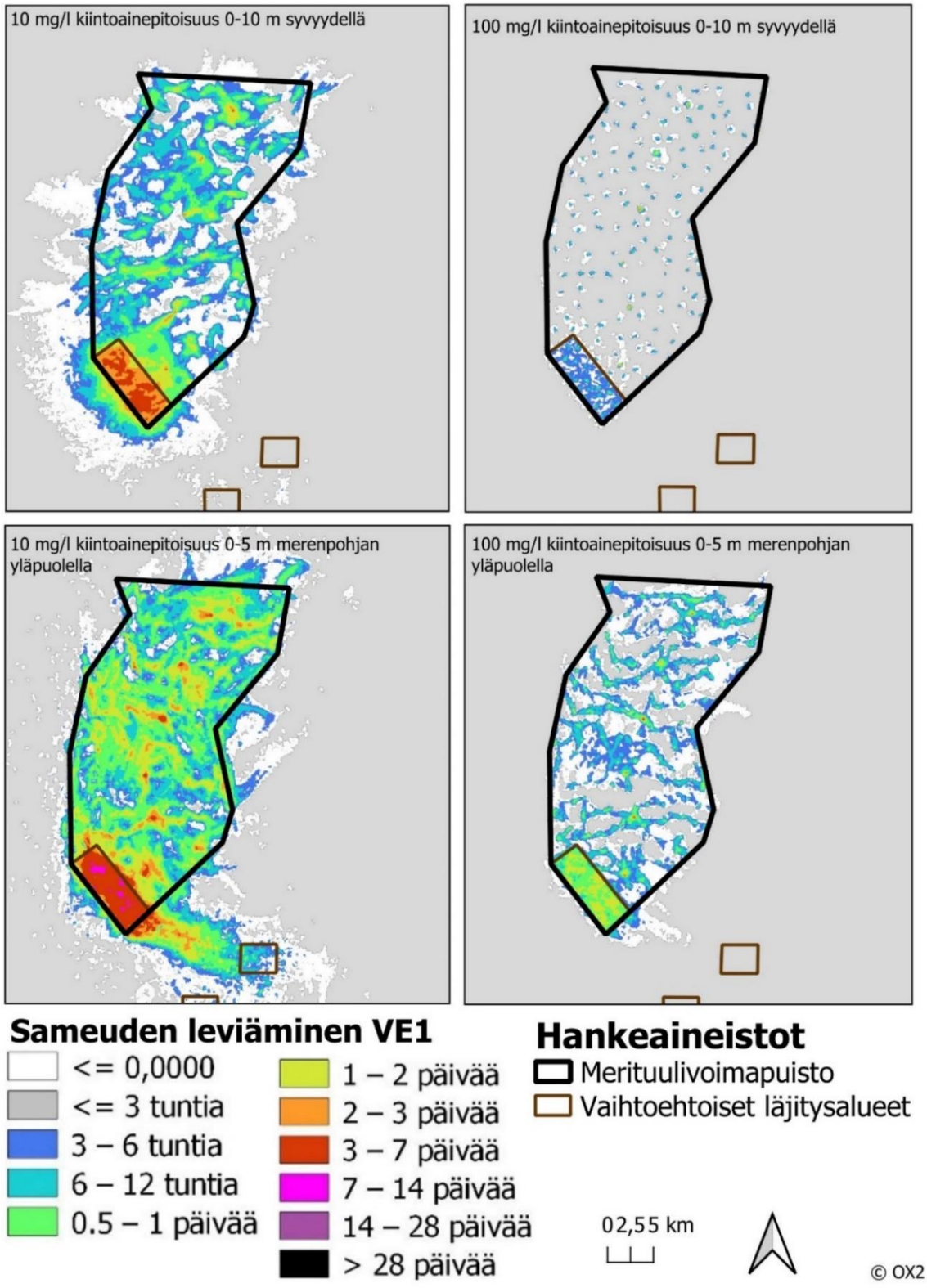
Kiintoaineen osalta yli 10 mg/l ja 100 mg/l nousun alueet ja kestot on esitetty pinnan ja pohjan läheisissä vesikerroksissa kuvissa (Kuva 9-3, VE1) ja (Kuva 9-4, VE2). Lisää kuvia löytyy malliraportista (Liite 3). Vesimassassa saavutetaan päivän kestävä kiintoaineen pitoisuusnousu 100 mg/l vain tuulivoimapuiston 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 9-1). 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 9-1). 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 myös rajat ylittävien vaikutusten osalta. Sedimenttiin sitoutuneita mahdollisia haitta-aineita voi myös vapautua veteen, mutta tehtyjen sedimenttitutkimusten perusteella haitta-ainepitoisuudet olivat tuulivoimalan alueella pääosin pieniä, eikä näin ollen arvioida aiheutuvan kuin maksimissaan hyvin vähäisiä kielteisiä rajat ylittäviä vaikutuksia. Joitain lievästi kohonneita organotina-, dioksiini ja furaani- sekä ja PAH-yhdisteitä todettiin, mutta alueen massat arvioitiin kaikilta osin meriläjityskelpoisiksi (*Luode 2023,* kansallisen YVA-selostuksen liite 2 ja liite 5).

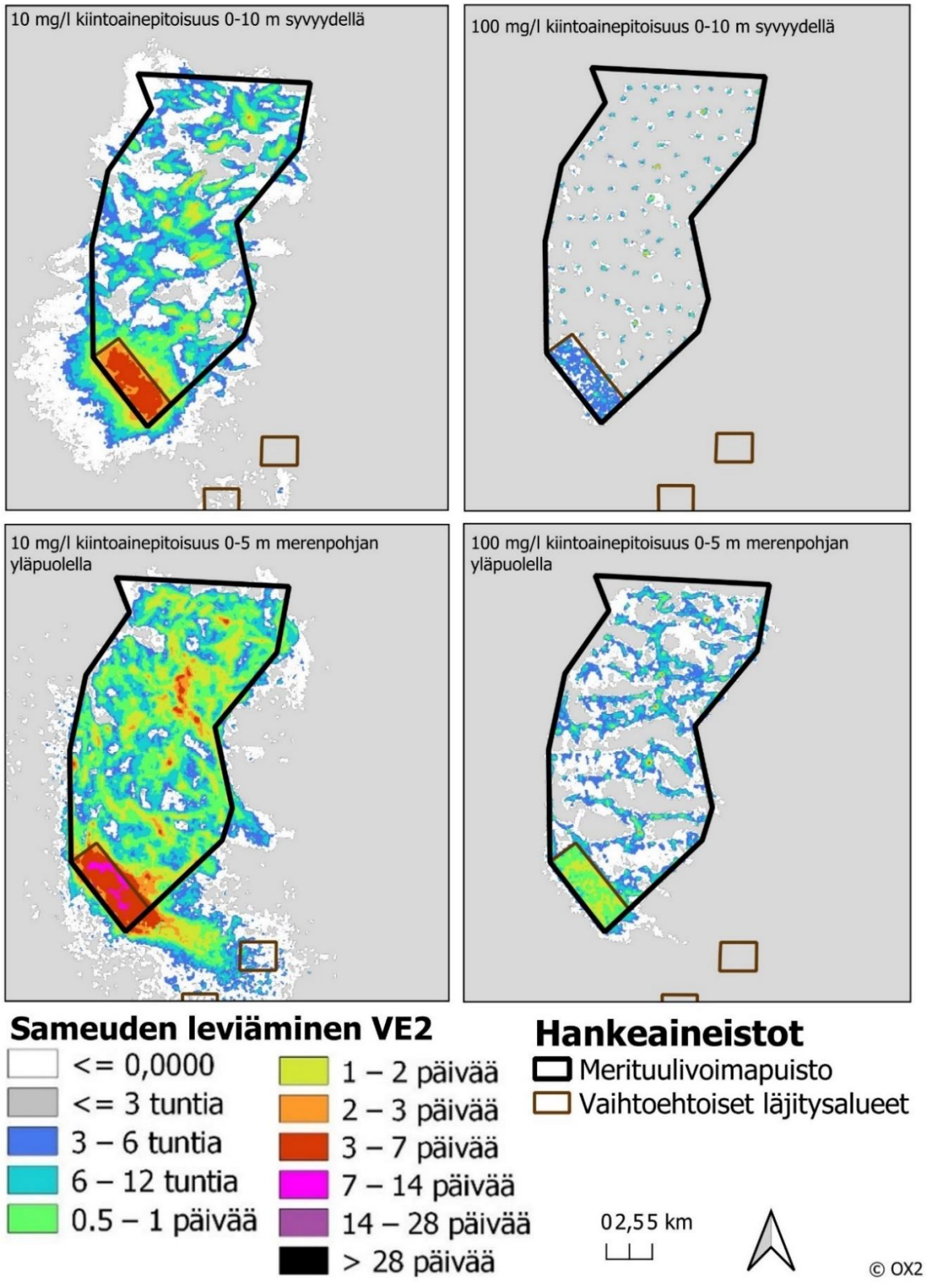
Taulukko 9-1. Samentuman voimakkuus (10/100 mg/l), kesto (6h/2d) ja laajuus (km^2) (Niras 2023).

	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.



Kuva 9-3. VE1: Sedimenttipitoisuuden ≥10 mg/l (vasemmalla) ja ≥100 mg/l (oikealla) kesto vesipatsaan ylimmässä 10 metrissä (yläkuva) ja alimmassa 5 metrissä (alakuva) (Niras 2023). Huom. kuva esittää vaikutusten maksimilaajuutta, jos kaikki rakennustyöt tehtäisiin yhdellä avovesikaudella.



Kuva 9-4. VE2: Sedimenttipitoisuuden ≥10 mg/l (vasemmalla) ja ≥100 mg/l (oikealla) kesto vesipatsaan ylimmässä 10 metrissä (yläkuva) ja alimmassa 5 metrissä (alakuva) (Niras 2023). Huom. kuva esittää vaikutusten maksimilaajuutta, jos kaikki rakennustyöt tehtäisiin yhdellä avovesikaudella.

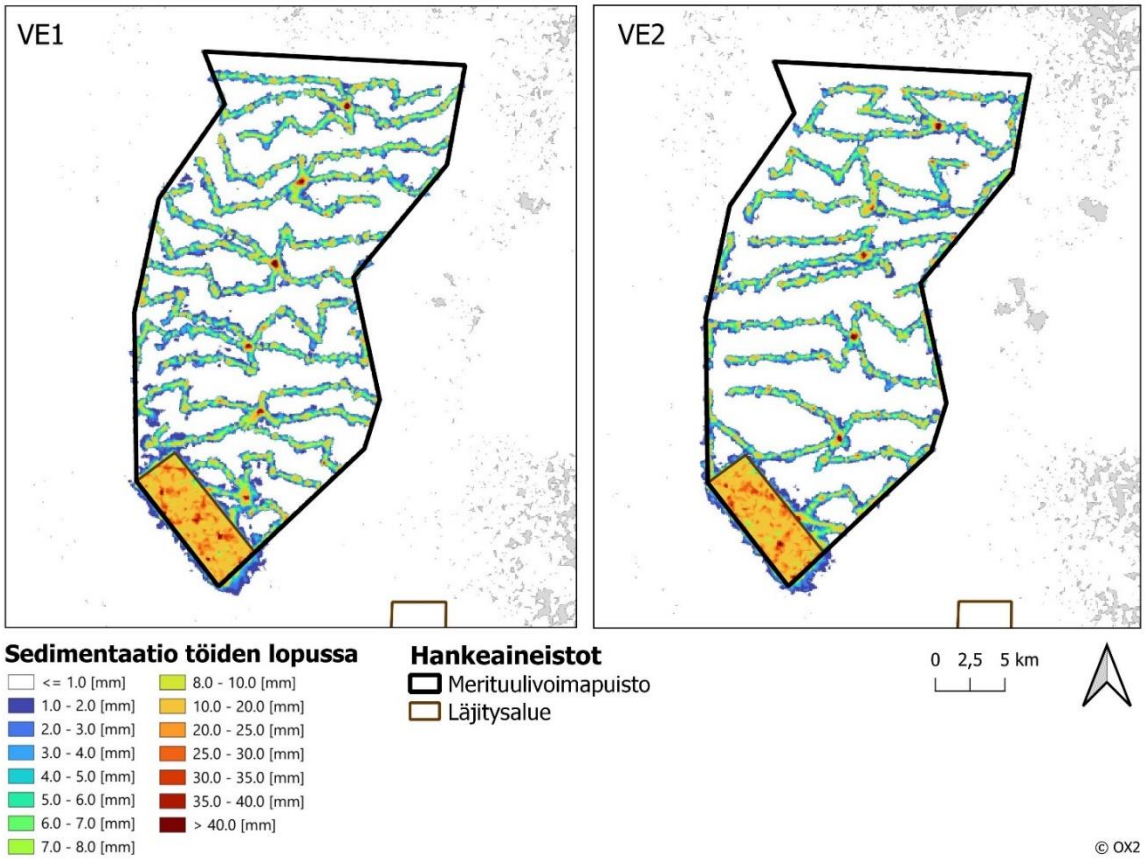
Sedimentaation lisääntyminen

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 km2 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 km2 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. Rajat ylittävät vaikutukset arvioidaan sedimentaation osalta erittäin vähäisiksi.



Kuva 9-5. Sedimentaatio (mm) tuulivoimapuiston alueella (vasemmalla VE1 ja oikealla VE2). (Niras 2023)

Vaikutukset vedenalaiseen luontoon ja eliöstöön

Merituulivoimapuistoa rakennettaessa merenpohjaa menetetään, joten pohjaeliöstö häviää ainakin väliaikaisesti 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 9.3.3. Merenpohjan suora menetys kohdentuu ainoastaan Suomen puolelle. Lajien voidaan myös olettaa palaavan läjitysalueille ajan myötä.

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 esim. 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 ja rajat ylittävien vaikutusten osalta erittäin vähäiseksi, eikä hankevaihtoehdoilla 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.

Sedimentaatio ei ulotu Suomen puolella sijaitsevan Merikallan Natura 2000 -alueelle eikä Ruotsin puolen suojelualueille. 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 m 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. Sedimentaation ja samentuman vaikutukset Merikallan Natura 2000 -alueelle arvioitiin kokonaisuudessaan vähäisiksi.

Vaikutukset merinisäkkäisiin ja lepakoihin

Suunnitellun merituulivoimapuiston alueella ulkomerellä tavataan kahta merinisäkäslajia: itämeren norppaa sekä harmaahyljettä. Pyöriäistä ei Perämerellä tavata. 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 4 (*Niras 2023b*) sekä luvussa 9.11 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 (liite 4). 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). Hallan hankealueella voi esiintyä sekä norppia että harmaahylkeitä. Lähin harmaahylkeiden maallenousualue on kuitenkin vähintään 20 kilometrin päässä tuulivoimapuistosta Suomen puolella 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, joka voi ulottua myös Ruotsin puolelle. 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 myös Ruotsin puolella, jossa poikiminen voi tapahtua häiriöttä, mutta toisaalta vaikutuksen ajallinen kesto pitenee useammalle vuodelle. Häiriövaikutus arvioidaan pieneksi kielteiseksi sekä Suomen että Ruotsin puolella.

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 yhteensä 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 välttämisreaktioiden pysyvyyttä pidetään kuitenkin molempien lajien

tapauksessa lyhytaikaisena, koska hylkeet voivat palata alueelle perustusten asennuksen jälkeen.

Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin vähäiseksi negatiiviseksi sekä Suomen että Ruotsin puolella, 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 rajat ylittävästi 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 myös rajat ylittävien vaikutusten osalta, koska Hallan hankealueella ja Ruotsin puolen merialueella 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, joka voi ulottua Ruotsin puolelle. 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. Hallan merituulivoimapuiston aluetta tai

lähialuetta Ruotsin puolella 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 rajat ylittävien vaikutusten osalta. 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 2023b*) myöskään Ruotsin puolella.

Lepakoille ei aiheudu vaikutuksia tuulivoimapuiston rakentamisen aikana.

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 Taulukko 9-2 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 myös rajat ylittävien vaikutusten osalta. Suomen aluevesille pääosin sijoittuvien merikaapelien asentamisen aikana mahdollisesti ruopattavat sedimentit läjitetään lähtökohtaisesti eri läjitysalueille (alueet 2 ja 3) kuin voimaloiden asentamisesta syntyvät sedimentit.

Taulukko 9-2. Hallan hankkeen läjitysalueiden sedimentin laatu ja soveltuvuus läjitykseen (Ympäristöministeriö 2015) (tarkemmin kansallisen YVA-selostuksen ks. luku 9.5 sekä sen liitteet 2 ja 5)

Läjitysalue	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 niin Suomen kuin Ruotsinkaan puolella.

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*) eikä näin ollen arvioida aiheutuvan myöskään rajat ylittäviä vaikutuksia.

9.3.2.2 Merikaapeli-/Vetyputkireitit

Vaikutukset vedenlaatuun

Suomen aluevesille pääosin sijoittuvien merikaapeli- ja vetyputkireittien osalta on mallinnettu kaksi mahdollista asennusmenetelmää. Merikaapeli- ja vetyputkireittien rakentamisesta ei arvioida aiheutuvan rajat ylittäviä vaikutuksia Ruotsin puolelle, joten ne on kuvattu tiiviisti seuraavassa lähinnä sen vuoksi, että ne ovat olennainen toiminto hankekokonaisuuden kannalta.

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. 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.

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 vähäisiä.

9.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

9.3.3.1 Merituulivoimapuisto

Tuulivoimapuiston alueella pohjan muokkaukset ja rakenteet aiheuttavat muutoksia paikallisiin virtausolosuhteisiin Suomen puolella. Voimalat myös muuttavat tuulikenttää alueella, mikä vaikuttaa edelleen virtauksiin, aallokkoon ja veden sekoittumiseen laajemmalla alueella, josta arvioidaan aiheutuvan vähäisiä vaikutuksia Ruotsin puolelle.

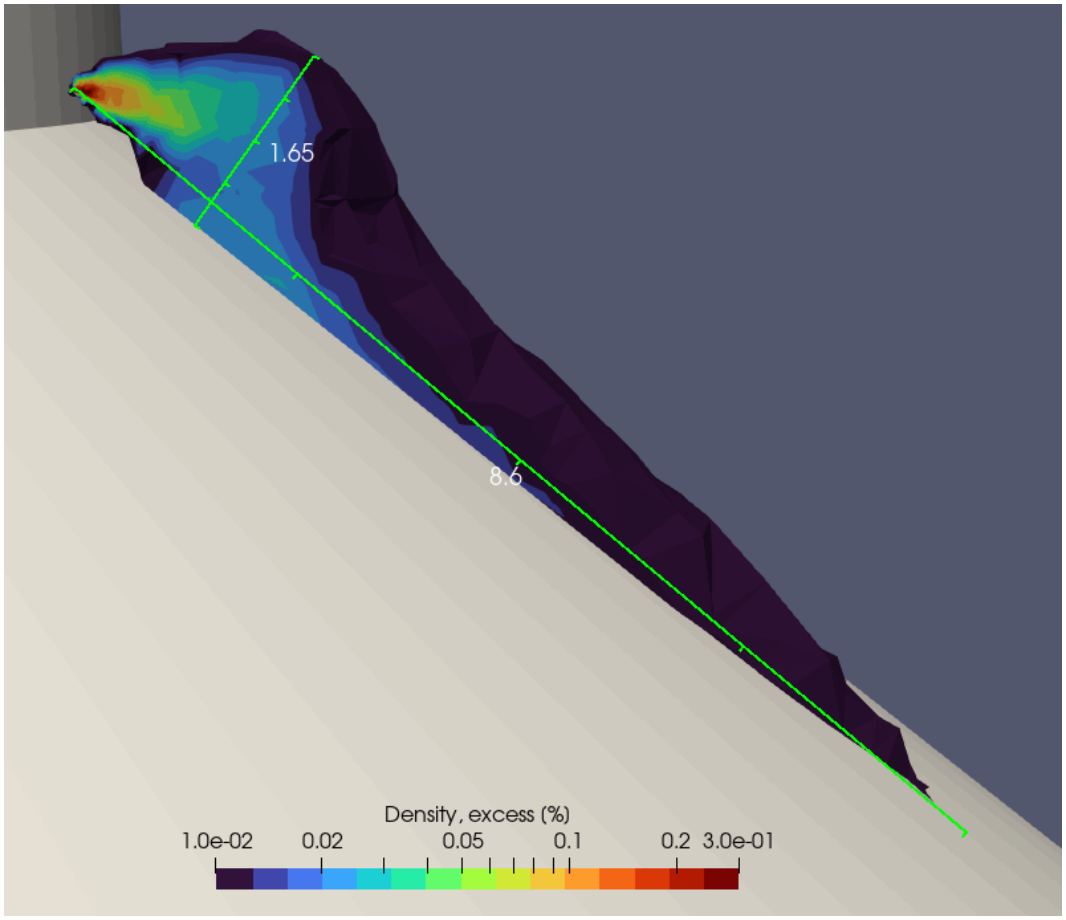
Muut käytön aikaiset vaikutukset liittyvät lähinnä korjaustöihin ja mahdollisiin häiriötilanteisiin, eikä niistä aiheudu vaikutuksia Ruotsin puolelle.

Tuulivoimapuiston toiminnan aikaisten vaikutusten selvittämiseksi tehtiin myös laajempi vesistömallinnus, jossa huomioitiin fyysisen ympäristön muutokset (voimalarakenteet), tuulivoimapuiston aiheuttama tuulikentän muutos sekä vedyntuotannon aiheuttama lämpö- ja suolakuorma (liite 3). Lisäksi Niras (*2023b*) mallinsi vedenalaisen melun leviämistä toiminnan aikana (liite 4). Mallinnus tehtiin sekä hajautetun että keskitetyn vedyntuotannon vaihtoehdoille.

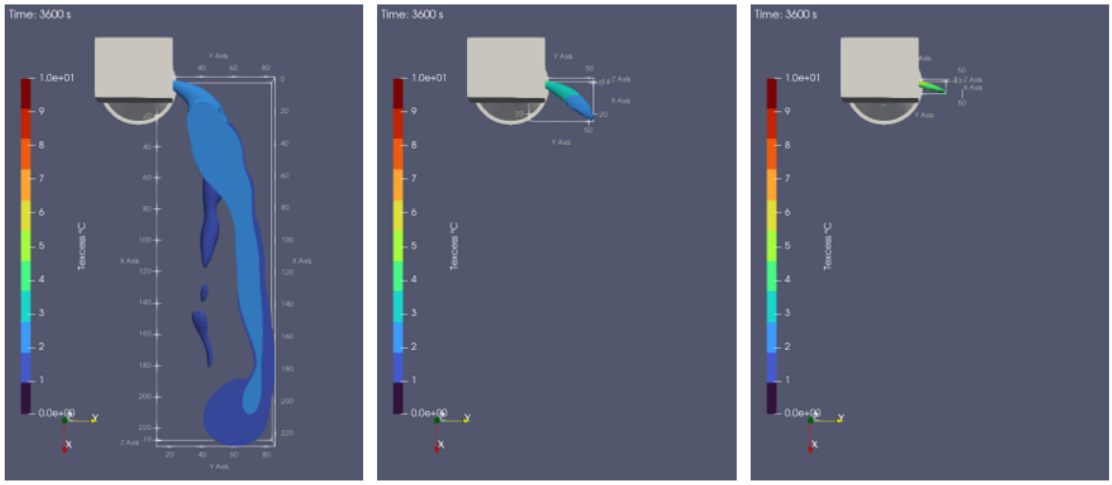
Mahdolliseen vedyn tuotantoon tarvitaan merivettä ja jäähdytystä, mistä aiheutuu lämpö- ja suolakuormaa veteen. Lämpötilan ja suolaisuuden muutoksia arvioitiin vedenlaatumallinnuksen yhteydessä (*Niras 2023 ja 2024*). Mallinnuksessa vedyntuotannossa muodostuvan prosessijäteveden suolaisuudeksi on arvioitu hajautetussa vedyntuotannossa noin kaksinkertaistuvan tasolta 2,5 tasolle 5 PSU ja keskitetyssä vedyntuotannossa nelinkertaistuvan tasolle 10 PSU. Samalla veden oletetaan lämpenevän 15 °C.

Vedyn tuotannon vaikutukset

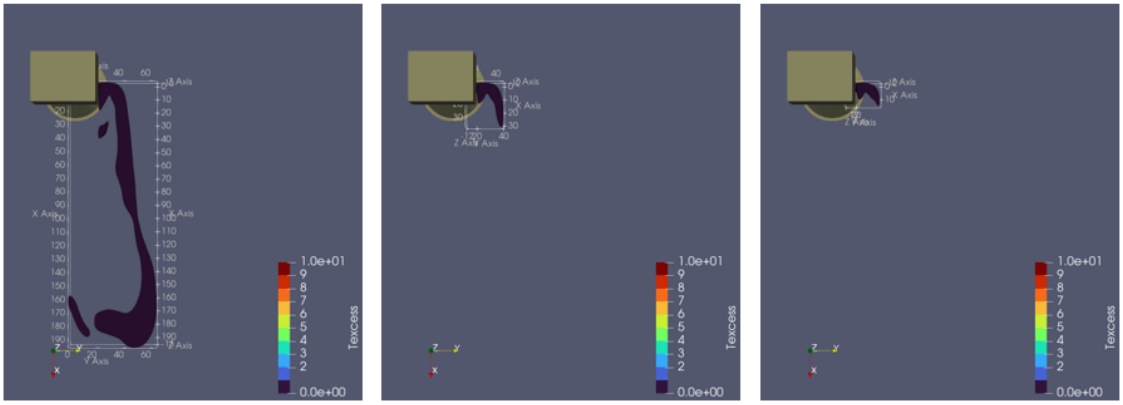
Vetyä on tarkoitus tuottaa joko hajautetusti jokaisessa voimalassa tai keskitetysti 3–8 merisähköaseman yhteydessä. Hajautetun vedyn tuotannon mallinnustulokset osoittavat elektrolyyseristä vapautuvan lämpimän ja suolapitoisen veden aiheuttavan jokaisen voimalan läheisyyteen plyymin, jonka laajuus on noin 8 metriä ja tiheyden kasvu 1 % (Kuva 9-6). 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 9-7). 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 9-8). Keskitetyn vedyntuotannonkin tapauksessa vaikutus jäisi siten edelleen hyvin rajatulle alueelle merituulivoimapuiston alueen sisälle. Vedyntuotannon mallinnus tehtiin konservatiivisesti vakioiduissa olosuhteissa, kun luonnossa esimerkiksi virtaussuunnat vaihtelevat.



Kuva 9-6. Elektrolyyserin aiheuttaman lämpimän ja suolapitoisen vesiplyymin poikkileikkaus tuulivoimalan perustuksen myötäisesti (Niras 2023a).



Kuva 9-7. 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).

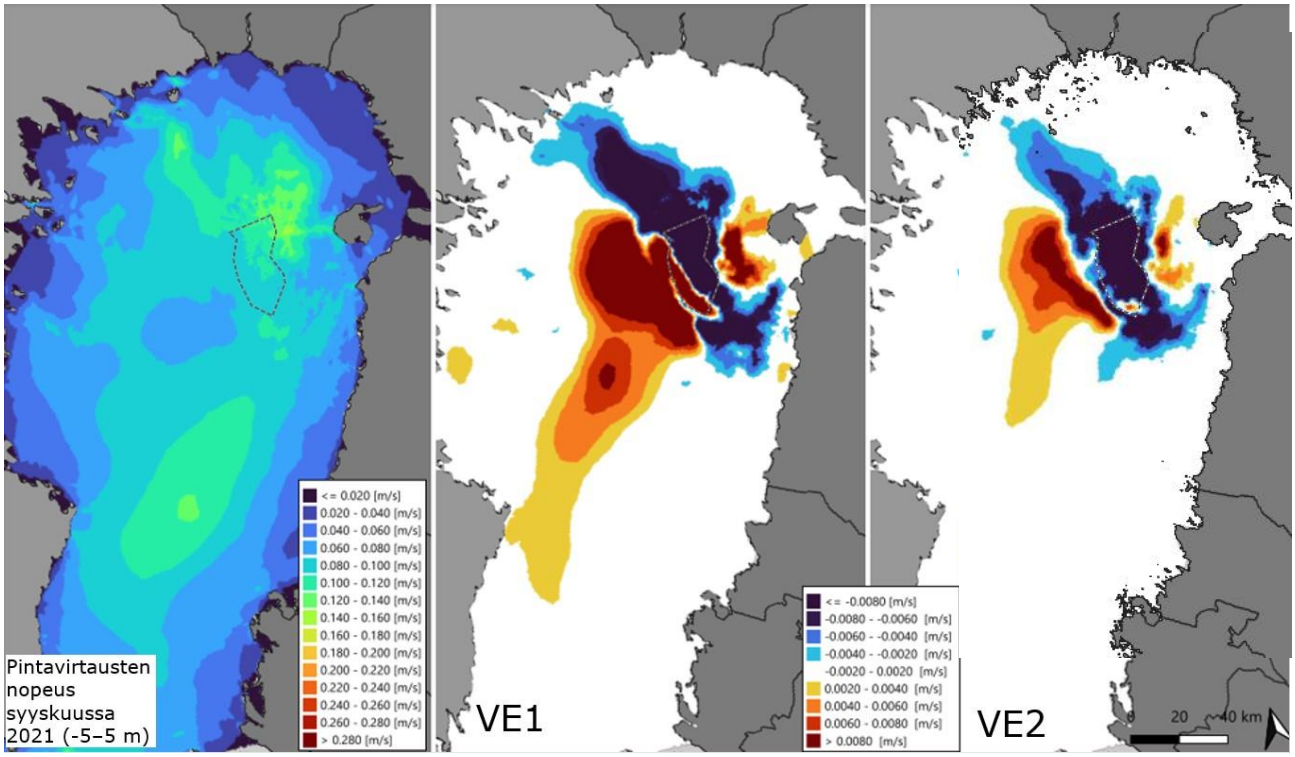


Kuva 9-8. Kerrostunut tilanne: Keskitetyn vedyntuotannon aiheuttama lämpimän ja suolapitoisen vesiplyymin laajuus 1 tunnin kuluttua eri laimennusasteilla (vasemmalta oikealle 0,1 %, 0,25 % ja 0,5 %), Näkymä ylhäältä virtausta vasten. Akselien yksiköt ovat metreinä. (liite 3, Niras 2023a päivitetty 2024).

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, joka ulottuu Ruotsin puolelle. 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.

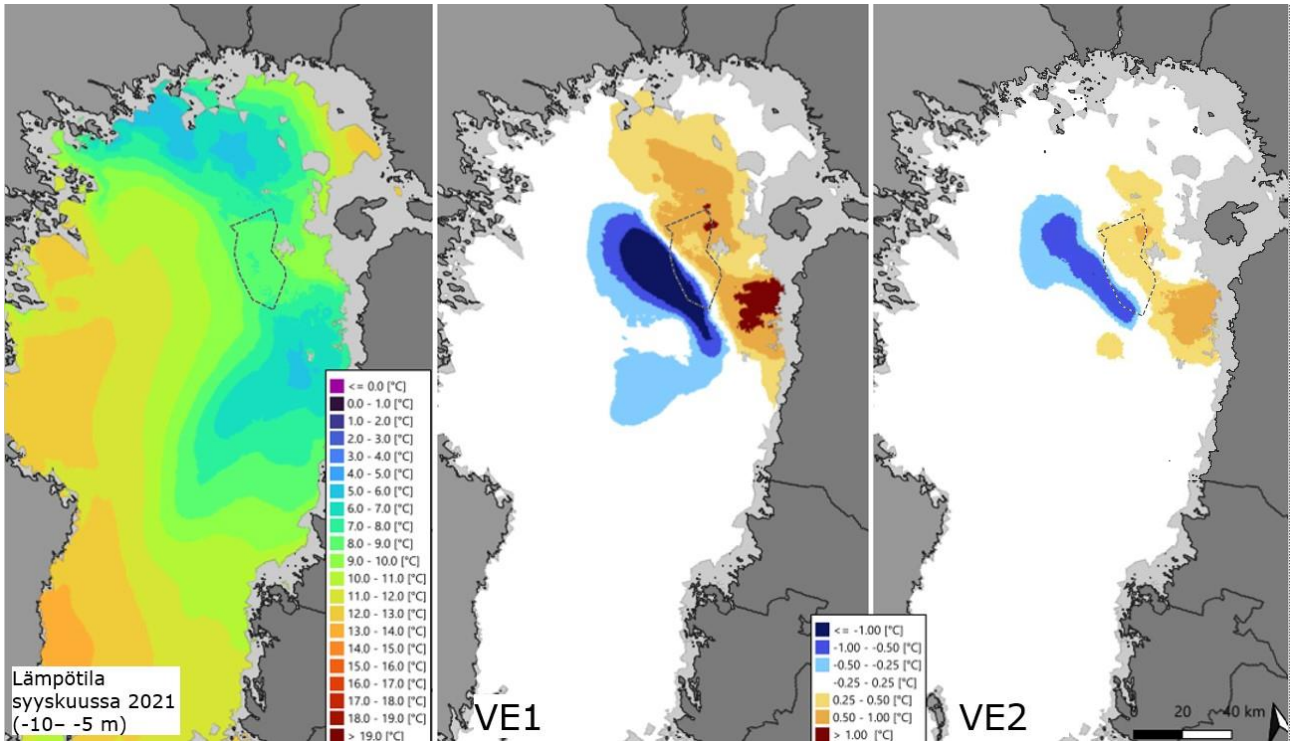
Mallinnuksen mukaan tuulivoimapuisto pienentää pintavirtauksia puiston etelä- ja pohjoispuolella keskimäärin noin 10 % (noin 0,8 cm/s). Pintavirtauksen heikkeneminen on havaittavissa Ruotsin rannikkoalueella asti. Samalla tuulivoimapuiston itä- ja erityisesti länsipuolella voidaan havaita virtauksen kiihtymistä. Vaihtoehdossa VE2 virtaismuutosten vaikutusalue jää jonkin verran pienemmäksi verrattuna VE1. Vaikutus pienenee suuruudeltaan ja laajuudeltaan syvyyden myötä. Vaikutus on suurin avovesiaikana erityisesti heinäkuusta syyskuuhun (Kuva 9-9). 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 9-9. Syyskuun (2021) veden keskimääräinen virtausnopeus 0–5 m vesikerroksessa. Keskellä 15 MW:n (VE1) ja oikealla 25 MW (VE2) tuulivoimapuistovaihtoehdoista aiheutuva keskimääräinen virtausnopeuden muutos syyskuussa, joka kuvaa laajimman vaikutuksen tilannetta. (Niras 2023).

