



Halla Offshore Wind Oy

Halla havsbaserade vindkraftsprojekt, Bottenviken

Havsbaserad vindkraftspark och vätgasproduktion i Finlands ekonomiska zon, energiöverföring i Finlands ekonomiska zon och territorialvatten samt elöverföring på fastlandet

Bilaga till den finska nationella MKB:n enligt Esbokonventionen för bedömning av gränsöverskridande konsekvenser

Januari 2025



Copyright © Halla Offshore Wind Oy

Alla rättigheter förbehålls. Detta dokument, dess bilagor eller någon del därav får inte kopieras, reproduceras, publiceras, distribueras eller modifieras på något sätt utan skriftligt tillstånd från Laine Offshore Wind Ltd.

AFRY Finland Oy projektnumret är 101017094.

Omslagsbild: © OX2 Finland Oy

Bildernas bakgrundskartor: Lantmäteriverkets baskartor, öppna data 2023–2024 om inget annat anges.

Bilagan till den finska nationella MKB:n enligt Esbokonventionen för bedömning av gränsöverskridande konsekvenser för Halla havsbaserade vindkraftsprojekt har översatts från finska till svenska. I händelse av skillnader mellan versionerna är det den finska versionen som gäller.

Kontaktuppgifter och allmänhetens tillgång

Projektledare:

OX2 Finland Oy

Projektledare för projektutveckling Patrick Lees

patrick.lees@ox2.com

tfn. 040 6621184

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

Kontaktmyndighet:

Närings-, trafik och miljöcentralen i Norra Österbotten

NTM:s kontaktperson Liisa Kantola

pirkko-liisa.kantola@ely-keskus.fi

tfn. +358295038340

www.ely-keskus.fi

Kontaktmyndighet för internationella samråd:

Finlands miljöcentral

Överinspektör Ulla Helminen

ulla.helminen@syke.fi

tfn. +358 295 525 2357

www.syke.fi

MKB-konsult:

AFRY Finland Oy

Karoliina Jaatinen, MKB-projektledare för det internationella samrådet

karoliina.jaatinen@afry.com

tfn. +358 40 660 4407

www.afry.com

Finlands nationella MKB-beskrivning finns tillgängligt i elektronisk form på finska på följande adress, där man bl.a. hittar de bilagor som nämns i detta dokument (separata utredningar):

www.ymparisto.fi/hallamerituulivoimaYVA

Innehåll

MKB-arbetsgruppen	10
1 Inledning	17
2 Sammanfattning av de viktigaste effekterna för Sverige	21
3 Projektbeskrivning och alternativ som ska bedömas.....	27
3.1 Initiativtagare och syfte med projektet	27
3.2 Projekialternativ	27
3.3 Förändringar i projektet sedan MKB-programmet.....	30
3.4 Projektets kopplingar till andra projekt	32
3.4.1 Andra havsbaserade vindkraftsprojekt i Finlands EEZ.....	32
3.4.2 Projekt i territorialvatten	33
3.4.3 Projekt på den svenska sidan	37
3.5 Tidsplan	40
4 MKB-förfarande	41
4.1 Internationellt MKB-förfarande	41
4.1.1 Allmän bedömning av gränsöverskridande påverkan.....	42
4.2 MKB-förfarandet i Finland	42
4.2.1 Miljökonsekvensbedömning	43
4.2.2 Avgränsning av undersöknings- och konsekvensområdena för MKB-förfarandet.....	44
4.3 Bedömning av hur betydande konsekvenserna är och jämförelse av alternativen	46
4.4 Studier som utförts inom ramen för projektet	47
4.5 Lindring och övervakning av påverkan	48
5 Teknisk beskrivning av den havsbaserade vindkraftsparken	48
5.1 Kriterier för utformning	48
5.2 Havsbaserade vindkraftsverk	53
5.2.1 Färg, märkning och belysning	55
5.2.2 Kemikalier i samband med drift av havsbaserade vindkraftsparker.....	56
5.3 Utveckling av den havsbaserade vindkraftssektorn	56
5.4 Lokalisering av havsbaserade vindkraftsparker.....	57
5.5 Vindkraftverkens havsfundament.....	58
5.5.1 Gravitationsfundament.....	59
5.5.2 Pålfundament (monopile).....	59
5.5.3 Fackverksfundament (jacket)	60
5.5.4 Hybridfundament och alternativa eller kompletterande förankringsmetoder av fundament.....	60
5.6 Elöverföring inom den havsbaserade vindkraftsparken och från vindkraftsparken till kusten	60
5.6.1 Vindkraftsparkens interna kablar.....	60

5.6.2	Transmissionskabel och elstationer till havs	64
5.7	Byggnation av en havsbaserad vindkraftspark och elöverföringen.....	70
5.7.1	Havsbottenförhållanden och undersökning av havsbotten.....	71
5.7.2	Installation av havsfundament och vindkraftverk samt kabeldragning	71
5.7.3	Den krossade sten och jord som behövs för byggandet av projektet	72
5.7.4	Deponering av sediment.....	73
5.8	Drift och underhåll av havsbaserade vindkraftsverk och sjökablar.....	74
5.9	Avveckling av havsbaserade vindkraftsverk och havskablar	75
5.10	Säkerhet	75
6	Teknisk beskrivning av vätgasproduktion	76
6.1	Designkriterier.....	76
6.2	Principer för vätgasekonomi.....	77
6.3	Allmän beskrivning av vätgasproduktion	78
6.3.1	Decentraliserad vätgasproduktion vid foten av vindkraftverkstornet	80
6.3.2	Centraliserad produktion av vätgas vid en station på vindkraftsparkens område.....	81
6.4	Produktion av väte genom elektolys	81
6.4.1	Elektrolysör	81
6.4.2	Kemikalier relaterade till vätgasproduktion	82
6.4.3	Vattenbehov och -behandling	83
6.4.4	Kylning.....	84
6.4.5	Syrgas.....	84
6.4.6	Uppförande av en anläggning för vätgasproduktion	85
6.4.7	Drift, underhåll och reparation av anläggningar för vätgasproduktion	85
6.4.8	Avveckling av anläggningar för vätgasproduktion.....	85
6.5	Överföring av vätgas	85
6.5.1	Anläggning av vätgasrörsystem	85
6.5.2	Drift, underhåll och service av vätgasrörsystem.....	86
6.5.3	Avveckling av vätgasrörsystem.....	86
6.6	Lagring av vätgas	86
6.7	Säkerhet	86
6.7.1	Vätgas.....	87
6.7.2	Syrgas.....	88
6.7.3	Gasledningar under vatten	88
6.7.4	Bränder	88
6.7.5	Storolyckor	89
7	Tillstånd, planer och beslut i Finland som krävs för projektet	89
7.1	MKB-process	90

7.1.1	Internationell MKB-process	91
7.2	Natura-bedömning	91
7.3	Lag om Finlands ekonomiska zon	91
7.3.1	Tillstånd av statsrådet	92
7.4	Tillstånd enligt vattenlagen	93
7.5	Miljötilstånd	93
7.6	Flyghindertillstånd	93
7.7	Tillstånd för omfattande industriell hantering och lagring av kemikalier	94
7.8	Begäran om utlåtanen	94
7.8.1	Försvarsmaktens godkännande	94
7.8.2	Konsekvenser för tv- och radiosändningar	95
7.8.3	Påverkan på väderradar	95
8	Beskrivning av det aktuella tillståndet för miljön i projektområdet	95
8.1	Havsområdesplanering	95
8.2	Planläggning	97
8.3	Bosättning och rekreation	97
8.4	Naturmiljö	99
8.4.1	Beskrivning	99
8.4.2	Vattenområde	100
8.4.3	Fiskar och yrkesfiske	122
8.4.4	Havsdäggdjur	132
8.4.5	Fladdermöss	132
8.4.6	Fåglar	134
8.4.7	Skyddade områden	159
8.4.8	Jord och berggrund	162
8.5	Landskapstyper	174
8.6	Kulturmiljö	175
8.6.1	Beskrivning	175
8.6.2	Skyddade områden	175
8.7	Rekreation och friluftsliv	177
8.7.1	Beskrivning	177
8.7.2	Skyddade områden	178
8.8	Luftkvalitet	178
8.9	Klimat	179
8.9.1	Internationella, nationella och regionala klimatmål	179
8.9.2	Allmänna prognoser för effekterna av klimatförändringarna	180
8.10	Buller och vibrationer	181
8.11	Sjötransport	184
8.11.1	Hamnar	184
8.11.2	Vattenvägar och sjötrafikområden till havs	188
8.11.3	Andra närliggande havsbaserade vindkraftsprojekt	195
8.11.4	Havsis	197

8.11.5	Säkerhetsavstånd för havsbaserade vindkraftsdparker från sjötrafik	198
8.11.6	Maritima radar- och positioneringssystem samt trådlösa kommunikationsnät	200
8.11.7	Nuvarande situation och drivkrafter för förändring inom sjötransporter	200
8.12	Luftfart.....	207
8.12.1	Finska sidan	207
8.12.2	Svenska sidan	208
9	Bedömning av gränsöverskridande konsekvenser	209
9.1	Havsområdesplan.....	209
9.2	Landskap och kulturmiljö.....	210
9.2.1	Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder	210
9.2.2	Konsekvensbedömning	212
9.2.3	Samlad bedömning	213
9.3	Havsmiljö, biota, marina däggdjur och fladdermöss	214
9.3.1	Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder	215
9.3.2	Påverkan under byggtiden	217
9.3.3	Konsekvenser under drift.....	229
9.3.4	Konsekvenser vid avveckling	237
9.3.5	Projektet genomförs inte VE0	238
9.3.6	Konsekvenser för vatten- och havsförvaltningens målsättningar.....	238
9.3.7	Kumulativa konsekvenser	245
9.3.8	Osäkerhetsfaktorer i bedömningen	246
9.3.9	Förebyggande och begränsning av konsekvenser	248
9.4	Fiskar och fiske.....	249
9.4.1	Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder	250
9.4.2	Konsekvensbedömning	251
9.4.3	Konsekvenser under byggtiden	251
9.4.4	Konsekvenser under drift.....	256
9.4.5	Konsekvenser vid avveckling	263
9.4.6	Projektet genomförs inte VE0	263
9.4.7	Kumulativa konsekvenser	263
9.4.8	Osäkerhetsfaktorer i bedömningen	264
9.4.9	Förebyggande och begränsning av konsekvenser	264
9.5	Jordmån och berggrund (bottenförhållanden).....	265
9.5.1	Mekanismer för konsekvenser och bedömningsmetoder	265
9.5.2	Byggtida konsekvenser.....	265
9.5.3	Konsekvenser under drift.....	269
9.5.4	Konsekvenser vid avveckling	270
9.5.5	Projektet genomförs inte VE0	270
9.5.6	Kumulativa konsekvenser	270

9.5.7	Osäkerhetsfaktorer i bedömningen	271
9.5.8	Förebyggande och begränsning av konsekvenser	271
9.6	Fåglar	272
9.6.1	Mekanismer för konsekvenser och bedömningsmetoder	272
9.6.2	Bedömning av konsekvenser	274
9.6.3	Kumulativa konsekvenser med andra kända projekt	274
9.7	Skyddsområden	276
9.7.1	Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder	276
9.7.2	Bedömning av konsekvenser	276
9.7.3	Projektet genomförs inte VE0	276
9.7.4	Kumulativa konsekvenser	276
9.7.5	Osäkerhetsfaktorer i bedömningen	277
9.7.6	Förebyggande och begränsning av konsekvenser	277
9.8	Luftkvalitet	277
9.8.1	Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder	278
9.8.2	Konsekvensbedömning	278
9.8.3	Konsekvenser vid avveckling	279
9.8.4	Projektet genomförs inte VE0	279
9.8.5	Kumulativa konsekvenser	280
9.8.6	Osäkerhetsfaktorer i bedömningen	280
9.9	Klimat	280
9.9.1	Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder	281
9.9.2	Konsekvensbedömning	282
9.9.3	Elöverföring på land	287
9.9.4	Förlust av kolsänkor och kollager	288
9.9.5	Projektet genomförs inte VE0	289
9.9.6	Ytterligare påverkan på sjöfartens utsläpp	289
9.9.7	Kumulativa konsekvenser	290
9.10	Sjötransport, radar och kommunikation	290
9.10.1	Konsekvensmekanismer och bedömningskonsekvenser	291
9.10.2	Konsekvensbedömning	293
9.10.3	Konsekvenser vid avveckling	308
9.10.4	Projektet genomförs inte VE0	308
9.10.5	Osäkerhetsfaktorer i bedömningen	311
9.10.6	Förebyggande och begränsning av konsekvenser	311
9.11	Buller och vibrationer	315
9.11.1	Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder	316
9.11.2	Konsekvensbedömning	324
9.11.3	Konsekvenser under drift	329
9.11.4	Konsekvenser vid avveckling	335
9.11.5	Projektet genomförs inte VE0	335
9.11.6	Kumulativa konsekvenser	335

9.11.7	Kumulativa konsekvenser av buller ovan vatten.....	335
9.11.8	Kumulativa konsekvenser av buller under vatten	335
9.11.9	Jämförelse av alternativen och konsekvensernas betydelse.....	336
9.11.10	Osäkerhetsfaktorer i bedömningen	337
9.11.11	Förebyggande och begränsning av konsekvenser	338
9.12	Skuggning	339
9.13	Ekonomi och näringsliv	340
9.14	Naturresurser.....	341
9.15	Levnadsförhållanden, trivsel, rekreation och hälsa	342
9.16	Säkerhet, radar och kommunikation	343
9.17	Sammanfattning av gränsöverskridande kumulativa konsekvenser med andra kända projekt	344
9.17.1	Kumulativa konsekvenser under byggtiden	344
9.17.2	Kumulativa konsekvenser under drift	346
9.18	Konsekvenser vid avveckling.....	348
9.19	Konsekvenser av att inte genomföra projektet (VE0).....	349
10	Förslag till uppföljningsprogram.....	349
10.1	Fåglar	350
10.2	Buller.....	350
10.3	Vattendrag, undervattensnatur och fiskar.....	351
11	Termer förkortningar	353
12	Källförteckning	355

Bilagor

Bilaga 1	Beaktande av inkomna utlåtanden på MKB-programmet vid bedömning av gränsöverskridande konsekvenser (på svenska)
Bilaga 2	Bedömning av konsekvenser för landskapet på den svenska sidan (AFRY Sverige 2024) och siktområdesanalyser (OX2 2024) (på svenska)
Bilaga 3	Halla havsbaserade vindkraftspark, hydrodynamik, simulering av sediment- och saltvattenspridning (Niras 2023a) (på engelska)
Bilaga 4	Konsekvensbedömning av undervattensbuller, fisk och marina däggdjur (ENG) (Niras 2023b)
Bilaga 5	Trafikanalys, Halla havsbaserade vindkraftspark, plan för 160 vindkraftverk (Sweco 2023a) (på engelska)
Bilaga 6	Riskbedömning för sjötrafik, Halla havsbaserade vindkraftspark, plan för 160 vindkraftverk (Sweco 2023b) (på engelska)
Bilaga 7	Riskbedömning för sjötrafik, Halla havsbaserade vindkraftspark, plan för 120 vindkraftverk (Sweco 2023c) (på engelska)
Bilaga 8	Riskbedömning för sjötrafik, Halla havsbaserade vindkraftspark, jämförelse av planer för 120 och 160 vindkraftverk (Sweco 2023d) (på engelska)

MKB-arbetsgruppen

AFRY Finland Oy har som konsultarbete ansvarat för att utarbeta programmet för miljökonsekvensbedömning. Experterna i MKB-arbetsgruppen presenteras i vidstående tabell 1. I arbetsgruppen ingår både den finska nationella arbetsgruppen för MKB-förfarandet och experter från Sverige, som har ansvarat för bland annat bedömningen av landskapskonsekvenserna.

Tabell 1. MKB-konsultens arbetsgrupp och de sakkunnigas kompetenser.

AFRY Finland Oy:s arbetsgrupp				
UTBILDNING		NAMN	ROLL	ERFARENHET
AFM	Limnologi	Karoliina Jaatinen	MKB-projektledare för internationellt samråd (bedömning av gränsöverskridande konsekvenser), bedömning av samverkande konsekvenser, bedömning av gränsöverskridande konsekvenser i samarbete med MKB-teamet	Ledande expert, miljökonsult. Arbetslivserfarenhet 16 år. Flera MKB-projekt och konsekvensbedömningar i roller som projektledare, projektkoordinator eller expert. Specialkunskap om konsekvenser för vattendrag. Flera års erfarenhet av havsbaserade vindkraftsprojekt (bland annat projekten Laine, Tyrsky, Korsnäs, Storsand och Tahkoluoto). Erfarenhet även av internationellt samråd (t.ex. Finest Bay Area Development Oy:s Tallinn Tunnel-projekt och BalticConnector-projektet)
FM	Biologi, botanik	Ella Kilpeläinen	MKB-projektledare för det nationella MKB-förfarandet i Halla, bedömning av samverkande konsekvenser, vegetation och naturtyper, skyddsområden, Natura-bedömningar.	15 års erfarenhet av MKB-processer. Deltagit i studier och MKB-förfaranden för nära 30 vindkraftsprojekt i olika roller. Särskild kompetens Natura- och naturkonsekvensbedömningar.
FD	Limnologi	Juha Niemistö	Projektkoordinator, konsekvenser för vattendrag	Ledande expert, miljökonsult. 15 års erfarenhet av näringscirkulationsforskning i Finlands insjöar och kustområden i Östersjön. Erfarenhet av ansökningar om tillstånd för infrastruktur-, industri- och energisektorerna och miljökonsekvensbedömningar av vattennaturen.
FM	Biologi, botanik	Thomas Bonn	Kvalitetssäkring, riskbedömning	Mer än 20 års erfarenhet som projektledare inom energibranschen och expert i bl.a. MKB-projekt. Arbetade intensivt med vindkraft i 20 år och var

				projektledare för MKB-projektet i Storsands havsvindpark 2008–2009.
FM	Planeringsgeografi	Arto Ruotsalainen	Markanvändning och planläggning	Mer än 20 års yrkeserfarenhet av konsekvensbedömningar av markanvändning med konsekvensutredningar och MKB-processer för program, strategier, olika planeringsnivåer samt projekt.
FM	Stadsforskning och planering	Tommi Toikanen	Markanvändning och planläggning	Miljöexpert. Arbetslivserfarenhet över 1 år Som yngre expert inom MKB- och planläggningsuppgifter i anslutning till markanvändning och geodata, t.ex. vindkraft och elöverföringsprojekt.
FM	Geografi	Stella Selinheimo	Konsekvenser för människor, hälsa	Ca 8 års arbetslivserfarenhet i olika projekt för bedömning av sociala konsekvenser. Arbetat som expert inom flera olika sektors MKB-processer, inkl. vindkraft.
FM	Geografi	Matleena Kastikainen	Boendeenkät och konsekvenser för människor	Cirka två års erfarenhet av att arbeta med MKB-projekt med fokus på bedömningar av sociala konsekvenser. Arbetat främst med MKB-processer relaterade till vindkraft.
DI	Miljöteknik	Henna Tiinen	Utnyttjande av naturresurser och människors levnadsvillkor, trivsel, rekreationsanvändning och hälsa	Expert på hållbar utveckling, miljökonsult. Arbetslivserfarenhet 4 år. Flera MKB-projekt och konsekvensbedömningar i roller som projektkoordinator och/eller expert. Erfarenhet även av projekt inom cirkulär ekonomi.
DI	Miljöteknik	Mira Vähkyrä	Utnyttjande av naturresurser	Miljöexpert. Arbetslivserfarenhet 3 år. Projekt som i anslutning till bevarande och hållbar användning av naturresurser och MKB-processer i en expertroll.
AFM	Limnologi	Lotta Lehtinen	Vattendrag och vattenecosystem	Mer än 10 års erfarenhet av vattendragsutredningar, kontrollskyldighet och bedömning av konsekvenser för vattendrag i olika slags

				miljö- och vattentillståndsprojekt.
FM	Geografi	Petra Saari	Vattenekosystem, undervattensmiljöer	Miljöexpert. Erfarenhet av kartläggning av undervattenshabitat och hotade arter och av modellering av artutbredning.
PTM	Human- och djurgeografi, miljöplanering	Hanna Halonen	Marina däggdjur, kulturarv under vatten, sammanställa data om kulturarv på fastlandet och bistå med konsekvensbedömningar	8 års erfarenhet som forskningstekniker (marin forskning, 5 års erfarenhet av undervattensinventeringar, inklusive design och implementering av en vrakpark, kunskap om kulturarv under vatten, expert inom sociala konsekvensbedömningar
FM	Akvatiska vetenskaper, fiskbiologi	Anna Väisänen	Vattenekosystem, fiskbestånd	Mer än 10 års yrkeserfarenhet av fiskeriekonomiska och vattenbiologiska studier. Har deltagit i MKB-förfaranden samt miljö- och vattentillståndsprocesser inom flera olika branscher (inkl. vindkraft).
FM	Markens geologi	Pekka Keränen	Mark och berggrund, grundvatten	Mer än 20 års erfarenhet av MKB-processer: ansvarig för konsekvensbedömningar med anknytning till berg- och markgrund samt grundvatten i ett stort antal MKB-projekt.
FM	Biologi, botanik	Ella Kilpeläinen	Växter och livsmiljöer, skyddsområden	Tio års erfarenhet av MKB-förfaranden. Deltagit i utredningar i av nästan 30 vindkraftsprojekt. Särskild kompetens Natura- och naturkonsekvensbedömningar.
FM	Biologi, zoologi	Terhi Alsila	Växtlighet och naturtyper, flygekorre, terrängutredningar	Miljöexpert. 2 års erfarenhet av terrängarbete och rapporter för naturutredningar.
FD	Biologi, zoologi	Petri Lampila	Fåglar (del B) och övrig fauna	Miljöexpert. Mer än 20 års erfarenhet av olika fågelinventeringar i många olika länder och tre års erfarenhet av MKB-processer.

DI	Industriell miljöteknik	Maiju Lahtinen	Klimat och luftkvalitet	Cirka 4,5 års erfarenhet av olika konsekvensbedömningar av klimat och utsläpp. Arbetat som expert i flera MKB-processer inom olika sektorer.
AFM	Miljö - och naturresursekonomi	Helena Rantala	Klimat och luftkvalitet, konsekvenser för regional ekonomi och näringsliv	Expert inom miljö- och resursekonomi, med mer än 2 års arbetslivserfarenhet inom beräkning av koldioxidavtryck och livscykelbedömning relaterad till MKB-processer samt mångsidig konsekvensbedömning relaterad till klimateffekter och luftkvalitetseffekter.
DI	Produktionsekonomi	Juho Peltoniemi	Trafikpåverkan	DI Peltoniemi har 2 års erfarenhet av MKB-processer och fungerar som expert på att utreda olika slags projekts konsekvenser för trafiken. Två års erfarenhet av trafikkonsekvensbedömningar inom planeringsbranschen och dessförinnan 1,5 års erfarenhet av trafikforskningsarbete.
Sjökapten, YH, EMBA		Eeva-Mari Lantta	Sjötrafik	20 års erfarenhet inom sjöfart, hamnar samt olje- och kemiterminaler. Efter att ha arbetat som däcksbefäl på handelsfartyg i flera år och i planeringsbranschen i tre år, med särskilt fokus på HSE-aspekter och -uppdrag, är han HSE-teamledare.
DI	Energiteknik	Carlo Di Napoli	Buller	Mer än 15 års erfarenhet av vindkraftsprojekt (t.ex. MKB, planer) i Finland och utomlands.
DI	Maskinteknik	Tapio Lukkari	Vibrationer	7 års arbetslivserfarenhet, inklusive miljökonsekvensbedömningar av buller, vibrationer och stomljud i flera MKB-, planerings- och tillståndsprocesser.
FD	Tillämpad matematik	Mika Laitinen	Skuggeffekt	10 års erfarenhet av projektutveckling och MKB-förfaranden för vindkraftsprojekt (simulering av skuggeffekter, siktområdesanalyser och fotomontage).