Virtausmuutokset vaikuttavat myös veden lämpötilaan ja kerrostumiseen. Lämpötilamallinnuksessa on lisäksi huomioitu vedyntuotanto, jonka vaikutukset jäävät kuitenkin hyvin paikallisiksi Suomen puolelle 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 9-10). 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 9-10. Veden keskilämpötila syyskuussa (2021) 10–20 m vesikerroksessa. Keskellä 15 MW:n (VE1) ja oikealla 25 MW (VE2) tuulivoimapuistovaihtoehdoista aiheutuva keskimääräinen lämpötilan muutos syyskuussa, joka kuvaa laajimman vaikutuksen tilannetta. (Niras 2023).

Tuulivoimapuiston aiheuttamat muutokset veden sekoittumisessa vaikuttavat myös veden suolapitoisuuksiin. Lisäksi myös vedyntuotannosta vapautuva suolaisempi vesi vaikuttaa voimaloiden lähellä Suomen puolella.

Mallinnuksen perusteella sekoittumisen vähentyminen ja vedyntuotanto lisäävät keskimäärin veden suolaisuutta hieman välivesikerroksissa (10–20 m). Pinnan suolaisuus vastaavasti keskimäärin hieman (0,05 PSU) vähenee. 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. Ruotsin puolelle aiheutuvat vaikutukset arvioidaan erittäin vähäisiksi.

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, josta voi aiheutua vaikutuksia merituulivoimapuiston länsireunan osalta Ruotsin puolelle.

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, jotka kuitenkin vaikuttavat vain Suomen puolella. 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 ja vaikutukset voivat näkyä myös Ruotsin puolella. 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 myös Ruotsin puolella. Vedyntuotannon vaikutukset veden lämpötilaan jäisivät etenkin hajautetusti tehtynä mallinnuksen perusteella hyvin vähäisiksi ja edelleen Ruotsin puolelle kohdistuvat vaikutukset niin ikään 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 km) osaltaan lieventää jääpeitteeseen kohdistuvia vaikutuksia.

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 (esim. 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, eivätkä vaikutukset ulotu Ruotsin puolelle.

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 Suomessa sijaitsevan Tahkoluodon nykyisen merituulivoimapuiston alueella tehdyissä tutkimuksissa (*KVVY Tutkimus Oy 2020a*).

Lajien kiinnittymiskyky vaihtelee perustustyypistä riippuen. Suomen 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 tuulivoimapuisto-alueilla (*Vehanen ym. 2010*), mutta todennäköisesti näin ei käy pohjoisen Itämeren vähäsuolaisemmissa olosuhteissa eikä etenkään syvemmillä merialueilla, jossa lajimäärä on jo luonnostaan hyvin vähäinen eikä kiinnittyviä lajeja juuri esiinny. Alueella esiintyvistä lajeista korkeintaan murtovesisieni ja polyypit voisivat mahdollisesti hyötyä uusista pinnoista.

Merituulivoimapuiston alueella sekä sen pohjois- että eteläpuolella merenpohjan virtausnopeudet heikentyvät mallinnuksen mukaan kaikissa merituulivoimapuiston vaihtoehdoissa (*Niras 2023*). Muutoksen suuruus riippuu veden syvyydestä ja vuodenajasta. Virtauksen hidastuminen saattaa lisätä sedimentaatiota alueella ja siten vaikuttaa alueen riuttoihin ja vedenalaisiin

hiekkasärkkiin Suomen puolella. Virtaukset nopeutuvat tuulivoimapuiston länsi- ja itäpuolella kaikissa merituulivoimapuiston vaihtoehdoissa, ja muutoksen suuruus riippuu veden syvyydestä ja vuodenajasta.

Tuulivoimapuiston länsipuolella Ruotsissa ei mallinnuksen mukaan esiinny riuttoja tai vedenalaisia hiekkasärkkiä, eikä niihin siten kohdistu vaikutuksia Hallan hankkeesta. Tuulivoimapuiston länsipuolella vesi on niin syvää (50–80 m), 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 Suomen tai Ruotsin alueen luontotyyppeihin ja paikoin vaikutus puiston sisällä voi olla positiivista. Virtausten muutoksilla ei arvioida olevan vaikutusta vesieliöstöön Ruotsin puolella.

Hajautetusta ja keskitetystä vedyntuotannosta aiheutuva suola- ja lämpökuormitus on siinä määrin pientä, ettei sillä ole vaikutusta pohjaeläimistöön tai luontotyyppeihin Ruotsin puolella.

Merenpohjan menettämisestä voimaloiden ja merisähköasemien perustusten ja yhdyskaapelien alta aiheutuvia vaikutuksia käsitellään myös luvussa 9.3.2. Merenpohjaa menetetään voimaloiden perustusten alta enintään noin 0,25 km^2 alueelta Suomen puolella. 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. Suomen puolelle sijoittuvien energiansiirtoreittien 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 Suomen puolella eikä vaikutuksia Ruotsin puolen vastaaviin katkapohjiin arvioida aiheutuvan.

Kaapeleiden mahdollisesti aiheuttamalla sähkömagneettisella kentällä voi periaatteessa olla vaikutuksia pohjaeläimistöön Suomen puolella, mutta vaikutusten ei arvioida ulottuvan Ruotsin puolelle. 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*), eikä Ruotsin puolelle näin ollen ulotu sähkömagneettisia vaikutuksia. Vaikutuksia hankealueella eläville eri pohjaeläinlajeille ei ole kuitenkaan tutkittu, mutta säteilyn vaikutus arvioitiin korkeintaan vähäiseksi. Riippuen kaapelien asennustavasta, pohjaeläinten elinympäristöön voi tulla muutoksia Suomen puolella. Mikäli kaapeleita peitetään karkeammalla aineksella, se voi luoda uutta tarttumapintaa kiinnittyvälle pohjaeläimistölle Suomen puolella.

Vaikutukset merinisäkkäisiin ja lepakoihin

Toiminnan aikaiset rajat ylittävät 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*) Ruotsin puolella. 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 4 (*Niras 2023b*). Seuraavassa on tiivis kuvaus perustuen Niraksen raporttiin (*2023b*) 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 ja vähäisesti vaikutukset voivat ulottua myös Ruotsin puolelle. 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 Suomen puolella. 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 ja rajat ylittävät vaikutukset erittäin pieniä. Kaiken kaikkiaan voimaloiden toiminnasta aiheutuvan vedenalaisen melun seuraukset hylkeille arvioitiin olemattomaksi, eikä melu vaikuta hyljekantoihin lyhyellä tai pitkällä aikavälillä Suomen tai Ruotsin puolella.

Ilmastonmuutos asettaa uhan norppapopulaatiolle, kun jääpeite tulevaisuudessa oletettavasti vähenee entisestään erityisesti eteläisemmillä alueilla, joilla lajia esiintyy. Ilmastoskenaarioiden 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*).

Laskennallisesti VE2 voimaloiden vähäisempi määrä muodostaa lepakoille pienemmän törmäysriskin verrattuna vaihtoehtoon VE1, mutta ero ei ole merkittävä.

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 ja siten myöskään rajat ylittäviä merkittäviä vaikutuksia. 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, myös Ruotsin puolelle kohdistuvien mahdollisten vaikutusten osalta.

9.3.3.2 Merikaapeli/Vetyputkireitit

Merikaapeli- ja vetyputkireittien toiminnasta ei arvioida aiheutuvan rajat ylittäviä vaikutuksia meriympäristöön Ruotsin puolelle.

9.3.4 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. Ns. riuttavaikutuksen arvioitiin kuitenkin jäävän hankealueella vähäiseksi, joten rakenteiden purkamisen ei arvioitu aiheuttavan merkittävää

haittaa. Rakenteiden purkamisen mahdollisesti aiheuttamat vaikutukset Ruotsin puolelle arvioidaan erittäin vähäisiksi.

Merikaapelit 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. Merikaapeleiden poistamisesta ei aiheudu vaikutuksia Ruotsin puolelle.

Merinisäkkäisiin kohdistuu toiminnan päättymisen jälkeen samanlaisia vaikutuksia kuin rakennettaessa (pois lukien mm. paalutus), kun tuulivoimapuiston rakenteita ja kaapelointeja puretaan ja Ruotsin puolelle kohdistuvat vaikutukset arvioidaan vähäisiksi.

9.3.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli tuulivoimapuistoa ei rakenneta, vedenlaatuun ja meren pohjaan ei kohdistu vaikutuksia Suomen tai Ruotsin puolella. 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.

9.3.6 Vaikutukset vesien ja merenhoidon tavoitteisin

Tässä luvussa käsitellään hankkeen rakentamisen ja käytön ajan vaikutuksia suhteessa Suomen 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 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. Mikään alla arvioiduista vaikutuksista ei ulotu Ruotsin puolelle.

Taulukko 9-3. 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 va-loisan 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. 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.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
		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 olisi hyvä tehdä hankkeen jatkokehityksessä, jotta voidaan**

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
		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 on koko maassa rauhoitettu laji. Nelilehtivesikuusi on koko maassa rauhoitettu laji. 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. Vie-raslajeja 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

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
		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 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.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
		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 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. Tähän ei ole tullut päivitystä vuonna 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 km^2 (0,04 %) alueella tuulivoimapuistossa. Tuulivoimapuiston merenpohja on karua ja vähälajista ja elinympäristöjen tila on arvioitu hyväksi (ulkomeren elinympäristö, ulkomeren pohjaeläinyhteisöt-indikaattorit). 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

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
		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.**
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 ainein-dikaattoreista osoittavat hyvää tilaa ja 20 % heikkoa tilaa. Liian korkeita pitoisuuksia mitattaan 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 tilaarviota ei vielä voitu tehdä, sillä seurantatietoa ei

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2018 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta ja hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
		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 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.**

9.3.7 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 merituulivoimapuiston hankealueen 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.

Rakentamisen aikaiset yhteisvaikutukset 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 sähkönsiirtoverkon rakennusvaiheen, mahdollisen vetyputkien rakennusvaiheen, sekä merituulivoimapuiston rakentamisen. Näistä itse merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyy enemmän meluavia ja häiritseviä työvaiheita, kuin sähkönsiirtoverkon rakentamiseen. Rakentamisen aikana vaikutuksia voi ulottua Ruotsin puolelle, ja näkyvän merinisäkkäiden karkottumisena alueelta.

Tuulivoimala-alueilla voi toimintavaiheessa todennäköisesti olla kohtalaista yhteisvaikutusta Ruotsin puolen Polargrund Offshore -hankkeen kanssa tuulimuutosten kautta, erityisesti jos myös kaikki muut Perämerelle suunnitellut hankkeet toteutuisivat, mikä on kuitenkin epätodennäköistä. Hallan osalta mallinnukset osoittavat tuulihäviön vaikuttavan melko laajalla alueella ulottuen myös Ruotsin merialueelle. Tuulihäviön havaittiin vaikuttavan merialueen pintavirtauksiin ja edelleen lämpötilaan, suolaisuuteen ja kerrostumiseen, mutta nämä muutokset arvioidaan kokonaisuutena lieviksi. Hydrografisista muutoksista aiheutuvat ekosysteemitason vaikutukset myös Ruotsin puolelle arvioidaan vähäisiksi.

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.

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 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.

Polargrund Offshoren -kuulemisasiakirjan laatimisen yhteydessä on wpd:n mukaan (*2022*) tehty lepakoiden esiintymistä koskeva alustava tutkimus. 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.

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 jonkin verran lepakoiden törmäysriskiä esimerkiksi muuton tai saalistuksen aikana. Lepakoiden merialueen muuttoon ja esiintymiseen alueella liittyy kuitenkin epävarmuutta.

Toiminnan päättymisen jälkeiset yhteisvaikutukset ovat samanlaisia kuin rakentamisenaikaisen yhteisvaikutukset, mutta todennäköisesti pienemmät. Yhteisvaikutuksia syntyy erityisesti,

jos purku tapahtuu toisiaan lähellä sijaitsevilla kohteilla samaan aikaan ja silloin voi kohdistua yhteisvaikutuksia myös Ruotsin puolelle.

9.3.8 Arvioinnin epävarmuudet

Arvioinnissa käytettiin aineistona taulukossa Taulukko 8-1 esitettyjä aineistoja merialueen ympäristön ominaisuuksista ja tilasta sekä mallinnusta sameuden, sedimentaation, lämpötilan, suolapitoisuuden ja virtausten muutoksista (*Niras 2023*). 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 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.

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.

9.3.9 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

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.

Merinisäkkäisiin kohdistuvien negatiivisten vaikutusten arvioidaan muodostuvan pääasiallisesti vedenalaisesta melusta, jonka lieventämiseen rakentamisaikana 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 9-11), 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 9-11. Kuplaverho (Kuva: Meriläinen 2019).

Tuulivoimapuiston valaistuksessa tulisi käyttää valoja, joissa on mahdollisimman vähän UV-taajuutta, mikä houkuttelee hyönteisiä, ja sitä myöten lepakoita turbiinien läheisyyteen.

9.4 Kalasto ja kalastus

YHTEENVETO:

- Hallan merituulivoimapuiston alue sekä lähimerialue Ruotsin puolella on kalastoltaan 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 ja Ruotsin puolella lähialueella harjoitettava kalastus on hyvin vähäistä.
- 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 vähäiseksi kielteiseksi rajat ylittävien vaikutusten osalta. Lisäksi haittavaikutusta aiheutuu lisääntyneestä sedimentaatiosta, joka ei kuitenkaan uhkaa kaupallisesti tärkeitä kalalajeja tai niiden mahdollisia kutualueita Suomen tai Ruotsin puolella. Tehtyjen habitaatti- ja pohjatutkimusten perusteella tuulivoimapuistoalueen matalimmatkaan osat eivät ole kovin monimuotoisia meriluonnon tai kalojen elinympäristön kannalta.
- Sedimentin haitta-ainepitoisuudet ovat matalia eikä ruoppauksesta, läjityksestä tai kaapeleiden asennustöistä aiheudu kalastoon kohdistuvaa kertymisriskiä Suomen tai Ruotsin puolella.
- Rakentamisaikainen melu arvioitiin vaikutukseltaan kohtalaiseksi, kun perustusten rakennusvaihtoehto olisi paalutus ja käytettäisiin lievennyskeinoja (tuplakuplaverho). Muiden perustustapojen osalta vaikutukset olisivat korkeintaan samaa tasoa ilman lievennyskeinoja. Rajat ylittäviä 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 ja kohdistuvat Suomen puolelle. Vedyntuotannosta aiheutuvan suola- ja lämpökuormituksen vaikutus arvioitiin rajoittuvan Suomen puolelle.
- 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, joka voi heijastua valtioiden rajojen yli.
- Vaikka troolikalastus voi tuulivoimapuiston myötä vaikeutua, tuulivoimapuiston toiminnan aikainen kalastukseen kohdistuva haittavaikutus arvioitiin vähäiseksi, myös muut vaikutukset kuin kalastuksen estyminen (esim. meluvaikutus, elinympäristöjen muuttuminen ja niiden vaikutus kalansaaliisiin) huomioon ottaen. Ammattikalastus tarkastellulla ulkomerialueella on hyvin vähäistä.

9.4.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Hankkeen vaikutukset kalastoon ja kaupalliseen kalastukseen on arvioitu asiantuntija-arviona, haastatteluin sekä erillisselvityksin. Alueen kalastoon ja kalastukseen vaikuttavia seikkoja voivat olla muun muassa voimalarakenteet, veden samentuminen, kalojen käyttäytymisen muuttuminen tai karkottuminen veden laadun, virtausmuutosten tai melun takia ja vaikutukset kalojen kutuun. Alueelle tulevat rakentamisen aikaiset sekä käytön aikaiset (mm. pohjatroolin käyttö ja ankkurointikiellot) liikkumisrajoitukset voivat myös vaikuttaa kalastukseen.

Alueella harjoitettavan kaupallisen kalastuksen osalta on selvitetty pyyntialueet, kalastajien määrä, saalistiedot sekä pyyntiponnistus soveltuvilta ICES-tilastoruuduilta.

Alueella kalastusta harjoittaville kaupallisille kalastajille suunnatun **haastattelun** avulla on selvitetty tarkemmat tiedot Suomen alueen kalalajistosta ja kutualueista, vaelluskaloista ja niiden kulkureiteistä, uhanalaisista lajeista ja kaupallisesti merkittävistä kalalajeista. Tietoja on täydennetty soveltuvin osin asukaskyselyn yhteydessä vapaa-ajan kalastuksesta saatujen tietojen osalta. Lisäksi on selvitetty Ruotsin puolen ammattikalastusta julkisista lähteistä.

Kalaston **erillisselvitykset** ovat sisältäneet verkkopyyntiä ja habitaattikartoitusta kesällä 2022 ja 2023.

Alueelle tehtävät kalaistutukset on selvitetty ja Luonnonvarakeskuksesta hankittu olemassa olevien merkintätutkimusten aineistot vaelluskalojen osalta.

Edellä mainittujen arviointien ja selvitysten tulosten pohjalta on tehty yhteenveto, jossa on arvioitu eliöstön sopeutumista uusiin olosuhteisiin sekä mahdollisia pysyviä vaikutuksia meri-alueen kalakantoihin ja kalastuksen kannattavuuteen. Vaikutusalueena on tarkasteltu hankealuetta sekä arvioitua rakentamisvaiheen samentumien leviämisaluetta.

9.4.2 Vaikutusten arviointi

9.4.3 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 5 ja 6.

9.4.3.1 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 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 raja-arvoja, 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 1000 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 m ja 200 m 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 2023*, liite 3) mukaan **tuulivoimapuiston rakennustöistä** (ruoppaus, läjitys) vapautuva sedimentti kulkeutuu pisimmillään muutaman kilometrin päähän tuulivoimapuistoalueesta (katso myös luku 9.3.2.1). 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 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, 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 Suomen puolella 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 eikä niiden arvioida ulottuvan Ruotsin puolen kalojen kutualueille. Muilla ruopattavilla alueilla vaikutus jää tätäkin lievemmäksi eikä vaikutuksia Ruotsin puolelle aiheudu.

Nykytilassa Perämeren alueella sedimentaation on arvioitu vaihtelevan 0,1–0,8 cm/vuosi (*Mitchell ym. 2021, EMODNET 2024*). Siten Suomen puolen 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.

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) Suomen tai Ruotsin puolelle.

Jos sameutuminen ajoittuu kalojen vaellusaikaan, se voi mahdollisesti vaikuttaa myös vaellusten onnistumiseen (esim. *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. Edellä mainittujen mekanismien kautta vaikutukset voivat heijastua myös Ruotsin puolen vaelluskaloihin. 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 Suomen alueella kohtalaiseksi, lisäksi haittavaikutusta aiheutuu lisääntyneestä sedimentaatiosta. Ruotsin puolelle aiheutuva vastaava vaikutus jää pieneksi. Samentumahaitta sekä lisääntynyt sedimentaatio ei kuitenkaan aiheuta uhkaa uhanalaisille kalalajeille, vaelluskaloille tai kaupallisesti hyödynnettäville kalalajeille Suomen tai Ruotsin puolella.

Tehdyn mallinnuksen (*Niras 2023*, liite 3) mukaan pääosin Suomen aluevesille sijoittuvien merikaapelien/vetyputkien asentamistöistä (mallinnettu kaksi vaihtoehtoista asennustapaa: vesipainepuhallus koko reitin matkalla/matalimpien osuuksien (alle 15 m syvyys) ruoppaus ja läjitys, katso myös luku 9.3.2.2) kaapeli/vetyputkireitillä esiintyy rakentamisvaiheessa yli 100 mg/l pitoisuusnousua enintään noin 500 metrin etäisyydellä, eikä vaikutuksia näin ollen aiheudu Ruotsin puolelle 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 1 000 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 (esim. riutat) Suomessa, 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.

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 Suomessa 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 Suomen puolella. Energiansiirtoreittien osalta ei arvioida aiheutuvan vaikutuksia Ruotsin vaelluskalakantoihin.

Vedenalainen melu

Vedenalaisista meluvaikutuksista rakentamisen aikana merkittävin ympäristövaikutus kaloille on merituulivoimaloiden asennustoiminnasta (esim. 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.

Tehdyn mallinnuksen mukaan paalutuksen aiheuttaman vedenalaisen melun (PTS=pysyvä kuulonaleneminen ja vamma) paineen pahimmat vaikutukset kohdistuvat yksilöihin paalutustoiminnan välittömässä läheisyydessä Suomen puolella. Kaloille arvioitu etäisyys on vähemmän kuin 100–2 350 m ja mädille ja toukille vähemmän kuin 1,5 km, joten reunimmaisten voimaloiden asennuksen vaikutusalue ulottuu Ruotsin puolelle. 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 km melulähteestä, riippuen kalalajista ja ulottuu Ruotsin puolelle. PTS:n tai kuolleisuuden riski suurille kalamäärille nähdään merkityksettömänä Suomen ja Ruotsin puolella lyhyiden vaikutusetäisyyksien (< 100–2 350 m) 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 km) ja niiden voidaan arvioida ulottuvan täten myös monimuotoisemmille rannikkoalueille Suomen puolelle, mutta eivät Ruotsin rannikolle asti. Näin ollen on arvioitu, että kuplaverhot tai vastaava äänenvaimennusmenetelmä on välttämätön rakentamistoimien yhteydessä (vedenalaisen melun mallinnuksessa oletettu huomioon kuplaverhon käyttö) (*Niras 2023b*, liite 4).

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 Suomen ja Ruotsin puolella. Yksittäinen räjähdys kestää yleensä alle sekunnin, jolloin suurimmat riskit liittyvät välittömien kudosvaurioiden ja kuuloon kohdistuvien vaurioiden syntymiseen, kun taas vaikutukset esim. 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 raja-arvoja, 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 Suomen puolella 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 Suomen puolella.

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 Suomen puolella, 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 ja erittäin vähäisiksi Ruotsin puolella. Vaikutukset Suomen puolella voivat voimistua, mikäli käyttöön valitaan kaksi kaapelireittiä, sillä tällöin vaikutukset kohdistuvat laajemmalle alueelle. Rakentamisesta ja sen aikatauluista tullaan tiedottamaan laajasti etukäteen.

9.4.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Erilaisten tutkimusten avulla on pyritty selvittämään toiminnassa olevien tuulivoimaloiden synnyttämiä vedenalaisia ääniä, värähtelyjä, valo- ja varjoefektejä sekä merikaapeleiden (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 yleisesti Perämerellä 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 ns. yleistiedot-osiossa.

Paikallaan seisovalla yksittäisellä voimalalla tai valitulla perustustyypillä ja sen eroosiosuojauksella ei todennäköisesti ole suurta merkitystä syvien alueiden kalastolle Suomen tai Ruotsin puolella. Kovien pohjien lajeja (esim. härkäsimppu) pehmeän pohjan korvautuminen kovemmalla pohjalla voi jossain määrin hyödyttää.

Merikaapelien osalta Suomen puolella 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 Suomen puolella. 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 Suomen puolella, 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 pohjaeläimistön arvioidaan tarjoavan joka puolella hankealuetta riittävästi ravintoa, eikä voimaloiden aiheuttamalla muutoksella arvioida näin ollen merkitystä kalojen ravintovarojen riittävyyteen eikä vaikutuksia ulotu Ruotsin puolelle.

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,* kansallisen YVA-selostuksen 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 (esim. *Zwaka ym. 2022*), lisäksi voimalayksiköt tullaan sijoittamaan laajalle tuulivoimala-alueelle siinä määrin väljästi (n. 1,5–2 km etäisyydelle toisistaan), ettei niillä ole todennäköisesti pelkästään Hallan tuulivoimapuisto huomioiden fyysisen esteen muodossa esiintyvää vaikutusta vaelluskalojen eikä muiden kalalajien liikkumiseen tai käyttäytymiseen Suomen puolella. Hankevaihtoehdossa VE1 voimalamäärä on suurempi, joten mahdollinen negatiivinen vaikutus voi periaatteessa tältä osin olla suurempi, mutta kuitenkin melko epätodennäköinen.

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. Virtaamamuutoksilla ei todennäköisesti ole suurta vaikutusta kalaston tilaan kummassakaan hankevaihtoehdossa Suomen tai Ruotsin puolella, 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 eikä ulotu Ruotsin puolelle. 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 Suomen puolella. 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 Suomen puolella ja vähäisiksi Ruotsin puolella (energiansiirrosta ei aiheudu vaikutuksia Ruotsin puolelle).

Vedenalainen melu

Merituulivoimapuiston käyttövaiheessa melua aiheutuu tuulivoimaloista ja lisäksi melua voi aiheutua kunnossapitoon ja huoltoon liittyvästä laivaliikenteestä. 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 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 osin 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 m 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. 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. Näin ollen vaikutuksia Ruotsin puolelle ei aiheudu.

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. Ruotsin puolelle kohdistuvat vaikutukset arvioidaan vähäisiksi. Kohteen herkkyys kalaston kannalta arvioitiin kuitenkin vähäiseksi suhteessa meluun ja siihen koettuihin vaikutuksiin ja haittavaikutusten kokonaismerkittävyys on siten vähäinen sekä Suomen että Ruotsin puolella.

Valo-ja varjovaikutus (välke)

Kaloilla ylilentävän saalistavan linnun aiheuttama varjostus aiheuttaa yleensä pakoreaktion. Tuulivoimalan pyörivien lapojen aiheuttama valo-varjoefekti eli välke 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*) Suomen ja Ruotsin puolella.

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 niin Suomen kuin Ruotsinkin puolella.

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.

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 esim. 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 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 eikä ulotu Ruotsin puolelle. Pinta-alan mukaan laskettuna teoreettinen vaikutus voisi kohdistua maksimissaan muutaman kymmenen hehtaarin alueelle merikaapeleiden osalta.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että vaikka kalat aistivatkin magneettisia kenttiä, eivät mantereelle johtavien 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 (esim. 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 esim. minkään alueella esiintyvän lajin lisääntymismenestykselle populaatiotasolla ei ole aiheutumassa Suomen tai Ruotsin puolella.

Vedyntuotannon vaikutukset sekä muutokset lämpötilassa

Tehdyn mallinnuksen (*Niras 2023a*, 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 Ruotsin puolella. Tuulivoimapuiston aiheuttama lämpötilan nousu (vedyn tuotanto sekä tuulikentän muutos yhdessä) aiheuttama lämpötilan nousu rajoittuu voimaloiden läheisyyteen Suomen puolelle, 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 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 Suomen puolella.

Tietojen perusteella lohet vaeltavat Suomessa suurimmaksi osaksi rannikon lähellä (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2023b*, kansallisen YVA-selostuksen liite 8) ja aivan pinnan läheisessä vedessä (esim. *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 Suomen tai Ruotsin 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 niin Suomen kuin Ruotsinkin puolella.

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 Suomessa tai Ruotsissa.

Vaikutukset kalastukseen

Merituulivoimapuiston alueella Suomessa 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).

Ruotsin puolella ulkomerellä Hallan hankealueen länsipuolella ammattikalastus on erittäin vähäistä ollen alle 1 % ympäröiviin ICES-lohkoihin verrattuna.

Tehdyissä tiedusteluissa Suomen puolen 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 km. 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. 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 kokivat 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 niin Suomen kuin Ruotsinkin puolella, ei melulla arvioida olevan vaikutusta kalastukseen, eikä vaikutusten arvioida ulottuvan rannikkokalastukseen kohdistuen Suomen tai Ruotsin puolelle. Tuulivoimapuiston aiheuttamilla jääolosuhteiden mahdollisilla lievillä muutoksilla ei ole vaikutusta kalastukseen Suomen tai Ruotsin puolelle.

Tuulivoimapuistossa Suomen puolella sekä sen länsipuolella Ruotsissa harjoitettava kaupallinen kalastus on kokonaisuudessaan käytössä olevien tietojen perusteella vähäistä, joten tuulivoimapuiston toiminnan aikainen aiheutuva kalastukseen kohdistuva rajat ylittävä haittavaikutus arvioidaan vähäiseksi, myös muut vaikutukset kuin kalastuksen estyminen (esim. meluvaikutus, elinympäristöjen muuttuminen) huomioon ottaen.

Suomen aluevesillä 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 ja kohdistuvat vain Suomeen. Vaikutukset voivat voimistua, mikäli käytössä on yhtäaikaisesti kaksi eri kaapelireittiä.

9.4.5 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 ja vaikutukset Ruotsin puolelle erittäin vähäisiä.

9.4.6 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli tuulivoimapuistoa oheisrakenteineen ei rakenneta, kalaston tila säilyy nykyisellään ja kehittyy luonnollisen muutoksen (esim. ilmastonmuutos) seurauksena. Kalastoon ja kalastukseen voivat vaikuttaa myös muut ihmistoiminnan vaikutukset, kuten esimerkiksi väylien rakentaminen.

9.4.7 Yhteisvaikutukset

Hankkeen lähialueilla on suunnitteilla useita tuulivoimahankkeita, joilla voi olla yhteisvaikutusta Hallan merituulivoimahankkeen kanssa. Hankkeen sijaitessa kaukana ulkomerellä, rannikon toiminnoilla (esimerkiksi teollisuus, maatalous ja sen aiheuttama kuormitus) ei ole yhteisvaikutusta hankkeen kanssa.

Tietojen perusteella lähimpänä sijaitsevan Ruotsin puolen Polargrundin merituulivoimahankkeen rakentaminen voi ajoittua osittain samaan aikaan kuin Hallan, jolloin lieviä rakentamisen aikaisia vedenalaisia melun tai veden samentumisen kautta aiheutuvia rajat ylittäviä 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 rajat ylittäviä yhteisvaikutuksia, sillä eri hankkeiden kaapelireitit eivät tämänhetkisten tietojen perusteella sijoitu samoille alueille.

Tuulivoimala-alueilla voi toimintavaiheessa todennäköisesti olla kohtalaista/merkittävää rajat ylittäviä 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 ja Polargrundin merituulivoimapuistojen alueella on kuitenkin vain vähän troolikalastusta tai muutakaan ammattikalastusta.

Kalojen vaellukseen kohdistuvat mahdolliset rajat ylittävät yhteisvaikutukset 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 rajat ylittävää yhteisvaikutusta Polargrundin

hankkeen kanssa. Vähäistä rajat ylittävää yhteistä meluvaikutusta voi olla myös tuulivoimapuiston käytön aikana.

9.4.8 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 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 esim. kalojen lajikohtaisten ominaisuuksien osalta. Arviointia hankaloittaa myös se, että vastaavasta hanketyypistä hankealuetta vastaavissa vesistöoloissa 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 tarvittaessa.

9.4.9 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, esim. pyyntipaikkojen tai saaliin menettämistä, voidaan kompensoida vesiluvassa määriteltävin kalastuskorvauksin.

9.5 Maa- ja kallioperä (pohjaolosuhteet)

YHTEENVETO:

- Merituulivoimapuiston alueella merenpohja koostuu pääosin karkearakeisista maalajitteista (lähinnä hiekka).
- 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.
- Merituulivoimapuiston vaikutukset merenpohjan olosuhteisiin ovat molemmissa vaihtoehdoissa vähäiset ja kohdistuvat rakentamisalueille ja ajoittuvat rakentamisvaiheeseen (kiintoaineksen vapautuminen) eivätkä ne ulotu Ruotsin puolelle lukuun ottamatta meriläjitystä puiston eteläpuolelle, josta voi aiheutua vähäisiä rajat ylittäviä vaikutuksia.
- Toiminnan aikaisia vaikutuksia ei ole tai ne ovat merkityksettömiä.

9.5.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Perustusten rakentaminen merenpohjaan vaatii jonkin verran pohjan ruoppaamista ja/tai tasoittamista. Vaikutusten arvioinnissa huomioitiin rakentamisen, läjityksen ja toiminnan aikaiset vaikutukset sekä sedimentin koostumus ja haitta-aineet.

9.5.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

9.5.2.1 Merituulivoimapuisto

Tuulivoimalat sijoittuvat merialueelle, joten vaikutukset kohdistuvat merenpohjaan ja ajoittuvat pääosin rakentamisvaiheeseen. 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 2 100 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 turbiinin 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. 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 6.3).

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 m, 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.

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 eikä siten voimakkaasti ulotu Ruotsin puolelle. 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, josta voi aiheutua vähäisiä vaikutuksia Ruotsin puolelle. 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 ja voi osittain vähäisissä määrin laskeutua myös Ruotsin puolelle. Karkeampi kiviaines laskeutuu nopeasti pohjaan. Läjitysalueella laajeneva suspensiopilvi katoaa ajan myötä taustasameuteen, eikä aiheuta merkittäviä vaikutuksia Ruotsin puolelle.

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 ja siten vähäisissä määrin myös Ruotsin puolelle. 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, joka ulottuu pieneltä osaltaan Ruotsin puolelle. 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, joka rajoittuu Suomen puolelle.

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, 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 5.7.4.1).

Ruopattavat massat on tarkoitus läjittää merituulivoimapuiston lounaisosassa sijaitsevalle läjitysalueelle tai pääosin Suomen aluevesillä sijaitsevien energiansiirtoreittien kahdelle vaihtoehtoiselle läjitysalueelle. Tehdyn selvityksen mukaan *(Lindfors ym. 2023 ja 2024,* kansallisen YVA-selostuksen liite 2 ja 5*)* tutkituista kolmesta alustavasti valitusta alueesta parhaiten meriläjitykseen soveltuva alue olisi Halla 2 ja tyydyttävästi Halla 3. Energiansiirtoreittien läjityksestä ei aiheudu vaikutuksia Ruotsin puolelle. 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 ja rajoittuvat pääosin Suomen puolelle. 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 myöskään Ruotsin puolella. Rakentamisen jälkeen pohjan olosuhteet palautuvat myös monilta osin ennalleen. On lisäksi huomioitava, että meren pohjassa sekä Suomen että Ruotsin puolella tapahtuu luontaisesti kulkeutumista ja kerrostumista riippuen paikallisista olosuhteista (pohjan tyyppi, sedimentin laatu, topografia, virtaussuunnat ja virtausten voimakkuus ja veden syvyys).

9.5.2.2 Merikaapeli-/ vetyputkireitit

Suomen aluevesille pääosin sijoittuvien merikaapeli- ja vetyputkireittien osalta on mallinnettu kaksi mahdollista asennusmenetelmää. Merikaapeli- ja vetyputkireittien rakentamisesta ei arvioida aiheutuvan rajat ylittäviä sedimenttiin liittyviä vaikutuksia Ruotsin puolelle, joten ne on kuvattu seuraavassa lähinnä sen vuoksi, että ne ovat olennainen toiminto hankekokonaisuuden kannalta.

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 5.6.2).

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 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 eivätkä ne ulotu Ruotsin puolelle.

9.5.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

9.5.3.1 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, kuten muoveja tai metalleita 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, eivätkä vaikutukset ulotu Ruotsin puolelle. 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 ja näin ollen myös Ruotsin puolelle mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset erittäin vähäiset. (*Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024c*)

9.5.3.2 Merikaapeli/Vetyputkireitit

Merikaapeleista ja vetyputkireitistä ei aiheudu toiminnan aikana vaikutuksia pohjan olosuhteisiin Suomeen tai Ruotsiin. Mahdolliset kaapelin korjaamisen aikaiset vaikutukset ovat lyhytaikaisia ja paikallisia ja rajoittuvat Suomen puolelle.

9.5.4 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. 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 ja mahdolliset rajat ylittävät vaikutukset erittäin vähäisiä. Käytöstä poisto ajoittuu arviolta usealle avovesikaudelle.

9.5.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Nollavaihtoehdossa alueen merenpohjaan ei kohdistu tuulivoimahankkeesta vaikutuksia.

9.5.6 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 ja rajoittuvat Suomen puolelle. 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 voimalan sijaitsee 4,7 km etäisyydellä Hallan lähimmästä voimalasta. Merituulivoimahankkeen rakentaminen voi ajoittua osittain samaan aikaan kuin Hallan, jolloin lieviä rakentamisen aikaisia veden samentumisen kautta aiheutuvia epäsuoria rajat ylittäviä yhteisvaikutuksia voi aiheutua myös Ruotsin puolelle.

Vaihtoehdossa VE1 alueelle rakennetaan enintään 160 ja vaihtoehdossa VE2 enintään 120 merituulivoimalaa. Vähäisemmän voimala- ja sähkönsiirtorakenteiden määrän takia vaikutukset ovat vaihtoehdossa VE2 hieman pienempiä ja siten myös rajat ylittävät vähäiset vaikutukset pienempiä. Vaikutukset pohjan olosuhteisiin (ruoppaus/läjitys) ovat molemmissa vaihtoehdoissa vähäisen kielteisiä myös rajat ylittävien vaikutusten osalta. Vaikutukset kohdistuvat rakentamisaikaan ja voimaloiden alueille ja jäävät pääosin Suomen puolelle.

9.5.7 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 / 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 pohjatutkimuksista. Tutkimusten mukaan tuulivoimapuiston alueella sedimentti ei sisällä haitta-aineita.

Yhdellä Suomen aluevesille sijoittuvalla 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.

9.5.8 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.

9.6 Linnusto

YHTEENVETO:

- Hallan merituulivoimapuiston keskeisimmäksi linnustoon kohdistuvaksi rajat ylittäviksi vaikutusmekanismeiksi 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. Muuhun linnustoon vaikutukset arvioitiin rajat ylittävien vaikutusten osalta merkittävyydeltään vähäisiksi.

9.6.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Arvioitaessa Hallan merituulipuiston linnustovaikutuksia huomioitiin sekä Suomen että Ruotsin puolen pesimälinnusto ja muuttoreitit. Linnustovaikutusten arvioinnissa kiinnitettiin erityistä huomiota suojelullisesti arvokkaille lajeille, tuulivoiman linnustovaikutuksille herkiksi arvioiduille lajeille sekä linnustollisesti arvokkaille kohteille mahdollisesti kohdistuviin vaikutuksiin.

Hanketta varten toteutettujen linnustoselvitysten yhteydessä kerätty havaintoaineisto sekä luvussa 8.4.6.1 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 ja vetyputkien asennus). Arvioinnissa huomioitiin sekä Suomen että Ruotsin puolelle kohdistuvat vaikutukset.

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.

9.6.1.1 Törmäysmallinnus

Törmäysmallinnuksen laatimista Hallan hankkeen linnustovaikutusten yhteydessä ei katsottu tarkoituksenmukaiseksi johtuen alla kuvatusta mallin luotettavuudesta sekä johtuen alueella havaittujen lintujen vähäisestä määrästä ja sen vaikutuksista mallin luotettavuuteen. 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 / 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 pinnassa 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 mallinnusten, kuten törmäysmallinnuksen, laatimista tarkastella uudelleen yhteistyössä hanketta valvovan viranomaisen kanssa.

9.6.1.2 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 väheneviä, 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.

9.6.2 Vaikutusten arviointi

Seuraavassa on esitetty tiivis rajat ylittävien vaikutusten arviointi. Kattavampi arviointi Suomen puolelle kohdistuvista vaikutuksista on kansallisessa YVA-selostuksessa.

Hallan merituulipuiston keskeisimmäksi linnustoon kohdistuvaksi 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 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.

9.6.3 Yhteisvaikutukset muiden tiedossa olevien hankkeiden kanssa

Pohjoisella Perämerellä sekä Suomen että Ruotsin puolella sijaitsee Hallan hankkeen lisäksi useita muitakin merituulipuistohankkeita, joilla voi yhdessä Hallan kanssa olla yhteisvaikutuksia alueella liikkuvaan linnustoon.

Rakentamisen aikana voi aiheutua mm. lisääntyneen meriliikenteen ja vedenalaisen sekä -päällisen melun kautta kielteisiä yhteisvaikutuksia linnustoon, jotka arvioidaan kuitenkin suhteellisen vähäisiksi niin Suomen kuin Ruotsinkin puolella. Rakentaminen jakautuu kuitenkin todennäköisesti noin kolmelle vuodelle, joten häiriövaikutus on tiettynä ajankohtana suhteellisen paikallinen.

Polargrund Offshore -hanke muodostaa yhdessä Hallan kanssa lähes yhtenäisen tuulivoima-aluekokonaisuuden. Hankealuerajausten etäisyys on vähimmillään n. 3 km, mutta voimaloista vapaa alue on käytännössä leveämpi, arviolta noin vajaa 5 km. 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.

Hallan lounaispuolella sijaitseva Omega-merituulipuisto sijoittuu myös osittain samalle lounais-koillis-suuntaiselle lintujen muuttoreitille, mutta todennäköisesti valtaosa Hallan hankealueen kautta muuttavista linnuista lentää kuitenkin Omegan kaakkois- ja itäpuolelta.

Laajassa mittakaavassa muuttolinnuston osalta yllä mainittujen hankkeiden lisäksi periaatteessa kaikki samalle muuttoreitille sijoittuvat hankkeet aiheuttavat yhteisvaikutuksia. Vaikutuksen merkittävyyttä on kuitenkin hyvin vaikea, ellei mahdoton tarkasti arvioida. Todennäköisesti useammallakaan tuulivoimapuistolla ei kuitenkaan ole estevaikutuksesta johtuvaa muuttoreitin paikallista muuttumista merkittävämpää vaikutusta. 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. Molempien lajien osalta lähimmät merkittävimmät pesimäyhdyskunnat sijaitsevat Suomen puolella, mutta on mahdollista, että myös Ruotsin puolella pesivät linnut lentävät Hallan alueelle saakka.

Mikäli Ruotsin puolella pesivät linnut käyttävät Hallan hankealuetta ravinnonhankintaan, suunniteltu Polargrundin hanke sijoittuu käytännössä kokonaan lähtöalueiden ja Hallan hankealueen väliin. Mikäli Polargrundin hanke toteutuu, voi se estää lintujen liikkumisen Hallan suuntaan, mikäli ne välttävät tuulivoima-alueiden läpi lentämistä. Näin ollen on siis epätodennäköistä, että Polargrundin hankkeen takana sijaitseva Hallan hanke aiheuttaisi yhteisvaikutuksia. Vastaavan tilanteen arvioidaan olevan myös muiden mainittujen merituulipuistohankkeiden osalta, eli edellä todetun perusteella on epätodennäköistä, että yksittäiset linnut joutuisivat useamman merituulivoima-alueen vaikutuspiiriin ravinnonhankintalennoillaan.

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 arvioida 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 arvioida kohoavan yhteisvaikutusten myötä, eli ne ovat selkälokin osalta merkittävyydeltään korkeintaan kohtalaiset ja muun linnuston osalta vähäiset.

Merituulivoimapuiston huoltoon liittyvän huoltoliikenteen arvioidaan aiheuttavan erittäin vähäisiä liikennevaikutuksia ja sitä kautta erittäin vähäisiä vaikutuksia linnustoon Ruotsin puolella. Vaikka huoltoliikenne on säännöllistä, niin puistoa tarkkaillaan pääasiassa etäyhteyden kautta, ja huoltoliikenne liittyy lähinnä isojen merituulivoimalan tai vedyntuotantolaitoksen osien vaihtoon. Polargrundin ja Hallan voimaloiden välinen etäisyys on lähes 5 km, joten huoltoliikenteestä ei aiheudu yhteisvaikutuksia.

9.7 Suojelualueet

YHTEENVETO:

- Ehdotettu tuulivoimapuisto sijaitsee noin 40–45 kilometrin päässä Haaparannan saariston kansallispuistosta.
- Koska Haaparannan saariston kansallispuisto sijaitsee niin etäällä Hallan merituulivoimapuistosta, ei sinne arvioida ulottuvan rakentamisen tai toiminnan aikaisia eikä toiminnan päättymisen jälkeisiä vaikutuksia.

9.7.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Hankkeen vaikutukset Natura-alueverkoston kohteisiin, luonnonsuojelualueisiin, luonnonsuojeluohjelmakohteisiin sekä muihin suojelullisesti huomioitaviin alueisiin on arvioitu asiantuntijatyönä olemassa oleviin aineistoihin ja Ruotsin puolella olevien YVA-menettelyiden aineistoihin pohjautuen (*wpd 2022, Skyborn Renewables Sweden AB 2024*).

9.7.2 Vaikutusten arviointi

Ehdotettu tuulivoimapuisto sijaitsee noin 40–45 kilometrin päässä Haaparannan saariston kansallispuistosta. Koska Haaparannan saariston kansallispuisto sijaitsee niin etäällä Hallan merituulivoimapuistosta, ei sinne arvioida ulottuvan rakentamisen tai toiminnan aikaisia eikä toiminnan päättymisen jälkeisiä vaikutuksia. Vedenlaatumallinnuksen mukaan rakentamisen aikaiset vaikutukset ulottuvat muutaman kilometrin päähän merituulivoimapuiston alueesta. Rakentamisen aikaiset meluvaikutukset ulottuvat maksimissaan noin 20 km etäisyydelle merituulivoimapuiston alueesta. Toiminnan ajan vedenlaatuun tai meluun liittyvät vaikutukset eivät ulotu lähimmille Ruotsin suojelualueille.

9.7.3 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli Hallan merituulivoimapuistoa ja siihen liittyvää sähkön- ja vedynsiirtoa ei toteuteta, ei rajat ylittäviä vaikutuksia aiheudu. Lähimmille suojelualueille Ruotsin puolella kohdistuu vaikutuksia olemassa olevista toiminnoista kuten meriliikenteen ja satama-alueen häiriöiden osalta.

9.7.4 Yhteisvaikutukset

Perämerelle on suunnitteilla useita merituulivoimahankkeita. Alustavien aikataulujen mukaan Hallan merituulivoimapuiston rakentamisen aikaan samanaikaisesti rakenteilla voivat olla myös Ruotsin puolelle sijoittuvat Polargrund Offshore ja Bothnia Offshore Omega.

Hallan ja Polargsundin hankkeiden mahdolliset rajat ylittävät vesistövaikutukset jäävät melko rajatulle alueelle muutamien kilometrien säteelle ulkomerellä talousvyöhykkeellä sijaitsevien toisiaan lähimpien voimaloiden lähelle maksimissaan muutaman kilometrin etäisyydelle. Myöskään vedenalaisen melun osalta ei aiheudu sellaisia yhteisvaikutuksia, jotka ulottuisivat lähimmille suojelualueille. Bothnia Offshore Omega -hankkeen kanssa ei arvioida aiheutuvan yhteisvaikutuksia, jotka ulottuisivat Ruotsin puolelle lähimmille suojelualueille.

9.7.5 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 ja Ruotsin olosuhteissa.

Vaikutusarvioinnin tekijöillä on kuitenkin laaja kokemus erilaisista tuulivoimahankkeista ja niiden luontovaikutuksista. Merituulivoimahankkeen vaikutuskanavat ympäröiville suojelualueille ovat hyvin tunnistettavissa.

9.7.6 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Koska vaikutuksia ei arvioida Ruotsin puolelle aiheutuvan, ei ole tarvetta käsitellä haittojen ehkäisemistä ja lieventämistä.

9.8 Ilmanlaatu

YHTEENVETO:

- Merituulivoimapuiston ja vedyntuotannon rakentamiseen liittyviä 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 merellä. Vaikutukset koostuvat ajoneuvojen polttoaineiden pakokaasupäästöistä.
- Käytön aikaisten ilmanlaatua heikentävien vaikutusten arvioitiin muodostuvan huolto- ja kunnossapitoliikenteestä.
- 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, ja Ruotsin puolelle aiheutuu erittäin vähäisiä vaikutuksia, mikäli kuljetaan hyvin lähellä Ruotsin talousvyöhykkeen rajaa.
- Merellä vaikutukset ovat paikallisia ja väliaikaisia sekä laimenemisen myötä vähäisiä eivätkä ne aiheuta vaikutuksia Ruotsin puolelle.
- Mikäli Hallan hankkeessa tuotettaisi tulevaisuudessa sähköpolttoaineita, joilla korvattaisi meriliikenteen nykyisiä polttoaineita, voitaisi hankkeella saavuttaa myönteisiä vaikutuksia myös Ruotsin puolen ilmanlaatuun.
- Toiminnan päättymisen vaikutukset ilmanlaatuun arvioitiin olevan hieman vähäisemmät kuin rakentamisen aikana, sillä voi olla, että esimerkiksi kaikkea rakentamiseen käytettyä ei välttämättä poisteta tai saada poistettua.

9.8.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoimapuiston ja vedyntuotannon rakentamisen ja käytöstä poiston aikana hankkeesta voi aiheutua paikallisia vaikutuksia ilmanlaatuun pölyämisestä (puiston rakentamisessa käytettävästä räjäytyslouheesta mahdollisesti irtoava pöly) ja päästöistä ilmaan, joita aiheutuu työkoneista ja alusliikenteestä. Käytön aikana huoltoliikenteestä aiheutuu vähäisiä päästöjä ilmaan. 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 ja 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 (esim. 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 sedimenttien ruoppaus ja läjitys. Merituulivoimaloita koskevat vaikutukset arvioitiin näistä merkittävimmiksi.

Hankkeen vaikutuksia ilmanlaatuun on tässä arvioitu sanallisesti perustuen luvussa 9.9 esitettyyn päästölaskentaan sekä asiantuntija-arvioon.

9.8.2 Vaikutusten arviointi

9.8.2.1 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. Kiviaineksista muodostuva kiviainespöly 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 rakentamisalueelle merellä. Maa- ja kiviainesten pölypäästöjen aiheuttama haitta on luonteeltaan ympäristön likaantumista ja viihtyvyyshaittaa.

Merellä vaikutukset ovat paikallisia ja väliaikaisia sekä laimenemisen myötä vähäisiä eivätkä ne aiheuta vaikutuksia Ruotsin puolelle. Vallitseva tuulensuunta on Perämeren alueella yleisimmin lounasta mikä vähentää edellä mainittuja vaikutuksia Ruotsiin entisestään.

9.8.2.2 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 Ruotsin puolelle.

Toiminnan aikaisten ilmanlaatua heikentävien välillisten vaikutusten arvioitiin koostuvan huolto- ja kunnossapitoliikenteestä. Ilmanlaatua heikentävät merelle sijoittuviin toimintoihin liittyvät vaikutukset arvioitiin merellä hyvin vähäisiksi, paikallisiksi ja väliaikaisiksi eivätkä ne ulotu Ruotsin puolelle. 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, ja Ruotsin puolelle aiheutuu erittäin vähäisiä vaikutuksia, mikäli kuljetaan hyvin lähellä Ruotsin talousvyöhykkeen rajaa. Vallitseva tuulensuunta on Perämeren alueella yleisimmin lounasta mikä vähentää edellä mainittuja vaikutuksia Ruotsiin entisestään.

Jos tuotettavalla energialla korvataan polttamiseen perustuvaa energiantuotantoa, vältetään savukaasupäästöjen syntymistä muualla, esimerkiksi polttolaitoksilla tai liikenteessä, mutta näiden hyötyjen on arvioitu kohdistuvan Suomen puolelle. 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. Mikäli Hallan hankkeessa tuotettaisi tulevaisuudessa sähköpolttoaineita, joilla korvattaisi meriliikenteen nykyisiä polttoaineita, voitaisi hankkeella saavuttaa myönteisiä vaikutuksia Ruotsin puolen ilmanlaatuun.

9.8.3 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 esim. 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 eikä Ruotsin puolelle arvioida aiheutuvan vaikutuksia. Merituulivoimaloita koskevat vaikutukset arvioitiin hankkeen rakenteiden purkamiseen liittyen kaikista osa-alueista merkittävimmiksi niiden suuren materiaali- ja kuljetustarpeen vuoksi.

9.8.4 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 ja mahdolliset tulevaisuuden sähköpolttoaineet jäisivät rakentamatta.

9.8.5 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

sekä Suomen että Ruotsin osalta. Vaikutukset voivat huonontaa paikallisesti ilmanlaatua, mutta ne arvioitiin vähäisiksi.

Toiminnan aikana huoltoliikenteestä voi aiheutua yhteisvaikutuksia, jotka kuitenkin arvioitiin vähäisiksi johtuen lähimpien voimaloiden sijainnista vajaan 5 km etäisyydellä toisistaan.

9.8.6 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.

9.8.6.1 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Merellä syntyviä ilmanlaatuhaittoja lieventää merituuli. Muuten mm. rakentamisen vaiheistuksella voidaan vaikuttaa paikallisten ilmapäästöjen suuruuteen.

Merellä 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.

9.9 Ilmasto

YHTEENVETO:

- Ilmastoarviointi on esitetty kokonaisuudessaan ilmastovaikutusten arvioinnin erillisliitteessä kansallisen YVA-selostuksen liitteenä (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 kansainvälisen kuulemisen tiivistelmässä esitetään tiiviisti erillisen ilmastolaskennan tulokset sekä hankkeen kokonaisvaikutusten arviointi, mikä tarkoittaa kaikkia hankkeen merelle ja mantereelle sijoittuvien toimintojen vaikutusten arviointia.
- 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.
- 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 ja tällä voi olla positiivisia vaikutuksia myös Ruotsin puolelle.
- 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.

9.9.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Seuraavissa luvuissa esitetään tiiviisti erillisen ilmastolaskennan tulokset sekä hankkeen kokonaisvaikutusten arviointi, mikä tarkoittaa kaikkia hankkeen merelle ja mantereelle sijoittuvien toimintojen vaikutusten arviointia. 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. Kun tuotteena on 100 % sähköä, toteutetaan silloin todennäköisesti kaksi sähkönsiirtoreittiä. Tuotettaessa 100 % vetyä, toteutetaan todennäköisesti yksi vedynsiirtoreitti.

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.

Seuraavassa on esitetty laskentaan perustuva tiivis kuvaus ilmastovaikutuksista sekä lisäksi on kuvattu vaikutusten arvioinnin lähtöoletukset, laskentamenetelmät ja epävarmuudet. Kattavampi ilmastolaskennan erillisselvitys on kansallisen YVA-selostuksen liitteenä 14.

9.9.2 Vaikutusten arviointi

9.9.2.1 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 9-4).

Taulukko 9-4. 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.

9.9.2.2 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 ovat 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.

Merikaapelien päästöt on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 9-5). 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 9-5. 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 9-6).

Taulukko 9-6. 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 päästöt ovat noin 3 % merisähköasemien kokonaispäästöistä ja ne koostuvat purkamisen, kierrätyksen ja kierrätykseen kuljettamisen päästöistä.

9.9.2.3 Vedyn tuotanto

Vedyn tuotannon päästöt ovat samat jokaisessa hankevaihtoehdossa, joten ne esitellään samassa taulukossa (Taulukko 9-7).

Taulukko 9-7. 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 vetyvoimaloiden rakentamisesta syntyvät päästöt materiaalien valmistuksesta (teräkset ja betoni), materiaalien kuljetuksen sekä rakentamisen polttoainekulutuksen. Rakentamisen aikaiset kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu elinkaarilaskennan perusteella kattavan 92 % vetyvoimaloiden elinkaaripäästöistä.

Toiminnan aikaiset vaikutukset kuvaavat vedyntuotantoalueelle operoivien huoltoalusten polttoainekulutuksesta syntyviä päästöjä. Toiminta aiheuttaa vetyvoimaloiden elinkaaren aikaisista päästöistä 5 %.

Toiminnan päättyessä vetyvoimalat 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.

9.9.2.4 Vedynsiirto merellä

Vedynsiirron päästöt koostuvat vetyputken rakentamisesta, huollosta sekä purkamisen ja kierrätyksen päästöistä, jotka on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 9-8).

Taulukko 9-8. 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 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.

9.9.2.5 Vedyn varastointi

Vetyvarastot ovat maalle sijoittuvia vetysäiliöitä ja niiden päästöt on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 9-9).

Taulukko 9-9. 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).

9.9.2.6 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 9-10).

Taulukko 9-10. 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 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.

9.9.3 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.

Sähkönsiirron päästöt on esitetty taulukossa (Taulukko 9-11).

Taulukko 9-11. Mantereen sähkönsiirron päästöt.

Hankevaihtoehto [tCO_2e]	**Maakaapeli (SSAB) (sis. minimi-kombinaatioon)**	**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
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.

9.9.4 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 Taulukko 9-12.

Taulukko 9-12. 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
	3 090	m^3
Vetyvarasto	1	ha
	100	m^3

Hankkeen arvioitujen hiilinielujen ja -varastojen menetys on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 9-13).

Lisäksi voimajohtoaukeiden alueella hiilitaseeseen vaikuttavat tekijät kuten puuston poisto, uudelleen kasvava aluskasvillisuus, karikkeen määrä ja vesitase. Nämä tekijät monimutkaistavat maaperän hiilitaseen arviointia.

Taulukko 9-13. 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

9.9.5 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 9-14*).

Taulukko 9-14. 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

9.9.6 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.

9.9.7 Yhteisvaikutukset

Lähin YVA-menettelyssä oleva merituulivoimahanke sijaitsee hankealueen rajasta mitattuna 3 kilometrin etäisyydellä (Polargrund, Skyborn renewables Ruotsin aluevesillä), ja hankkeen suunniteltu rakentaminen sekä toiminta ajoittuisivat osin samaan aikaan Hallan kanssa. Lisäksi Hallan läheisyydessä on myös muita suunnittelun alussa olevia hankkeita Suomessa (ks. luku 3.4). 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.

Hallan hankkeen suuret myönteiset ilmastovaikutukset syntyvät siitä, että tuulivoimaloiden uusiutuvan sähköntuotanto tulisi arviolta olemaan 12 000 GWh vuodessa. Ruotsin puolella Polargrundin 9–10 TWh:n sähköntuotanto vuodessa voisi siten vähentää hiilidioksidipäästöjä noin 6 miljoonaa tonnia vuodessa. Tämä vastaa hieman yli 13 prosenttia Ruotsin alueellisista kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2022 (*wpd 2022*). Halla ja Polargrundin hanke yhdessä aiheuttaisivat näin ollen suuremmat myönteiset vaikutukset ilmastolle kuin jos vain toinen hankkeista toteutuisi. Molemmat hankkeet yhdessä muiden Ruotsin ja Suomen maa- ja merituulivoimahankkeiden kanssa ovat sekä EU:n että kansallisten ilmastotavoitteiden mukaisia.

Ilmastonmuutoksen aiheuttamissa riskeissä ei arvioitu olevan yhteisvaikutuksia merellä.

9.10 Meriliikenne, tutkat ja viestintäyhteydet

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* Suomen puolella ja *suuri negatiivinen* Ruotsin talousvyöhykkeen rajalla, mikäli nykyisin Hallan alueen halki kulkeva meriliikenne siirtyisi rakentamisen aikana merkittävissä määrin Nordvalen-Kemi -meriliikennereitille.
- 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. Energiansiirrosta ei aiheudu vaikutuksia Ruotsin puolelle.

- Merituulivoimapuiston toiminta aiheuttaa pysyvän muutoksen Perämeren alueen meriliikenteelle. Osa nykyisistä meriliikenteen käyttämistä reiteistä poistuu käytöstä ja liikenteen on siirryttävä kiertoreitille puiston länsi- tai itäpuolelta. Ruotsin puolelle kohdistuvien vaikutusten suuruus on riippuvainen siitä, kulkisiko meriliikenne tulevaisuudessa enemmän länsi- vai itäpuolelta Hallan aluetta.
- Kiertävillä reiteillä meriliikenne siirtyy tiiviimmille alueille ja liikennetiheys tulee kasvamaan. Yhdessä tuulivoimaloiden muodostamien kiinteiden esteiden kanssa tämä lisää riskiä meriliikenteen onnettomuuksille, joiden vaikutukset voivat heijastua Ruotsin puolella mahdollisissa onnettomuustilanteissa. 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, jotka voivat ulottua Ruotsin puolen meriliikenteeseen. 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* Suomen puolella ja *suuri negatiivinen* Ruotsin talousvyöhykkeen rajalla, mikäli nykyisin Hallan alueen halki kulkeva meriliikenne siirtyisi toiminnan aikana merkittävissä määrin Nordvalen-Kemi meriliikennereitille.
- Merikaapelien ei arvioitu aiheuttavan toiminnan aikana merkittäviä vaikutuksia meriliikenteelle Suomessa tai Ruotsissa. 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* Suomessa, eikä Ruotsin puolelle kohdistu vaikutuksia.
- Vetyputken toiminnan aikaiset vaikutukset meriliikenteelle ovat samankaltaiset merikaapelien kanssa. Vetyputken mahdollisen rikkoutumisen vaikutukset ovat kuitenkin merkittävämmät. Vetyputken toiminnan aikaisten liikennevaikutusten merkittävyydeksi arvioitiin *kohtalainen negatiivinen* ja vaikutukset rajautuvat Suomeen.
- Perämeren alueelle on suunnitteilla useita merituulivoimapuistoja. Erityisesti läheisten (Polargrund ja Omega) merituulivoimapuistojen toteutuminen aiheuttaa meriliikenteelle merkittäviä yhteisvaikutuksia, joilla voisi olla merkittäviä rajat ylittäviä vaikutuksia kaikkien nyt suunniteltujen merialueen hankkeiden toteutuessa, mikä on kuitenkin hyvin epätodennäköistä.
- 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 kansainvälisellä tasolla. 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.

9.10.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoimapuiston rakentamisen aikana meriliikenteen määrät lisääntyvät Perämeren alueella nykytilanteesta, kun rakennusvaiheen laivasto liikkuu hankealueella sekä tukisatamaan, joka on Suomen puolella. Lisääntyvä meriliikenne lisää riskiä meriliikenteen onnettomuuksille. Rakentamistöiden edetessä meriliikennekelpoiset alueet vähenevät Perämeren alueella ja

meriliikenne joutuukin valitsemaan hieman pidempiä reittejä kohteisiinsa, joista osa voi sijaita Ruotsin puolella. Tämä lisää meriliikenteen kustannuksia sekä päästöjä. Merkittävä osa komponenteista tuodaan kuitenkin merikuljetuksina tukisatamaan Suomen puolelle.

Merituulivoimapuiston toiminnalla on pysyvä vaikutus Perämeren alueen meriliikenteelle Suomen puolelle ja osa vaikutuksista voi heijastua Ruotsinkin puolelle. Osa nykyisistä meriliikenteen käyttämistä reiteistä poistuu käytöstä ja liikenteen on siirryttävä kiertoreitille puiston länsi- tai itäpuolelta. 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 Suomen puolella. 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 Suomen puolella. Merituulivoimapuiston toiminnan aikana tuulivoimaloille kohdistuu säännöllistä huoltoliikennettä Suomen puolella.

Merituulivoimapuiston liikennevaikutusten arviointia varten konsulttiyhtiö Sweco AB tuotti analyysin Hallan hankealueen läheisten alueiden meriliikenteestä (liite 5, Sweco 2023a). Raportissa tutkittiin hankealueen lähistöllä vuonna 2022 tapahtunutta meriliikennettä alusten 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. Arvioinnissa tarkasteltiin liikennevaikutuksia myös rajat ylittävästi.

Konsulttiyhtiö Sweco AB laati liikennevaikutusten arviointityön tueksi myös merenkulun riskiarviointiraportit erikseen hankevaihtoehdoista VE1 ja VE2 (liite 6, 7 ja 8, 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). Arvioinnissa tarkasteltiin liikennevaikutuksia myös rajat ylittävästi.

Hallan merituulivoimapuisto sijoittuu keskeiselle merenkulun alueelle, minkä vuoksi hankevastaava on perustanut työryhmän alan keskeisten suomalaisten toimijoiden kanssa (ml. Väylävirasto, Traficom, Fintraffic VTS, Rajavartiolaitos ja VTT). Työryhmässä on käsitelty hankkeen vaikutuksia merenkulun kannalta eri näkökulmista ja määritetty yhteistyössä, kuinka merenkulku ja merituulivoima pyritään yhteensovittamaan myös kansainvälisellä tasolla. YVA-selostuksessa on esitetty selvitys merenkulun käyttämistä reiteistä tuulivoimapuiston alueella ja sen ympäristössä sekä jäänmurtajien liikennöintitiedot mallinnuksessa käytettynä jäätalvena. Edellä mainittua aineistoa hyödyntäen on arvioitu hankkeen vaikutukset merenkululle huomioiden myös talvimerenkulku. Merikaapeleiden ja vedyn siirtoputkiston osalta vaikutusarvioinnissa on huomioitu mm. väylästö ja merenkulun turvalaitteet.

Vaikutusten arvioinneissa käytettiin hyväksi soveltuvin osin kansainvälisiä tutkimuksia, selvityksiä ja suosituksia merituulivoimapuistojen sekä meriliikenteen yhteensovittamisesta, jotta saatiin ilmi myös rajat ylittävät vaikutukset. 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 myös rajat ylittävien vaikutusten osalta tarkasteltiin rakentamisen, toiminnan ja toiminnan päättymisen osalta. Arviointia suoritettiin kaikkien liikennemuotojen osalta, mutta pääpaino on vaikutuksiltaan merkittävimmässä eli meriliikenteessä.

9.10.2 Vaikutusten arviointi

9.10.2.1 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, mutta ne tulevat kulkemaan hyvin suurella todennäköisyydellä Suomen satamista hankealueelle. Liikennöinnin oletetaan kuitenkin tapahtuvan pääosin rakentamisen Suomessa sijaitsevan tukisataman ja merituulivoimapuiston välillä, eikä meriliikennettä kohdistuisi näin ollen Ruotsin suunnan satamiin. Osa rakentamiseen käytettävistä komponenteista tuodaan merikuljetuksina tukisatamaan, jolloin voidaan käyttä mm Nordvalen-Kemi meriliikennereittiä. 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 km siirtymän yhdeksi matkaksi. Lisäksi kuljetusten todellinen suuntautuminen riippuu paljon valitusta toteutusmallista.

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, kuten Polargrundia Ruotsin puolella, niin vaikutukset liikennemääriin ovat entistäkin suuremmat.

Merituulivoimapuiston rakentamisen vaikutukset

Merituulivoimapuiston rakentaminen aiheuttaa vaikutuksia koko Perämeren alueen meriliikenteelle ja siten vaikutuksia voi kohdentua myös Ruotsin puolelle. 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 Suomeen 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 kansainvälisellä tasolla 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. Nämä vaikutukset kohdistuvat kuitenkin vain Suomen puolelle.

Rakentamisvaiheen vaikutukset muille liikennemuodoille

Merkittäviä satamaan suuntautuvia kuljetuksia ovat esimerkiksi tuulivoimaloiden perustuksiin tarvittavat betoni- ja teräskuljetukset, jotka voidaan tehdä meriteitsekin. 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, joilla voisi olla mahdollisia rajat ylittäviä vaikutuksia Ruotsin puolelle.

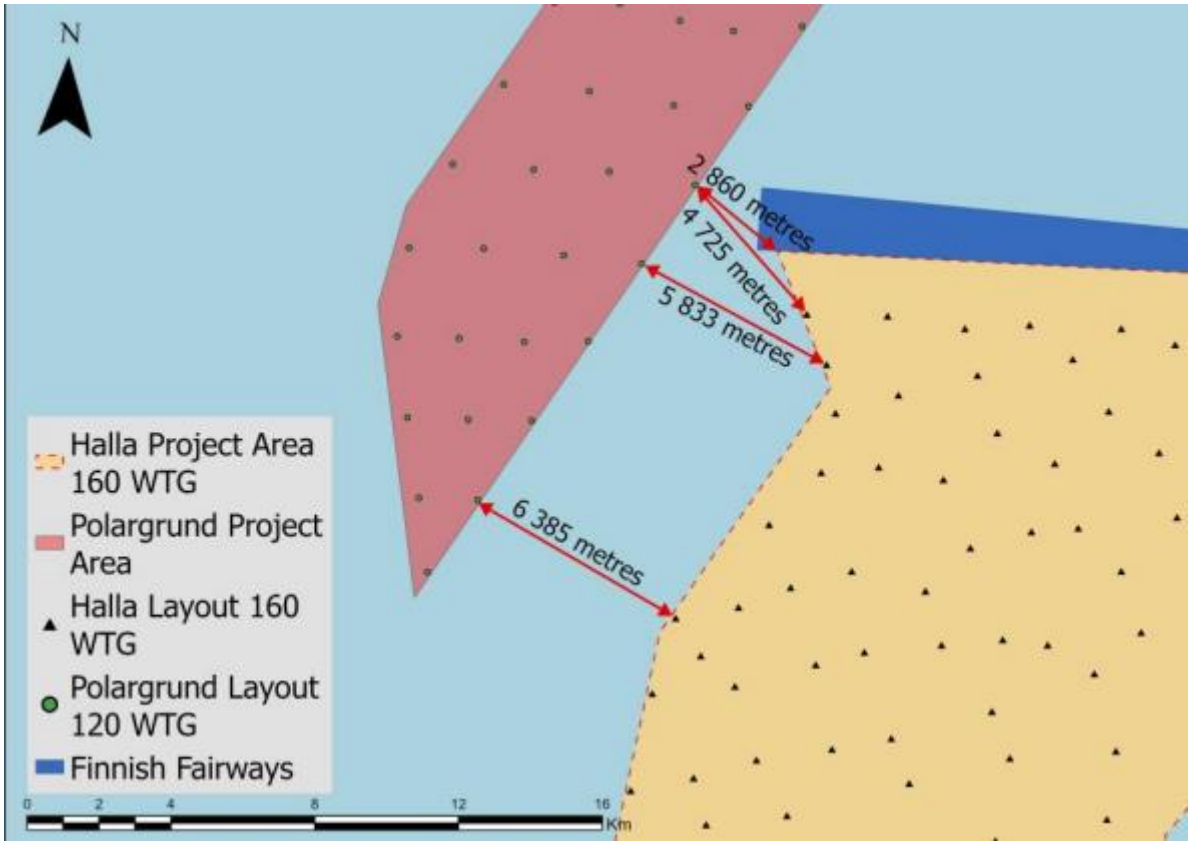
Merituulivoimapuisto ei asetu läheisten lentoasemien korkeusrajoitusalueelle Suomessa tai Ruotsissa. Tuulivoimalat ovat kuitenkin niin korkeita rakennelmia, että niille on lähtökohtaisesti haettava lentoestelupa (*Traficom 2020)* Suomen puolella. Tämä edellyttää kuitenkin sen, että ilmailulain katsotaan olevan voimassa myös talousvyöhykkeellä. Rakennettavat merituulivoimalat on varustettava lainsäädännön mukaisilla lentoestevaloilla.