Ingenjör, YH	Elkraftteknik	Mikko Pihlajasaari	Teknisk expert, riskbedömning	Mer än fem års erfarenhet av el- och automationsteknik. Deltagit i allt från små utvecklingsprojekt till storskaliga projekt för kraftverk och vindkraftverk. Fokuserat främst på förnybar energi och huvudsakligen har arbetsuppgifterna omfattat bland annat elplanering av vind- och solkraftsprojekt, studier av Due-diligence, granskning av vindturbiner samt produktion av Owners Engineering-tjänster.
Ingenjör, YH	Elektronik	Eemeli Hurmerinta	Geografiska datamängder, kartor	15 års erfarenhet av olika slags miljöutredningar, rapporter och uppgifter inom geografisk information.
Andra konsulter som deltagit i MKB-arbetet				
UTBILDNING	NAMN		ROLL	ERFARENHET
Landskapsarkitekt	Maisema-arkkitehtitoimisto Väyrynen Oy	Marko Väyrynen	Landskap och kulturmiljö	Över 10 års yrkeserfarenhet. Bedömt landskaps- och kulturutredningar i ett stort antal vindkraftsprojekt och utarbetat analyskartor och fotomontage.
FM	Keski-Pohjanmaan Arkeologia-palvelu Oy	Hans-Peter Schulz	Inventering av fornlämningar på land och projektets relation till fornlämningar på land	Arbetat i mer än 15 år som forskare och utgrävningschef på Museiverket och har genomfört utgrävningar och inventeringar över hela Finland. Åren 2010–2014 arbetade han som arkeolog och specialplanerare på Forststyrelsen.
Merkonom	FCG Finnish Consulting Group Oy	Harri Taavetti	fåglar, skyddsområden när det gäller den havsbaserade vindkraftsparken och sjöabelrutterna	Mer än 10 års erfarenhet av fågelutredningar för vindkraftsprojekt samt konsekvensbedömningar och Natura-bedömningar av vindkraftsprojekt på land och till havs. Har deltagit i tiotals vindkraftsprojekt runt om i Finland. Långvarig båtlivserfarenhet i finska havsområden.
AFM Fiskeriveten-skap	Kala- ja vesitutkimus Oy	Sauli Vatanen	Utredningar av fiskbestånd och bottenfauna	Mer än 20 års erfarenhet av fiskbeståndsundersökningar och undersökningar relaterade till fiske,

				inklusive flera havsbaserade vindkrafts- och elöverföringsprojekt med start på 2000-talet.
FM Geofysik, Marinvetenskap	Luode Consulting Oy	Antti Lindros	Lodningar av havsområden, strömmar och vattenkvalitet, undervattensbuller, sedimentprovtagning	25 års erfarenhet av mångsidiga undersökningar av havsområdet, inklusive flera havsbaserade vindkrafts- och elöverföringsprojekt samt kärnkrafts- och gasledningsprojekt med start på 2000-talet.
FM, Hydrobiologi	Alleco Oy	Jouni Leinikki	Undersökningar av strömming och undervattenshabitat	Mer än 30 års erfarenhet av mångsidiga undersökningar av havsområdet, inklusive flera havsbaserade vindkrafts- och elöverföringsprojekt med start på 2000-talet.
DI Akustik och buller	NIRAS A/S	Mark Mikaelson	Undervattensbuller	Mer än 12 års erfarenhet av att analysera akustiska signaler från undervattensbuller i MKB-processer för havsbaserade vindkraftsparker.
DI Hydraulisk modellering	NIRAS A/S	Tony Erik Bergøe	Påverkan på vattenkvalitet (simulering av grumlingens spridning)	34 års erfarenhet av simulering av vattendrag för sediment- och turbiditets-spridning, särskilt i samband med havsbaserade vindkraftsparker
DI Teknisk fysik	Sweco Sverige AB	Anna Bjereid	Risikanalys och rapport om navigationsrisker	Mer än 15 års erfarenhet av riskhantering, särskilt inom sjöfartssektorn, bl.a. i havsvindkraftsparks- och broprojekt.
DI Energiteknik	Gaia	Walteri Salmi	Utredning av regionalekonomi	Gedigen erfarenhet av ledning, affärsanalys och genomförbarhetsstudier i bland annat flera projekt inom vätgas, power-to-X och förnybar energi.
DI Energiteknik	Gaia	Jussi Lehtonen	Utredning av regionalekonomi	Expertområdena omfattar energimarknader, vätgas-ekonomi, högtemperaturvärmepumpar och beräkning av koldioxidavtryck.
Landskapsarkitekt	AFRY Sweden	Cecilia Smedbro	Landskap och kulturmiljö på den svenska sidan	Cecilia är landskapsarkitekt och har varit uppdragsledare och ansvarat för ta fram flertal landskapsanalyser för både landbaserade samt havsbaserade vindkraftsprojekt. Cecilia

				har erfarenhet av projekt i tidiga skeden med analyser samt miljökonsekvensbeskrivningar för landskapsbild.
Landskapsarkitekt	AFRY Sweden	Klara Kållberg	Landskap och kulturmiljö på den svenska sidan	Klara är landskapsarkitekt och har varit med i flera landskapsanalyser för havsbaserad samt landbaserad vindkraft. Klara har erfarenhet av projekt i tidiga skeden med analyser samt miljökonsekvensbeskrivningar för landskapsbild.
Kulturmiljöspecialist	AFRY Sweden	Sigrid Tuvall	Landskap och kulturmiljö på den svenska sidan	Sigrid är kulturmiljöspecialist på AFRY med över 20 års erfarenhet både inom myndighet och privat sektor. Sigrid har arbetat med tillståndsfrågor enligt miljöbalken och kulturmiljölagen, både med framtagande av MKB och underlagsutredningar.

1 Inledning

Finland är med i konventionen om miljökonsekvensbeskrivningar i ett gränsöverskridande sammanhang (Esbokonventionen FördrS 67/1997), som syftar till att främja gränsöverskridande samarbete och allmänhetens deltagande när ett projekt som planeras i ett land (den orsakande parten) bedöms kunna ha gränsöverskridande miljöpåverkan i ett annat land (målparten).

Detta dokument är en sammanfattning av MKB-rapporten för det havsbaserade vindkraftsprojekt som planeras av Halla Offshore Wind Oy i Halla, Finland, för internationellt samråd, dvs. för anmälan enligt Esbokonventionen och samråd med myndigheter hos berörda parter och allmänheten. Sammanfattningen har utarbetats i enlighet med bilaga II till Esbokonventionen. Sammanfattningen innehåller information om projektet och dess alternativ samt om den miljökonsekvensbedömning som har utförts inom ramen för detta förfarande och hur bedömningen har utförts. Sammanfattningen beskriver det aktuella miljötillståndet i projektområdet fram till gränsen mot den svenska ekonomiska zonen (EEZ) och i stor utsträckning även det aktuella tillståndet i det svenska havs- och kustområdet. De viktigaste delarna av dokumentet omfattar en bedömning av betydelsen av gränsöverskridande påverkan och metoder för att förebygga och mildra negativ påverkan. Dokumentet tar också upp eventuella osäkerheter i konsekvensbedömningarna.

En allmän sammanfattning av projektets viktigaste konsekvenser presenteras i kapitel 2 i denna sammanfattning.

Halla Offshore Wind Oy planerar Halla havsbaserade vindkraftsprojekt i havet utanför Uleåborg och Brahestad i den finska ekonomiska zonen. Projektområdet ligger i den finska ekonomiska zonen, cirka 23 kilometer väster om Karlö. De närmaste landbaserade platserna till den havsbaserade vindkraftsparken är Siikajoki (cirka 30 km), Brahestad (cirka 35 km) och Uleåborg (cirka 65 km). Det maximala området för den havsbaserade vindkraftsparken är cirka 575 km² och djupet varierar mellan cirka 12 och 60 meter. MKB-förfarandet för projektet omfattar den havsbaserade vindkraftsparken, dess interna elöverföring eller vätgasrör, de havsbaserade deponiområdena under byggtiden, de havsbaserade elstationerna eller de havsbaserade vätgasproduktionsanläggningarna, de havsbaserade kablarna eller vätgasrörna till fastlandet samt elöverföringen på land (Figur 1-1 ja Figur 1-2). Projektet kommer att undersöka möjligheten att producera vätgas vid vätgasproduktionsstationer till havs, varifrån vätgasen kommer att transporteras med vätgasrör till en lagringsanläggning på fastlandet.

Detta dokument har fokuserat på de potentiella gränsöverskridande konsekvenserna för Sverige, och därmed på de verksamheter som är belägna till havs i den finska ekonomiska zonen eller som bedöms ha en påverkan på den svenska sidan. I enlighet med ovanstående princip har bedömningen av konsekvenserna av energiöverföringsvägar från projektområdet till den finska kusten eller elöverföringsvägar på det finska fastlandet inte beaktats på mer än en mycket allmän nivå, eftersom dessa verksamheter inte förväntas ha gränsöverskridande effekter på den svenska sidan.

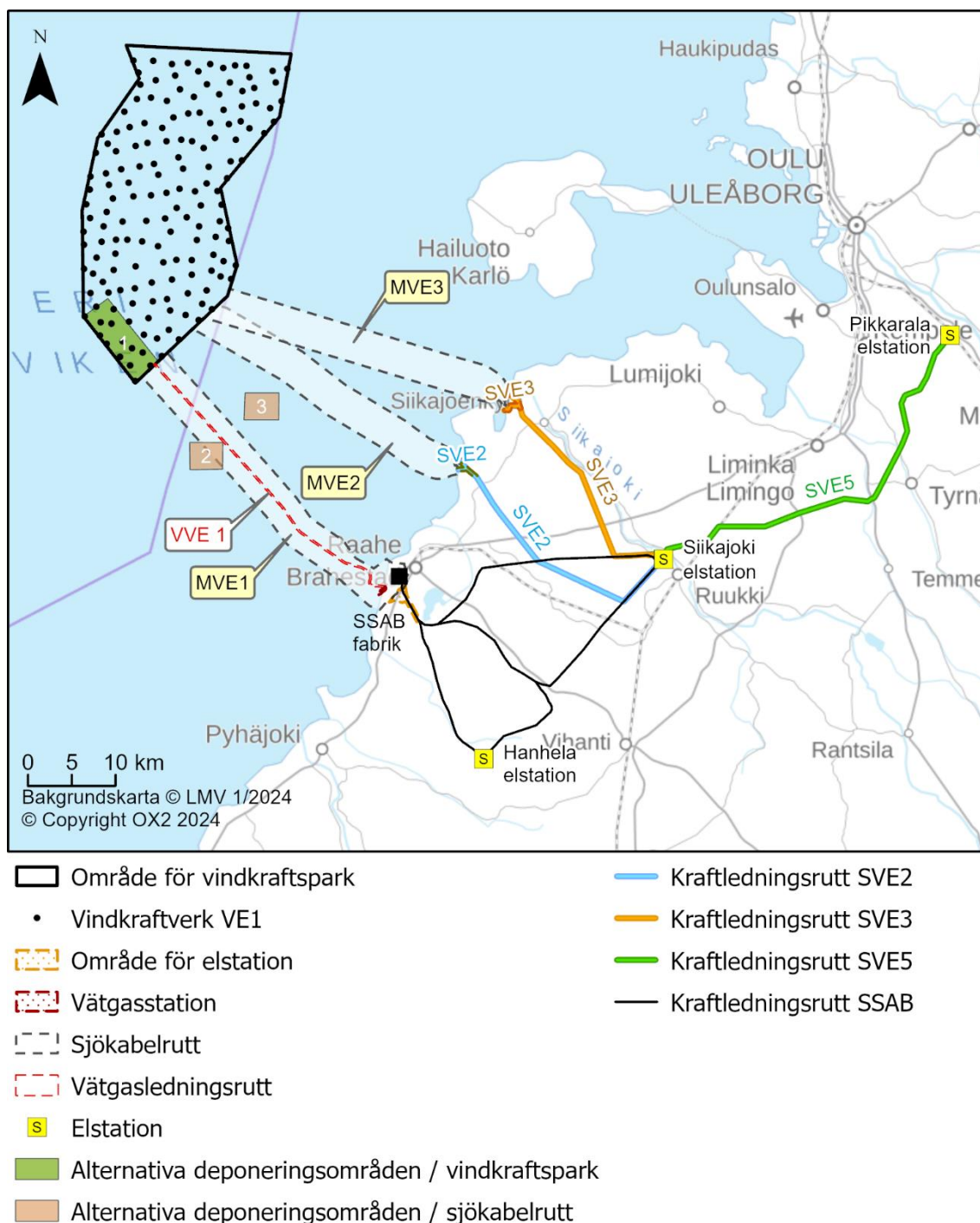
I Finland regleras förfarandet vid miljökonsekvensbedömning (MKB-förfarandet) av MKB-lagen (252/2017) och MKB-förordningen (277/2017). MKB-förfarandet tillämpas på projekt och ändringar av dessa som sannolikt kommer att ha betydande miljöpåverkan. På grund av potentiell gränsöverskridande miljöpåverkan tillämpas dessutom den ovan nämnda Esbokonventionen (67/1997).