9.10.2.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Merituulivoimapuisto

Turvaetäisyyden toteutuminen

Ongelmallisin kohta turvaetäisyyksien toteutumisen kannalta on Hallan ja Polargrundin merituulivoimapuistojen välinen alue, jolle sijoittuu Nordvalen-Kemi meriliikennereitti. Tämä toki edellyttää molempien hankkeiden toteutumista. Oheisessa kuvassa (Kuva 9-12) on esitetty Hallan hankevaihtoehto VE1 (160 voimalaa) sekä Polargrundin alustava suunnitelma (*wpd 2022*).



Kuva 9-12: Hallan (VE1) ja Polargrundin tuulivoimapuistojen väliset etäisyydet (Sweco 2023a, liite 5, wpd 2022).

Lähimmillään hankealueiden (tuulivoima-alue) rajat ovat Hallan luoteiskulmassa 2 860 m etäisyydellä. Lyhimmät varsinaisten tuulivoimaloiden väliset etäisyydet ovat luoteiskulmassa 4 725 m ja 5 833 m. Etelämpänä lyhin tuulivoimaloiden välinen etäisyys on 6 385 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 7 400 m (*Sweco 2023c,* liite 7).

PIANC (The World Association for Waterborne Transport Infrastructure; ennen Permanent International Association of Navigation Congresses) 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 6)

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 m = 916 m. On kuitenkin huomioitava, että PIANC:n ohjeistus ei huomioi merijään vaikutuksia.

Kun tarkastellaan Suomen väyläviranomaisen Traficomin antamaa 1,5 km turvaetäisyyssuositusta väyläalueiden ja merituulivoimapuistojen välillä, niin Hallan ja Polargrundin välisen kokonaisetäisyyden tulisi olla vähintään 3 916 m (1 500 m + 1 500 m + 916 m= 3 916 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 m pitkä, jotta Traficomin turvaetäisyysvaatimukset voisivat vielä toteutua (2 x 2 x 431 m = 1 724 m ja 1 500 m + 1 500 m 1 724 m = 4 724 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 ohjeistus merituulivoimapuiston etäisyysvaatimuksesta talousvyöhykkeelle reittijakojärjestelmien alueelle sekä ulkomerelle merenkulun liikennöintialueille ja väylien lähestymisalueille on 1–3 merimailia (1,8–5,5 km). Tässä tapauksessa Hallan ja Polargrundin välisen kokonaisetäisyyden tulisi olla noin 4,5–12 km. 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 m + (6 x 229 m) = 1 930 m. Kun tämä lisätään myös toiselle puolelle liikennekaistaa niin turva-alueiden kokonaispituus on noin: 1 930 m x 2 = 3 860 m. Kun tähän lisätään kaistan leveys 916 m niin vähimmäisvaatimukseksi tilatarpeelle saadaan 4776 m (3 860 m + 916 m = 4 776 m).

PIANC:n suositus turvaetäisyyksistä ei täyty Hallan hankevaihtoehdon VE1 tapauksessa (etäisyys lähimpien tuulivoimaloiden välillä 4 725 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 7 400 m). Hankevaihtoehdon VE2 tapauksessa on mahdollista esimerkiksi kasvattaa turvaetäisyyttä vielä enintään 500 m turvaetäisyydellä tuulivoimalaan (kokonaisleveys tällöin 5 776 m). 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 m ja keskimääräinen 98,5 % luottamusväli maksimipituuden suhteen oli 229 m. (*Sweco 2023a,* liite 6)

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 luoteisväylän pohjoisen linjauksen liikenteen olisi siirryttävä käyttämään joko itäistä (Raahe-Oulu-Kemi luoteisväylän eteläinen linjaus) tai läntistä (Nordvalen-Kemi meriliikennereitti) kiertoreittiä, joka on lähimpänä Ruotsia. 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 korkeampia kuljetuskustannuksia ja suurempiä päästöjä, joista voisi aiheutua rajat ylittäviä vaikutuksia, joskin ne arvioidaan vähäisiksi.

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 km 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 km pidempi. Nämä mallit kuvaavat kuitenkin etäisyyden kasvua vain yhdessä tapauksessa ja kahden pisteen välillä merellä, joten mallit ovat yksinkertaistettuja.

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. Toisena vaihtoehtona on tuulivoima-alueen ja sen voimaloiden sijainnin muokkaaminen jatkosuunnittelussa.

Hallan merituulivoimapuiston länsipuolella kulkevan Nordvalen-Kemi meriliikennereitin liikennemäärien arvioidaan kasvavan tulevaisuudessa Hallan perustamisen seurauksena erityisesti

merijään esiintymisen aikana, jolla tulisi olemaan rajat ylittäviä vaikutuksia sijaintinsa vuoksi. 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. 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 liitteiden 5, 6, ja 7 liikenneanalyyseistä.

Hankevastaava on sitoutunut tekemään tarvittaessa tarkempia selvityksiä hankkeen vesilupavaiheeseen perustellun päätelmän jälkeen, jolloin huomioidaan myös rajat ylittävät vaikutukset. Mahdollisten reittimuutosten kanssa tarvitaan tiivistä yhteistyötä viranomaistahojen kanssa kansainvälisellä tasolla.

Merituulivoimapuiston operointi aiheuttaa lisääntyvää meriliikennettä Perämeren alueella lähinnä huoltotoimenpiteiden 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 Suomessa sijaitsevasta 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.

Vaikka huoltoliikenne on säännöllistä, niin puistoa tarkkaillaan pääasiassa etäyhteyden kautta, ja huoltoliikenne liittyy lähinnä isojen merituulivoimalan tai vedyntuotantolaitoksen osien vaihtoon. Polargrundin ja Hallan voimaloiden välinen etäisyys on lähes 5 km, joten huoltoliikenteestä ei aiheudu yhteisvaikutuksia.

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 9-13), 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 9-13: Riskimatriisi merituulivoimapuiston riskien arvioimiseksi (Sweco 2023c, liite 7).

Kuvaan (Kuva 9-13) 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) vesiväylä-riskien 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 9-15). 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 9-15). 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 ja näin ollen kaikkien hankkeiden toteutuessa aiheutuvat yhteisvaikutukset ovat suuremmat kuin vain Hallan tapauksessa. 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.

Taulukko 9-15: riskiarviotaulukko aluksen törmäämisestä paikallaan olevaan kohteeseen (Sweco 2023b & Sweco 2023c, liite 5 ja liite 6).

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 9-16).

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 9-16). 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.

Taulukko 9-16: riskiarviotaulukko kahden laivan välisestä yhteentörmäyksestä (Sweco 2023b & Sweco 2023c, liite 6 ja liite 7).

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 9-17). Hankevaihtoehdon VE1 tapauksessa vastaavaa riskiä ei mallintamisessa havaittu. Ottaen huomioon, missä tapahtuman odotetaan tapahtuvan mallinnuksessa, taajuus voi heijastaa Hallan suhteellista läheisyyttä rannikkoon sekä ruopattuja väyläalueita, 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 ulkopuolista matalikkoa Nordvalen – Kemi meriliikennereitin vieressä. Siksi mahdollisten onnettomuuksien estämiseksi tulee tällä alueella olla valppaana ja muistaa moottoroidun pohjakosketuksen riski.

Taulukko 9-17: Riskiarviotaulukko alusten pohjakosketuksesta (Sweco 2023b & Sweco 2023c, liite 6 ja liite 7).

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 6, 7 ja 8 (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 5)

Hallan merituulivoimapuistolla on todennäköisesti vaikutusta alueen merijään muodostumiseen, jolla voi olla rajat ylittäviä vaikutuksia, ja syntyviä riskejä on pyrittävä hallitsemaan

mahdollisimman tehokkaasti yhteistyöllä jäänmurron kanssa kansainvälisellä tasolla. 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 6*)

Väylien ja merenkulun liikennöintialueiden edustalle sijoittuvat laajat tuulivoimapuistot lisäävät talvimerenkulun avustustarvetta. Aluksia ei ole mahdollista jättää odottamaan avustusta 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 kansainvälisellä tasolla, 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 6). 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 turbiinien 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 Suomen Turun VHF-rannikkoradioaseman Hailuodossa olevaan aluepeittoon. Koska merituulivoimapuisto ei sijaitse minkään pisteestä pisteeseen -radioyhteyden näköyhteydessä, turbiinit eivät vaikuta VTS- tai rannikkovartioston radioyhteyksiin.
- Vaikutukset satelliittiviestintäverkkoihin: Mitätön.
- Vaikutukset matkaviestinverkkoihin: Mitätön.
- Satelliittipaikannus: Turbiinit voivat aiheuttaa monitiehäiriöitä, jotka voivat vaikuttaa GNSS- ja DGNSS-signaalien tarkkuuteen ja luotettavuuteen aluksissa, jotka navigoivat turbiinien läheisyydessä. Ei vaikutusta DGNSS-viiteasemiin.
  Radiosuunnistuslaitteet: Vähäinen AIS:n osalta. Ei suoraa vaikutusta yhteenkään raconiin (tutkamajakka). Suuret alukset kuitenkin kokevat tutkavarjostusta raconin (Oulu 1 ja Kemi 1) kantaman reunalla ja tutkaheijastuksia (haamukohteita) voi esiintyä aluksissa, jotka kulkevat turbiinien 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 turbiineita. Vesilupavaiheessa voimalasijoittelujen tarkentuessa lupaviranomaisilla on mahdollisuus määrittää tarkemmin mahdollisia tarvittavia muutoksia tutkamajakoiden sijaintien osalta ja Ruotsin viranomaisella on myös mahdollista lausua vesilupamenettelyn yhteydessä.

Raportti esittää yleisenä päätelmänä, että Hallan merituulivoimapuisto ei yleensä vaikuta minkään paikallaan olevan kohteen (kuten rannikkoasemat ja majakat) toimintaan Suomessa tai Ruotsissa. Hallan merituulivoimapuisto saattaa mahdollisesti vaikuttaa meripelastuksen koordinointikeskuksen Suomessa eli Turun VHF-rannikkoradioaseman kuuluvuuteen Hailuodossa. Tämän vuoksi on suositeltavaa käydä vuoropuhelua operaattorin kanssa. Nordvalen-Kemi meriliikennereittiä lähimpänä olevat turbiinit voivat vaikuttaa väylällä olevien alusten tutkajärjestelmiin, josta voi aiheutua rajat ylittäviä vaikutuksia. Lisäksi yksittäiset alukset väylien ulkopuolella tai niiden reunan tuntumassa voivat ajoittain kokea häiriöitä paikannus- ja navigointijärjestelmissään, josta voi aiheutua rajat ylittäviä vaikutuksia. Näiden häiriöiden ei kuitenkaan odoteta ylittävän hallittavissa olevaa tasoa Suomen tai Ruotsin puolella. (*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 9-18). 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 häiriöt aiheuttavat merenkulkualueilla olevien alusten tahattoman navigoinnin tuulivoimapuiston alueelle ja tuulivoimalaan törmäämisen, katsotaan näin ollen hyväksyttäväksi.

Kolmas tutkavaikutuksiin liittyvä riski esiintyy navigoidessa merituulivoimapuiston sisällä Suomen talousvyöhykkeellä. 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 6 250 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 9-18: Riskiarviotaulukko alusten tutkahäiriöistä (Sweco 2023b & Sweco 2023c, liite 6 ja liite 7).

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 6)

Jos merituulivoimapuistossa tai sen läheisyydessä tapahtuu onnettomuus, navigointi voi olla vaikeampaa sekä pelastusaluksille että helikoptereille. Tämä tarkoittaa myös sitä, että 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 6)

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 6)

Merikaapeli/Vetyputkireitit

Hallan tuulivoimapuiston sijainnin vuoksi merikaapeli- ja vetyputkireitit kulkevat vaihtoehdosta riippumatta meriliikenteen väylien ja meriliikennereittien poikki Suomen puolella. Tällä ei arvioida olevan rajat ylittäviä vaikutuksia.

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 ja vaikutukset jäävät Suomen puolella. Huoltotoimenpiteiden henkilöliikenne on epäsäännöllisempää ja ne saattavat aiheuttaa väliaikaisesti pienen liikennemäärän kasvun. Kokonaismäärät jäävät kuitenkin rakennusvaihetta huomattavasti alhaisemmiksi.

Merituulivoimapuisto ei asetu läheisten lentoasemien korkeusrajoitusalueelle Suomessa tai Ruotsissa. Tuulivoimalat ovat kuitenkin niin korkeita rakennelmia, että niille on lähtökohtaisesti haettava lentoestelupa Suomesta (*Traficom 2020)*. Tämä edellyttää kuitenkin sen, että ilmailulain katsotaan olevan voimassa myös talousvyöhykkeellä. Rakennettavat merituulivoimalat on varustettava lainsäädännön mukaisilla lentoestevaloilla.

9.10.3 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. Vaikutuksen kohdistuvat todennäköisesti Suomen puolelle.

9.10.4 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.

Merituulivoimapuiston hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 rakentamisen aikaisten vaikutusten muutoksen suuruudeksi arvioitiin *suuri negatiivinen* Suomen puolella ja *suuri negatiivinen* Ruotsin talousvyöhykkeen rajalla, mikäli nykyisin Hallan alueen halki kulkeva meriliikenne siirtyisi rakentamisen aikana merkittävissä määrin Nordvalen-Kemi -meriliikennereitille.

Rakentamisvaiheessa liikennemäärät Perämeren alueella kasvavat merkittävästi ja rakentamisessa käytettävien alusten epäsäännölliset liikkeet kasvattavat riskiä meriliikenneonnettomuuksille, josta voi aiheutua rajat ylittäviä vaikutuksia. 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, josta voi aiheutua rajat ylittäviä vaikutuksia.

Merituulivoimapuiston vaikutuksia merijäähän ei täysin tunneta mutta on mahdollista, että hankalat jääolosuhteet lisääntyvät, mikä lisää talviaikaisen merenkulun kustannuksia ja päästöjä, joka voi myös heijastua Ruotsin puolella. 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.

Merituulivoimapuiston hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 toiminnan aikaisten muutosten suuruudeksi meriliikenteelle arvioitiin *suuri negatiivinen* Suomen puolella ja *suuri negatiivinen* Ruotsin talousvyöhykkeen rajalla, mikäli nykyisin Hallan alueen halki kulkeva meriliikenne siirtyisi toiminnan aikana merkittävissä määrin Nordvalen-Kemi meriliikennereitille.

Merituulivoimapuisto tulee aiheuttamaan toimintansa aikana pysyvän muutoksen Perämeren alueen meriliikenteelle, joka voi heijastua Ruotsinkin puolelle. 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 suomalaisten 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, joka voi heijastua Ruotsin puolelle. 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 ja voi ulottua Ruotsin talousvyöhykkeen puolelle.

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. Koska tarkempaa tutkimustietoa ei ole saatavilla Perämeren olosuhteista, ei voida tarkemmin arvioida rajat ylittäviä vaikutuksia.

Merituulivoimapuistolla on vaikutuksia merenkulun tutka- ja paikannusjärjestelmiin erityisesti tuulivoimaloiden läheisyydessä Suomen talousvyöhykkeellä. Tuulivoimalat voivat aiheuttaa tällöin merenkulun tutkille esimerkiksi varjostus- ja heijastusvaikutuksia, jotka vaikeuttavat tutkasignaalin tulkintaa. 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 ja täten myös tarkentaa mahdollisia rajat ylittäviä vaikutuksia.

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. Mikäli pelastustoimi tehtäisi Ruotsista käsin, voisi edellä mainitulla olla rajat ylittäviä vaikutuksia.

On otettava huomioon, ettei 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.

9.10.5 Arvioinnin epävarmuudet

Hallan merituulivoimapuiston meriliikenteelle aiheutuvien Suomeen kohdistuvien sekä rajat ylittävien vaikutuksien epävarmuus on poikkeuksellisen suurta, sillä arktisella alueella ei ole toistaiseksi ainuttakaan laajempaa merituulivoimapuistoa yhtä kaukana rannikkoalueesta. Keskeisin epävarmuustekijä liittyykin nimenomaan merijäähän liittyviin vaikutuksiin. Merituulivoimapuiston vaikutuksista merijään syntymiseen ja käyttäytymiseen ei ole toistaiseksi tutkimustietoa mutta on hyvin 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.

9.10.6 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 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 riskianalyysi.
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 energiapuiston 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, esim. 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.
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.	

9.11 Melu ja tärinä

YHTEENVETO:

- Merituulivoimapuiston rakentamisajan maan- ja vedenpäälliset meluvaikutukset arvioitiin kokonaismerkittävyydeltään erittäin vähäiseksi Ruotsin puolelle ulottuvien vaikutusten osalta, koska maan- ja vedenpäällinen liikennevaikutus kohdistuu pääosin vilkkaille satama-alueille Suomeen sekä Suomen vesialueille ja alueelle, joka on varsin kaukana lähimmistä Suomen tai Ruotsin puolen altistuvista 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 myös rajat ylittävien vaikutusten osalta 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.
- 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 vedyntuotannon rakentamisen vedenalainen meluvaikutus arvioitiin kahdelle eri laitossijoitteluvaihtoehdolle. Tuulivoimaloiden yhteyteen rakennettavan vedyntuotantolaitoksen meluvaikutus on kaikkiaan vähäisempi, sillä sen ei katsota aiheuttavan merkittäviä vedenalaisia meluvaikutuksia Suomen tai Ruotsin puolelle. Sen sijaan erillislaitoksena vedenalainen meluvaikutus arvioitiin olevan kohtalainen eli samansuuruinen kuin tuulivoimalan rakentamisaikana ja vaikutukset voivat ulottua Ruotsin puolelle.
- Merituulivoimapuiston vedyntuotannon rakentamisajan vedenpäällisen meluvaikutuksen merkittävyys arvioitiin vähäiseksi, sillä meluvaikutus on enintään

paikallinen, alueella on jo alusliikennettä ja laitokset sijaitsevat kaukana lähimmistä altistuvista Suomen tai Ruotsin asuinkohteista.

- Merituulivoimapuiston merikaapelien ja vetyputkireitin rakentamisen aikainen vedenalainen ja -päällinen meluvaikutus arvioitiin vähäiseksi johtuen työvaiheiden aiheuttamasta vähäisestä melusta ja sen etenevästä luonteesta eikä vaikutuksia aiheudu Ruotsin puolelle.
- 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 Suomessa tai Ruotsissa. Pienitaajuinen melu oli kuitenkin laskennan perusteella lähellä toimenpiderajaa Suomen puolella 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. Ruotsin lähimpiin kohteisiin ei ulotu vaikutuksia.
- Merituulivoimapuiston käytönaikaisten vedenalaisten meluvaikutusten suuruutta arvioitiin asiantuntija-arviona ja sen suuruus arvioitiin kohtalaiseksi negatiiviseksi johtuen ennen kaikkea voimalakoon käytönajan epävarmuuksista koskien äänipäästöä ja äänen etenemistietä tornista perustuksiin vedenpinnan alapuolelle. Kokonaisvaikutus kaloihin ja hylkeisiin katsottiin kuitenkin vähäiseksi verrattain alhaisten äänitasojen vuoksi myös rajat ylittävien vaikutusten osalta.
- Hankkeiden rakentamisen vedenalaiset yhteisvaikutukset arvioitiin kohtalaisiksi, koska suhteellisen lähelle Hallan merituulivoimapuiston merituulivoimapuiston aluetta on suunnitteilla yksi Polargrundin, jonka rakentaminen ajoittuisi osittain samaan aikaan Hallan hankkeen kanssa. Tällöin kaksi vaikutusaluetta yhdessä voi muodostaa suuren, yhtenäisen vaikutusalueen, joka ulottuu Ruotsin puolelle. 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 kumulatiivista häiriövaikutusta. Hankkeiden rakentamisen vedenpäällisten melun yhteisvaikutusten arvioitiin jäävän vähäisiksi ja enintään paikallisiksi, joskin vaikutukset voivat ulottua vähäisissä määrin Ruotsin puolelle.
- 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 ja ne voivat ulottua Ruotsin puolelle vähäisessä määrin.
- Tuulivoimaloilla saattaa olla rakentamisvaiheessa (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 Suomessa tai Ruotsissa.

9.11.1 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 esim. 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. Vedenpäällisen melun raportti on kansallisen YVA-selostuksen liitteenä 20. Vedenpäällinen meluvaikutus eri ulotu Ruotsin lähimpiin kohteisiin. Edellä mainitun liitteen sisältö on kattavasti osana tätä asiakirjaa. Vedenalaisen melun mallinnuksen raportti on tämän aineiston liitteenä 4.

9.11.1.1 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 Suomen YM:n melumallinnusohjeen 2/2014 mukaisesti (*Ympäristöministeriö 2014*) missä vedenpinta on mallinnettu akustisesti kovana pintana (G=0) ohjeen mukaisesti.

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 9-19. 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, esim. 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 9-20. 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	-
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 9-21. 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

Melumallinnusparametrit

Laskennan lähtötiedot on koottu tilaajan lähettämästä aineistosta, Maanmittauslaitoksen digitaalikartta-aineistosta sekä kirjallisuudesta. Mallinnuksen ohjeena toimii Ympäristöministeriön melumallinnusohje YM OH 2/2014.

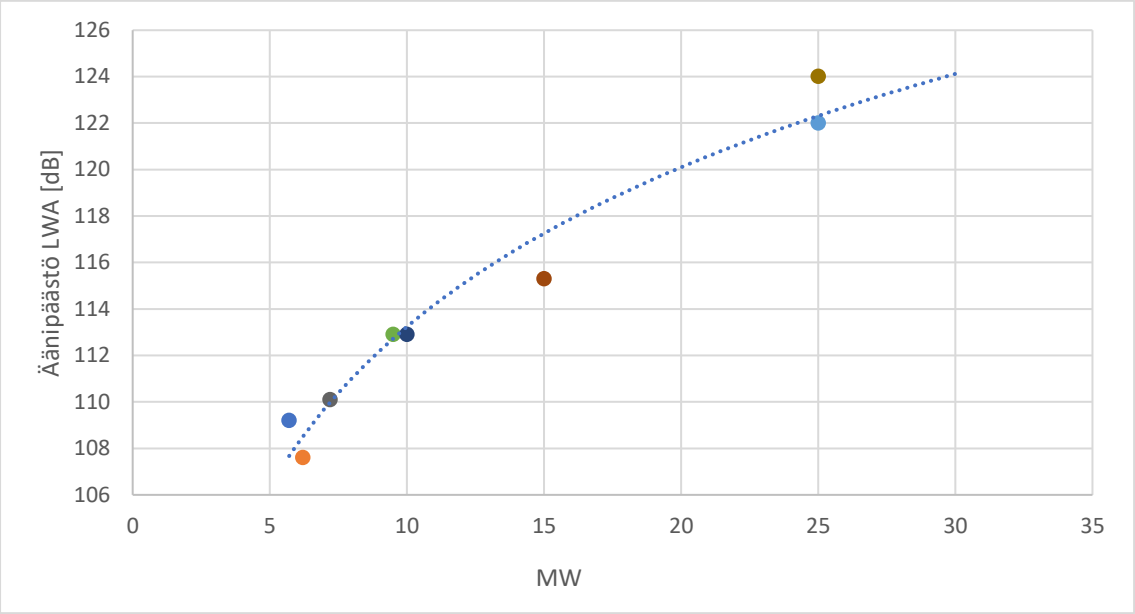
Melumallinnus suoritettiin digitaalikartalle, jonka topografian vertikaalinen korkeusväli maa-alueilla on enintään 0,3 m. Merialueilla topografian korkeustaso on 0 m. Mallikartoissa on kuvattu tuulivoimaloiden paikkatiedon lisäksi maa-alueiden topografian, rakennusten, teiden ja suojelualueiden paikkatiedot 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 9-14). 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 2024*).



Kuva 9-14. 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 9-22. 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 9-23. 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.

Taulukko 9-24. 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)

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*).

9.11.1.2 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.

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 4*)

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

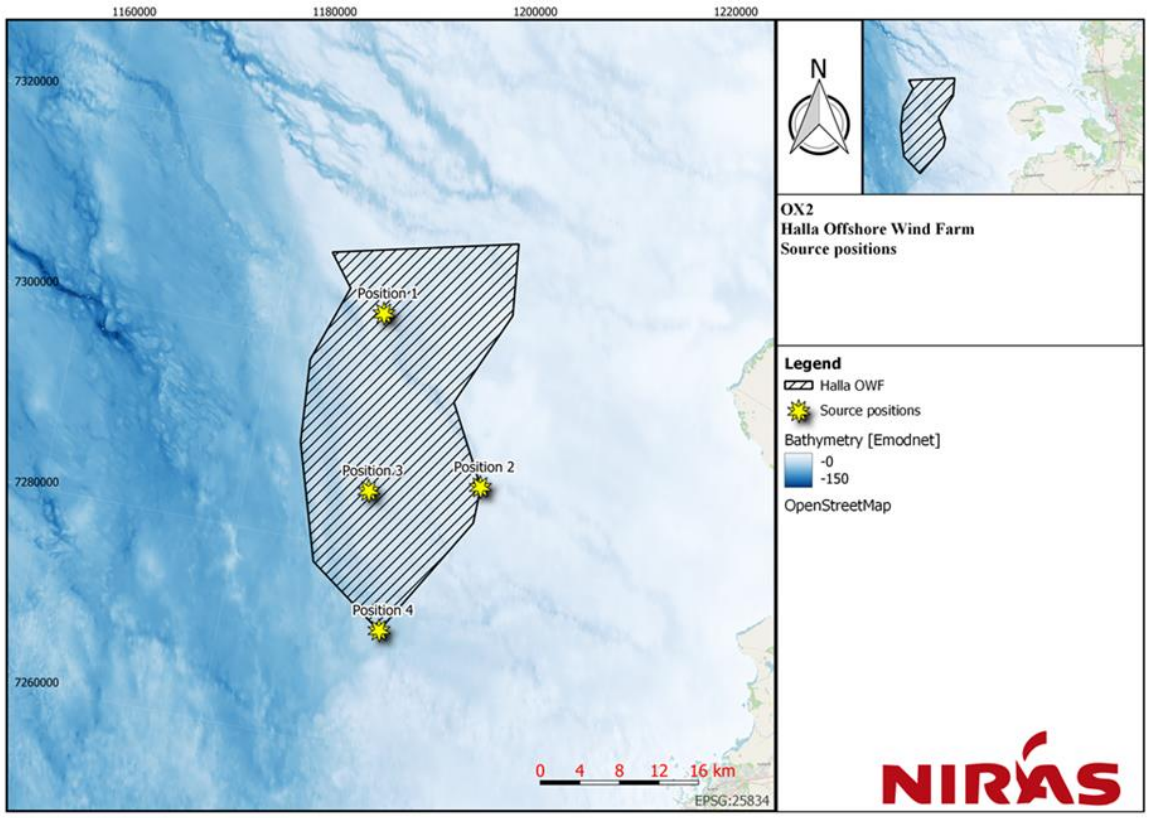
päivässä asennetaan yksi paalu, ja etäisyydet, joilla PTS:ää ja TTS:ää esiintyy, arvioidaan varovaisesti. (*Niras 2023b*)

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 9-15). 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*)

Vedenalainen melupäästö laskettiin paaluperustukselle (halkaisija 18 m) sekä ankkuroidulle ristikkorakenteiselle perustukselle, jonka pienpaalujen halkaisija on 4 x 8 metriä. (*Niras 2023b*)

Vedenalaisten räjäytysten melua ei ole mallinnettu vaan niiden vaikutukset on arvioitu asiantuntijapohjaisesti.



Kuva 9-15. 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 9-25 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*).

Taulukko 9-25. 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]	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*)

Taulukko 9-26. 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 (esim. 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*)

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 esim. selkärangattomiin eliöihin, jotka elävät sedimentissä. Pinnoille kiinnittyviä lajeja ei havaittu lainkaan avomerialueen kartoituksissa, joten niihin ei myöskään kohdistu vaikutuksia.

9.11.2 Vaikutusten arviointi

9.11.2.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Merituulivoimapuisto

Merituulivoimaloiden rakentamisen aikaiset maan- ja vedenpäälliset meluvaikutukset koostuvat mahdollisista ruoppauksista, kiviaineiskuljetuksista, 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 (esim. 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 4*)

Merituulivoimapuistoa rakennettaessa yleisimpiä perustusmalleja ovat teräksiset paaluperustukset tai ristikkorakenteiset perustukset, jotka koostuvat 3–4 pienpaalusta, koska ne on helppo asentaa mataliin tai keskisyviin vesiin. Suosituin tapa kiinnittää juntta- 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 4*)

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 Suomen ja Ruotsin puolelle jäävät kokonaisuudessaan vähäisiksi.

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 sekä merialue myös Ruotsin puolella ovat kutualueeksi sopimattomia 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 rajoitetusti verrattuna lajin tärkeimpiin kutualueisiin lähempänä rannikkoa tai etelämpänä suolaisemmissa vesissä. Sekä Hallan että Polargrundin alueet ovat useimmille kalalajeille kutualueeksi sopimattomia, koska tuulivoimapuistojen alueet on liian kaukana rannikosta, suurin osa alueista on liian syvää ja veden lämpötila on kutualueeksi liian matala verrattuna lämpimämpiin ja matalampiin rannikkoympäristöihin Suomessa ja Ruotsissa.

Useat lajit, kuten siika, kuore, lohi ja muikku hyödyntävät ulkomerialuetta 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 ja 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 9-27. 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 ja ulottuu näin ollen Ruotsin puolelle. PTS:n tai kuolleisuuden riski suurille kalamäärille nähdään merkityksettömänä lyhyiden vaikutusetäisyyksien (< 100–2 350 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 tässä tarkasteltua ulkomerialuetta 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 rajat ylittävien vaikutusten osalta, 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 Suomessa tai Ruotsissa (liitteen 4 Taulukko 4.2). (*Niras 2023b*)

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 9-28 ja liite 6). Hyvin lyhyiden vaikutusetäisyyksien vuoksi tilapäisen kuulonaleneman (TTS) riski hylkeille on hyvin rajallinen ja pysyvän kuulonaleneman riski (PTS) lähes olematon Suomen ja Ruotsin puolella. (*Niras 2023b*)

Varotoimenpiteenä on oletettu, että hylkeet reagoivat paalutuksesta aiheutuvaan vedenalaiseen meluun samalla etäisyydellä kuin pyöriäiset (19,1 kilometriä tämänhetkisessä mallinnuksessa, joka ulottuu Ruotsin puolelle). Tuulivoimapuiston alueella voi esiintyä sekä norppia että harmaahylkeitä. Lähin harmaahylkeiden maallenousualue on kuitenkin vähintään 20 kilometrin päässä hankealueelta Suomen puolella, eikä aluetta pidetä kummallekaan lajille erityisen tärkeänä ravinnonhankinta-alueena. Havainnot osoittavat, että Polargrund Offshoren -tutkimusalueen läheisyydessä Ruotsin rannikon suunnassa olevat saaret ovat paikkoja, joissa harmaahylkeet ja norpat nousevat maalle lepäämään, vaihtamaan turkkia jne. Ulkomerialueella 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 Suomen tai Ruotsin puolen norpille ei aiheudu. (*Niras 2023b*)

Riski sille, että hylkeet kärsisivät pysyvästä (PTS) tai tilapäisestä (TTS) kuulonalenemasta, arvioitiin erittäin lyhyiden vaikutusetäisyyksien (PTS:lle <100 m ja TTS:lle < 275 m) vuoksi olemattomaksi Suomessa ja Ruotsissa. (*Niras 2023b*)

Vedenalaisen melun aiheuttamat käyttäytymisreaktiot voivat vaihdella aktiivisuustason pienistä muutoksista pakoreaktioihin, joissa yksilöt välttävät aluetta kokonaan. Hylkeiden herkkyys käyttäytymisvaikutuksille arvioitiin kohtalaiseksi sekä Suomen että Ruotsin osalta, 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 molemmissa maissa 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 Taulukko 9-28. 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 9-28: 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

Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin vähäiseksi negatiiviseksi, koska kyseessä on pieni osuus hylkeiden koko elinalueesta Suomessa ja Ruotsissa 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 Suomessa tai Ruotsissa (Taulukko 4.3, liitteessä 4). (*Niras 2023b*)

Tuulivoimapuiston rakentamisen ja operatiivisen kunnossapidon aikana Hallan merituulivoimapuiston alueella ja sen läheisyydessä mahdollisesti myös Ruotsin puolella on odotettavissa sekä pienten että suurten alusten laivaliikenteen kasvua. Vedenalaisen melun leviäminen ympäröivään veteen riippuu vedenalaisen melun taajuudesta, vallitsevista ympäristötekijöistä (esim. lämpötila, suolapitoisuus ja syvyys) ja muista tekijöistä, kuten käyttönopeudesta, aluksen koosta, lastista jne. (*Niras 2023b*)

9.11.2.2 Energiansiirtoreitit, sähköasemat ja vedyn tuotanto

Energiansiirtoreitit

Merikaapelin 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. Energiansiirron rakentamisesta ei aiheudu vaikutuksia Ruotsin puolelle.

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 Suomeen ja Ruotsiin, joka vaimentaa meluvaikutuksia merkittävästi ennen altistuvia loma-asuinkohteita Ruotsin puolella. Koska rakentamisen ajan melussa on aina jonkin verran impulssimaisuutta, voi se kantautua pidemmälle kuin tasainen toiminnan aikana syntyvä melu, mutta ei silti ulotu Ruotsin lähimpiin kohteisiin.

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 Suomen ja Ruotsin rannikolle, joka vaimentaa meluvaikutuksia merkittävästi ennen altistuvia loma-asuinkohteita rannikon lähellä. Koska rakentamisen ajan melussa on aina jonkin verran impulssimaisuutta, voi se kantautua pidemmälle kuin tasainen toiminnan aikana syntyvä melu, mutta ei ulotu Ruotsin puolen lähimpiin kohteisiin.

9.11.2.3 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.

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 louhintaräjäytys paikkaa 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, mutta näitä ei sijaitse vaikutusalueella ulkomerellä. 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, eikä vaikutus ulotu Ruotsin puolelle. Yksittäisen kohteen kannalta rakentamisen aikajänne on kuitenkin rajallinen ja siten vaikutukset jäävät kokonaisuudessaan vähäisiksi Suomen puolella, eivätkä ulotu Ruotsin puolelle. Merituulivoimapuiston alue sijoittuu hyvin etäälle lähimpien Suomen ja Ruotsin häiriintyvien kohteiden, kuten asuntojen kannalta.

9.11.2.4 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*), eivätkä vaikutukset näin ollen ulotu Ruotsin puolelle.

9.11.3 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 4, *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 Suomen ja vielä vähäisempiä Ruotsin puolelle.

Hankkeessa ei ole tehty erillistä toiminnan aikaisen vedenalaisen melun mallinnusta. Kuten edellä kuvattu, kumulatiivisen ympäristömelun taso ylittää tuulivoimaloista aiheutuvan

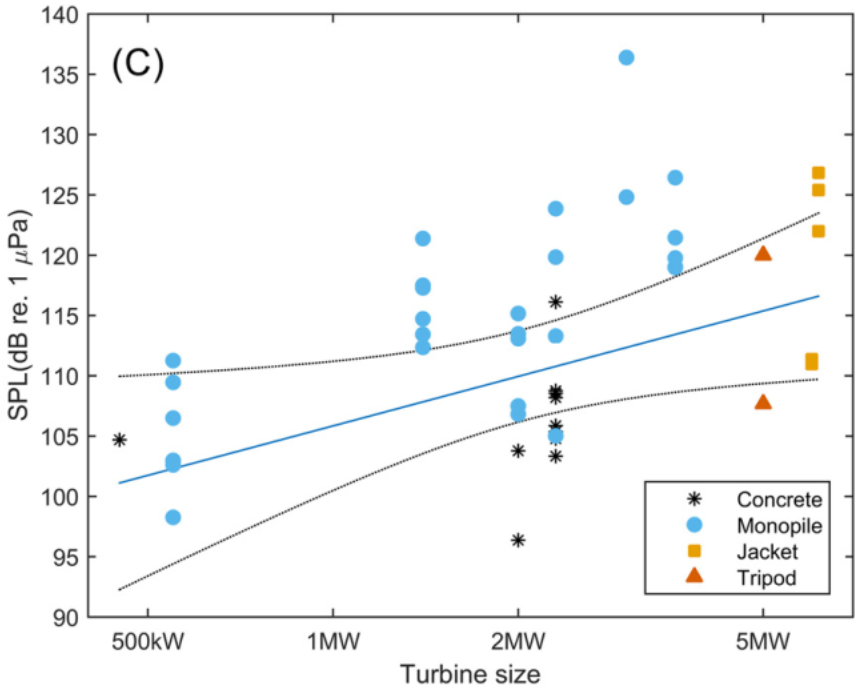
melutason. Toiminnan aikaisen melun ei ole arvioitu vaikuttavan kalojen tai hylkeiden käyttäytymiseen voimaloiden vieressä, jossa melutasot ovat korkeimmillaan. Toiminnan aikaisen melun mallinnus ei ole vakiintunut tapa, esimerkiksi naapurimaissa kuten Tanskassa tai Ruotsissa, ja mallinnuksia tehdään 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.

9.11.3.1 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 9-16) (*Tougaard ym. 2020*).



Kuva 9-16. Kuvassa esitetty sovitettu regressiokäyrä (sininen) ja vaihteluvälit (mustat viivat) äänitason mittaustuloksista, jotka on normalisoitu 100 m päähän voimalasta (Tougaard ym. 2020).

Yllä olevan kuvan yleisen regressiokäyrän (sininen) perusteella voidaan karkeasti arvioida, että äänitasoltaan 100 m 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 turbiinikoon kasvun kanssa vaan voi noudattaa myös asteikon alempaa regressiokäyrää. Tarkempaa rajat ylittävien vaikutusten arviointia on haasteellista tehdä.

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 (esim. 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, ja siksi Hallan hankealueen odotetaan altistuvan pienitaajuiselle 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*)

Hallan merituulivoimapuiston hankealueen lähistöllä on Pohjanlahden päälaivaliikennealueita ja väyliä. Aluetta Suomen ja Ruotsin puolilla hallitsee siis jo nyt vedenalaista melua aiheuttava alusliikenne, ja alueella olevat kalat ovat todennäköisesti jo mukautuneet tiettyyn määrään vedenalaista melua. Kalat käyttävät ulkomerialuetta 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 Suomessa tai Ruotsissa. (*Niras 2023*)

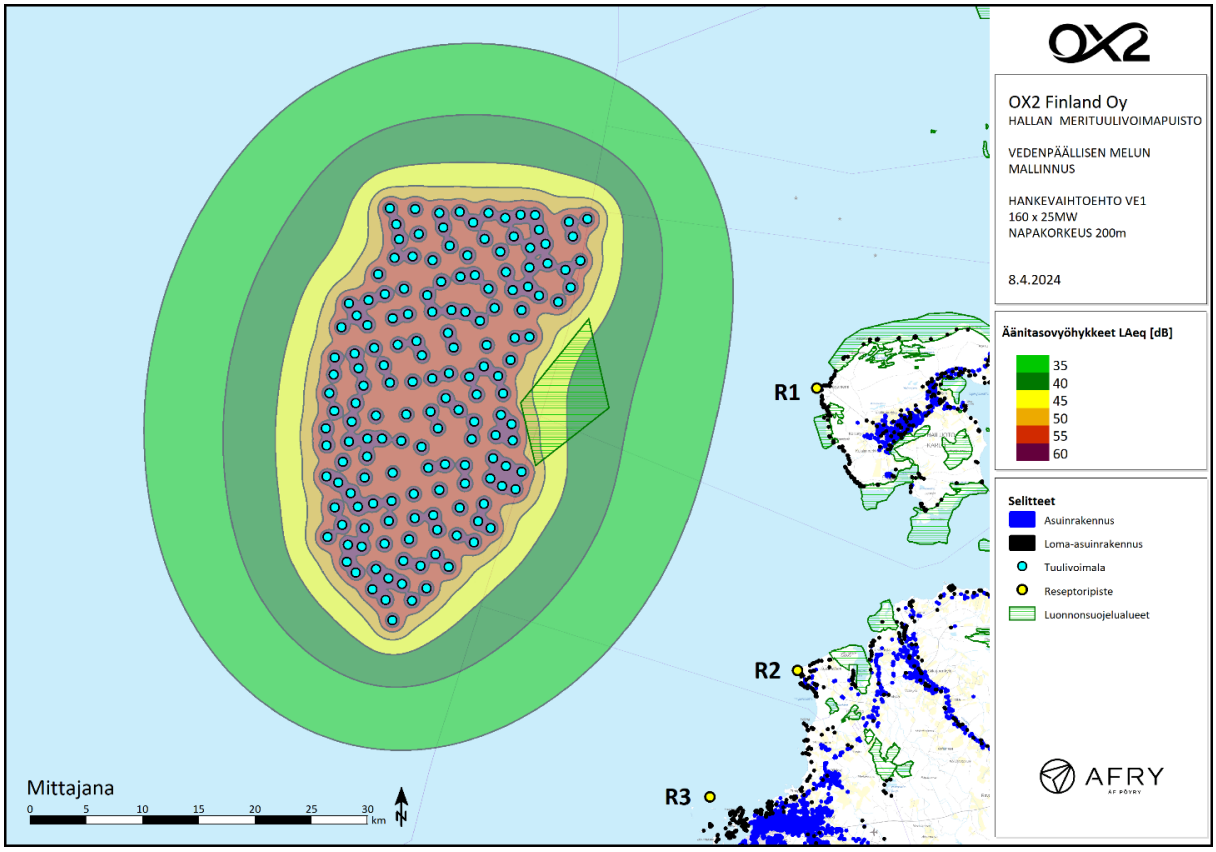
Suurin vaikutus laivamelulla on todennäköisesti hylkeisiin ja niiden käyttäytymiseen. Se voi esimerkiksi aiheuttaa muutoksia niiden ravinnonhankintakäyttäytymisessä alusten läheisyydessä. Hylkeiden herkkyys laivamelulle arvioitiin pieneksi, koska lisääntyvän laivaliikenteen vaikutus käyttäytymiseen tulee olemaan rajallinen ja hyvin lyhytkestoinen. Alue ei ole tärkeä ravinnonhankinta-alue norpille tai harmaahylkeille Suomen tai Ruotsin puolella. Laivamelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin vähäiseksi negatiiviseksi Suomen ja Ruotsin puolella, 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 Suomessa tai Ruotsissa. (*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 Suomessa tai Ruotsissa.

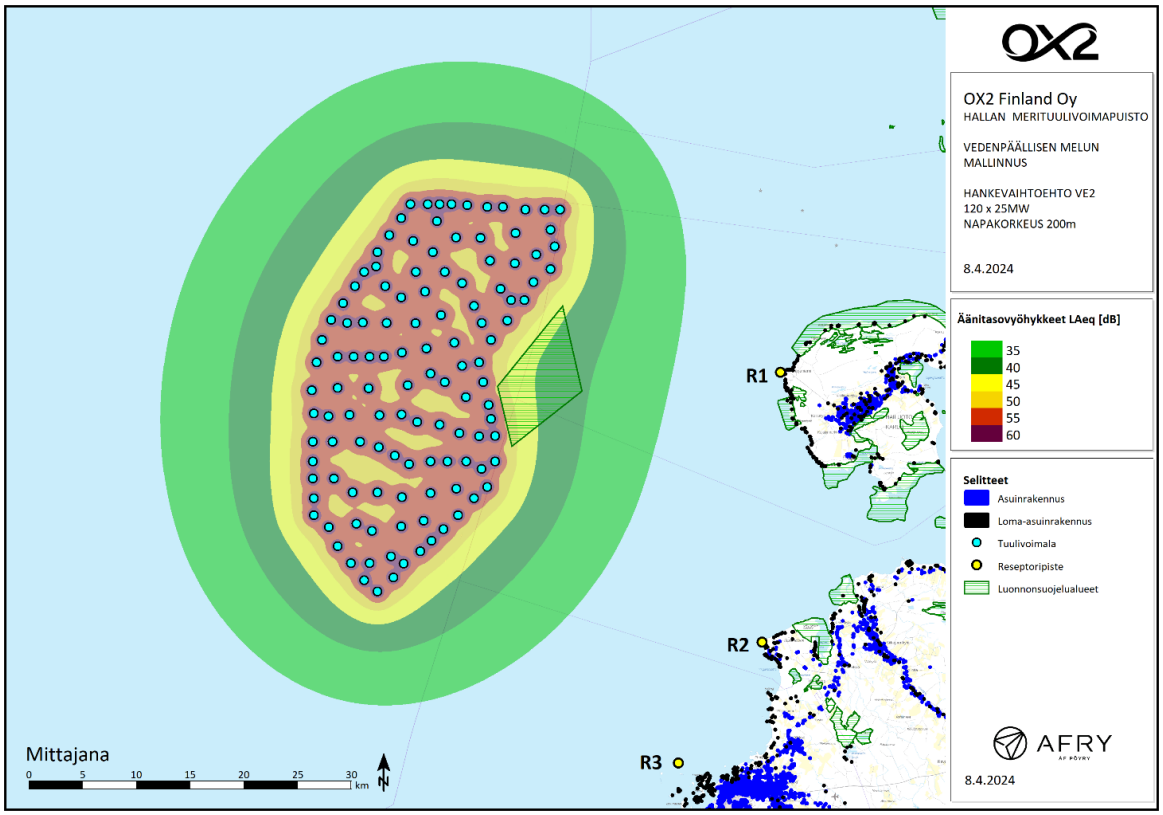
9.11.3.2 Merituulivoimapuisto, vedenpäälliset meluvaikutukset

Toiminnan aikainen vedenpäällisen melun leviäminen Hallan hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 voimaloista on esitetty oheisissa melukartoissa (Kuva 9-17 ja Kuva 9-18). Pienitaajuisen melun laskentatulokset lähimmille altistuville kohteille on esitetty kaaviokuvan avulla seuraavassa kappaleessa.

Melumallinnuksen LAeq keskiäänitason tulokset on laskettu 35 dB:n vyöhykkeelle asti. Alla olevassa 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.



Kuva 9-17. Vedenpäällisen melun leviämismallinnuskartta, 160 voimalaa, VE1.

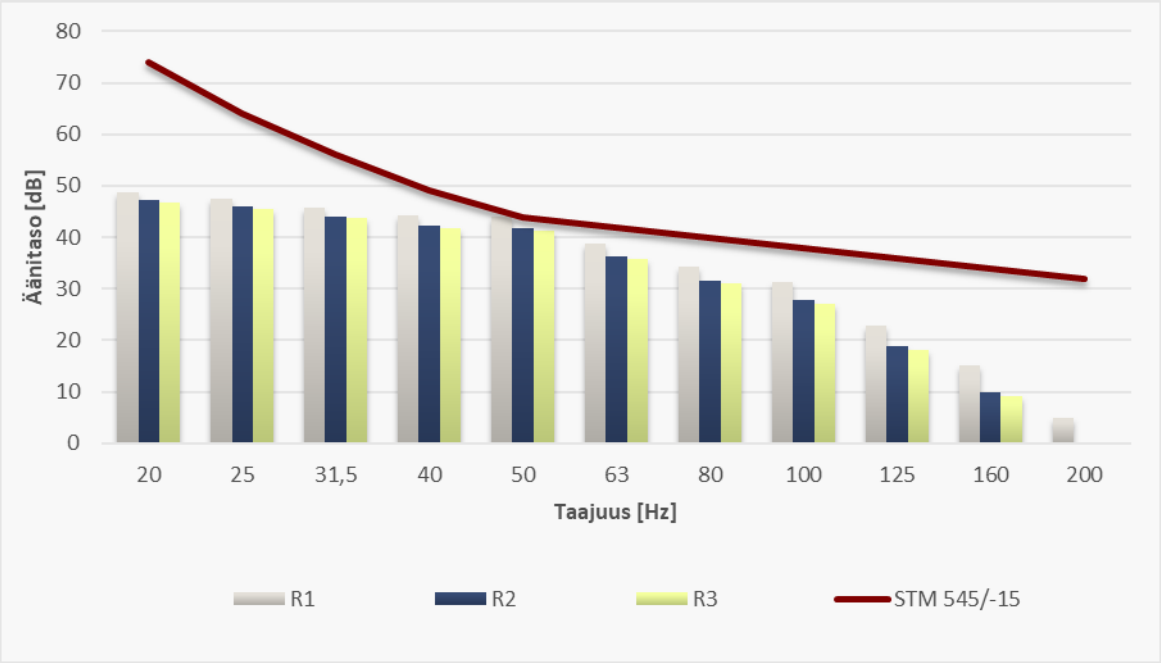


Kuva 9-18. Vedenpäällisen melun leviämismallinnuskartta, 120 voimalaa, VE2.

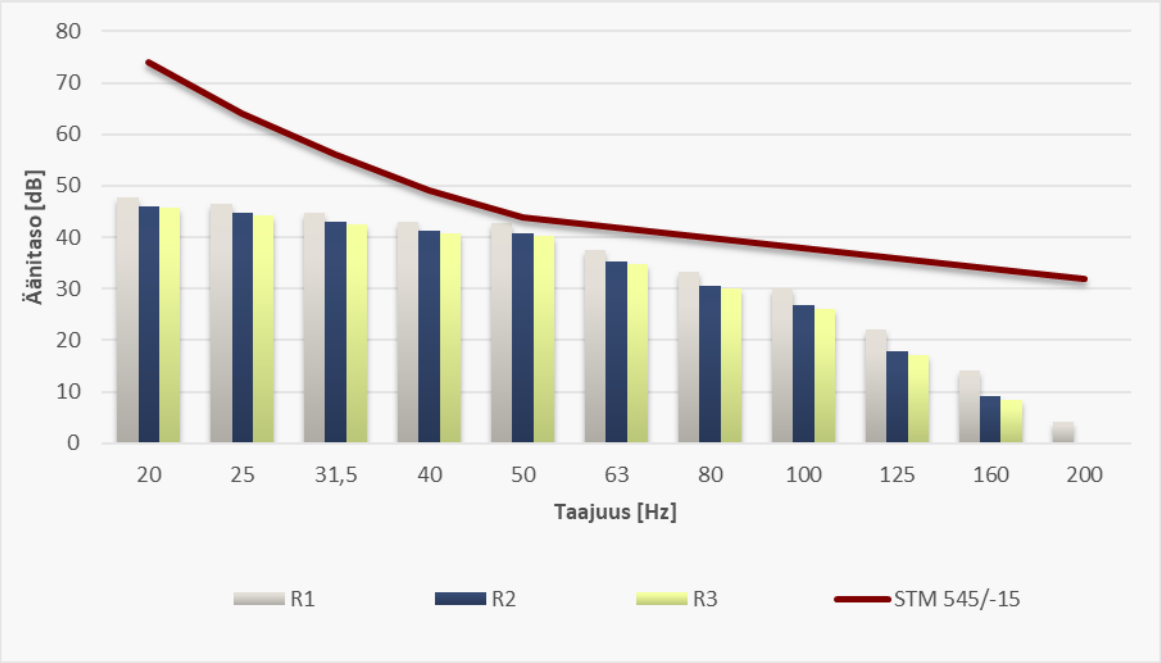
Ulkomelun leviämislaskentojen perusteella tuulivoimamelun yöajan ohjearvoa 40 dB ei ylitetä missään kohteessa Ruotsin puolella.

9.11.3.3 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 9-19. Pienitaajuisen melun laskentatulokset lähimmissä reseptoripisteissä R1-R3, VE1



Kuva 9-20. Pienitaajuisen melun laskentatulokset lähimmissä reseptoripisteissä R1-R3, VE2

Laskennan mukaan sisätilan toimenpiderajat alittuvat Suomen lähimmissä reseptoripisteissä sekä VE1:ssä että VE2:ssa. Vaikutuksia Ruotsin puolelle ei aiheudu.

9.11.3.4 Merikaapeli tai vedyntuotanto ja vetyputkireitit

Vedyn tuotantolaitos merellä aiheuttaa paikallista melua etenkin pumppujen ja puhaltimien vuoksi, joka ei ulotu Ruotsin lähimpiin kohteisiin. Energiansiirrosta ei aiheudu meluvaikutuksia toiminnan aikana.

9.11.3.5 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 rannikosta, ei Ruotsin puolen kohteisiin aiheudu vaikutuksia.

9.11.4 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Toiminnan jälkeen tuulivoimalat puretaan, jolloin syntyy jonkin verran vedenpäällistä paikallista melua purkaustöiden sekä purkualusten toiminnasta.

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 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. Vaikutuksia Ruotsin lähimpiin häiriintyviin kohteisiin eri arvioida aiheutuvan.

9.11.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Meluvaikutusten kasvua tai vähenemistä ei tapahdu hankkeen toteuttamatta jättämisen vuoksi.

9.11.6 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. Kappaleessa on jaettu yhteisvaikutukset vedenpäällisiin ja vedenalaisiin yhteisvaikutuksiin.

9.11.7 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) ja Hallan hanke aiheuttavat melun yhteisvaikutuksia vain ulkomerialueella, missä ei sijaitse häiriintyviä kohteita, kuten kiinteistöjä tai suojelualueita.

9.11.8 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

lähimpien voimaloiden välinen etäisyys on noin vajaa 5 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*) Näin ollen tarkempia rajat ylittäviä vaikutuksia on mahdoton tehdä.

Omegan merituulivoimapuiston, Maanahkiaisen merituulivoimapuiston sekä Ebban, Pyhäjoen, Raahen ja Suurhiekan rakentamisen aikana ei ole odotettavissa samanaikaista paalutusta. Hallan merituulivoimapuiston ja näiden hankkeiden kumulatiivisten vaikutusten odotetaan siksi olevan olemattomia eikä niistä aiheudu rajat ylittäviä vaikutuksia. (*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, mutta ne rajoittuvat ulkomerialueelle missä ei ole esim. hylkeiden tai kalojen kannalta erityisen tärkeitä alueita. (*Niras, 2023b*)

9.11.9 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Rakentamistoiminnan **vedenpäällisen meluvaikutuksen** muutoksen suuruus arvioitiin vähäiseksi myös rajat ylittävien vaikutusten osalta merituulivoimapuiston eri hankevaihtoehtojen (VE1 ja VE2) suhteen. Vaikutusten kokonaismerkittävyys on siten vähäinen, eikä vaihtoehtojen välillä ollut suuria eroja.

Vedenalaisen melun osalta hylkeiden herkkyys käyttäytymisvaikutuksille arvioitiin kohtalaiseksi myös rajat ylittävien vaikutusten osalta, 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) ja ulottuvat näin ollen myös Ruotsin puolelle.

Hallan merituulivoimapuiston hankealueella paaluajon aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan vähäistä kaloille, eikä se vaikuta kalakantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä Suomessa tai Ruotsissa.

Merituulivoimapuiston perustusten rakentamisen vedenalaisten meluvaikutusten muutoksen suuruus lieventämistoimien kanssa arvioitiin tässä siten kokonaisuudessaan kohtalaiseksi rajat ylittävien vaikutusten osalta. Rajat ylittävien vaikutusten kokonaismerkittävyys on siten kohtalainen eikä vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ollut suuria eroja. 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.

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 muutoksen suuruus rajat ylittävien vaikutusten osalta kohtalainen negatiivinen (sisältää myös tuulivoimaloiden rakentamisen). Arvion

lähtöoletuksena on, että rakentamiseen kohdistetaan lieventämistoimia aivan kuten tuulivoimaloiden rakentamisessa, mikäli joudutaan käyttämään paalutusta. 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 eikä ulotu Ruotsin lähimpiin kohteisiin. Rakentaminen voi sisältää monia eri vaiheita, mutta näiden ei uskota aiheuttavan kuin enintään vähäisiä paikallisia negatiivisia vaikutuksia.

Merituulivoimapuiston molempien hankevaihtoehtojen (VE1 ja VE2) käytönaikaisten **vedenpäällisten** meluvaikutusten ei arvioida ulottuvan Ruotsin kohteisiin.

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 ulkomerialuetta 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.

Käytönajan laivaliikenteen sekä voimaloiden toiminnasta aiheutuvan vedenalaisen meluvaikutuksen muutoksen suuruus kohtalaiseksi molemmissa hankevaihtoehdoissa (VE1 ja VE2) myös rajat ylittävien vaikutusten osalta johtuen ennen kaikkea voimalakoon käytönajan meluvaikutustason epävarmuuksista, sillä tämän kokoluokan voimaloiden käytönajan vaikutuksista ei ole saatavissa tietoa. Vaikutusarvioinnin voimalan äänitasojen arviointi on tehty hyödyntäen olemassa olevaa dataa ja tulokset on extrapoloitu vastaamaan 25 MW:n voimalakoon tasoa.

Vedyn tuotannon mahdollisuus sisältyy molempiin hankevaihtoehtoihin VE1 ja VE2. Vedyntuotannon käytönaikainen meluvaikutus kohdistuu pääasiassa veden päälle avomerelle. Vedyntuotannon aiheuttama melutaso on suurimmillaan laitoksen vieressä Suomen puolella 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). Siten vedyntuotannon vaikutuksen merkittävyys arvioitiin tässä vähäiseksi negatiiviseksi myös rajat ylittävien vaikutusten osalta. Eri hankevaihtoehdoilla on vain vähäisiä eroja.

9.11.10 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.

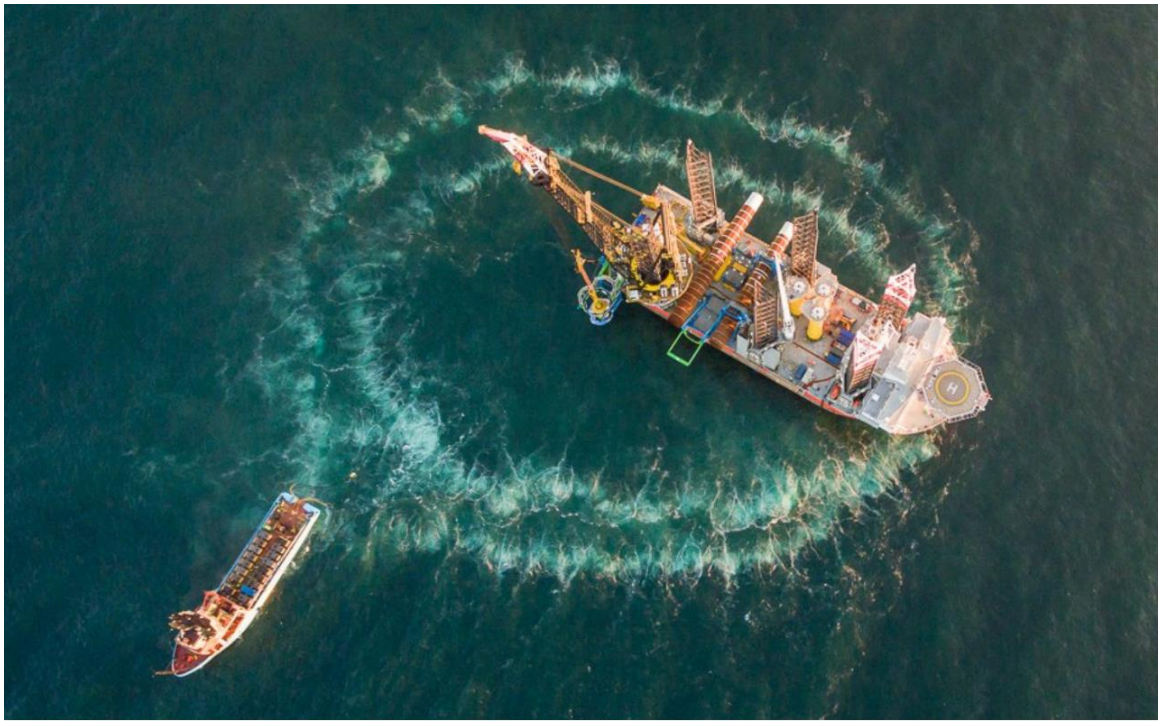
Toiminnan aikaa ei erikseen mallinnettu. Mikäli hankkeessa todetaan tarve toiminnan aikaiselle mallinnukselle, esimerkiksi tietyn kohteen suhteen, tai tarkemmalle tarkastelulle, voidaan se toteuttaa tarvittaessa hankkeen jatkoluvituksessa.

9.11.11 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Vedenalaisen melun haitalliseen vaikutusalueeseen voidaan vaikuttaa laskemalla melulähteen äänitasoa, vaimentamalla melun etenemistä sekä huomioimalla alueella esiintyvien lajien erityispiirteitä.

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 9-21. 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*)

Käytönajan vedenpäällisten sekä vedenalaisten meluvaikutusten laajuuteen voidaan vaikuttaa teknisten vaimennusratkaisujen, tuulivoimalamallin sekä siipityypin valinnalla, vaikka tässä ei todettukaan rajat ylittäviä vaikutuksia Ruotsin puolen kohteisiin ja eläimistöön kohdistuu korkeintaan vähäisiä vaikutuksia. Vedenpäällisiin ja osin vedenalaisiin meluvaikutuksiin voidaan vaikuttaa käyntitehon optimoinnin kautta siten että tuulivoimaloita on mahdollista ajaa nk. melumoodeilla, jolloin esim. roottorin pyörimisnopeutta rajoitetaan kovemmilla tuulennopeuksilla siiven lapakulmaa säätämällä. Näitä 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.

Mikäli merialueelle toteutuisi useita merituulivoimahankkeita, korostuisivat haittojen ehkäisy ja lieventämiskeinojen tärkeys entisestään.

9.12 Välke

Tuulivoimahankkeen aiheuttaman välkkeen vaikutuksia on arvioitu laskennallisin menetelmin käyttäen tähän tarkoitukseen kehitettyä ohjelmistoa. Laskentamalli huomioi hankealueen sijainnin (auringonpaistekulma, päivittäinen valoisa aika), tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelman, voimaloiden aiheuttaman välkkeen yhteisvaikutuksen, tuulivoimaloiden mittasuhteet (napakorkeus, roottorin halkaisija, lapaprofiili), maaston korkeuskäyrät sekä valitut laskentaparametrit.

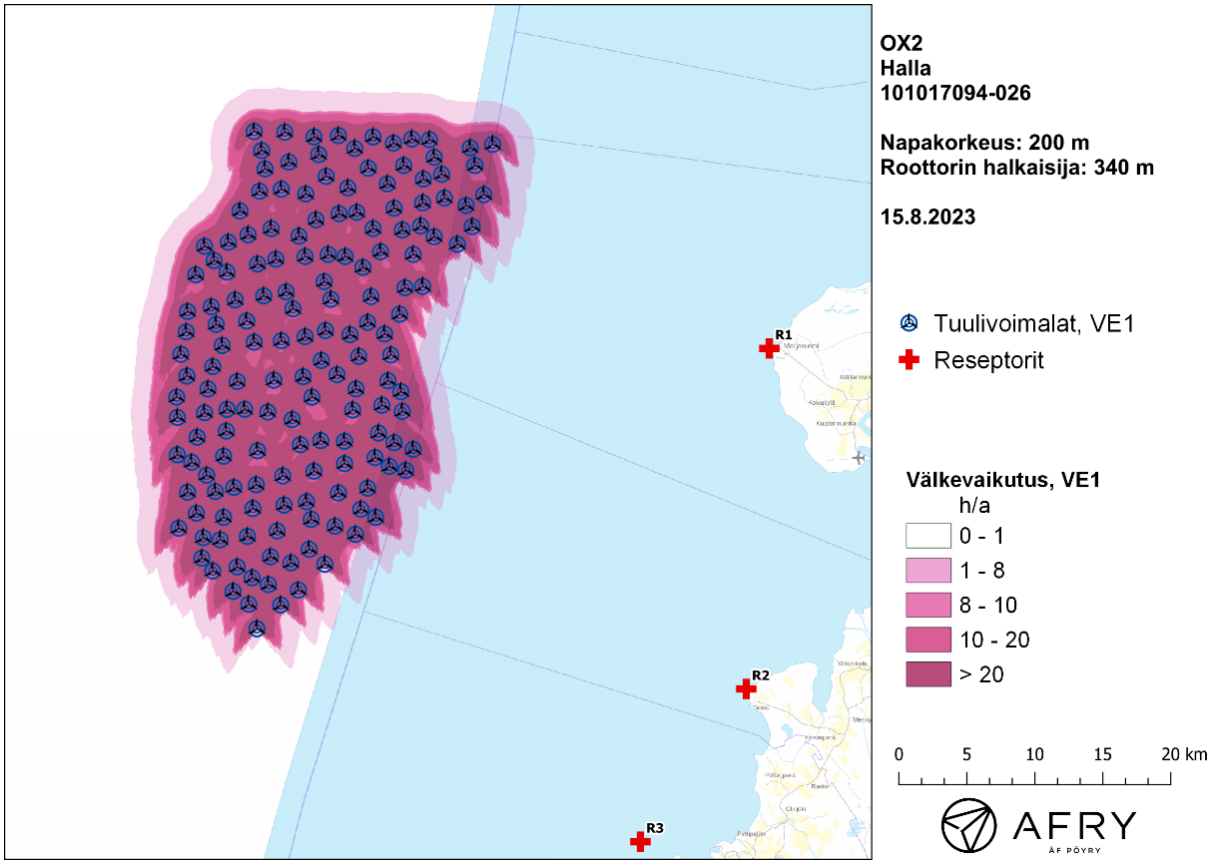
Tulosten havainnollistamista varten on määritetty niin kutsuttuja reseptoripisteitä (lähimpänä tuulivoimaloita sijaitsevia asuinkohteita Suomen puolelta), joille on laskettu yksityiskohtaisemmat tulokset.

Välkemallinnuksen tuloksena on saatu välkkeen esiintymisen määrä ja ajankohta tarkastelluille merituulivoimapuiston sijoitussuunnitelmille. Mallinnuksen tulokset on esitetty karttakuvina sekä reseptoripistekohtaisina numeerisina arvoina.

Hankkeen välkemallinnus on tehty voimaloiden kokonaiskorkeudelle 370 metriä. Koska tarkkoja voimalapaikkoja ei vielä hankkeen YVA-vaiheessa määritellä (ainoastaan alustava suunnitelma), on mallinnuksessa käytetty esimerkkisijainteja ja -korkeuksia (ns. worst case -tilanteita), joita käyttämällä välkevaikutukset olisivat maksimaalisia suhteessa lähimpiin häiriintyviin kohteisiin. Välkemallinnuksen tuloksia on käytetty suuntaa-antavasti myös mahdollisesti Ruotsin puolelle kohdistuvien vaikutusten arviointiin.

Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin.

Välkemallinnusten mukaan Hallan merituulivoimahankkeesta ei aiheudu asutukselle välkevaikutusta tarkastelluilla suunnitteluvaihtoehdoilla (VE1 ja VE2), voimalasijainneilla, napakorkeuksilla ja roottorin halkaisijoilla. Kuvassa (Kuva 9-22) on esitetty välkemallinnuskartta hankevaihtoehdolla VE1 eli maksimimäärällä voimaloita. Hallan voimaloiden aiheuttama välkevaikutus rajoittuu pelkästään merialueille, eikä ulotu Suomen tai Ruotsin maa-alueille.



Kuva 9-22. Todennäköinen vuotuinen välkevaikutus Hallan vaihtoehdolle VE1.

9.13 Talous ja elinkeinot

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 kansainvälisellä tasolla. Aluetaloudelliset vaikutukset ovat suurimmillaan hankkeen tuotannon aikana ja ne ovat kokonaisuutena merkittävät ja voivat ulottua myös Suomen rajojen yli. 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. Edellä kuvattujen mekanismien kautta myönteisiä aluetalousvaikutuksia voi kohdentua myös Ruotsiin.

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 suomalaisten käyttökustannusten osuus on yli 90 prosenttia, mistä paikallinen osuus on noin kolmasosa.

Käyttökustannuksista noin 9 prosenttia kohdistuu ulkomaille ja siten ne voivat kohdistua myös Ruotsiin.

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. Työllisyysvaikutukset voivat kohdentua myös Ruotsiin.

Hankkeella on positiivisia aluetaloudellisia vaikutuksia myös verotulojen kautta, mutta niiden arvioidaan kohdentuvan Suomeen.

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 niin Suomen kuin kansainväliseenkin merenkulun navigointiin ja kauppamerenkulkuun pyritään välttämään.

Muista hankkeista syntyvät mahdolliset yhteisvaikutukset kohdistuvat ennen kaikkea kalatalouteen, mikäli kaupallinen kalastus estyy Hallan ja Polargrundin hankkeiden alueella. On kuitenkin otettava huomioon, etteivät em. alueet ole nykyisellään merkittäviä kaupallisen kalastuksen alueita.