Beroende på projektets typ och storlek tillämpas MKB-förfarandet antingen direkt på grundval av listan över projekt i MKB-förordningen eller på grundval av ett beslut från fall till fall. Vindkraftsprojekt kräver alltid MKB-förfarande enligt MKB-förordningen när antalet enskilda

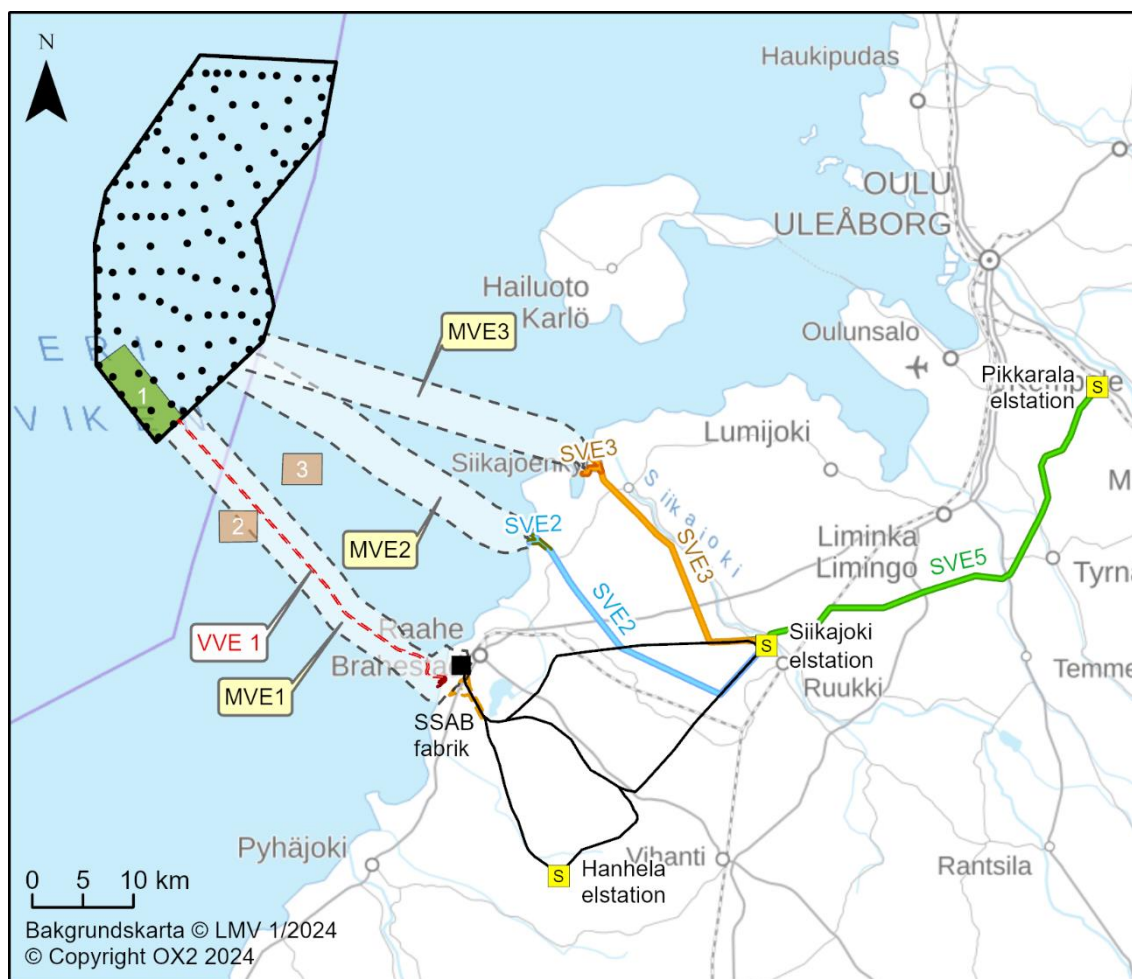
anläggningar är 10 eller fler eller den totala kapaciteten är 45 MW eller mer. Den totala kapaciteten för Halla havsbaserade vindkraftspark är cirka 2,4–3 GW.

I miljökonsekvensbedömningen undersöks en rad alternativ som skiljer sig åt när det gäller antalet vindkraftverk, sjökabelrutter och landbaserade elöverföringssträckningar. Konsekvenserna av produktion och transport av vätgas samt deponering av sediment omfattas också av miljökonsekvensbedömningen. Det finns bara en alternativ sträckning för vätgasrören från vindkraftsparken till fastlandet. Tre alternativa platser för deponiområden presenteras, en inom vindkraftsparken och två nära sjökabelrutterna.

MKB-förfarandet för projektet omfattar två alternativ för genomförande av vindkraftsprojektet (VE1 och VE2), flera sjökabelrutter (MVE1, MVE2 och MVE3), en vätgasrörssträckning från vindkraftsparken till fastlandet (VVE1) och flera landbaserade överföringsledningssträckningar (SVE2, SVE3, SVE5 och SSAB, för vilken ett MKB-förfarande har genomförts och en motiverad slutsats utfärdats av myndigheten). Dessutom beaktas det så kallade "nollalternativet" (VE0), där vindkraftsprojektet inte genomförs. Projektets genomförandeanternativ VE1 omfattar upp till 160 turbiner (maximal höjd upp till 370 m, maximal enhetseffekt upp till 15 MW, havsbaserad vindkraftspark på cirka 575 km²) och VE2 upp till 120 turbiner (maximal höjd upp till 370 m, maximal enhetseffekt upp till 25 MW, havsbaserad vindkraftspark på cirka 550 km²) och 3–8 havsbaserade elstationer. Beräknad årlig elproduktion är cirka 12 TWh.



Figur 1-1. Projektområdets läge enligt genomförandealternativ VE1. Avgränsning av den havsbaserade vindkraftsparken (160 turbiner, maximal yta 575 km²), alternativa sjøkabelrutter, vätgasrörssträckning, deponiområden och landbaserade elöverföringssträckningar. SSAB:s kraftledningssträckning bedöms inte i detta MKB-förfarande eftersom den har bedömts i ett tidigare MKB-förfarande. Sjøkabelrutterna som visas på kartan är 4 km breda områden inom vilka de slutliga sjøkabelrutterna eller vätgasrören, som förfinats genom utformningen, kommer att placeras. Korridorerna är smalare vid landföringspunkterna. Dessutom finns det elstationer i landningsområdet och ett lagringsområde för vätgas nära SSAB:s fabriksområde.



- | | |
|---|--|
|  Område för vindkraftspark |  Kraftledningsrutt SVE2 |
| • Vindkraftverk VE2 |  Kraftledningsrutt SVE3 |
|  Område för elstation |  Kraftledningsrutt SVE5 |
|  Vätgasstation |  Kraftledningsrutt SSAB |
|  Merikaapelireitti | |
|  Vätgasledningsrutt | |
|  Elstation | |
|  Alternativa deponeringsområden / vindkraftspark | |
|  Alternativa deponeringsområden / sjökabelrutt | |

Figur 1-2. Projektområdets läge enligt genomförandealternativ VE2. Avgränsning av vindkraftsområdet (120 vindkraftverk, upp till 550 km²), alternativa sjökabelrutter, vätgasrörssträckning, deponiområden och landbaserade elöverföringssträckningar. SSAB:s överföringsledningssträckning bedöms inte i detta MKB-förfarande eftersom den har bedömts i ett tidigare MKB-förfarande. Sjökabelrutterna som visas på kartan är 4 km breda områden inom vilka de slutliga sjökabelrutterna eller vätgasrören, som förfinats genom utformningen, kommer att placeras. Korridorerna är smalare vid landföringspunkterna. Dessutom finns det elstationer i landningsområdet och ett lagringsområde för vätgas nära SSAB:s fabriksområde.

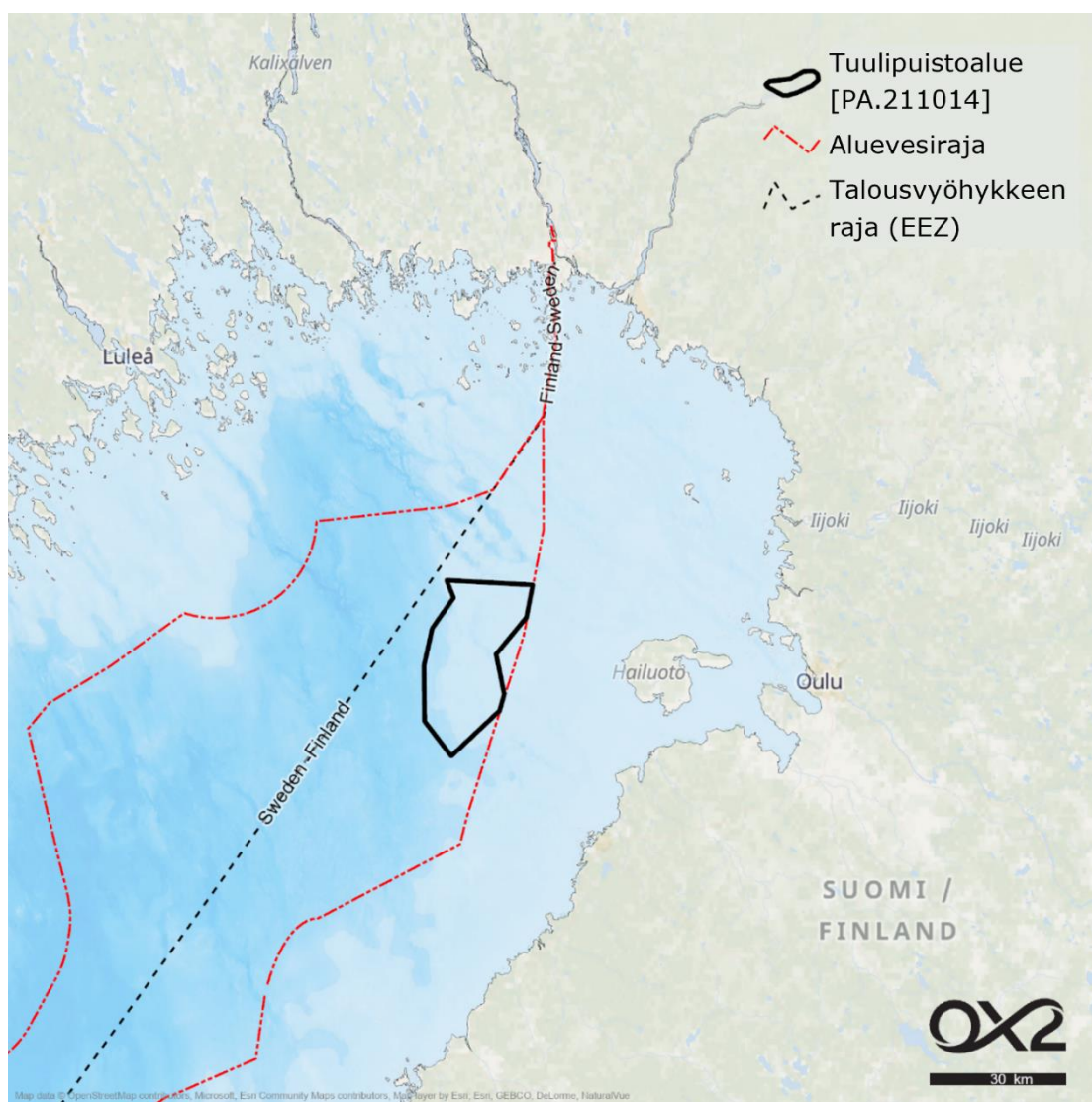
2 Sammanfattning av de viktigaste effekterna för Sverige

Nedan följer en kort sammanfattning av projektets viktigaste konsekvenser och de metoder som använts för att bedöma dem, i enlighet med bilaga II i) till Esbokonventionen. De detaljerade konsekvensbedömningarna presenteras i kapitel 9. Förebyggande och begränsning av negativa effekter har behandlats i samband med konsekvensbedömningarna.