9.14 Luonnonvarat

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. Nämä vaikutukset voivat heijastua Suomen rajojen yli, mutta suunnittelun ollessa alkuvaiheessa ei voida vielä arvioida, kohdentuvatko vaikutukset Ruotsiin.

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 rakentamiskohteen lähellä. Muutokset laadussa ja sameutumisessa voivat haitata luonnonvarasta saatavia välittömiä ja välillisiä hyötyjä esimerkiksi virkistyskäytössä tai elinympäristönä kalastolle. Ulkomerialueen virkistyskäyttö ja merkitys kalastolle arvioidaan kuitenkin suhteellisen alhaiseksi.

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. Käytöstä poistolla ei arvioida olevan kuin korkeintaan vähäisiä rajat ylittäviä vaikutuksia.

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.

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.

9.15 Ihmisten elinolot, viihtyvyys ja virkistyskäyttö ja terveys

Rakentamisvaiheessa hankkeen merkittävimmät vaikutukset ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön aiheutuvat erityisesti lisääntyvästä meriliikenteestä sekä rakentamisen aiheuttamasta häiriöstä merialueella. Virkistyskäyttöön kohdistuvia vaikutuksia voivat olla väliaikaiset häiriöt esim. veneilyyn ja kalastukseen, mutta koska ulkomerialuetta käytetään suhteellisen vähän em. toimintoihin, arvioidaan rajat ylittävät vaikutukset vähäisiksi.

Toimintavaiheessa hankkeen merkittävimmät vaikutukset ihmisiin muodostuvat erityisesti merituulivoimapuiston maisemavaikutuksista. Tuulivoimalat näkyvät laajalle alueelle siten, että merkittävimmät maisemalliset vaikutukset kohdistuvat läheisille meri- saaristo- ja ranta-alueille Suomen ja Ruotsin puolelle, joista avautuu suoria näkymiä merituulivoimapuiston suuntaan. Myös lentoeste- ja navigointivalojen näkyminen liittyy maiseman muuttumiseen.

Suunnitellun puiston on tarkoitus ulottua noin 40 kilometrin päähän Norrbottenin rannikon ulkosaaristosta ja noin 60 kilometrin päähän suurimmasta osasta sisäsaaristoa ja rannikkokaistaleesta. Tuulivoimapuisto näkyy horisontissa ulkosaariston lähempänä sijaitsevissa osissa tietyissä sääolosuhteissa. Voidaan todeta, että maiseman ja tuulivoimapuiston välinen suuri etäisyys määrää muutoksen asteen.

Alueella toimii myös muita tuulivoimapuistojen toimijoita. Frevisörenin valokuvauspisteestä on tuotettu kumulatiivisen vaikutuksen valokuvasovitteita. Kumulatiivinen vaikutus voi syntyä ulkosaariston vyöhykkeillä, jos suurempi määrä tuulivoimaloita muuttaa siellä nykyisin vallitsevaa maisemakokemusta, jossa on laajat näkymät horisonttiin ympäristössä, joka koetaan suhteellisen koskemattomaksi ja luonnonläheiseksi. Ruotsin rajan sisäpuolelle suunnitellut tuulivoimapuistot (jos ne hyväksytään ja rakennetaan), jotka ovat lähempänä valokuvauspistettä, näkyvät todennäköisesti selkeämmin kuin Hallan voimalat, jotka ovat niiden takana.

Yhteenvetona voidaan todeta, että suurempi etäisyys vaikuttaa lieventävästi muutokseen, joka saattaa tapahtua maisemakuvassa suunnitellun tuulivoimapuiston myötä. Voimalat näkyvät hyvissä näkyvyysolosuhteissa pääasiassa Norrbottenin rannikon ulkosaaristoalueilla. Lähempänä rannikkoa ja sisäsaaristoa visuaalinen vaikutus vähenee.

Hankkeesta ei aiheudu melun kautta ihmisiin kohdistuvia vaikutuksia, sillä Ruotsin puolen lähimmät kiinteistöt sijaitsevat niin kaukana. Merituulivoimapuistolla ei ole suoria terveysvaikutuksia missään vaiheessa hanketta.

Kansallisen YVA-menettelyn yhteydessä tehdyn kaikille avoimen asukaskyselyn mukaan hankkeella arvioitiin olevan positiivisia vaikutuksia erityisesti ilmastonmuutoksen torjuntaan. Eniten

huolia herättivät hankkeen maisemavaikutukset. Asukaskyselyyn saatiin 178 vastausta. Vastausaktiivisuutta voidaan pitää aiempien YVA-hankkeiden kyselytutkimuksiin verrattuna tavallista matalampana.

9.16 Turvallisuus sekä tutka- ja viestintäyhteydet

Tuulivoimapuiston 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 varautuminen mahdollisten kemikaalivuotojen ehkäisyyn ja hallintaan.

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 tarvittaessa myös kansainvälisellä tasolla yhteistyössä esimerkiksi ruotsalaisten viranomaisten kanssa.

Räjähtämättömien ammusten ja miinojen esiintymisestä tehdyn selvityksen perusteella merituulivoimapuiston alueella ei havaittu kohonnutta riskiä räjähtämättömistä ammuksista tai miinoista, jotka voisivat aiheuttaa tapaturman rakentamisaikana ja sitä kautta rajat ylittäviä vaikutuksia.

Meriliikenteeseen liittyvät riskit (mm. törmäysriski ja navigointiin ja viestintälaitteisiin liittyvät riskit, jäänmuodostumiseen ja talvimerenkulkuun liittyvät riskit) on käsitelty liikenneluvussa 9.10.

Puolustusvoimien ampuma ja suoja-alueet on käsitelty myös liikenneluvussa. Vaikutukset tutkajärjestelmiin on kuvattu samoin liikenneluvussa.

Talviaikana sopivissa olosuhteissa tuulivoimalan lapoihin saattaa kertyä jäätä, joka voi irrota. Jään kertymistä lapoihin pyritään estämään lapojen jäätymisenestoratkaisuilla. Riski, että irronnut jää aiheuttaisi vahinkoja Suomen tai Ruotsin puolella on erittäin pieni. Merituulivoimapuiston alueella liikutaan hyvin vähän talviaikaan esim. hylkeenmetsästyksen aikaan.

Mahdollisiksi vaarallisiksi tilanteiksi on arvioitu esim. 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.

Vaihtoehtoisesti hankkeessa tuotetusta sähköstä tuotetaan vetyä merituulivoimapuiston alueella. Tuotettu vety siirretään mantereelle vetyputken kautta.

Vedyntuotantoon liittyvät merkittävimmät riskit arvioitiin olevan vetyvuodot tuotannonlaitteistoissa ja putkistoissa sekä vetyvuodon syttyminen ja tästä aiheutuva tulipalo tai räjähdys.

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.

9.17 Yhteenveto rajat ylittävistä yhteisvaikutuksista muiden tiedossa olevien hankkeiden kanssa

Perämerelle Suomen sekä Ruotsin puolelle on suunnitteilla useita merituulivoimahankkeita. Hallaa lähimmät hankkeet Ruotsin puolella ovat Polargrund ja Omega (Kuva 3-2). Lähempänä Ruotsin rannikkoa sijaitsee lisäksi Bores Krona -hanke.

Suomen puolen hankkeista ei arvioida olevan Ruotsin puolelle kohdistuvia yhteisvaikutuksia Hallan hankkeen kanssa, sillä ne sijaitsevat suhteellisen kaukana Ruotsin talousvyöhykkeen rajasta.

Ruotsin puolelle on suunnitteilla useita merituulivoimahankkeita Suomen hankkeiden ja Ruotsin rannikon välisemme merialueella, jotka estäisivät tehokkaasti näkymiä Suomen puolella sijaitsevien hankkeiden ja Ruotsin rannikon välillä. Mikäli Ruotsin puolen hankkeet eivät toteudu ja avoimia teoreettisia näkymiä avautuisi Suomen puolelle, niin ainoa hanke, joka voisi aiheuttaa vähäisiä yhteisiä maisemavaikutuksia Hallan kanssa Ruotsin puolelle on Kiisla, jolle ei myönnetty tutkimuslupaa, eikä sitä siten edistetä. Kihu on Hallan kanssa vaihtoehtoinen hankealue, eikä siten aiheuta yhteisvaikutuksia.

Suomen talousvyöhykkeelle sijoittuvan Hallan ja Ruotsin aluevesille sekä talousvyöhykkeelle sijoittuvan Polargrundin hankkeiden vesistörakentaminen voi ajoittua samaan aikaan ja siten voi aiheutua vesistöön kohdistuvia yhteisvaikutuksia Suomen talousvyöhykkeen merialueelle ja Ruotsin puolelle.

9.17.1 Rakentamisaikaiset yhteisvaikutukset

Rakentamisaikaisia yhteisvaikutuksia voi alustavien aikataulujen perusteella olla Polargrundin kanssa, jonka vesistörakentamisen toimia voi olla Hallan kanssa samaan aikaan.

Ison merituulivoimapuiston rakentamisen arvioidaan tapahtuvan vaiheittain. Hallan merituulivoimapuiston 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 ja siten ei vielä ole tiedossa tarkemmin, kuinka paljon Polargrundin hankkeen kanssa tulisi tapahtumaan rakentamista samaan aikaan. 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 esim. sedimenttien leviämisestä. Edellä mainitusta portaittainen rakentamisen ajoittuminen myös vähentää mahdollisia rajat ylittäviä vaikutuksia.

9.17.1.1 Vesistö ja merinisäkkäät

Sameuden leviämisen ja sedimentaation mallinnuksessa (*Niras 2023*) havaittiin, että kiintoaines ei leviä kovin kauas merituulivoimapuistoalueen ulkopuolelle, joten yhteisvaikutukset vedenlaatuun jäävät todennäköisesti hyvin vähäisiksi.

Muiden Ruotsin puolen hankkeiden kanssa (Omega ja Bores Krona) 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 Suomen puolella, jos Kiislan, Raahe-Siikajoen ja Siikajoki-Hailuodon rakentaminen ajoittuisi samaan aikaan Hallan kanssa, sillä näiden kaapelireitit sijoittuisivat todennäköisesti Hallan kaapelireittien lähettyville. Nämä vaikutukset eivät kuitenkaan ulotu Ruotsin puolelle. 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 Suomen 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 Suomen puolella 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 pääasiassa Suomen aluevesille sijoittuvan sähkönsiirtoverkon rakennusvaiheen, mahdollisen vetyputkien rakennusvaiheen, sekä Suomen talousvyöhykkeelle sijoittuvan merituulivoimapuiston rakentamisen. Näistä itse merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyy enemmän meluavia ja häiritseviä työvaiheita (mm. mahdollisten paalutusten vuoksi), kuin sähkönsiirtoverkon rakentamiseen. Hallan hankkeelle laaditun vedenalaisen melumallinnuksen mukaan rakentamisen aikaiset negatiiviset vaikutukset merinisäkkäille jäävät vähäisiksi. Polargrundin hankkeen rakentamisen mahdollisesti ajoittuessa samaan aikaan Hallan rakentamisen kanssa, voidaan yhteisvaikutusten arvioida olevan kohtuullisen kielteisiä, mutta ne ovat ajallisesti rajallisia (rakentamisen kesto noin 3 avovesikautta). Kaiken kaikkiaan haitat merinisäkkäille rakentamisen aikana arvioitiin Hallan osalta melko pieniksi, koska hankealueella on jo nykyisellään häiriötä ja vedenalaista melua aiheuttavaa toimintaa (esimerkiksi laivaliikennettä), eikä merinisäkkäitä todennäköisesti esiinny avomerialueella kovin runsaasti.

9.17.1.2 Kalasto ja kalastus

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 kalastoon kohdistuvia yhteisvaikutuksia voi aiheutua. Ammattikalastus on kuitenkin hyvin vähäistä ulkomerialueella, joten vaikutukset arvioidaan kokonaisuudessaan vähäisiksi.

9.17.1.3 Linnusto

Rakentamisen aikana voi aiheutua mm. lisääntyneen meriliikenteen ja vedenalaisen sekä -päällisen melun kautta kielteisiä yhteisvaikutuksia linnustoon, jotka arvioidaan kuitenkin suhteellisen vähäisiksi niin Suomen kuin Ruotsinkin puolella. Rakentaminen jakautuu kuitenkin

todennäköisesti noin kolmelle vuodelle, joten häiriövaikutus on tiettynä ajankohtana suhteellisen paikallinen.

9.17.1.4 Meriliikenne

Lisäksi rakentamisesta aiheutuu melua ja meriliikenteen lisääntymistä, joilla voi olla yhteisvaikutuksia Polargrundin hankkeen kanssa mm. linnustoon, meriluontoon ja kalastoon (mm. sameuden ja vedenalaisen melun lisääntyminen), kalastukseen ja muuhun merellä liikkumiseen (kauppamerenkulku, virkistyskäyttö).

Hallan hankkeesta ei arvioida aiheutuvan suoria yhteisvaikutuksia Bothnia Offshore Omega -hankkeen rakentamisen aikana, sillä hankealueiden välimatka on 19 km 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 yhteisvaikutuksia.

9.17.2 Toiminnanaikaiset yhteisvaikutukset

9.17.2.1 Vesistö ja merinisäkkäät

Merituulivoimapuistoilla voi toimintavaiheessa todennäköisesti olla kohtalaista kielteisiä 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, joskin vaikutus arvioitiin kokonaisuudessaan vähäiseksi kielteiseksi. Veden sekoittumiseen liittyvät muutokset voivat vaikuttaa edelleen mm. ravinteiden esiintymiseen ja sitä kautta edelleen kasviplanktoniin ja muuhun ravintoverkkoon. Useiden tuulivoimapuistoalueiden ja erityisesti lähekkäin toisiaan sijaitsevien Hallan ja Polargrundin hankkeiden tapauksessa em. ilmiöt olisivat todennäköisesti päällekkäisiä ja mahdollisesti kumulatiivisia ja siten ne voidaan yhteisvaikutustensa osalta arvioida kohtalaisiksi kielteisiksi.

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, lähin voimala vajaa 5 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 eikä siten myöskään rajat ylittäviä vaikutuksia.

9.17.2.2 Kalasto ja kalastus

Hallan ja Polargrundin hankkeilla voi olla käytönaikaisia kalastoon kohdistuvia vedenalaisen 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 rajat ylittäviä yhteisvaikutuksia, sillä eri hankkeiden kaapelireitit eivät tämänhetkisten tietojen perusteella sijoitu samoille alueille.

Tuulivoimaloiden aiheuttama tuulimuutos vaikuttaa laajemmin merialueen virtauksiin, aallokkoon ja sekoittumiseen, millä on vaikutusta myös veden lämpötilaan kuten edellisessä

kappaleessa on kuvattu ja vaikutukset voivat näkyä myös Ruotsin puolella. 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 myös Ruotsin puolella. Vedyntuotannon vaikutukset veden lämpötilaan jäisivät etenkin hajautetusti tehtynä mallinnuksen perusteella hyvin vähäisiksi ja edelleen Ruotsin puolelle kohdistuvat vaikutukset niin ikään hyvin vähäisiksi.

Tuulivoimala-alueilla voi toimintavaiheessa todennäköisesti olla kohtalaista/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.

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 Polargrundin hankkeen kanssa, joka voi aiheuttaa vähäisiä kielteisiä vaikutuksia kalastoon.

Tuulivoimahankkeista aiheutuvat kalastukseen kohdistuvat haitalliset yhteisvaikutukset voivat olla teoriassa merkittäviä, sillä troolikalastus voi kokonaan estyä tuulivoimaloiden sijoittamisesta johtuen. Sekä Hallan että Polargrundin merituulivoimapuistojen alueella on kuitenkin vain vähän troolikalastusta, joten yhteisvaikutukset kalastukselle arvioidaan vähäisen kielteisiksi.

9.17.2.3 Linnusto

Hallan ja Polargrundin 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.

Hallan lounaispuolella sijaitseva Omega-merituulipuisto sijoittuu myös osittain samalle lounais-koillis-suuntaiselle lintujen muuttoreitille, mutta todennäköisesti valtaosa Hallan hankealueen kautta muuttavista linnuista lentää kuitenkin Omegan kaakkois- ja itäpuolelta.

Laajassa mittakaavassa muuttolinnuston osalta yllä mainittujen hankkeiden lisäksi periaatteessa kaikki samalle muuttoreitille sijoittuvat hankkeet aiheuttavat yhteisvaikutuksia. Vaikutuksen merkittävyyttä on kuitenkin hyvin vaikea, ellei mahdoton tarkasti arvioida. 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.

Merituulivoimapuiston huoltoon liittyvän huoltoliikenteen arvioidaan aiheuttavan erittäin vähäisiä liikennevaikutuksia ja sitä kautta erittäin vähäisiä vaikutuksia linnustoon Ruotsin puolella.

9.17.2.4 Meriliikenne

Perämeren alueelle on suunnitteilla useita merituulivoimapuistoja. Meriliikenteeseen kohdistuvien rajat ylittävien yhteisvaikutusten merkittävyydeksi ilman lieventämistoimia arvioidaan molempien hankevaihtoehtojen tapauksessa suuri negatiivinen Ruotsin talousvyöhykkeen rajalla, mikäli nykyisin Hallan alueen halki kulkeva meriliikenne siirtyisi toiminnan aikana merkittävissä määrin Nordvalen-Kemi -meriliikennereitille ja reitin länsipuolella sijaitsee Polargrundin hanke. Lähekkäiset hankkeet mm. muuttavat navigointia nykyisestä ja nostavat riskiä aluksen törmäämiseen tuulivoimalaan.

Erityisesti läheisten (Polargrund ja Omega) merituulivoimapuistojen toteutuminen aiheuttaa meriliikenteelle merkittäviä yhteisvaikutuksia, joilla voisi olla merkittäviä rajat ylittäviä vaikutuksia kaikkien nyt suunniteltujen merialueen hankkeiden toteutuessa, mikä on kuitenkin hyvin epätodennäköistä.

Merituulivoimapuistojen meriliikenteelle aiheuttamia kielteisiä yhteisvaikutuksia voidaan pyrkiä lieventämään monin eri keinoin. Ensimmäinen lähtökohta on luoda selkeät ja noudatettavat turvaetäisyydet tuulivoimapuistojen ja meriliikenteen välillä esimerkiksi riskiarvion perusteella yhdessä viranomaisten kanssa kansainvälisellä tasolla.

9.17.2.5 Maisema

Alueella toimii myös muita tuulivoimapuistojen toimijoita. Frevisörenin valokuvauspisteestä on tuotettu kumulatiivisen vaikutuksen valokuvasovitteita. Kumulatiivinen vaikutus voi syntyä ulkosaariston vyöhykkeillä, jos suurempi määrä tuulivoimaloita muuttaa siellä nykyisin vallitsevaa maisemakokemusta, jossa on laajat näkymät horisonttiin ympäristössä, joka koetaan suhteellisen koskemattomaksi ja luonnonläheiseksi. Ruotsin rajan sisäpuolelle suunnitellut tuulivoimapuistot (jos ne hyväksytään ja rakennetaan), jotka ovat lähempänä valokuvauspistettä, näkyvät todennäköisesti selkeämmin kuin Hallan voimalat, jotka ovat niiden takana.

Yhteenvetona voidaan todeta, että suurempi etäisyys vaikuttaa lieventävästi muutokseen, joka saattaa tapahtua maisemakuvassa suunnitellun tuulivoimapuiston myötä. Voimalat näkyvät hyvissä näkyvyysolosuhteissa pääasiassa Norrbottenin rannikon ulkosaaristoalueilla. Lähempänä rannikkoa ja sisäsaaristoa visuaalinen vaikutus vähenee.

Toiminnan päättymisen jälkeiset yhteisvaikutukset

Toiminnan päättymisen jälkeiset rajat ylittävät yhteisvaikutukset ovat samanlaisia kuin rakentamisenaikaisen yhteisvaikutukset, mutta todennäköisesti pienempiä. Yhteisvaikutuksia syntyy erityisesti, jos rakenteiden purkaminen tapahtuu toisiaan lähellä sijaitsevilla kohteilla samaan aikaan.

9.18 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 mahdolliset rajat ylittävät vaikutukset on käsitelty vaikutusaluekohtaisesti kunkin arviointiosion yhteydessä.

Käytöstä poiston vaikutukset riippuvat aikanaan valittavasta menetelmästä ja käytöstä poiston asteesta. Mikäli vain osa perustuksista poistetaan, ovat vaikutukset sameuden ja kiintoaineen leviämisen kautta lievemmät kuin tilanteessa, missä kaikki perustusrakenteet poistettaisi, mutta kummankaan vaihtoehdon osalta ei ole arvioitavissa rajat ylittäviä vesistövaikutuksia. Kaikkien perustusten purkaminen toiminnan päättymisen jälkeen on kuitenkin epätodennäköistä ja tavoitteena on ainakin osittain jättää rakenteita meren pohjaan, sillä ne ovat voineet muodostaa ns. keinotekoisen riutan ja siten muuten monimuotoisen syvän ulkomerialueen osalta muutos on voinut olla myönteinen ja heijastua lajiston monipuolisuuteen rajat ylittävästi. Meriympäristön kannalta rakenteiden osittainen jättäminen meren pohjaan voi olla perusteltua. Hankkeen purkaminen tehdään silloisen lainsäädännön mukaisesti keskustellen viranomaisten kanssa ennen purkutöiden aloittamista.

9.19 Hankkeen toteuttamatta jättämisen (VE0) vaikutukset

Nollavaihtoehdossa hanketta ei toteuteta eli merituulivoimapuistoa eikä siihen liittyviä muita toimintoja rakenneta. Nollavaihtoehdossa rakentamisen ja toiminnan ympäristövaikutukset eivät toteudu, joten ei myöskään aiheudu vaikutuksia Ruotsin puolelle, mutta myöskään hankkeen positiiviset vaikutukset esimerkiksi ilmastoon ja aluetalouteen eivät toteudu. Nollavaihtoehdossa merituulivoimahanke ei edesauta Suomen energiaomavaraisuutta tai EU-tason pyrkimyksiä lisätä uusiutuvan energian tuotantoa sekä siten vähentää haitallisia päästöjä ja ilmastovaikutuksia.

Ruotsin luonnonoloihin ja ihmisten viihtyvyyteen voivat kuitenkin aiheuttaa vaikutuksia alueelle suunnitellut muut Ruotsin puolen hankkeet, vaikka Hallan merituulivoimapuisto ei toteutuisikaan.

Hankkeen toteuttamatta jättämisen vaikutukset on käsitelty vaikutusaluekohtaisesti kunkin vaikutusarviointiosion yhteydessä.

10 Ehdotus seurantaohjelmaksi

Suomen 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 kansalliseksi 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, joka kattaa tarvittavilta osin myös mahdolliset rajat ylittävät vaikutukset. Seurantaohjelman suunnittelussa on otettu huomioon se, että Valtioneuvoston tutkimuslupa Hallan hankkeelle kattaa oikeuden tehdä tutkimusta vain Suomen talousvyöhykkeellä.

Seurantaohjelma tarkentuu hankkeelle haettavien vesilain (587/2011) ja ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaisten lupien yhteydessä ja se hyväksytetään aina ELY-keskuksella ennen rakentamisen aloittamista. Sekä vesilain että ympäristönsuojelulain mukaisiin lupamenettelyihin kuuluu kansainvälinen kuuleminen.

10.1 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 ja menetelmissä huomioidaan mahdollisuuksien mukaan myös Ruotsin puolelta saatu palaute.

10.2 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 Suomen puolella YM:n ohjeen 4/2014 mukaisesti. Ruotsin puolella sijaitseviin kiinteistöihin ei arvioida aiheutuvan vaikutuksia, joten melutarkkailua ei uloteta sinne. 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 esim. vesilupavaiheessa toteutettavan voimalatyypin melutakuutiedoilla, mikäli se poikkeaa tässä esitetystä.

10.3 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.

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 Suomen 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.

Edellä mainitulla tarkkailulla saadaan tietoa, jonka perusteella voidaan arvioida myös mahdollisia rakentamisen aikaisia rajat ylittäviä vesistövaikutuksia.

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. Vedyntuotannon vaikutukset ovat mallinnusten mukaan hyvin paikallisia, ja edellä mainitulla tarkkailulla arvioidaan saatavan riittävät tiedot, joiden perusteella voidaan myös arvioida mahdollisia rajat ylittäviä vaikutuksia.

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.

Pääosin Suomen aluevesille sijoittuvien 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 Suomessa sijaitsevilla 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. Näiden pohjalta on mahdollista arvioida talousvyöhykkeellä sijaitsevan meriläjitysalueen mahdollisia rajat ylittäviä vaikutuksia.

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. Tarkkailua voidaan viranomaisen vaatimuksesta tehdä myös kattaen mahdollisesti alueella kalastavat ruotsalaiset kalastajat, joita tämän hetken tiedon mukaan ei kuitenkaan ole.

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 Suomen ELY-keskuksen kanssa vesilupavaiheessa ja tarkempi seurantaohjelma hyväksytetään ELY-keskuksella ennen rakentamisen aloittamista.

11 Termit 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.
MW	Megawatti, energian tehoyksikkö (1 MW = 1 000 kW).
MWh (GWh, TWh)	Megawattitunti (gigawattitunti), energian yksikkö (1 GWh = 1000 MWh, 1 TWh = 1000 GWh).
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	Turbiini hidastaa tuulta ja tämän hidastuneen tuulen siipiinsä saa seuraava turbiini, jos se sijaitsee kyseisen turbiinin 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.

12 Lähdeluettelo

AFRY Sverige 2024. Visuell påverkan på landskapsbilden - gränsöverskridande sammanhang. OX2. Vindkraftpark Halla. 17.4.2024.

Ahlén, I., Baagøe, H.J. & Bach, L. 2009. Behavior of Scandinavian Bats during Migration and Foraging at Sea. Journal of Mammalogy 90: 1318–1323.

Airaksinen, O. & Karttunen, K. 2001. Natura 2000 -luontotyyppiopas. 2. korjattu painos. [https://helda.helsinki.fi/items/c8deecae-ad03-4701-97d0-7dc2a9559adb] (1.5.2024)

Aminoff, S. 2014. VINDKRAFTENS INVERKAN PÅ FLADDERMÖSS I FINLAND – en pilotstudie om undersökningsmetoderna i finländska förhållanden [Master thesis]. University of Helskinki.

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.

ANS Finland 2021. Ilmailun korkeusrajoitusalueet. [https://traficom.fi/fi/ajankohtaista/paikkatietoaineistot] (12.8.2024)

Antti Below/ Metsähallitus, kirjall. tiedonanto 2022. Pesimälinnustokartoitukset.

Artportalen 2024. [http://www.artportalen.se] (1.9.2024)

Batlife Sweden 2022. Lepakoiden muuttoreitit. [https://batlife-sweden.se/om-fladdermoss/litteratur-och-kallor.html] (12.8.2024)

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.

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/]

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.

BIAS 2016. Baltic Sea information on the Acoustic Soundscape. Presentations. (https://biasproject.wordpress.com/downloads/presentations/) (15.8.2024)

BIAS 2014. Baltic Sea information on the Acoustic Soundscape. BIAS LIFE ENV/SE/841. [https://biasproject.wordpress.com/downloads/deliverables/]

Boverket 2021. Yrkesfiske. [https://www.boverket.se/sv/PBLkunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmanna-intressen/hav/maritima-naringar/yrkesfiske/] (9.7.2022)

COWI 2023. Halla offshore wind farm. Conceptual geological model. Report. November 2023.

COWI 2021. Halla offshore wind farm. Conceptual geological model. Report.

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.

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.

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.

EMODNET 2024. Karttapalvelu. Viitattu 5.1.2024

energi.se 2021. [https://www.energi.se/artiklar/2021/april-2021/vindkraftsbolaget-som-satsar-pa-vatgas/] (18.4.2021)

Energistyrelsen 2022 (April). Guideline for underwater noise - installation of impact-driven piles. København: ens.dk.

Euroopan unioni 2024. CIRCABC. Guidance on the Application of the Environmental Impact Assessment Procedure for Large-scale Transboundary Projects" [http://ec.europa.eu/environment/eia/pdf/Transboundry%20EIA%20Guide.pdf] (1.5.2024)

FCG Finnish Consulting Group Oy 2014–2019. Toiminnassa olevien tuulivoimapuistojen seurannat Kalajoen, Pyhäjoen, Raahen, Iin ja Simon rannikolla.

FCG Finnish Consulting Group Oy 2012. Lintujen törmääminen tuulivoimaloihin on harvinaista -artikkeli. [https://www.fcg.fi/uutiset/lintujen-tormaaminen-tuulivoimaloihin-on-harvinaista/] (15.8.2024)

Fingrid 2024a. Häviösähkö. [https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/sahkon-siirtovarmuus/haviosahko/] (8.1.2024)

Fintraffic 2024. Fintraffic meriliikenteenohjaus. [https://www.fintraffic.fi/fi/vts/fintrafficin-meriliikenteenohjaus-lyhyesti]

Fjäder P., Korkalainen M., Kauppi S., Lehtiniemi M., Salminen J., Selonen S., Setälä O., Sillanpää M., Sorvari J., Suikkanen S., Talvitie J., Turunen T., Virkkunen H. ja Ala-Ketola, U. 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.

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)

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 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).

GTK 2024a. Maankamara-palvelu. [http://gtkdata.gtk.fi/maankamara/)] (1.5.2024)

GTK 2024b. Hakku-palvelu. [https://hakku.gtk.fi/fi/] (1.5.2024)

GTKc 2024. Geochemical Atlas of Europe. [http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/part2.php] (1.4.2024)

H. Tuohimaa/ Metsähallitus, kirjall. tiedonanto. Ruokkihavainnot.

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).

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. 2019. Koncentrationer av hotade termikflyttande fåglar i Fennoskandia. ARCUM - Arctic Research Centre at Umeå University.

Hansson P. 2020. Flaskhalsar för flyttande rovfåglar i Fennoscandia. 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.

HELCOM 2023c. Total nitrogen (TN). HELCOM core indicator report. [https://indicators.helcom.fi/indicator/total-nitrogen-tn/] (3.11.2023).

Helcom 2019. Helcom MPAs. [https://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/api/records/d27df8c0-de86-4d13-a06d-35a8f50b16fa] (1.6.2024)

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

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.

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 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]

Itameri.fi 2023. Vedenalainen melu Itämerellä. [https://www.itameri.fi/fi-FI/Luonto_ja_sen_muutos/Itameren_tila/Vedenalainen_melu/Vedenalainen_melu_Itamerella] (15.8.2024)

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]

Kala- ja vesitutkimus 2022. Vatanen, S. & Happo, L. Halla merituulipuiston kalasto- ja kalastusselvitykset YVA-vaiheessa. Kala- ja vesijulkaisuja nro 338.

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.

Kalastusrajoitus.fi 2023. [https://kalastusrajoitus.fi/#/kalastusrajoitus]. (Viitattu 24.10. 2023)

Kalix kommun 2024. Samråd kring översiktsplan. Noudettu osoitteesta Kalix kommun: [https://www.kalix.se/Boende/Kommunens-planarbete/Oversiktsplan/KalixOP/samrad/] (1.8.2024)

Kalix kommun 2009. Kommuntäckande översiktsplan - Förutsättningar kapitel 2,5. Kalix: Kalix kommun. Noudettu osoitteesta Kalix kommun: [https://www.kalix.se/Boende/Kommunensplanarbete/Oversiktsplan/Kommuntackande-oversiktsplan/] (1.8.2024)

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.

Kaskela A. ja Rinne, H. 2018. Vedenalaisten Natura-luontotyyppien mallinnus Suomen merialueella. GTK:n tutkimustyöraportti 6/2018.

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.

Kemin Satama Oy 2023. Satama. [https://www.portofkemi.fi/satama/]

Keränen, J., Hakala, J. & Hongisto, V. 2017. Pientalojen äänieristävyys ympäristömelua vastaan taajuuksilla 5–5000 Hz – infraäänitutkimus. Turun ammattikorkeakoulu, sisäympäristön tutkimusryhmä, Turku 2017. Akustiikkapäivät 2017.

Keränen, J., Hakala, J., Hongisto, V., 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)

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.

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. & Ekebom, J. (toim.) 2018. Suomen meriympäristön tila 2018. SYKEn julkaisuja 4. Suomen ympäristökeskus.

Koschinski, S. & Lüdemann, K. 2013. Development of Noise Mitigation Measures in Offshore Wind Farm Construction 2013.

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 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.

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.

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.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom 2020.

Liikennevirasto 20/2018. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-20_tietunnelien_liikenteenhallinnan_web.pdf] (15.1.2021)

Lindfors, A., Meriläinen, T. & Vatanen, S. 2024. OX2 Halla -alueen sedimentti- ja pohjaeläinnäytteenoton tulokset 2023.

Lindfors, A., Meriläinen, T. & Vatanen, S. 2023. OX2 Halla -alueen sedimentti- ja pohjaeläinnäytteenoton sekä virtaus- ja vedenlaatutarkkailun tulokset 2022.

Lindfors, A., 2018. Vedenalaisen melun hallinta. Pilottiprojekti. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä, 20/2018.

Lindfors, A., Meriläinen, T. & Vatanen, S. 2023. OX2 Halla -alueen sedimentti- ja pohjaeläinnäytteenoton tulokset 2023.

Lindfors, A., Meriläinen, T. & Vatanen, S. 2022. OX2 Halla -alueen sedimentti- ja pohjaeläinnäytteenoton sekä virtaus- ja vedenlaatutarkkailun tulokset 2022.

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

Unenergized Submarine Power Cables and Natural Sea Floor off Southern California, USA. Journal of Renewable Energy, 13

LUKE 2023. Lappalainen, A., Setälä, J., Helminen, J., Lehtonen, T., Niukko, J., Rantanen, P., Saarni, K. ja Söderkultalahti, P. Suomen troolilaivaston kalastusalueet Itämerellä vuosina 2010–2022. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 102/2023. [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/554030/luke-luobio_102_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y] (17.12.2024)

Luleå Hamn AB. 2019. Om hamnen. [http://www.portlulea.com/60/om-lulea-hamn/om-oss.html] (1.9.2024)

LuontoPortti 2024. Palleroahdinparta. [https://luontoportti.com/t/2801/palleroahdinparta]

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).

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.

Merialuesuunnittelu 2023. Merialuesuunnitelma 2030. [https://meriskenaariot.info/merialuesuunnitelma/suunnitelma-johdanto/] (24.10.2023)

Merialuesuunnittelu 2023. Merialuesuunnitelma 2030. [https://meriskenaariot.info/merialuesuunnitelma/suunnitelma-johdanto/] (24.10.2023).

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.

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 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.

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.

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.