Utöver konsekvenserna på finskt territorium har MKB-förfarandet bedömt projektets potentiella gränsöverskridande konsekvenser på den svenska sidan, inklusive den svenska exklusiva ekonomiska zonen, territorialvatten och potentiella gränsöverskridande negativa konsekvenser på fastlandet. Sverige kommer att informeras om projektet inom ramen för Esbokonventionens förfarande och ges möjlighet att delta i samrådet.

En sammanfattning av bedömningen av gränsöverskridande påverkan presenteras i detta dokument i enlighet med vägledningen från kontaktpunkten. Konsekvensbedömningarna har baserats på EU:s vägledning *"Guidance on the Application of the Environmental Impact Assessment Procedure for Large-scale Transboundary Projects"* (Euroopan Unioni 2024). Projektets övergripande gränsöverskridande påverkan, både direkt och indirekt, har bedömts med hjälp av denna vägledning. De övergripande konsekvensbedömningarna har använt kvantitativa och kvalitativa bedömningar som härrör från de olika aspekterna av bedömningen för att ge en övergripande förståelse av projektets gränsöverskridande konsekvenser.

Anläggnings-, demonterings- och produktionsaktiviteter i samband med Halla-projektet kommer att äga rum i havsområdet, både i Finlands ekonomiska zon och i Finlands territorialvatten. De svenska gränsernas läge i förhållande till Halla-projektet visas i följande figur (Figur 2-1). Den svenska EEZ-gränsen ligger cirka 3 km nordväst om kanten av den havsbaserade vindkraftsparken. De närmaste öarna på den svenska sidan är Malören och Sandskär, som ligger cirka 40 km norr om den norra kanten av Halla havsbaserade vindkraftspark. Sandskär är också den plats där den närmaste bosättningen till projektet finns. Den närmaste punkten till den svenska kusten ligger cirka 65 km från kanten av Halla projektområde.



Figur 2-1. Lokalisering av den havsbaserade vindkraftsparken Halla (VE1) i havsområdet i förhållande till den svenska ekonomiska zonen och territorialvattnet.

Projektets konsekvenser har bedömts enligt det alternativ som ger upphov till de största konsekvenserna nedan. Kraftverkens lokaliseringalternativ VE1 (160 anläggningar) och VE2 (120 anläggningar) ger inte upphov till väsentligt olika konsekvenser. En jämförelse av alternativen presenteras i den egentliga konsekvensbedömningen i kapitel 9.

Som stöd för konsekvensbedömningen har man utfört omfattande fältundersökningar av projektområdet och modellering som stöd för konsekvensbedömningen. De metoder som använts bygger på de finska myndigheternas riktlinjer och rekommendationer och på de metoder för konsekvensbedömning som allmänt accepteras och används i Finland. Den detaljerade metoden, inklusive data och osäkerheter, listas för varje konsekvensbedömning i kapitel 9.

Sammantaget bedöms de totala gränsöverskridande konsekvenserna av projektets aktiviteter i Finlands ekonomiska zon under byggperioden och drifttiden vara relativt små och förväntas huvudsakligen begränsas till byggperioden och i närheten av den havsbaserade vindkraftsparken i Finlands ekonomiska zon eller, i mindre utsträckning, i Sveriges ekonomiska zon.

De viktigaste gränsöverskridande negativa effekterna som identifierades var grumlighet under byggtiden, undervattensbuller och ökad risk för kollision med fartyg på

grund av ökad sjötrafik under byggtiden. Den mest betydande gränsöverskridande påverkan under drift beräknas vara negativ påverkan på sjöfart, fågel- och fiskvandring, kommersiellt fiske samt landskap.

Å andra sidan kommer projektet att ha en positiv inverkan på **klimatet** på global nivå genom att ersätta icke-förnybar energi. Den stora positiva klimatpåverkan från projektet kommer från det faktum att den förnybara elproduktionen från vindkraftverken beräknas uppgå till 12 TWh per år. Projektet (havs- och landbaserad verksamhet) beräknas ha en mycket betydande positiv klimatpåverkan: under drift beräknas projektet ha en hög positiv påverkan för 100% elproduktion och en mycket hög påverkan för 100% vätgasproduktion. Produktionen av förnybar energi ligger mycket väl i linje med klimatmålen. Under byggtiden förväntas påverkan bli betydande negativ. Byggandet i sig är inte direkt i linje med klimatmålen, men det kommer att bidra till att energinfrastrukturen är i linje med målen.

Uppförandet av en havsbaserad vindkraftspark kommer att få en lång rad positiva effekter på **regionens ekonomi och internationella affärer**. Merparten av investeringskostnaderna, cirka 85%, kommer att spenderas utomlands.

All projektverksamhet (med undantag för 400 kV-ledningarna på det finska fastlandet) är belägen i Finlands ekonomiska zon eller territorialvatten (Figur 2-1). Projektet kan dock ha en direkt påverkan på t.ex. svenskt **yrkesfiske** om svenska yrkesfiskare fiskar i Halla-området. Fiskemöjligheterna kommer sannolikt att påverkas eftersom stora kommersiella fartyg och fiskefartyg sannolikt inte kommer att kunna navigera i området för den havsbaserade vindkraftsparken i framtiden av säkerhetsskäl.

Av denna anledning skulle även den svenska **handelssjöfarten** påverkas direkt om området för Halla havsbaserade vindkraftspark inte skulle kunna korsas i framtiden utan måste kringgås. På samma sätt kan projektet ha en påverkan på internationell nivå, eftersom den ekonomiska zonen och havsområden i allmänhet är föremål för en hel del internationell trafik. De indirekta transportkonsekvenserna under projektets drift kommer att sträcka sig över Finlands gränser till Sverige och bedöms vara betydande negativa.

Projektet kommer att involvera sjötrafik i havsområdet för att transportera strukturer och byggmaterial för den havsbaserade vindkraftsparken till deras användningsplatser, samt för transport av muddringsmaterial. Projektet kommer att påverka **användningen av vattenvägar** både under byggnation och drift. Risken för fartygskollisioner kommer att öka under anläggningsarbetet på grund av att sjötrafiken i havsområdet är högre än normalt. Det bör dock noteras att under byggandet av Halla på den finska sidan kommer trafiken att passera mellan projektområdet och de finska hamnarna och det finns för närvarande inga planer på att använda de svenska hamnarna. I takt med att anläggningsarbetet fortskrider kommer dock områden som är öppna för sjötrafik och leder som används av sjötrafiken att tas ur bruk, vilket kommer att öka risken för olyckor, öka kostnaderna för sjötrafiken och öka utsläppen, vilket kan få gränsöverskridande effekter. För sjötrafiken baseras konsekvensbedömningen på en separat riskanalys för navigering och på studier av den aktuella trafiksituationen.

Projektets havsbyggnationsarbeten kommer att omfatta fundament för havsbaserade vindkraftsparker (inklusive muddring, fyllning, pålning, sprängning), intern elöverföring, havsbaserade elstationer, sjökabelrutter och vätgasrör. Det finns också ett behov av att deponera muddermassor i första hand i havsområdet.

Mindre gränsöverskridande påverkan på den **marina miljön** beräknas ske indirekt under anläggningsarbetet, bland annat genom spridning av fasta partiklar från muddring. Informationen och bedömningen av påverkan på vattenförekomsten under anläggningsarbetet baseras på resultaten av undersökningar av bottenkvaliteten (fastställande av behovet av muddring

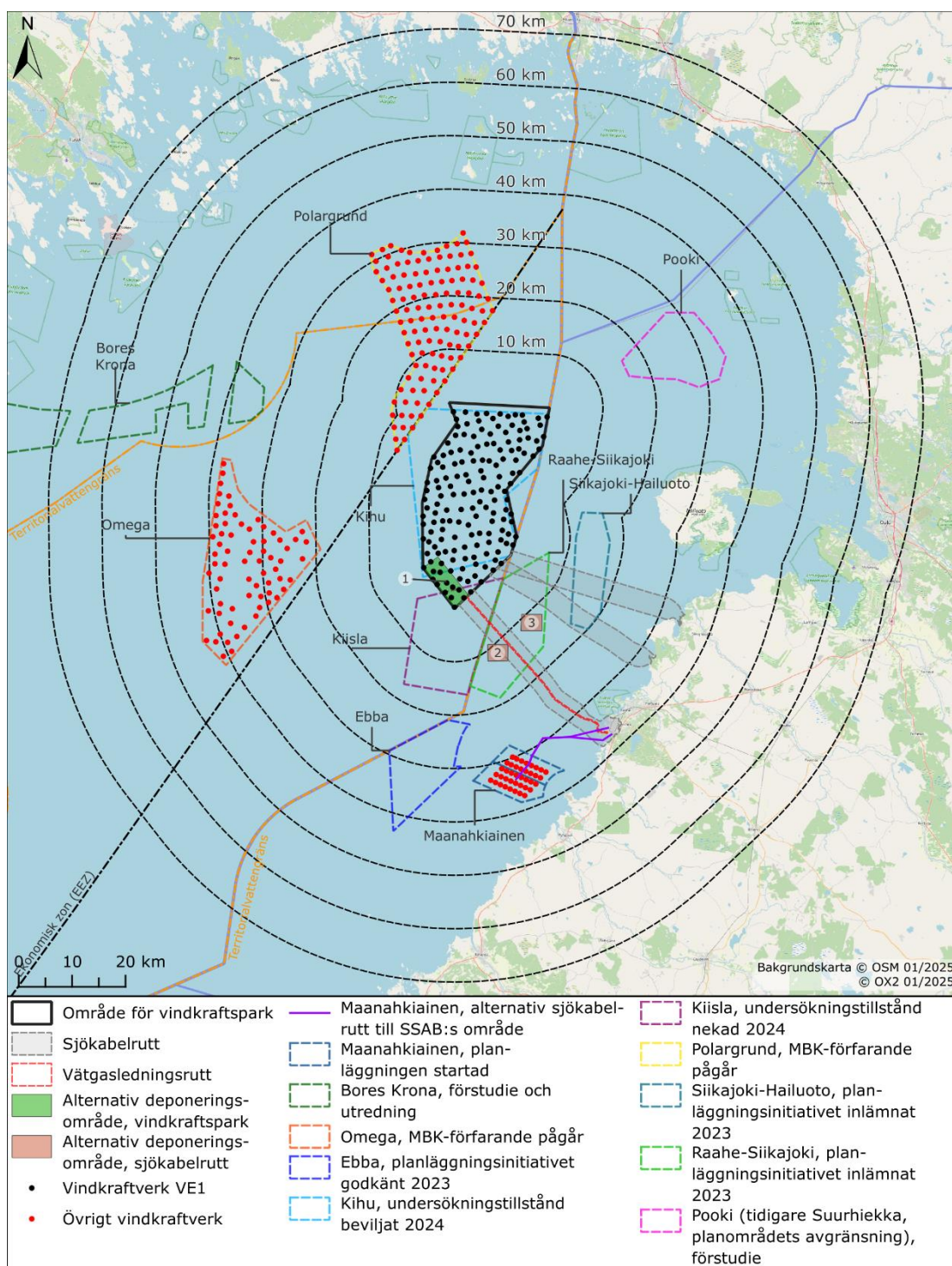
och kartlagda data om sedimentpartiklarnas fördelning och kvalitet) och marin modellering (modellering av grumlighet och fasta partiklar, termisk spridning och salthaltsspridning samt modellering av undervattensbuller).

Halla-projektet har gränsöverskridande effekter på den svenska sidan av **landskapet**. Planerad park är planerad cirka 40 km till Norrbottenkustens ytterskärgård och cirka 60 km till större delen av innerskärgården och kustremsan. Vindparken kommer kunna skönjas vid horisonten i de närmare delarna av ytterskärgården och söker betraktaren horisonten kommer vindkraftsparken att noteras i vissa väderlekar. Det kan konstateras att det är det stora avståndet som uppstår mellan landskapsbilden och vindparken som blir avgörande för grad av förändring. Sammanfattningsvis har det större avståndet en mildrande påverkan på den förändring som kan uppstå i landskapsbilden av planerad vindpark. Det är främst i Norrbottenkustens ytterskärgårdszoner som verken kan skönjas i goda siktförhållanden. Närmare in mot kusten och innerskärgård minskar effekten av den visuella påverkan.

Den huvudsakliga mekanismen för gränsöverskridande påverkan på **fåglar** från Halla havsbaserade vindkraftspark bedöms vara barriär- och störningseffekterna som orsakas av byggandet och driften av kraftverken och mänskliga aktiviteter under byggandet och driften, dvs. fartygens rörelser i projektområdet. För flyttfåglar är den huvudsakliga effekten av kraftverken hinder, vilket kan leda till lokala förändringar i flyttvägarna när fåglarna kringgår den havsbaserade vindkraftsparken. Betydelsen av denna påverkan bedöms vara försumbar. Observationer visar att flyttfåglar huvudsakligen flyger på låg höjd nära havsytan på öppet hav, vilket innebär att risken för kollision med kraftverken är mycket låg. För häckande fåglar kan påverkan begränsa födosöket för fåglar som födosöker till havs. Bland enskilda arter bedöms de mest betydande konsekvenserna vara för östersjötruten, och konsekvenserna bedöms vara av måttlig negativ betydelse på grund av att arten är utrotningshotad. För andra fåglar bedöms konsekvenserna vara av liten negativ betydelse.

Halla-projektets effekter **på marina däggdjur**, dvs. förflyttning på grund av buller, kommer främst att uppstå under byggtiden och det finns ingen betydande skillnad mellan projektalternativen. Effekterna kommer att vara tillfälliga och övergående och kan mildras genom bullerdämpande åtgärder (t.ex. användning av bubbelgardiner eller bortskrämmande metoder). Magnituden och omfattningen av påverkan från pålningsbuller bedöms vara en mindre negativ effekt, eftersom detta är en liten andel av det totala sälhabitatet och påverkan på det är tillfällig. Även om påverkansavstånden är relativt långa (cirka 19,1 km) är sannolikheten för att beteendemässiga undvikande reaktioner uppstår låg. Sammantaget bedöms konsekvenserna av undervattensbuller från pålning i projektområdet för Halla havsbaserade vindkraftspark vara små för sälar och kommer inte att påverka sälpopulationer på kort och lång sikt, inte heller på den svenska sidan.

Andra havsbaserade vindkraftsprojekt i närheten av Halla-projektet visas i Figur 2-2. Kartan visar de projekt som är relevanta för **bedömningen av de kumulativa effekterna** på både den finska och den svenska sidan. För dessa projekt har informationen begärts under våren 2024.



Figur 2-2. Havsbaserade vindkraftsprojekt på den finska och svenska sidan av Halla projektområde. Kihu-projektet är ett alternativ till Halla-projektet för det överlappande området, och därför kan endast ett projekt gå vidare till tillståndsfasen om inte placeringen av kraftverken i båda projekten ändras så att områdena inte överlappar varandra Källa: Finlands Vindenergiförening 2023, Arbets- och näringsministeriet 2024. Information om kraftverkens placering erhållen från andra projektoperatörer.

Baserat på de preliminära tidtabellerna kan det förekomma **gränsöverskridande påverkan på den marina miljön under byggandet** av Skyborn Renewables Ltd:s Polargrund Offshore-projekt (wpd 2022¹) som kan komma att byggas samtidigt som Halla. Modelleringen av

¹ I dag Skyborn Renewables Oy

sedimenttransport och sedimentation visade dock att fasta partiklar inte sprids särskilt långt utanför området för Halla havsbaserade vindkraftspark, så de kombinerade effekterna på vattenkvaliteten kommer sannolikt också att vara mycket små. Det finns inga förväntade interaktioner med de andra havsbaserade vindkraftsparkerna under byggnationen, eftersom de ligger längre bort från Polargrund och därmed på avstånd från Halla-anläggningen. För vissa av projekten finns ingen offentligt tillgänglig information om byggdatum, vilket gör det omöjligt att bedöma den kumulativa påverkan under byggtiden.

Vindförändringar orsakade av vindkraftverk har en bredare påverkan på strömmar, vågverkan och omblandning i havsområdet, vilket också påverkar vattentemperaturen, och kan även kännas av på den svenska sidan. Modelleringen visar en liten ökning av yttemperaturen i vissa delar av havet och en minskning i andra. Temperatureffekterna till följd av vindförändringen är huvudsakligen milda, med månatliga effekter på mindre än 1 grad Celsius.

Vindkraftsparker kommer därför sannolikt att ha en måttlig negativ kumulativ påverkan på den **marina miljön** genom vindförändringar under driftsfasen, särskilt om alla planerade projekt skulle genomföras, vilket är osannolikt. När det gäller Halla visar modellering att vindförlust påverkar ytströmmar i havet och vidare temperatur, salthalt och skiktning över ett ganska stort område, och därmed kan mindre påverkan även sträcka sig till det svenska havsområdet. Förändringar relaterade till vattenblandning kan vidare påverka bland annat förekomsten av näringsämnen och därmed ytterligare påverka växtplankton och andra näringsvävar. I fallet med flera vindparksområden skulle dessa fenomen troligen överlappa varandra och eventuellt vara kumulativa.

Halla och projekten på svensk sida bedöms också ha gränsöverskridande effekter på **fåglar**. Om flyttfåglar måste passera flera havsbaserade vindkraftsparker i närheten av varandra kommer detta att ha en negativ inverkan på fåglar. Det är dock mycket svårt, för att inte säga omöjligt, att exakt bedöma betydelsen av denna påverkan. När det gäller flyttfåglarnas långa flyttvägar förväntas en mindre förändring av den lokala flyttvägen för flera vindkraftsparker inte ha någon påverkan som är mer än av mindre betydelse. På det hela taget förväntas inte betydelsen av konsekvenserna för fåglar öka med de kombinerade effekterna, dvs. de är som mest av måttlig betydelse för östersjötruten och av mindre betydelse för andra fåglar. För bedömningen av påverkan på fågelpopulationer har offentligt tillgängliga data för Finland och Sverige använts, tillsammans med ytterligare undersökningar till havs.

Under byggtiden är den kumulativa påverkan **på marina däggdjur** från Halla och Polargrundsprojektet större än under driften och består främst av undervattensbuller från byggnation, muddring och bottenmodifiering samt sprängning när flera projekt genomförs samtidigt. Anläggandet av en havsbaserad vindkraftspark omfattar anläggningsfaserna för undervattenskablar, eventuella vätgasstationer, vätgasrör och havsbaserade elstationer samt anläggandet av den havsbaserade vindkraftsparken.

Alla projekt i som planerats i närheten kan under driftsfasen ha potentiella kumulativa effekter med Halla-projektet på marina däggdjur, om de genomförs. Driftspåverkan på marina däggdjur kommer att vara mindre än påverkan under anläggningsarbetet. Intensiteten i de kumulativa effekterna ökar på grund av närheten till vindkraftsparkerna (i synnerhet Polargrund Offshore, som ligger mindre än 3 km från projektområdet), vilket resulterar i ett större område med integrerad påverkan. Under driften kommer den kumulativa påverkan främst att bestå av undervattensbuller och vibrationer i samband med driften av turbinerna och eventuella förändringar i isförhållanden och vattenflöde i området, vilket kan påverka livsmiljöförhållandena för marina däggdjur.

3 Projektbeskrivning och alternativ som ska bedömas

3.1 Initiativtagare och syfte med projektet

Projektutvecklare och ägare av projektet är Halla Offshore Wind Oy (senare projektutvecklaren), som ägs av OX2 AB och Ingka Investments. Halla Offshore Wind Oy är det projektbolag som bildats för Halla havsbaserade vindkraftsprojektet.

OX2 utvecklar, bygger och förvaltar förnybar energiproduktion. OX2 är en pionjär inom förnybar energi och en av de ledande vindkraftsutvecklarna i Europa. OX2 har verksamhet i tio europeiska länder och i Australien. I Finland har OX2 varit verksam sedan 2012. OX2 sysselsätter cirka 100 personer i Finland och har kontor i Helsingfors, Tavastehus, Uleåborg, Tammerfors och Vasa. OX2:s projektutvecklingsportfölj i Finland omfattar mer än 6 000 MW landbaserad vindkraft, cirka 6 000 MW havsbaserad vindkraft och cirka 1 000 MW solkraft. Bolaget utvecklar också lösningar för lagring av el och utforskar Power-to-X-tekniken.

Ingka Investments är ett av Ingka-koncernens tre kärnverksamhetsområden. Ingka Investments är den största ägaren av IKEA Retail. Ingka Investments investerar i projekt, förvaltar företag och bedriver strategisk affärsverksamhet för att skapa och bibehålla värde för Ingka-koncernen och IKEA. Ingka Investments har hittills investerat cirka 4 miljarder euro i förnybar energiproduktion, inklusive vind- och solkraft.

3.2 Projekialternativ

I den finska nationella miljökonsekvensbedömningen (MKB) granskas alternativen för projektgenomförandet, som skiljer sig åt när det gäller antalet vindkraftverk och deras kapacitet, energiöverföringsvägar och landbaserade elöverföringsvägar. Konsekvenserna av produktion, transport och lagring av vätgas samt deponering av sediment omfattas också av MKB-förfarandet. Vätgasrören har endast en alternativ rutt från vindkraftsparken till fastlandet deponeringsområdet har tre alternativa platser (en inom vindkraftsparken och två nära sjökabelruterna). För vätgaslagring övervägs en landbaserad plats.

Ett nollalternativ (VE0) beaktas också, dvs. ett scenario där projektet inte genomförs.

Projektets elöverföring planeras ske med hjälp av undervattenskablar till kusten i Brahestad och/eller Siikajoki, och efter landföringen med hjälp av landkablar till projektets elstation. Därefter kommer elöverföringen att ske med 400 kV-ledningar, som i största möjliga utsträckning kommer att dras längs med de befintliga ledningarna. Projektområdet och överföringsalternativen visas i de diagram som presenterats tidigare (Figur 1-1 ja Figur 1-2).