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

National Marine Fisheries Service (NMFS) 2018. 2018 Revision to Technical Guidance for Assessing Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing. [https://www.fisheries.noaa.gov/action/2018-revision-technical-guidance-assessing-effects-anthropogenic-sound-marine-mammal-hearing] (15.8.2024)

Naturvårdsverket (2024). Finland planerar ny havsbaserad vindkraftspark i norra Bottenviken, Halla. [https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/internationellt-miljoarbete/internationella-miljokonventioner/esbokonventionen--om-informa-tion-till-grannlander/finland-planerar-ny-havsbaserad-vindkraftspark-i-nor-ra-bottenviken/] (17.4.2024)

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.

Niras 2023a. Hallan merituulivoimapuisto, hydrodynamiikka, sedimentin ja suolaveden leviämisen mallinnus -raportti.

Niras 2023b. Vedenalaisen melun vaikutustenarviointi, kalat ja merinisäkkäät - raportti.

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.

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.

Oulasvirta, P. & Leinikki, J. 2003. Veneilyn ympäristövaikutuksen luonnonsatamissa. Suomen ympäristö 605. Uudenmaan ympäristökeskus. 91 s.

Oulun Satama Oy 2023. Tietoa Satamasta. [https://ouluport.com/satamat/]

Overdick-offshore 2024. [https://overdick-offshore.com/] (13.1.2024)

OX2 2024. Toimitetut lähtötiedot.

OX2 2023. Toimitetut lähtötiedot.

OX2 2021. Toimitetut lähtötiedot.

Oy M. Rauanheimo Ab 2023. Röyttän satama Torniossa. [https://www.rauanheimo.com/royttan-satama-torniossa/]

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.

Pohjan Voima Oy 2010. Oulun-Haukiputaan edustan merituulivoimapuisto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 8.2.2010. 82120991.

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 ELY-keskus 2021. Oulujoen-Iijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027. [https://www.doria.fi/handle/10024/183746]

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).

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)

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).

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]

Raahen kaupunki 2024c. Maanahkiaisen merituulivoimapuiston osayleiskaava. Raahen kaupunki. [https://raahe.fi/kaavoitus/maanahkiaisen-merituulivoimapuiston-osayleiskaava-0] (25.6.2024).

Raahen Satama Oy 2023. Raahen Satama. [https://www.raahensatama.fi/info]

Rajakiiri Oy 2010. Maanahkiaisen merituulivoimapuisto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 82122953, 1.12.2010.]

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.

Riksantikvarieämbetet 2003. Sveriges kust- och skärgårdslandskap: kulturhistoriska karaktärsdrag och känslighet för vindkraft. Rapport 2003:4. [https://raa.diva-portal.org/smash/get/diva2:1294842/FULLTEXT01.pdf] (1.3.2024)

Riksantikvarieämbetet 2021. [https://www.raa.se/2021/] (15.1.2024)

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.

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.

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.

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.

Seinä, A. & Peltola, J. 1991. Jäätalven kestoaika ja kiintojään paksuustilastoja meri-alueilla 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]

SGU 2020. Maps. [https://www.sgu.se/en/products/maps/] (20.2.2020)

Siemens-Gamesa 2021. Siemens Gamesa's groundbreaking pilot project hits key milestone as first green hydrogen is delivered to zero emission vehicles – article. [https://www.siemensgamesa.com/global/en/home/press-releases/211110-siemens-gamesa-green-hydrogen-to-vehicles.html] (10.11.2021)

Sito Oy 2016. Ulkonahkiaisen merituulivoima-alueen selvitys. 15.9.2016.

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.ympäristö.fi/sites/default/files/documents/Kuulemisasiakirja%20-%20Polargrund%20merituulivoimapuisto%2021.8.2024.pdf] (16.9.2024)

Skyborn Renewables Offshore Finland Oy 2024. Pooki. [https://www.skybornrenewables.com/markets/finland/local] (8.5.2024)

Skyborn Renewables Sweden AB 2024. Polargrund Offshore. [https://www.skybornrenewables.com/markets/sweden] (23.5.2024)

SMHI 2021. SHARKweb. Retrieved from https://sharkweb.smhi.se/hamta-data/ (1.3.2022)

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. Suomen Hyötytuuli Oy:n hakemus Suomen talousvyöhykkeelle tunnistetuille merituulivoima-alueille. Hyödyntämisoikeushakemus talousvyöhykkeelle Kihu-hankkeelle. 1.11.2023. 62 sivua.

Suomen Hyötytuuli Oy 2023b. Suomen Hyötytuuli Oy:n hakemus Suomen talousvyöhykkeelle tunnistetuille merituulivoima-alueille. Hyödyntämisoikeushakemus talousvyöhykkeelle Kiisla-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 Tuulivoimayhdistys ry 2023. Investoinnit. [https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/taloudellisuus/investoinnit] (27.10.2023)

Suomen tuulivoimayhdistys ry 2023. Tuulivoimakartta. [https://tuulivoimayhdistys.fi/tuulivoima-suomessa/kartta] (1.5.2024)

Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024c. Tuulivoima ja mikromuovi. (20.3.2024) [https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietopankki/tuulivoima-ja-mikromuovi]

Suomen Ympäristökeskus ja Metsähallitus 2022. Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelma VELMU - Menetelmäohjeistus pohjan biotooppikartoitukseen 2022. Helsinki: Suomen ympäristökeskus ja Metsähallitus/Luontopalvelut, 2022.

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 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 2022a, Ympäristöhallinnon avoimet ympäristötieto-järjestelmät. (Ympäristötietojärjestelmät: Vahti, Liiteri). [http://www.syke.fi/avointieto]

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

Suorsa, V. 2019. Linnustovaikutusten seurantaa suomalaisissa tuulivoimapuistoissa. Linnut-vuosikirja 2018: 148–155.

Sweco 2023a. Hallan merituulivoimapuisto, hydrodynamiikka, sedimentin ja suolaveden leviämisen mallinnus. Raportti.

Sweco 2023b. Merenkulun riskinarviointi, Hallan merituulivoimapuisto, 160 tuulivoimalan suunnitelma. Raportti.

SYKE 2019. Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelma vuosille 2022–2027. Ympäristöministeriön julkaisuja 2021:30. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163704] (18.1.2024)

Säteilyturvakeskus 2024. Asiantuntija Vartti V.-P. sähköpostikeskustelu 10.10.2024.

Taipale, K. ja Saarnisto, M. 1991. Tulivuorista jääkausiin. Suomen maankamaran kehitys. WSOY

Taormina, B., J. Bald, A. Want, G. Thouzeau, M. Lejart, N. Desroy, and A. Carlier. 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

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 & Väylävirasto 2023. Merituulivoiman ja merenkulun sekä merenkulun infrastruktuurin yhteensovittaminen. Ohje 7.11.2023. [https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/uusi-ohje-merituulivoiman-ja-merenkulun-seka-merenkulun-infrastruktuurin]

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.

Tsouvalas A (2020) Underwater noise emission due to offshore pile installation: A Review. Energies 13: 12

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)

Valtioneuvosto 2024. Merituulivoiman edistäminen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:4.

Vasama, J. & Leinikki, J. 2023. Hallan merituulivoimapuiston vedenalaiset selvitykset 2022–2023.

Vehanen, T., Hario, M., Kunnasranta, M. & Auvinen, H. 2010. Merituulivoiman vaikutukset rannikon kaloihin, lintuihin ja nisäkkäisiin. Kirjallisuuskatsaus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Selvityksiä 17

Vestas 2024. [https://www.vestas.com/en/energy-solutions/offshore-wind-turbines/V236-15MW]

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.

Väylävirasto 2024a. Vesiväylät ja vesiväyläalueet. [https://suomenvaylat.vayla.fi/]

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.

Westerberg, H. & Lagenfelt, I. 2008. Sub-sea power cables and the migration behaviour of the European eel. Fish Mgmt Ecol 15:369–375.

Wisniewska, D., Johnson, M., Teilmann, J., Rojana-Doñate, L., Shearer, J., Sveegaard, S., Miller, L., Siebert, U. & Madsen, P. 2016. Ultra-High Foraging Rates of Harbor Porpoises Make Them Vulnerable to Anthropogenic Disturbance. Current Biology 26 (11) 2016, s. 1441–1446.

wpd 2022. Polargrund Offshore; Kuulemisasiakirja; Espoon yleissopimuksen mukainen kuuleminen. [https://www.skybornrenewables.com/markets/sweden/local/polargrund_offshore] (8.5.2024)

wpd Finland Oy 2009. Suurhiekan merituulivoimapuiston linnustoselvitys. Suurhiekan linnusto ja arvio suunnitellun tuulipuiston linnustovaikutuksista. Pohjois-Pohjanmaan lintutieteellinen yhdistys

WSP Environmental 2010. Oulunsalo-Hailuoto –tuulipuiston ympäristövaikutusten arviointiselostus.

YM9/5511/2016. Ympäristöministeriön muistio 14.9.2016. Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. Ympäristöministeriön, Helsinki.

Ympäristö.fi 2024. Polargrund Offshore -merituulipuisto Perämerellä, Ruotsi. [https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vaikuta/ymparistovaikutusten-arviointi/polargrund-offshore-merituulipuisto-peramerella-ruotsi] (19.9.2024)

Ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2024. Polargrund Offshore -merituulipuisto Perämerellä, Ruotsi. Kansainvälinen kuuleminen. [https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vaikuta/ymparistovaikutusten-arviointi/polargrund-offshore-merituulipuisto-peramerella-ruotsi] (1.8.2024)

Ympäristöministeriö 2023a. Euroopan unionin ilmasto-politiikka. [https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka] (13.9.2023).

Ympäristöministeriö 2016. 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 2007. Valtioneuvoston periaatepäätös meluntorjunna**sta.** [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41509/YMra_7_2007_Vnp_meluntorjunnasta.pdf?sequence=2] (1.3.2024)

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. 2023. Effekter av havsbaserad vindkraft på fisk. Naturvårdsverket rapport 7115.

Öhman, M.C., Sigray, P. & Westerberg, H. 2007. Offshore windmills and the effects of electromagnetic fields on fish. Ambio 36: 630–633

Östersjön.fi 2024. [https://www.ostersjon.fi/fi-FI/, https://paikkatieto.ymparisto.fi/velmuviewers/] (1.5.2024)

YVA-ohjelmaa koskevan viranomaisen lausunnon (24.11.2022) huomioiminen YVA-selostuksessa	
Tiivistelmät Ruotsista saaduista lausunnoista	**Huomioiminen arvioinnissa/asiakirjassa**
<u>Ruotsin merenkulkulaitos</u> ei näe YVA-ohjelmassa esitettyä hankerajausta mahdollisena nykyisessä muodossaan sillä perusteella, että ehdotettu merituulipuisto kattaa suuren alueen, jonka viereiset väylät on luokiteltu kansallisesti kiinnostaviksi viestinnän ja merenkulun kannalta. Viranomainen korostaa, että olisi tehtävä riskianalyysi ja että vaikutukset tutka- ja radiojärjestelmiin sekä Ruotsin meripelastuksen toiminta-alueeseen olisi tutkittava huolellisesti ja kuvattava tulevassa ympäristövaikutusten arvioinnissa. Ne olisi liitettävä vireillä olevaan hakemukseen. **Näiden analyysien olisi katettava sekä suunnitellun merituulipuiston vaikutukset että kumulatiiviset vaikutukset, joita voi syntyä, jos useita suunnitelmia Pohjanlahden merituulipuistoista toteutuu - erityisesti kun otetaan huomioon kaksi hanketta Polargrund ja Bothnia Offshore Omega.**	Hankkeen rajat ylittävien vaikutusten arvioinnin tueksi on tehty meriliikenteen nykytilan selvitys ja navigoinnin riskitarkastelu riippumattoman konsultin Sweco Ruotsin toimesta, jotka on kuvattu Rajat ylittävien vaikutusten arvioinnin asiakirjan luvussa 9.10. sekä erilliset raportit ovat liitteinä. Arvioinnissa on huomioitu vireillä ja tiedossa olevat muut Ruotsin puolen hankkeet. Lisäksi on arvioitu hankkeen vaikutukset tutkiin ja sääasemiin. Varsinaista meriliikenteen simulointia ei ole YVA-menettelyn yhteydessä tehty.
Lopuksi Ruotsin merenkulkulaitos huomauttaa, että Pohjois-Ruotsin teollisuus on siirtymässä odotetun, mutta nopean kehityksen vaiheeseen, jossa muun muassa fossiilivapaan teräksen kuljetustarpeet kasvavat jyrkästi, mikä on tärkeä osa vihreää siirtymää. Tarjotakseen pohjoisen teollisuudelle kohtuulliset kilpailuedellytykset ja turvatakseen tarvittavat merireitit Ruotsin merenkulkulaitos investoi voimakkaasti vahvistettuun infrastruktuuriin, kuten uuteen jäänmurtajalaivastoon ja uuteen väylään Luulajassa. Virasto haluaa ilmoittaa Suomen ympäristöministeriölle, että Ruotsin ja Suomen viranomaiset tekevät tiivistä yhteistyötä erityisesti talvimerenkulun ja jäänmurron alalla ja että alueen merituulipuistojen kehittämissuunnitelmat koskevat molempia maita.	Vaikutusten lieventämiseksi hanketoimijan tulee jatkaa toimintojen yhteensovittamista merenkulun viranomaisten kanssa. Ennen rakentamisen aloittamista, hankkeen on saatava mm. vesilupa ja merenkulun viranomaisten hyväksyntä. Aktiivisella riskienhallinnalla, hyvällä suunnittelulla ja toimintojen yhteensovittamisella voidaan kielteisiä vaikutuksia lieventää. Riskienhallintakeinot sovitaan yhdessä merenkulun viranomaisten kanssa. Hankekehittäjä OX2 on sitoutunut tekemään tarvittavia täydennyksiä selvityksiin merenkulkuun liittyen vesilupavaiheeseen ympäristövaikutusten arvioinnin perustellun päätöksen jälkeen. Kauppamerenkulun liikennöinnin muutoksia simuloidaan tarvittavilta osin. Lisäksi hankkeen 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.
<u>Ruotsin liikennevirasto</u> haluaa todeta, että Ruotsin ja Suomen väliset meriliikenneväylät ja alueen läpi kulkeva läpikulkuliikenne on otettava huomioon jatkotyössä. Itämeren tuulivoimahankkeiden kehittämisessä on otettava huomioon meriliikenteen olosuhteet. Ruotsi-Suomen osalta pitäisi olla selvää, vaikuttaako ehdotettu hanke Nordvalen-Kemi-laivareittiin sekä Farstugrunden-Raahe-laivareittiin.	Nordvalen-Kemi kuten myös Farstugrunden-Brahestad väylät on huomioitu arvioinnissa luvussa 9.10. Hankkeen rajat ylittävien vaikutusten arvioinnin tueksi on tehty meriliikenteen nykytilan selvitys ja navigoinnin riskitarkastelu riippumattoman konsultin Sweco Ruotsin toimesta, jotka on kuvattu Rajat ylittävien vaikutusten arvioinnin asiakirjan luvussa 9.10. sekä erilliset raportit ovat liitteinä. Arvioinnissa on huomioitu vireillä ja tiedossa olevat muut Ruotsin puolen hankkeet. Meriliikennevaikutuksia on arvioitu kansainvälisellä tasolla ja nostettu esille kansainvälisen meriliikenneyhteistyön tärkeys ulkomerialueen merituulivoimaa suunniteltaessa. Vaikutusten lieventämiseksi hanketoimijan tulee jatkaa toimintojen yhteensovittamista merenkulun viranomaisten kanssa. Ennen

YVA-ohjelmaa koskevan viranomaisen lausunnon (24.11.2022) huomioiminen YVA-selostuksessa	
Tiivistelmät Ruotsista saaduista lausunnoista	**Huomioiminen arvioinnissa/asiakirjassa**
	rakentamisen aloittamista, hankkeen on saatava mm. vesilupa ja merenkulun viranomaisten hyväksyntä. Aktiivisella riskienhallinnalla, hyvällä suunnittelulla ja toimintojen yhteensovittamisella voidaan kielteisiä vaikutuksia lieventää. Riskienhallintakeinot sovitaan yhdessä merenkulun viranomaisten kanssa.
Norrbottenin ja Västerbottenin lääninhallitus katsoo, että Ruotsin olisi osallistuttava ympäristövaikutusten arviointiin. **Merituulivoiman laajamittaisesta laajentamisesta Pohjanlahdella voi aiheutua ennen kaikkea useisiin eri näkökohtiin perustuvia kumulatiivisia kokonaisvaikutuksia, joita on tutkittava tarkemmin.** Nyt käynnissä oleva hanke on vain yksi useista Pohjanlahdelle suunnitteilla olevista tuulivoimahankkeista. Jotta yksittäisten hankkeiden mahdollisia seurauksia voitaisiin arvioida, lääninhallitus katsoo, että **Ruotsin ympäristönsuojeluviraston ja Ruotsin meri- ja vesihuoltoviraston olisi yhdessä suomalaisten kollegojensa kanssa varmistettava, että Perämerta varten kehitetään kattava tietopohja.** Asiakirjojen avulla olisi voitava arvioida yksittäisen hankkeen vaikutusta suhteessa mahdollisesti syntyvään kumulatiiviseen kokonaisvaikutukseen. Laadittavassa ympäristövaikutusten arvioinnissa olisi korostettava riskiä siitä, että suunniteltu hanke johtaa uusien haitallisten vieraslajien esiintymiseen tai että olemassa olevia IAS-standardeja levitetään edelleen. Lisäksi seuraukset, jos näin tapahtuu, tutkitaan ja raportoidaan ympäristövaikutusten arvioinnissa. Olisi tuotettava havainnekuvia, jotka näyttävät, miltä Hallan projekti näyttää Malörenista ja Haparannan Sandskäristä, jolloin pitäisi olla valokuvasovitteita, joissa on mukana suunniteltu tuulipuisto Polargrund, ja sovitteita, joissa Polargrund ei ole mukana. Lääninhallitus näkee tarpeelliseksi tutkia ennen kaikkea ympäristövaikutuksia, jotka voivat vaikuttaa Ruotsin eläimistöön. Olisi selvitettävä, miten paikalliset lintukannat käyttävät sille osoitettua aluetta ja miten muuttolintukannat kulkevat alueen läpi. Lepakoiden esiintyminen on tutkittava. Lääninhallitus katsoo, että muiden (nykyisten ja suunniteltujen) toimintojen kumulatiiviset vaikutukset muuttokäytävien varrella mm. huomioiden Pohjanlahti ja Itämeri kuvataan.	YVAn yhteydessä on tehty yhteisvaikutusten arviointi vireillä ja tiedossa olevien hankkeiden kanssa siltä osin, kun tietoja on ollut saatavilla. Arvioinnit on esitetty kunkin vaikutusarvioinnin käsittävän osa-alueen yhteydessä. Yhteisvaikutuksilla tarkoitetaan YVA-laissa (252/2017) määriteltyjä muiden olemassa olevien ja/tai hyväksyttyjen hankkeiden vaikutuksia yhdessä arvioinnin kohteena olevan hankkeen kanssa. Yhteisvaikutukset määritellään yleisesti tilanteeksi, jossa vähäiset ja erilliset vaikutukset eivät erikseen aiheuta merkittäviä vaikutuksia, mutta voivat yhdessä muiden vaikutusalueeseen kohdistuvien vaikutusten kanssa olla merkittäviä (Lohilahti 2020). Yhteisvaikutukset muodostuvat samanlaisista tai erilaisista vaikutustyypeistä yhdessä muiden aiemmin aiheutuneiden, nykyisten tai kohtuudella näköpiirissä olevien vaikutusten kanssa. Useista lähteistä peräisin olevat melu- ja pölyvaikutukset eivät välttämättä erikseen tarkasteltuina aiheuta merkittäviä ympäristövaikutuksia, mutta voivat yhdessä saada aikaan yhteisvaikutuksia kohdistuessaan samaan kohteeseen. YVA-ohjelmassa tulee määrittää arvioitavien ympäristövaikutusten maatieteellinen laajuus, jota tarkennetaan tarvittaessa YVA-selostusvaiheessa mm. mallinnusten perusteella. Tyypillisesti yhteisvaikutusten tarkastelulaajuus maantieteellisesti on suhteellisen rajattu esimerkiksi maiseman osalta merialueella noin 35 kilometriin (näkemäalueanalyysin perusteella tätä voidaan laajentaa ja tässä hankkeessa on tarkasteltu yli 100 km sädettä) kun taas kumulatiivisten vaikutusten arvioinnin osalta on esitetty tarkastelulaajuudeksi jopa koko pohjoisen Euroopan aluetta. YVA-menettelyn yhteysviranomainen ottaa kantaa YVA-ohjelmassa esitettyihin vaikutusalueiden laajuuksiin lausunnossaan. Kumulatiivisilla ympäristövaikutuksilla puolestaan tarkoitetaan tässä YVA-menettelyssä useamman kuin yhden merituulivoimapuiston aiheuttamia kertyviä samankaltaisia vaikutuksia, jotka kohdistuvat tiettyyn ympäristön osa-alueeseen. Kumulatiiviset ympäristövaikutukset määritellään vaikutuksiksi, jotka kertyvät maantieteellisesti laajalla alueella usean samankaltaisia päästöjä/kuormitusta aiheuttavan hankkeen vuoksi. YVA-menettelyn lausunnoissa vaaditaan nykyisin usein arvioitavan merituulivoimahankkeiden yhteisvaikutuksia sekä kumulatiivisia vaikutuksia hyvinkin laajasti. YVA-lain ja asetuksen näkökulmasta yhteisvaikutukset muiden olemassa olevien ja/tai hyväksyttyjen hankkeiden kanssa on joka tapauksessa arvioitava kussakin meneillä olevassa ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä, sillä tasolla

YVA-ohjelmaa koskevan viranomaisen lausunnon (24.11.2022) huomioiminen YVA-selostuksessa	
Tiivistelmät Ruotsista saaduista lausunnoista	**Huomioiminen arvioinnissa/asiakirjassa**
	kuin se on mahdollista. Kansalliseen YVA-lainsäädäntöön liittyen olisi tärkeää selkeyttää kuinka tarkasti kumulatiiviset esimerkiksi koko pohjoisen Euroopan kattavat vaikutukset voidaan yksittäisessä YVA-menettelyssä arvioida. Edes valtion tasolla ei ole esimerkiksi yhtenäistä tietokantaa kaikista meneillään olevista hankkeista, ja näin ollen yksittäisen hankkeen mahdollisuudet arvioida laajoja kumulatiivisia vaikutuksia ovat melko rajalliset. Maantieteellisesti laajoilla alueilla ilmenevien kumulatiivisten vaikutusmekanismien selvittäminen vaatii vuosien tutkimustyötä ja kansainvälistä yhteistyötä, eikä yksittäinen hankekehittäjä voi ryhtyä tällaiseen. Näin ollen laajojen kumulatiivisten vaikutusten arvioinnin tulisi tapahtua viran-omaisvetoisesti yhteistyössä eri hankekehittäjien kesken eikä yksittäisessä YVA-menettelyssä. Yksittäisessä YVA-menettelyssä voidaan sen sijaan tehdä kirjallisuustarkasteluja olemassa ole-van tiedon perusteella teoreettisella tasolla muun muassa hyödyntäen esimerkiksi Tanskan meri-tuulivoimapuistojen tarkkailuja soveltuvin osin. Vaikutukset lepakoihin on arvioitu luvussa 9.3.3.1. 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 arvioidaan paikalliseksi ja tilapäiseksi. Myös liejuputkimato voi hyötyä rakentamisen aikaisesta häiriöstä. Matalimpien alueiden voimalarakenteet voivat hyödyttää kiinnittyvistä pohjaeläinlajeista kaspianpolyyppia, mutta vaikutus arvioidaan vähäiseksi molempien lajien osalta, sillä ne ovat verrattain vakiintuneita lajeja Perämerellä. Ruotsin puolelle kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu luvussa 9.2. Maisema-arvioinnin tueksi tehtiin ensin näkemäalueanalyysi, jonka perusteella valittiin valokuvien ottamispaikat huomioiden lisäksi Ruotsin puolen kulttuuriarvokohteet. Ruotsin puolelta on otettu valokuvia lähimmistä katselupisteistä sekä sovitettu hankkeen tuulivoimalat kuvaan. Havainnekuvia on laadittu myös yöaikaan, jolloin lentoestevalot näkyvät. Lisäksi maisema-arvioinnissa on huomioitu muut tiedossa olevat hankkeet, siltä osin, kun niistä on ollut voimaloiden sijoittelutiedot saatavilla, sillä ilman voimaloiden sijoittelutietoa ei havainnekuvia voida tehdä.
<u>Ruotsin maatalousyliopisto (SLU):</u> Etäisyydet huomioon ottaen SLU arvioi, että on epätodennäköistä, että suunnitellun tuulipuiston vaikutuksella olisi kielteisiä vaikutuksia meriympäristöön tai meren eliöstöön Ruotsin vesillä rakentamisen tai käytön aikana edellyttäen, että laitoksen aikana toteutetaan lieventäviä toimenpiteitä haitallisten melutasojen esiintymisen ja leviämisen minimoimiseksi. SLU:n lausunto perustuu arvioon etäisyydestä tuulipuistosta, jolla melun tai sedimentin leviämisen negatiivisten vaikutusten voidaan odottaa ilmenevän, sekä siihen, että lähistöllä ei tällä hetkellä ole merituulipuistoja, joten kumulatiivisten	Hankkeen YVA-selostuksen yhteydessä on esitetty alustava ehdotus rakentamisen, käytön ajan ja käytöstä poiston ajan tarkkailuohjelmaksi. Merituulivoimahankkeen tarkkailun kautta saadaan kerättyä tärkeää tietoa vaikutuksista. Tarkkailuohjelmaa tarkennetaan hankkeen vesilupavaiheessa, johon kuuluu myös kansainvälinen kuuleminen.

YVA-ohjelmaa koskevan viranomaisen lausunnon (24.11.2022) huomioiminen YVA-selostuksessa	
Tiivistelmät Ruotsista saaduista lausunnoista	**Huomioiminen arvioinnissa/asiakirjassa**
vaikutusten riski liikkuvien lajien kantoihin, joiden levinneisyysalue on sekä Ruotsissa että Suomessa, on pieni. **SLU toteaa, että tällä hetkellä ei ole suoria empiirisiä tutkimuksia siitä, miten merituulipuistot voivat vaikuttaa Pohjanlahden lajeihin, ja näkee yleisen tarpeen täyttää tämä tietoaukko, jotta merituulivoiman ympäristövaikutuksia koskevaa tietämystä voidaan lisätä.** Jos tällaiset tutkimukset tehdään kyseisessä puistossa, niiden tuloksilla odotetaan olevan rajat ylittävää merkitystä.	
Kalixin kunta toteaa seuraavaa: **Ympäristövaikutuksia, joihin voi vaikuttaa, ovat tuulivoimaloiden maisemavaikutukset, jotka voivat ulottua lähimmille saarille Ruotsin puolella, muuttuneet merinäkymät.** Oletetaan, että alueen kattaviin ympäristötutkimuksiin perustuva täysimittainen ympäristövaikutusten arviointi tuotetaan. Vaikutus lähimpiin saariin Ruotsin puolella. **Visuaalinen kokemus on yksilöllinen ja tulisi tuottaa monipuolista visualisointimateriaalia, joka huomioi tuulipuiston vaikutuksen eri sääolosuhteissa ja ilman heijastuksessa sekä eri vuodenaikoina ja myös hämärässä/pimeässä, kun voimaloissa on valaistus.** Koska tuulivoimaloissa on pyörivä roottorin lapa, visualisoinnit tulisi tehdä myös liikkuvina kuvina (videosovitteet), koska liikkuva kohde voidaan kokea eri tavalla kuin paikallaan oleva. Visualisoinneissa tulisi olla mukana myös muita alueella jo olevia ja suunnitteilla olevia tuulipuistoja. **Tuulipuisto voi vaikuttaa ulkoiluun ja asukkaisiin/vapaa-ajan asuntoihin myös melulla.** Jotta tuulipuiston meluvaikutuksista olisi helpompi muodostaa käsitys, haluaisimme, että melukartoituksia täydennettäisiin jonkinlaisella äänitallenteella, joka vastaa likimääräistä ääntä, jonka tuulipuisto tuo mukanaan eri etäisyyksillä, sääolosuhteissa ja vuodenaikoina. Visualisoinneissa tulisi olla mukana myös muita alueella jo olevia ja suunnitteilla olevia tuulipuistoja. Ja että rakennusvaiheen vaikutus on otettava huomioon.	Ruotsin puolelle kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu luvussa 9.2. Maisema-arvioinnin tueksi tehtiin ensin näkemäalueanalyysi, jonka perusteella valittiin valokuvien ottamispaikat huomioiden lisäksi Ruotsin puolen kulttuuriarvokohteet. Ruotsin puolelta on otettu valokuvia lähimmistä katselupisteistä sekä sovitettu hankkeen tuulivoimalat kuvaan. Havainnekuvia on laadittu myös yöaikaan, jolloin lentoestevalot näkyvät. Lisäksi maisema-arvioinnissa on huomioitu muut tiedossa olevat hankkeet, siltä osin, kun niistä on ollut voimaloiden sijoittelutiedot saatavilla, sillä ilman voimaloiden sijoittelutietoa ei havainnekuvia voida tehdä. Koska etäisyyttä Ruotsin puolen lähimpiin kastelupisteisiin on merkittävästi (lähimmät saaret noin 40 km ja rannikko noin 65 km), eikä merkittäviä maisemallisia vaikutuksia tällöin aiheudu, ei nähdä tarpeelliseksi käyttää liikkuvaa videota, sillä sen ei arvioida antavan lisäarvoa tarkasteluun. Maisematarkasteluista on lisäksi erillinen liite 2. Merituulivoimaloiden meluvaikutuksien arvioinnin tueksi on tehty melumallinnus, joka antaa melun leviämiskartan kaikkiin ilmansuuntiin eli myös Ruotsin puolelle. Melumallinnus on yleisesti Suomen viranomaisen hyväksymillä menetelmillä tehty. Meluvaikutukset eivät ulotu Ruotsin puolen lähimpiin häiriintyviin kohteisiin, joten ei nähdä tarpeelliseksi tehdä vaikutusarvioinnin tueksi erillisiä äänimaisemaa havainnollistamia äänitteitä tai muita vastaavia.
Ruotsin geologian tutkimuskeskus (SGU) on vastaanottanut edellä mainitun asian lausuntoa varten 26.8.2022. Alueen vesivirrat vaikuttavat mahdollisen sameuden aiheuttamaan sedimenttien leviämiseen. **Nykyiset simulaatiot hankealueella** voivat siis antaa viitteitä siitä, kuinka pitkälle sameus voi levitä ja voiko se saavuttaa Ruotsin talousvyöhykkeen. Tätä voidaan käyttää, kun tällaisten vaikutusten minimoimiseksi kehitetään varotoimenpiteitä, ja siitä olisi raportoitava tulevassa ympäristövaikutusten arvioinnissa (YVA). **Nykyiset simulaatiot ja mittaukset** antavat myös viitteitä siitä, miten ja mikä alueen sedimentin raekokoluokka kulkeutuu ja kerrostuu, minkä perusteella voidaan kehittää sopiva eroosiosuojaus perustusten viereen.	Sameuden ja kiintoaineen leviämisen arvioinnin tueksi on tehty 3D mallinnus sekä vedenalaisen melun arvioinnin tueksi mallinnus, joiden tulokset on esitetty asiakirjan liitteenä. Vaikutusarviointi on esitetty luvussa 9.3 meriympäristön osalta. Mallinnuksen tueksi on tehty virtauksien ja vedenlaadun sekä lämpötilan ja hapen mittauksia merialueella. Lisäksi on arvioitu toiminnan aikana merituulivoimapuiston aiheuttamien pintavirtausten muutosta ja edelleen vaikutuksia myös Ruotsin puolelle. Toimintavaiheen aikaiset vaikutukset liittyvät sekä tuulivoimalan pohjan muokkausten ja voimalarakenteiden aiheuttamiin muutoksiin virtauksissa, aallonmuodostuksessa ja jääpeitteessä tuulipuistoalueen sisällä. Vedyntuotannosta aiheutuu myös vähäistä paikallista lämpö- ja suolakuormitusta tuulivoimaloiden läheisyyteen. Tuulivoimaloiden aiheuttamalla pintatuulihäviöllä on laajempia, hankealueen ulkopuolelle ulottuvia vaikutuksia merialueen virtauksiin,

YVA-ohjelmaa koskevan viranomaisen lausunnon (24.11.2022) huomioiminen YVA-selostuksessa	
Tiivistelmät Ruotsista saaduista lausunnoista	**Huomioiminen arvioinnissa/asiakirjassa**
	kerrostumiseen, lämpötilaan ja aineiden kulkeutumiseen. Pääosin hydrodynaamiset muutokset arvioitiin mallinnuksen perusteella lieviksi, joskin kerrostuneisuuden osalta voi olla selkeää paikallista vaikutusta tuulivoimapuiston lähellä.
Ruotsin geotekninen instituutti (SGI) katsoo, että toimitettujen asiakirjojen perusteella ei ole mahdollista arvioida rajat ylittäviä vaikutuksia. Siksi virasto korostaa, että on tärkeää tutkia, onko olemassa geoteknisiä ympäristöriskejä, kuten sedimentin kulkeutuminen ja saastuneet sedimentit merituulipuiston ympärillä. SGI korostaa myös, että tuulipuiston vaikutukset käyttövaiheessa, esimerkiksi metallien kertymisenä ympäröiviin pintavesiin ja/tai sedimentteihin, olisi tutkittava ja selvitettävä YVA:ssa.	Sameuden ja kiintoaineen leviämisen arvioinnin tueksi on tehty 3D mallinnus sekä vedenalaisen melun arvioinnin tueksi mallinnus, joiden tulokset on esitetty asiakirjan liitteenä. Vaikutusarviointi on esitetty luvussa 9.3 meriympäristön osalta. Mallinnuksen tueksi on tehty virtauksien ja vedenlaadun sekä lämpötilan ja hapen mittauksia merialueella. Samassa luvussa sekä lisäksi luvussa 9.5. on käsitelty merituulivoimaloista mahdollisesti toimintavaiheessa aiheutuvaa ympäristökuormitusta mukaan lukien voimaloiden pintamateriaalit.
BirdLife Sweden: Tässä yhteydessä on tärkeää, että luonnon monimuotoisuuden ja toimivien ekosysteemien säilyttäminen on yhtä tärkeä osa ilmastotyötä kuin investoinnit uusiutuviin ja fossiilittomiin energialähteisiin. Siksi tuulivoiman lisääminen on toteutettava siellä, missä hyödyntämisen ympäristövaikutukset ovat pienet. BirdLife Ruotsin mielestä tuulivoima ei saa johtaa arvokkaan luonnon tuhoutumiseen ja yksittäisten lajien vaarantumiseen. Voimaloiden sijainti on suunniteltava huolellisesti syntyvien ympäristövaikutusten perusteella. Ympäristöarvioinnissa on punnittava huolellisesti mahdollisia kumulatiivisia vaikutuksia eli uuden laitoksen vaikutuksia yhdessä olemassa olevien tuulipuistojen kanssa sekä muita toimintoja ja mahdollisia uhkia vaikutusten kohteena oleville lajeille ja luontotyypeille. Biologisesta/ekologisesta näkökulmasta sekä kumulatiivisten vaikutusten kannalta Hallan tuulipuiston vaikutusta on arvioitava yhdessä Polargrund Offshoren vaikutuksen kanssa Ruotsin puolella. Siksi BirdLife Sweden tarvitsee tutkimuksia mahdollisista (ja myöhemmin todellisista) vaikutuksista Itämeren yli tapahtuvaan lintujen massamuuttoon. Tätä on pidettävä merkittävänä kysymyksenä siitä, voidaanko katsoa, että hallitus, tuulivoimateollisuus ja lupaviranomaiset ottavat varovaisuusperiaatteen asianmukaisesti huomioon ja täyttävät sen soveltamisedellytykset. Ympäristölainsäädännössämme on ehdottomasti minimoitava kaikenlaiseen hyödyntämiseen kohdistuvat kielteiset seuraukset. Säätietoja ja muuttolintujen liikkeitä analysoimalla (esim. tutka) voidaan tunnistaa riskialttiita paikkoja, kun muuttolintujen suuria keskittymiä esiintyy. Tulevassa ympäristövaikutusten arvioinnissa on otettava huomioon seuraavat seikat: 1) Kuvauksen on perustuttava alueella esiintyviin (ja odotettavissa oleviin) lintuihin, ja siinä on arvioitava esiintymiä merituulivoimaloihin liittyviä lintuihin kohdistuvia riskejä koskevan ajantasaisen tietämyksen perusteella. Inventointia tarvitaankin, jotta voidaan kartoittaa, kuinka tärkeä alue on ravinnonhakualueena eri vuodenaikoina ja mitä lintujen liikkeitä tapahtuu. Kuvauksessa on arvioitava kyseisen tuulipuiston ja muiden tässä Itämeren osassa sijaitsevien tuulipuistojen yleistä syrjäyttämisvaikutusta ja siitä johtuvaa toiminnallisen elinympäristön häviämistä. Lisäksi on arvioitava lisääntyneen veneliikenteen vaikutuksia tuulipuiston yhteydessä.	YVA -selostuksessa on linnuston osalta arvioitu yhteisvaikutukset yhdessä Polergrundin ja Omegan hankkeiden kanssa sekä muuttolinnuston että pesimälinnuston osalta. Selostuksessa on kuvattu alueella esiintyvä muutto ja pesimälinnuston nykytila perustuen olemassa olevaan tietoon ja laadittuihin kenttäselvityksiin. On myös arvioitu hankealueen merkitystä muuttoreittinä ja pesimälinnuston ruokailualueena. Lisääntyvä veneliikenne on huomioitu yhtenä vaikutusmekanismina. Kumulatiivisia vaikutuksia muiden toimintojen kuten merenkulun ja kalastuksen kanssa ei ole arvioitu. Edellä mainittujen muiden merialueen toimintojen yhteisvaikutusta ei nähdä keskeisenä vaikutusmekanismina ja sen arvioinnin epävarmuudet ovat liian suuria luotettavien johtopäätösten tekemiseksi. Yleisellä tasolla voidaan kuitenkin arvioida, ettei Hallan hanke yhdessä merenkulun ja esimerkiksi ammattikalastuksen kanssa aiheuta sellaisia yhteisvaikutuksia, joilla olisi merkittäviä kielteisiä vaikutuksia linnustoon Suomen tai Ruotsin puolella. Vaikutukset muuttolinnustoon ovat keskeisessä osassa arvioitaessa hankkeen linnustovaikutuksia. Laajemmat, esimerkiksi koko Itämeren tai Pohjanlahden kattavat selvitykset ja arvioinnit vaatisivat laajempaa tutkimusta ja yhteistyötä esimerkiksi hanketoimijoiden sekä Suomen ja Ruotsin tutkimusinstituutioiden välillä, eikä niitä ole mahdollista tehdä yhden hankkeen puitteissa. Törmäysmallinnuksia ei selostuksessa ole laadittu johtuen mallinnusten suurista epävarmuuksista sekä havaittujen törmäyskorkeudella lentävien lintujen vähäisestä määrästä johtuen (tilastollinen epävarmuus liian suuri).