Vid avgränsningen av Halla havsbaserade vindkraftsprojekt har målet varit att identifiera alternativ som i princip orsakar så lite skada som möjligt för användningen av området, närboende och miljön, men som ändå är ekonomiskt lönsamma och genomförbara med avseende på produktion och ekonomisk lönsamhet. Vid utformningen av projektområdet har hänsyn tagits till kända naturvärden och markanvändningsmönster i området, vilka har identifierats i MKB-förfarandet. Placeringen av kraftverken och dragningen av energiöverföringsrutterna kommer att förfinas i den fortsatta planeringsfasen på grundval av resultaten från MKB-förfarandet, den motiverade slutsatsen och den återkoppling som erhållits från projektet.

De projekialternativ som övervägs i MKB-rapporten, varav ett är att inte gå vidare, anges nedan (Tabell 3-1).

Tabell 3-1. Projekialternativ som beaktas i den finska MKB-rapporten.

Alternativ	Beskrivning
VE0	Inget projekt: ingen havsbaserad vindkraftspark kommer att byggas.
VE1	- En havsbaserade vindkraftsparken kommer att rymma maximalt 160 turbiner (Figur 1-1), med en totalhöjd på 370 meter och en maximal effekt på 15 MW. Storleken på den havsbaserade vindkraftsparken är cirka 575 km². - Elen kommer att överföras till fastlandet via sjökablar och 3-8 elstationer till havs kommer att byggas i området för havsbaserade vindkraftsparken. Planerna omfattar också 3 alternativa sjökabelrutter till kusten (MVE1, MVE2, MVE3) (Figur 1-1). Alla sjökablar (upp till 10) kan förläggas till sträckningen MVE1 eller delas upp i två olika sträckningar. Vid två sjökabelrutter överförs elen på fastlandet till två olika elstationer (alternativen Hanhela, Siikajoki och Pikkarala). - Vätgasproduktionen till havs kommer att ske antingen vid centraliserade offshorestationer (3-8) eller vid en enhet som installeras längst ned i varje havsbaserat vindkraftverkstorn. Vätgasen kommer att transporteras till fastlandet via en överföringsledning på havsbotten (VVE1), som kommer att tas i land vid SSAB:s anläggning. Den uppskattade årliga elproduktionen för projektet är cirka 12 TWh, vilket har använts som utgångspunkt för bedömningen av vätgasproduktionens påverkan. - Vindkraftverken kommer att anslutas till det befintliga och planerade Fingrid-el nätet, beroende på sjökabelrutten i området Brahestad, Siikajoki och/eller Uleåborgs kommun, sträckningsalternativ: planerad av SSAB, SVE2, SVE3, SVE5 (Figur 1-1). Om alla sjökablar ska landas vid SSAB:s fabrik i Brahestad kan anslutningen till elnätet ske vid SSAB:s fabrik och vid elstationen i Hanhela eller Siikajoki. I de andra alternativen behövs två olika vägar till elnätet, som leder till olika elstationer (Siikajoki- och Pikkarala-alternativen). Elöverföringen på fastlandet kommer att ske via luftledningar (i princip 400 kV) och via jordkablar nära landningsområdet.
VE2	- Den havsbaserade vindkraftsparken kommer att rymma upp till 120 turbiner (Figur 1-2) med en maximal totalhöjd på 370 meter och en maximal enhetseffekt på 25 MW. Storleken på den havsbaserade vindkraftsparken är cirka 550 km². - Elektriciteten kommer att överföras till fastlandet via sjökablar, och 3-8 elstationer till havs kommer att byggas i området för havsbaserade vindkraftsparker. Planerna omfattar också 3 alternativa sjökabelrutter till kusten (MVE1, MVE2, MVE3) (Figur 1-2). Alla sjökablar (10) kan placeras på sträckningen MVE1 eller så kan de delas upp på två olika sträckningar. Om två sjökabelrutter används kommer elöverföringen på fastlandet att ske till två olika elstationer (alternativen Hanhela, Siikajoki och Pikkarala). - Vätgasproduktionen till havs kommer att ske antingen vid centraliserade offshorestationer (3-8) eller vid en enhet som installeras längst ned i varje havsbaserat vindkraftverkstorn. Vätgasen kommer att transporteras till fastlandet via en överföringsledning på havsbotten (VVE1), som kommer att tas i land vid SSAB:s anläggning. Den uppskattade årliga elproduktionen för projektet är cirka 12 TWh, vilket har använts som utgångspunkt för bedömningen av vätgasproduktionens påverkan. - Vindkraftverken kommer att anslutas till det befintliga och planerade Fingrid-el nätet, beroende på sjökabelrutten i området Brahestad, Siikajoki och/eller Uleåborgs kommun, sträckningsalternativ: planerad av SSAB, SVE2, SVE3, SVE5 (Figur 1-2). Om alla sjökablar ska landas vid SSAB:s fabrik i Brahestad kan anslutningen till elnätet ske vid SSAB:s fabrik och vid elstationen i Hanhela eller Siikajoki. I de andra alternativen behövs två olika vägar till elnätet, som leder till olika elstationer (Siikajoki- och Pikkarala-alternativen). Elöverföringen på fastlandet kommer att ske via luftledningar (i princip 400 kV) och via jordkablar nära landningsområdet.
MVE1 / VVE1	Sjökabelrutten MVE1 och vätgasrörssträckningen VVE1 utgår från den havsbaserade vindkraftsparken och landar vid SSAB:s fabrik i Brahestad (Figur 1-1). Sträckningen MVE1 är cirka 37,1 km lång och sträckningen VVE1 är cirka 37,8 km lång. Från strandområdet kommer el att överföras via luftledningar till elstationen och

Alternativ	Beskrivning
	vätgas till vätgaslagringsstationen. De exakta platserna för båda kommer att specificeras i den fortsatta planeringen.
MVE2	Sjökabelrutten MVE2 utgår från den havsbaserade vindkraftsparken och löper längs norra sidan av Brahestad vid Pöllänperä. Sträckningen är cirka 33,2 km lång. Elektricitet från strandområdet kommer att överföras med luftledningar till en elstation som ligger upp till 3 km från stranden, den exakta platsen ska fastställas i den fortsatta planeringen. Planeringsområdet för elstationen kommer att ha två alternativa grenar (söder och norr) efter strandningen (Figur 1-1).
MVE3	Sjökabelrutten MVE3 börjar vid den havsbaserade vindkraftsparken och når stranden vid Kirkonkylä i Siikajoki. Sträckningen är cirka 34,7 km lång. Elektricitet från strandområdet kommer att överföras med landkablar till en elstation som ligger på ett maximalt avstånd av 3 km från stranden, den exakta platsen kommer att fastställas under den fortsatta planeringen. Planeringsområdet för elstationen kommer att ha två alternativa grenar (söder och norr) efter strandningen (Figur 1-1).
SSAB	MVE1 kommer att anslutas till nätanslutningspunkten vid SSAB:s fabrik i Brahestad och/eller till SSAB:s 400 kV kraftledning, som kommer att anslutas till den framtida elstationen i Hanhela eller Siikajoki.
SVE2	Elöverföringssträckan SVE2 börjar i Brahestad från elstationen MVE2 (Figur 1-1), vars exakta läge kommer att fastställas i den fortsatta planeringen, och kommer att anslutas till den framtida elstationen i Siikajoki. Sträckningen är cirka 32 km lång.
SVE3	Elöverföringssträckan SVE3 börjar i Siikajoki kommun från elstationen MVE3 (Figur 1-1), vars exakta läge kommer att fastställas i den fortsatta planeringen, och ansluter till den framtida elstationen i Siikajoki. Sträckan är cirka 28 km lång.
SVE5	Elöverföringssträckan SVE5 börjar i Siikajoki kommun från elstationen MVE3 (Figur 1-1), vars exakta läge kommer att anges i den fortsatta planeringen, och kommer att anslutas till den befintliga elstationen Pikkarala i Uleåborg. Sträckan är cirka 76 km lång.

Vid avgränsningen av det havsbaserade vindkraftsprojektet Halla har målet varit att identifiera alternativ som i princip orsakar så lite skada som möjligt för användningen av området, närboende och miljön, men som ändå är ekonomiskt lönsamma och genomförbara med avseende på produktion och ekonomisk lönsamhet. I den preliminära utformningen av projektområdet har hänsyn tagits till områdets kända naturvärden och markanvändningsmönster. Kraftverkens placering och sjökablarnas sträckning kommer att finjusteras under den fortsatta planeringsfasen och på grundval av återkoppling från MKB-förfarandet för projektet.

I MKB:n har man bedömt projektets maximala påverkan under bygg- och driftsfasen. Konsekvenserna efter avveckling har också beaktats. Konsekvensbedömningarna för vindkraftverken har utförts med den teoretiska maximala kapaciteten och de maximala dimensionerna för det största kraftverksalternativet.

Båda projekialternativen (VE1 och VE2) kommer att producera antingen el eller vätgas, eller möjligen både och, t.ex. 40 % vätgas och 60 % el. Den största påverkan i fråga om byggtid har beräknats för scenariot med 100 % el, eftersom det skulle innebära byggnation av ett större antal undervattenskablar (upp till 10) jämfört med scenariot med 100 % vätgas, som endast skulle kräva ett vätgasrör längs sträckan VVE1. Dessutom har de maximala driftseffekterna av ett scenario där 100 % av elen används för vätgasproduktion uppskattats, vilket, utöver effekterna av havsbaserad vindkraftsproduktion, kommer att generera värme- och saltbelastningar i havsvattnet.

Beroende på vilken teknik för överföringskablar som väljs kan ett projekt behöva upp till 10 sjökablar totalt från vindkraftsparken till fastlandet. Beroende på bottenförhållandena måste kablarna ligga 50–300 meter från varandra för att reparationsfartyget ska kunna arbeta säkert i händelse av att en av kablarna går sönder. Avståndet mellan kablarna minskar ju närmare stranden de kommer, och i landtagningsområdet behöver kablarna bara ett utrymme på cirka 80 meter, beroende på var de ligger. Den typiska ytterdiametern för en vätgasrör är ca 60 cm och landningsplatsens bredd är ca 20 m.