YVA-ohjelmaa koskevan viranomaisen lausunnon (24.11.2022) huomioiminen YVA-selostuksessa	
Tiivistelmät Ruotsista saaduista lausunnoista	**Huomioiminen arvioinnissa/asiakirjassa**
2) On tärkeää arvioida myös tuulipuiston kumulatiivisia vaikutuksia yhdessä muiden esimerkiksi merenkulun ja kalastuksen vaikutusten kanssa. 3) Valmistuneiden tutkimusten, myös tutkatutkimusten, perusteella ympäristövaikutusten arvioinnin on sisällettävä muuttolintujen odotetut (yleiskatsaukset) törmäystilastot.	
<u>Ruotsin pelaginen liitto (SPF) ja Ruotsin kalastajien tuottajajärjestö (SFPO)</u> nostavat esille, että Hallan merituulipuistolla voi olla kielteinen vaikutus kalakantoihin vedenalaisen melun, tärinän, muuttuvien virtausten tai merikaapeleita ympäröivien sähkömagneettisten kenttien vuoksi. SPF arvioi nykyisen tietämyksen näistä tekijöistä ja niiden vaikutuksista ympäristöön ja alueella eläviin kalalajeihin riittämättömäksi. Yhdistys pyytää, että YVA:iin sisällytetään kuvaus odotetuista seurauksista kalakannoille ja kalastukselle Hallan rakennus-, käyttö- ja käytöstäpoistovaiheissa vähintään 10-15 vuoden viiteajanjaksolla. Lisäksi kehittäjän olisi otettava huomioon ilmastonmuutos, koska se voi johtaa muutoksiin kalastuksenhoidossa ja historiallisissa kalastusmalleissa. Lämpötilojen nousu ja kiintiöalueiden jakaminen useammille osa-alueille voivat johtaa kalastuksen siirtymiseen tähänastista pohjoisemmaksi.	Sameuden ja kiintoaineen leviämisen arvioinnin tueksi on tehty 3D mallinnus sekä vedenalaisen melun arvioinnin tueksi mallinnus, joiden tulokset on esitetty asiakirjan liitteenä. Vaikutusarviointi on esitetty luvussa 9.3 meriympäristön osalta ja luvussa 9.4. kalaston ja kalastuksen osalta. Arvioinnissa on huomioitu vaikutukset mm. kalastoon ja kalastukseen, muuhun meriluontoon sekä merinisäkkäisiin. Arvioinnin yhteydessä on käsitelty mm. melua, tärinää ja merikaapelin aiheuttamaa sähkömagneettista kenttää olemassa olvien tutkimustietojen perusteella. Ilmaston muutos on huomioitu vaikutusten arvioinnissa ja sitä on käsitelty tarkemmin luvussa Ilmasto 9.9.

Beaktande av myndighetens utlåtande om MKB-programmet (24.11.2022) i MKB-dokumentet	
Sammanfattningar av inkomna utlåtanden från Sverige	**Beaktande i bedömningen/dokumentet**
Sjöfartsverket förkastar förslaget i dess nuvarande form med motiveringen att den föreslagna havsbaserade vindkraftsparken täcker ett stort område där angränsande farleder är klassade som riksintresse för kommunikationer och sjöfart. Myndigheten understryker att en riskanalys bör göras och att påverkan på radar- och radiosystem samt verksamhetsområdet för den svenska sjöräddningen noggrant bör utredas och beskrivas i den kommande MKB:n. Trafik- och riskanalysen bör göras av ett oberoende kvalificerat institut. De bör bifogas den förestående ansökan. **Dessa analyser bör omfatta både effekterna av den planerade havsvindkraftsparken och de kumulativa effekter som kan uppstå om flera planer på havsbaserade vindkraftsparker i Bottniska viken förverkligas - särskilt med tanke på de två projekten Polargrund och Bothnia Offshore Omega.**	För att stödja bedömningen av projektets gränsöverskridande konsekvenser har en utredning av nuläget för sjötrafiken och en riskbedömning för navigering genomförts av den oberoende konsulten Sweco Sverige, vilka beskrivs i kapitel 9.10 i dokumentet Bedömning av gränsöverskridande konsekvenser, och de separata rapporterna finns som bilagor. Bedömningen tar hänsyn till andra pågående och kända projekt på den svenska sidan. Dessutom har projektets inverkan på radar- och väderstationer bedömts. Någon egentlig simulering av sjötrafiken har inte utförts inom ramen för MKB-processen.
Slutligen påpekar Sjöfartsverket att industrin i norra Sverige går in i en fas av förväntad men snabb utveckling med kraftigt ökade transportbehov av bland annat fossilfritt stål, som är en viktig del av den gröna omställningen. För att ge industrin i norr rimliga konkurrensvillkor och säkra de sjövägar som behövs satsar Sjöfartsverket stort på förstärkt infrastruktur som bland annat en ny flotta av isbrytare och en ny farled till Luleå. Myndigheten vill informera det finska miljöministeriet om att svenska och finska myndigheter har ett nära samarbete, särskilt när det gäller vintersjöfart och isbrytning, och att utvecklingsplanerna för havsbaserade vindkraftsparker i området är en angelägenhet för båda länderna.	För att mildra effekterna bör projektoperatören fortsätta att samordna aktiviteterna med sjöfartsmyndigheterna. Innan byggnationen kan påbörjas måste projektet bland annat erhålla ett vattentillstånd och godkännande från sjöfartsmyndigheterna. Genom aktiv riskhantering, god planering och samordning av verksamheter kan de negativa effekterna lindras. Riskhanteringsåtgärder kommer att överenskommas med sjöfartsmyndigheterna. Projektutvecklaren OX2 har åtagit sig att göra nödvändiga kompletteringar av utredningarna avseende navigering i vattentillståndsskedet efter den motiverade slutsatsen i MKB:n. Förändringar i den kommersiella sjötrafiken simuleras till nödvändiga delar. I projektplaneringen utreds dessutom eventuell påverkan på radioutrustning som är viktig för navigering och trafikledning, t.ex. VTS-radar och trådlösa kommunikationsnätverk för sjöfarten, t.ex. VHF-radiokommunikation, radiolänkar och positioneringsutrustning som GPS och GNSS samt mobilnät, så att dessa påverkas så lite som möjligt. Dessutom kommer den mer detaljerade planeringen av sträckningarna för sjökablar/vätgasrörledningar att beakta, där så är lämpligt, till exempel de rutter, farleder och säkerhetsanordningar som används av sjöfarten. Resultaten av utredningarna kommer att i tillämpliga delar beaktas vid utformningen av projektet. Projektplanerna kommer att diskuteras med Traficom och finska Trafikverket, bland annat för att fastställa tillräckliga säkerhetsavstånd.
Trafikverket önskar framföra att sjötrafikstråk mellan Sverige och Finland samt genomfartstrafiken genom området behöver beaktas i det fortsatta arbetet. Utvecklingen av vindkraftsetableringar i Östersjön behöver ske med hänsyn till sjötrafikens förutsättningar. För svensk-finskt vidkommande bör det framgå om/hur sjöfartsstråket Nordvalen-Kemi liksom Farstugrunden-Brahestad berörs av föreslagen utbyggnad. Nu önskar Trafikverket framföra att sjötrafikstråk mellan Sverige och Finland samt genomfartstrafiken genom området behöver beaktas i det fortsatta arbetet. Utvecklingen av vindkraftsetableringar i Östersjön behöver ske med hänsyn till sjötrafikens förutsättningar. För svensk-finskt vidkommande bör	Farlederna Nordvalen-Kemi samt Farstugrunden-Brahestad har beaktats i bedömningen i kapitel 9.10. För att stödja bedömningen av projektets gränsöverskridande konsekvenser har en utredning av nuläget för sjötrafiken och en riskbedömning för navigering genomförts av den oberoende konsulten Sweco Sverige. Utredningarna beskrivs i kapitel 9.10 i dokumentet Bedömning av gränsöverskridande konsekvenser, och de separata rapporterna finns som bilagor. Bedömningen tar hänsyn till andra pågående och kända projekt på den svenska sidan. Konsekvenserna för sjöfarten har bedömts på internationell nivå och vikten av internationellt

Beaktande av myndighetens utlåtande om MKB-programmet (24.11.2022) i MKB-dokumentet	
Sammanfattningar av inkomna utlåtanden från Sverige	**Beaktande i bedömningen/dokumentet**
det framgå om/hur sjöfartsstråket Nordvalen-Kemi liksom Farstugrunden-Brahestad berörs av föreslagen utbyggnad.	sjöfartssamarbete vid planering av havsbaserad vindkraft på öppet hav har lyfts fram. För att mildra effekterna bör projektoperatören fortsätta att samordna aktiviteterna med sjöfartsmyndigheterna. Innan byggnationen kan påbörjas måste projektet bland annat erhålla ett vattentillstånd och godkännande från sjöfartsmyndigheterna. Genom aktiv riskhantering, god planering och samordning av verksamheter kan de negativa effekterna lindras. Riskhanteringsåtgärder kommer att överenskommas med sjöfartsmyndigheterna.
Länsstyrelsen Norrbotten och Västerbotten anser att Sverige bör medverka i miljökonsekvensbedömningen. **Det är framför allt den samlade kumulativa påverkan** utifrån ett flertal olika aspekter som en storskalig utbyggnad av havsbaserad vindkraft i Bottenviken skulle kunna medföra, som behöver utredas närmare. Det nu aktuella projektet är endast ett av flera planerade vindkraftsprojekt i Bot- tenviken. För att det ska vara möjligt att bedöma de konsekvenser som enskilda projekt kan medföra anser Länsstyrelsen att **Naturvårdverket och Havs- och vattenmyndigheten tillsammans med sina finska motsvarigheter bör se till att det tas fram ett samlat kunskapsunderlag för Bottenviken**. Underlaget ska göra det möjligt att bedöma vilket avtryck ett enskilt projekt gör i relation till den samlade kumulativa påverkan som kan uppkomma. I den miljökonsekvensbeskrivning som tas fram bör risken att det planerade projektet medför att nya IAS dyker upp eller befintliga IAS får ytterligare spridning belysas. Därtill bör konsekvenserna om detta skulle inträffa utredas och redovisas i miljökonsekvensbeskrivningen. Det bör tas fram fotomontage som visar hur Halla-projektet kommer att se ut från Malören och Haparanda Sandskär varvid det bör finnas fotomontage där den planerade vindkraftsparken Polargrund finns med samt fotomontage där Polargrund inte finns med. Länsstyrelsen ser framför allt behov att utreda miljökonsekvenser som riskerar att ge påverkan på svensk fauna. Det bör utredas hur stationära fågelbestånd nyttjar det utpekade området och hur migrerande fågelpopulationer passerar genom området. Förekomst av fladdermöss bör utredas. Länsstyrelsen anser att kumulativa effekter från andra verksamheter (befintliga och planerade) längs migrationskorridorer genom t. ex. Bottniska viken och Östersjön ska beskrivas.	I samband med miljökonsekvensbedömningen har en bedömning av samverkande konsekvenser med pågående och kända projekt gjorts, i den mån information funnits tillgänglig. Bedömningarna presenteras i samband med vart och ett av de delområden som ingår i konsekvensbedömningen. Med samverkande konsekvenser avses projektets konsekvenser tillsammans med andra befintliga och/eller godkända projekt som avses i MKB-lagen (252/2017). Samverkande konsekvenser definieras generellt som en situation där mindre och separata effekter inte var för sig orsakar betydande konsekvenser, men kan vara betydande tillsammans med andra konsekvenser i influensområdet (Lohilahti 2020). Samverkande konsekvenser består av liknande eller olika typer av effekter tillsammans med andra tidigare orsakade, aktuella eller rimligen förutsebara effekter. Buller- och dammeffekter från flera källor kanske inte orsakar betydande miljökonsekvenser när de betraktas var för sig, men kan tillsammans orsaka samverkande konsekvenser när de riktar sig mot samma objekt. I MKB-programmet ska den geografiska omfattningen av de miljökonsekvenser som ska bedömas definieras, som vid behov kommer att preciseras i MKB-dokumentfasen, t.ex. baserat på simulering. Typiskt sett är det geografiska granskningsområdet för samverkande konsekvenser relativt begränsat, t ex när det gäller landskapet i havsområdet till cirka 35 kilometer (baserat på siktområdesanalysen kan det utökas), medan det när det gäller bedömningen av kumulativa effekter till och med hela norra Europa föreslagits som granskningsområde. Kontaktmyndigheten för MKB-förfarandet tar i sitt utlåtande ställning till omfattningen av de influensområden som presenteras i MKB-programmet. Med kumulativa miljöeffekter avses i denna MKB-process ackumulerade liknande effekter orsakade av mer än en havsbaserad vindkraftspark, vilka är riktade mot en viss del av miljön. Kumulativa miljökonsekvenser definieras som påverkan som ackumuleras i ett geografiskt brett område på grund av att flera projekt orsakar liknande utsläpp/belastning. I utlåtandena om MKB-processer krävs numera ofta mycket omfattande bedömning av de samverkande och kumulativa konsekvenserna av havsbaserade vindkraftsprojekt. Ur MKB-lagens och förordningens

Beaktande av myndighetens utlåtande om MKB-programmet (24.11.2022) i MKB-dokumentet	
Sammanfattningar av inkomna utlåtanden från Sverige	**Beaktande i bedömningen/dokumentet**
	synvinkel ska de samverkande konsekvenserna med andra befintliga och/eller godkända projekt i alla fall utvärderas i varje pågående bedömningsprocess för miljökonsekvenser, på den nivå som är möjlig. I anslutning till den nationella MKB-lagstiftningen vore det viktigt att klargöra hur noggrant de kumulativa effekterna som omfattar till exempel hela Nordeuropa kan bedömas i en enstaka MKB-process. Inte ens på statlig nivå finns det till exempel någon enhetlig databas över alla pågående projekt och därmed är möjligheterna att utvärdera omfattande kumulativa effekter ganska begränsade i ett enskilt projekt. Att utreda de kumulativa påverkansmekanismer som uppträder i geografiskt stora områden kräver år av forskningsarbete och internationellt samarbete, och en enskild projektutvecklare kan inte åta sig en sådan uppgift. Bedömningen av omfattande kumulativa effekter bör följaktligen ske i en myndighetsledd samverkan mellan olika projektutvecklare och inte i en enskild MKB-process. I en enskild MKB-process kan istället litteraturgenomgångar göras utifrån befintlig information på teoretisk nivå, bland annat genom att utnyttja till exempel observationer av vindkraftsparker till havs i Danmark i relevanta delar. Påverkan på fladdermöss har bedömts i avsnitt 9.3.3.1. I projektområdet finns bland annat den etablerade invasiva arten marenzelleria, liksom svartmunnad smörbult i området för kabel/rörledningssträckningen MVE1/VVE1. Som en aggressiv konkurrent kan svartmunnad smörbult dra nytta av bland annat den störning som orsakas av kabelinstallationen, men påverkan förväntas vara lokal och tillfällig. Även marenzelleria kan dra nytta av störningar under byggtiden. Kraftverkskonstruktionerna i grundare områden kan gynna klubbpolyp av de fastsittande bottendjuren, men påverkan bedöms vara liten för båda arterna, eftersom de är relativt etablerade arter i Bottenviken. Konsekvenserna på den svenska sidan har bedömts i kapitel 9.2. För att stödja landskapsbedömningen genomfördes först en siktområdesanalys, på grundval av vilken fotograferingsplatserna valdes ut, med beaktande också av värdefulla kulturobjekt på den svenska sidan. På den svenska sidan har fotografier tagits från de närmaste utsiktsplatserna och projektets vindkraftverk har lagts in i bilden. Fotomontage har också gjorts för natt, när hinderljusen är synliga. Dessutom har andra kända projekt beaktats i landskapsbedömningen i den utsträckning som information om kraftverkens placering har funnits tillgänglig, eftersom det inte är möjligt att göra fotomontage utan information om kraftverkens placering.

Beaktande av myndighetens utlåtande om MKB-programmet (24.11.2022) i MKB-dokumentet	
Sammanfattningar av inkomna utlåtanden från Sverige	**Beaktande i bedömningen/dokumentet**
Sveriges lantbruksuniversitet (SLU): Med beaktandet av avstånden bedömer SLU att sannolikheten är låg för att påverkan från den planerade vindparken ska ha negativa effekter på marin miljö eller marint liv i svenskt vatten, under byggnation eller drift, under förutsättning att skadebegränsande åtgärder tillämpas under anläggningen för att minimera förekomsten och spridningen av skadliga ljudnivåer. Yttrandet från SLU baserar sig på en bedömning av på vilket avstånd från vindparken som negativa effekter av ljud eller sedimentspridning kan förväntas uppstå, samt på att det i dagsläget inte finns närliggande havsbaserade vindparker så att risken är låg för kumulativ påverkan på populationer av rörliga arter som har sitt utbredningsområde i både Sverige och Finland. **SLU noterar att det i dagsläget saknas direkta empiriska studier av hur havsbaserad vindpark kan påverka arter i Bottenviken, och ser på en generell nivå ett behov att fylla denna kunskapslucka för att öka kunskapsläget om den havsbaserade vindkraftens miljöeffekter**. Resultat från sådana studier om de utförs i den aktuella parken förväntas ha gränsöverskridande relevans.	Ett preliminärt förslag till kontrollprogram under byggnation, drift och avveckling har presenterats i MKB-dokumentet för projektet. Kontrollprogrammet för det havsbaserade vindkraftsprojektet kommer att ge viktig information om konsekvenserna. Kontrollprogrammet kommer att preciseras under projektets vattentillståndsfas, som också omfattar internationellt samråd.
Kalix kommun anför följande: Miljökonsekvenser som kan beröras är bland annat vindkraftverkens **landskapseffekter som kan sträcka sig till de närmaste öarna på den svenska sidan, förändrad havsutsikt**. Det förutsätts att en fullvärdig miljökonsekvensbeskrivning tas fram baserad på heltäckande miljöunderökningar i området. Påverkan vid de närmaste öarna på svenska sidan. **Den visuella upplevelsen är individuell och ett brett visualiseringsmaterial bör tas fram som redovisar hur vindparkens påverka i olika väderlekar och luftspegling samt vid olika tidpunkter på året och även vid skymning/mörker, då kraftverken har belysning.** Eftersom vindkraftverken har ett roterande rotorblad bör visualiseringar även göras som rörliga bilder (filmer) eftersom ett rörligt motiv kan upplevas på ett annat sätt än ett stillastående. Visualiseringarna bör även inkludera andra befintliga och planerade vindparker i området. **Vindparken kan komma att påverka friluftslivet och boende/fritidsboende även med buller**. För att lättare kunna bilda en uppfattning om ljudpåverkan från vindkraftsparken så ser vi gärna att bullerkarteringarna kompletteras med någon typ av ljudinspelning som motsvarar ett ungefärligt ljud som vindkraftparken för med sig på olika avstånd, väderlek och årstider. Visualiseringarna bör även inkludera andra befintliga och planerade vindparker i området. Samt att påverkan under anläggningstiden behöver beaktas.	Konsekvenserna på den svenska sidan har bedömts i kapitel 9.2. För att stödja landskapsbedömningen genomfördes först en siktområdesanalys, på grundval av vilken fotograferingsplatserna valdes ut, med beaktande också av värdefulla kulturobjekt på den svenska sidan. På den svenska sidan har fotografier tagits från de närmaste utsiktsplatserna och projektets vindkraftverk har lagts in i bilden. Fotomontage har också gjorts för natt, när hinderljusen är synliga. Dessutom har andra kända projekt beaktats i landskapsbedömningen i den utsträckning som information om kraftverkens placering har funnits tillgänglig, eftersom det inte är möjligt att göra fotomontage utan information om kraftverkens placering. Med tanke på det betydande avståndet till de närmaste utsiktspunkterna på den svenska sidan (närmaste öar ca 40 km och kustlinje ca 65 km) och avsaknaden av betydande landskapspåverkan på grund av detta, anses det inte nödvändigt att använda rörlig video eftersom det inte bedöms tillföra något till bedömningen. Det finns dessutom en separat bilaga 2 om landskapsbedömningen. För att stödja bedömningen av bullerpåverkan från de havsbaserade vindkraftverken har en bullersimulering genomförts, vilket ger en karta över bullerspridningen i alla riktningar, inklusive till den svenska sidan. Bullersimuleringen har utförts med metoder som allmänt accepteras av de finska myndigheterna. Bullerpåverkan sträcker sig inte till de närmaste störda objekten på den svenska sidan, varför det inte anses nödvändigt att göra separata illustrativa ljudinspelningar eller liknande som stöd för konsekvensbedömningen.

Beaktande av myndighetens utlåtande om MKB-programmet (24.11.2022) i MKB-dokumentet	
Sammanfattningar av inkomna utlåtanden från Sverige	**Beaktande i bedömningen/dokumentet**
Sveriges geologiska undersökning (SGU) har den 2022-08-26 tagit emot ovanstående ärende för yttrande. Vattenströmmarna i området påverkar spridningen av sedimenten orsakad av potentiell grumling. **Strömsimuleringar i projektområdet** kan därför ge indikationer på hur långt grumlingen kan spridas och om det kan nå Sveriges ekonomiska zon. Detta kan användas när försiktighetsåtgärder tas fram för att minimera sådan påverkan och bör redovisas i kommande miljökonsekvensbeskrivning (MKB). **Strömsimuleringar- och mätningar** ger också indikationer på hur och vilken kornstorleksklass på sedimentet i området transporteras och deponeras vilket kan användas för framtagande av lämpligt erosionsskydd intill fundamenten.	En 3D-simulering har utförts för att stödja bedömningen av spridning av grumlighet och fasta ämnen samt en simulering av undervattensbuller för att stödja bedömningen, vars resultat presenteras som bilaga till dokumentet. Konsekvensbedömningen för den marina miljön presenteras i kapitel 9.3. Som stöd för simuleringen har det gjorts mätningar av strömmar och vattenkvalitet, temperatur och syrehalt i havsområdet. Dessutom har förändringen i ytströmmar som orsakas av den havsbaserade vindkraftsparken under drift bedömts, med påverkan även på den svenska sidan. Under driftsfasen är konsekvenserna relaterade till förändringar i strömmar, vågbildning och istäcke inom vindkraftsparksområdet som orsakas av både bottenbearbetning för vindkraftverkens fundament och kraftverksstrukturerna. Vätgasproduktion orsakar också små lokala värme- och saltbelastningar i närheten av vindkraftverken. Den förlust av ytvind som vindkraftverken orsakar har mer vidsträckta effekter på havsströmmar, skiktning, temperatur och transport av ämnen utanför projektområdet. De hydrodynamiska förändringarna bedömdes vara lindriga baserat på simuleringen, även om det kan finnas en tydlig lokal påverkan när det gäller skiktning nära vindkraftsparken.
Statens geotekniska institut (SGI) anser att det inte är möjligt att bedöma eventuell gränsöverskridande påverkan utifrån det underlag som lämnats. Myndigheten betonar därför vikten av att utreda om det finns geotekniska miljörisker såsom sedimenttransport och eventuella förorenade sediment kring OWF. SGI betonar också att vindkraftsparkens påverkan under driftsfasen, t.ex. i form av läckage av metaller till omgivande ytvatten och/eller sediment, bör utredas och klargöras i MKB:n.	En 3D-simulering har utförts för att stödja bedömningen av spridning av grumlighet och fasta ämnen samt en simulering av undervattensbuller för att stödja bedömningen, vars resultat presenteras som bilaga till dokumentet. Konsekvensbedömningen för den marina miljön presenteras i kapitel 9.3. Som stöd för simuleringen har det gjorts mätningar av strömmar och vattenkvalitet, temperatur och syrehalt i havsområdet. I samma kapitel, och dessutom i kapitel 9.5, har den potentiella miljöpåverkan från de havsbaserade vindkraftverken under driftsfasen, inklusive kraftverkens ytmaterial, behandlats.

Beaktande av myndighetens utlåtande om MKB-programmet (24.11.2022) i MKB-dokumentet	
Sammanfattningar av inkomna utlåtanden från Sverige	**Beaktande i bedömningen/dokumentet**
BirdLife Sverige: Viktigt i sammanhanget är att bevarande av biologisk mångfald och fungerande ekosystem är en lika viktig del i klimatarbetet som satsning på förnyelsebara och fossilfria energikällor. Därför måste utbyggnaden av vindkraft genomföras där miljökonsekvenserna av exploatering är små. BirdLife Sverige anser att vindkraft inte får medföra förstörelse av värdefull natur och hot mot enskilda arter. verkens lokalisering måsteplaneras noga utifrån vilkenmiljöpåverkan som uppstår. Eventuell kumulativ påverkan, d.v.s. påverkan av den nya anläggningen i kombination med redan befintliga vindkraftparker plus andra verksamheter och potentiella hot för berörda arter och naturtyper, måste nogsamt vägas in i miljöbedömningen. Ur ett biologiskt/ekologiskt perspektiv, liksom i fråga om kumulativa effekter, måste påverkan från Halla vindkraftpark bedömas ”gemensamt” med påverkan från Polargrund Offshore på den svenska sidan. Därför kräver BirdLife Sverige studier om potentiell (och sedermera verklig) påverkan på den massmigration av fåglar som pågår över Östersjön. Detta är nämligen att betrakta som en ”ödesfråga” för huruvida vi kan anse att regeringen, vindkraftsbranschen och tillståndsgivande myndigheter tar vederbörlig hänsyn och uppfyller krav om tillämpning av försiktighetsprincipen. Ett oundvikligt steg i vår miljölagstiftning är att minimera de negativa konsekvenserna för samtliga former av exploatering. Genom att analysera väderdata och flyttfågelrörelser (med t.ex. radar) går det att identifiera högrisklägen för när stora koncentrationer av flyttfåglar uppstår. Miljökonsekvensbeskrivning I en kommande miljökonsekvensbeskrivning måste bl.a. följande beaktas: • Beskrivningen måste grundas på vilka fåglar som finns (samt vilka som kan förväntas uppträda) i området och bedöma förekomsterna i ljuset av ett uppdaterat kunskapsläge vad gäller risker för fåglar i relation till havsbaserade vindkraftverk. Således krävs inventeringsinsatser för att kartlägga hur viktigt området är som födosöksområde under olika delar av året samt vilka rörelser av fåglar som sker. Beskrivningen ska utvärdera en sammantagen undanträngningseffekt, med åtföljande funktionell habitatförlust, av den aktuella vindkraftparken tillsammans med andra vindkraftparker i denna del av Östersjön. Även effekterna av ökad båttrafik i anslutning till vindkraftparken måste bedömas. • Det är viktigt att även utvärdera kumulativ påverkan av vindkraftparken tillsammans med annan påverkan från bl.a. sjöfart och fiske. • Miljökonsekvensbeskrivningen ska utifrån genomförda undersökningar, inklusive radarstudier, innehålla förväntad (översiktlig) kollisionsstatistik för flyttande fåglar.	I MKB-dokumentet har de samverkande konsekvenserna med Polargrund- och Omega-projekten bedömts för fåglar, både flyttande och häckande. I dokumentet beskrivs nuläget för flyttande och häckande fåglar i området, baserat på befintliga data och fältundersökningar. Projektområdets betydelse som flyttstråk och som födosöksområde för häckande fåglar har också bedömts. Ökad båttrafik har beaktats som en påverkansmekanism. Kumulativa effekter med andra aktiviteter som sjöfart och fiske har inte bedömts. Den samverkande konsekvensen med de andra marina verksamheter som nämns ovan ses inte som en viktig påverkansmekanism och osäkerheterna i bedömningen av den är för stora för att man ska kunna dra tillförlitliga slutsatser. På ett allmänt plan kan dock bedömas att Hallaprojektet tillsammans med sjöfart och t.ex. yrkesfiske inte kommer att ha några sådana samverkande konsekvenser som får betydande negativa effekter på fåglar på den finska eller svenska sidan. Konsekvenserna för flyttfåglar är en viktig del av bedömningen av projektets konsekvenser för fåglar. Storskaliga utredningar och bedömningar, till exempel av hela Östersjön eller Bottniska viken, kräver mer omfattande forskning och samarbete, till exempel mellan projektaktörer och finska och svenska forskningsinstitut, och kan inte genomföras inom ett enda projekt. Kollisionssimuleringar har inte inkluderats i dokumentet på grund av de stora osäkerheterna i simuleringarna och det lilla antalet fåglar som observerades flyga på kollisionshöjden (den statistiska osäkerheten var för stor).
Swedish Pelagic Federation (SPF) och Sveriges Fiskares Producentorganisation (SFPO) hävdar att den havsbaserade vindkraftsparken Halla kan ha en negativ inverkan på fiskbestånden på grund av undervattensbuller, vibrationer, förändrade strömmar eller elektromagnetiska fält runt sjökablarna. Dagens kunskap om dessa faktorer och deras påverkan på miljön och de fiskarter som lever i området bedöms av SPF som otillräcklig. Förbundet begär att MKB:n ska innehålla en beskrivning av de förväntade konsekvenserna för fiskbestånd och fiske under faserna för uppförande, drift och avveckling av Halla med en referensperiod på minst 10-15 år. Dessutom bör utvecklaren ta hänsyn till klimatförändringarna, eftersom de kan	En 3D-simulering har utförts för att stödja bedömningen av spridning av grumlighet och fasta ämnen samt en simulering av undervattensbuller för att stödja bedömningen. Simuleringarnas resultat presenteras som bilaga till dokumentet. Konsekvensbedömningen presenteras i kapitel 9.3 för den marina miljön och i kapitel 9.4 för fiskar och fiske. I bedömningen har hänsyn tagits till påverkan på fisk och fiske, annat marint liv och marina däggdjur. I bedömningen har man behandlat bland annat buller, vibrationer och elektromagnetiska fält som orsakas av sjökabeln, baserat på befintliga forskningsdata. Klimatförändringarna har beaktats i

Beaktande av myndighetens utlåtande om MKB-programmet (24.11.2022) i MKB-dokumentet	
Sammanfattningar av inkomna utlåtanden från Sverige	**Beaktande i bedömningen/dokumentet**
leda till ändrad förvaltning av fisket och förändringar i historiska fiskemönster. Stigande temperaturer och uppdelningen av kvotområden i fler delområden kan leda till att fiske flyttas längre norrut än vad som hittills varit fallet.	konsekvensbedömningen och behandlas mer ingående i kapitel 9.9 Klimat.