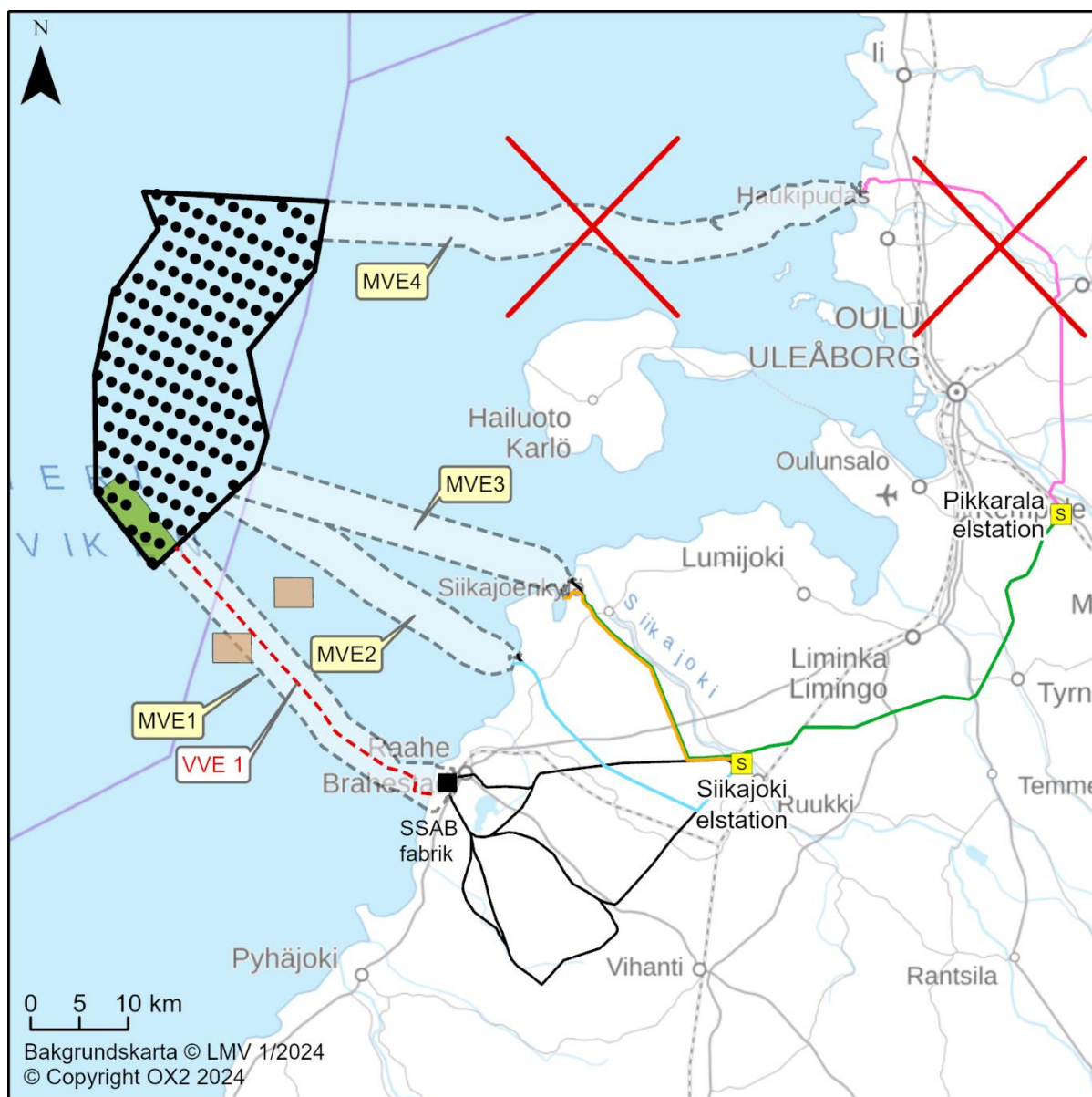
I ett projektpaket med 100 % elproduktion skulle alla sjökablar installeras antingen på sjökabelrutten MVE1 eller på en kombination av två sjökabelrutten från alternativen MVE1, MEV2 och MVE3. Om endast sträckningen MVE1 används skulle anslutningen till elnätet kunna ske vid SSAB:s fabrik och den framtida elstationen i Hanhela eller Siikajoki. I de andra alternativen behövs två olika vägar för att ansluta till elnätet, vilket leder till olika elstationer (Siikajoki- och Pikkarala-alternativen). I konsekvensbedömningarna har hänsyn tagits till alla möjliga kombinationer av sträckningar, totalt 4 stycken. MKB-förfarandet för SSAB:s överföringsledning har slutförts och kontaktmyndigheten har utfärdat en motiverad slutsats under våren 2023.

3.3 Förändringar i projektet sedan MKB-programmet

I det följande beskrivs de förändringar som har gjorts i projektet sedan MKB-programmet och som är relevanta för potentiell gränsöverskridande påverkan.

För kraftöverföring har sjökabelrutten MVE4 och den landbaserade elöverföringssträckningen SVE4 uteslutits (Figur 3–1). Sjukabelrutten MVE4, med en längd på cirka 55 km, utgick från den havsbaserade vindkraftsparken och landade vid Martinniemi i Uleåborg. På fastlandet fortsatte elöverföringssträckan SVE4 från Martinniemi till Pikkarala elstation. SVE4-sträckningen var cirka 52 km lång och låg i Uleåborgsregionen.

MVE4 och SVE4 har uteslutits av teknoekonomiska och miljömässiga skäl. Energiöverföringssträckan MVE4 undersöktes av GTK under 2021 och efter ytterligare analys beslutade projektutvecklaren att utesluta denna sträcka från alternativen. Sträckningen är betydligt mer utmanande när det gäller undervattensförhållanden för installation av sjökabeln. Dessutom skulle avståndet till nätanslutningspunkten i Pikkarala vara betydligt längre än i de andra alternativen, vilket skulle öka kostnaden för nätanslutningen.



- | | |
|--|---|
| Projektområde | — Kraftledningsrutt SVE2 |
| • Vindkraftverk | — Kraftledningsrutt SVE3 |
| S Elstation | — Kraftledningsrutt SVE4 |
| Sjö kabelrutt | — Kraftledningsrutt SVE5 |
| --- Vätgasledningsrutt | — Kraftledningsrutt SSAB |
| Deponeringsområde / vindkraftspark | |
| Alternativa deponeringsområden / sjö kabelrutt | |

Figur 3-1. Projektplaner i programskedet för MKB. MVE4 och SVE4 utelämnades från MKB-rapporten. Kartan visar de sträckningar som visas i MKB-planen för 400 kV-ledningen som utarbetats av SSAB. De sträckningar som presenteras i SSAB:s MKB-rapport är alternativ till kraftöverföringen i Halla, men konsekvensbedömningen av dem ingår inte i detta MKB-förfarande.

Ett andra projekialternativ för havsbaserade vindkraftverk och platsen för havsbaserade vindkraftverk har lagts till sedan MKB-programmet (Figur 1–2). I MKB-rapporten har konsekvenserna bedömts för VE1 (160 turbiner) och VE2 (120 turbiner). Storleken på det havsbaserade vindkraftsområdet är 575 km² för VE1 och 550 km² för VE2. För projekialternativ VE2 har området för den havsbaserade vindkraftsparken minskats i det nordvästra hörnet av området. Detta område ligger i havsområdet i den finska havsplanen 2030, där sjötransportleden Nordvåle - Kemi är belägen. Dessutom innebär uteslutningen av det nordvästra hörnet av vindkraftsparken i projekialternativ VE2 att det blir ett avstånd på minst 4 nautiska mil mellan den havsbaserade vindkraftsparken Polargrund i den svenska ekonomiska zonen och Halla.

3.4 Projektets kopplingar till andra projekt

De andra projekten på den svenska sidan som är relevanta för den gränsöverskridande konsekvensbedömningen beskrivs nedan. De havsbaserade vindkraftsparken som planeras i Finlands EEZ och territorialvatten förväntas inte orsaka direkt gränsöverskridande påverkan tillsammans med Halla, eftersom de ligger mer än 25 km från EEZ-gränsen mellan Finland och Sverige, och diskuteras inte i detta dokument annat än på en allmän nivå där projekten presenteras. De behandlas mer i detalj i konsekvensbedömningarna i det nationella MKB-förfarandet. Alla pågående och kända havsbaserade vindkraftsprojekt visas i följande figur (Figur 3–1).

3.4.1 Andra havsbaserade vindkraftsprojekt i Finlands EEZ

I ett projektområde som är nästan identiskt med Halla-projektet har en annan vindkraftsoperatör ett undersökningstillstånd för det havsbaserade vindkraftsprojektet Kihu, men har ännu inte inlett MKB-förfarandet. Kihu-projektet beskrivs nedan, baserat på offentligt tillgängliga uppgifter. Projektet är ett alternativ till Halla-projektet och därför kan endast ett projekt gå vidare till tillståndsfasen. Dessutom planeras det havsbaserade vindkraftsprojektet Kiisla, som också beskrivs nedan, i den ekonomiska zonen, delvis på samma plats som den södra kanten av den havsbaserade vindkraftsparken Halla. Detta projekt är ett alternativ till Halla-projektet när det gäller överlappande områden och därför kan endast ett projekt gå vidare till tillståndstadiet om inte lokaliseringen av båda projekten ändras så att områdena inte överlappar varandra. Enligt den nuvarande planen skulle Halla- och Kiisla-projekten bilda en enda havsbaserad vindkraftzon.

Suomen Hyötytuuli Oy planerar den havsbaserade vindkraftsparken Kihu i Bottenhavet, som till stor del är belägen i samma område som Halla-projektet. Suomen Hyötytuuli Oy har fått ett undersökningstillstånd för Kihu-projektområdet av statsrådet (beslut TEM/2024/58, 23.5.2024). Det projektområde som ansökan gäller ligger i djupzonen 12–61 m och omfattar en yta på cirka 600 km². Den havsbaserade vindkraftsparken ligger cirka 23 km från Karlö, 35 km från Brahestad och 57 km från Ajos i Kemi. Syftet med nyttjanderätten till det område som ansökan avser är att i Finlands ekonomiska zon bygga en havsbaserad vindkraftspark med cirka 160 vindkraftverk och producera förnybar energi för samhällets behov med en beräknad kapacitet om 2 500–3 500 MW och 9 500–12 500 GWh per år. Det exakta byggdatumet för projektet är inte känt. Placeringen av kraftverken är inte tillgänglig. Av denna anledning har Kihu havsbaserade vindkraftspark inte tagits med i bedömningen av de kombinerade effekterna med Halla havsbaserade vindkraftspark. (*Suomen Hyötytuuli Oy 2023b*)

Ett annat havsbaserat vindkraftsprojekt som planeras av Suomen Hyötytuule, Kiisla, överlappar Halla vindkraftsparkens område i söder. Det projektområde som ansökan gäller är beläget i djupzonen 20–77 m och omfattar en areal om cirka 260 km². Avståndet från Brahestad till den havsbaserade vindkraftsparken är cirka 27 km, från Nahkiainen cirka 9 km och från Ulkomatala cirka 19 km. Syftet med nyttjanderätten till det område som ansökan avser är att inom Finlands ekonomiska zon uppföra en havsbaserad vindkraftspark med cirka 70 vindkraftverk och

producera förnybar energi för samhällets behov med en beräknad effekt om 1 200–1 600 MW och en årlig produktion om 4 000–5 300 GWh. Det exakta bygghuset för projektet är inte känt. (*Suomen Hyötytuuli Oy 2023c*) Projektet har inte undersökningstillstånd av statsrådet (beslut TEM/2024/58, 23.5.2024). Det finns ingen ytterligare information om hur projektet framskrider. Av denna anledning har Kiisla havsbaserade vindkraftspark inte tagits med i bedömningen av de kumulativa effekterna med Halla havsbaserade vindkraftspark.

Halla-projektet kan ha potentiella synergier med Kiisla-projektet under byggandet, om båda byggs samma år och om den slutliga placeringen av kraftverken ligger nära varandra. Någon mer exakt uppskattning av tidpunkten för byggandet av Kiisla-projektet finns inte tillgänglig. Anläggandet av fundamenten och kraftverksstrukturerna kommer att orsaka buller och ökad sjötrafik, vilket kan påverka fåglar, marint liv och fiske (inklusive ökad grumlighet och undervattensbuller), fiske och andra maritima aktiviteter (handelssjöfart, rekreation). Eftersom Kiisla ligger relativt långt bort (ca 25 km) från den finsk-svenska gränsen förväntas inga kumulativa gränsöverskridande effekter från Halla och Kiisla.

Om båda projekten skulle genomföras skulle de dessutom ha en kumulativ påverkan under driften. Under driften kan det uppstå kumulativa effekter på landskap, fåglar, undervattensnatur (undervattensbuller), sjöfart, fiskebestånd och fiske samt för riskbedömningen.

3.4.2 Projekt i territorialvatten

Rajakiiri Oy planerar havsbaserade vindkraftsprojektet Maanahkiainen i Bottenhavet, 27 km sydost om Hallaområdet, med närmaste kraftverk på cirka 30 km avstånd från de närmaste kraftverken i Halla. Planeringsområdet ligger i havsområdet utanför Brahestad och Pyhäjoki. Planläggningsinitiativet godkändes i Brahestad 2022 (KH 28.3.2022 § 131). Brahestads utvecklingsnämnd godkände planen för deltagande och bedömning och beslutade att inleda förfarandet 17.1.2023 § 5. Inledandet av förfarandet kungjordes 20.1.2023. Utkastet till delgeneralplan behandlades 7.5.2024, då utvecklingsnämnden godkände utkastet till delgeneralplan och lade fram det till påseende i enlighet med MRL 62 § och MRA 30 § 15. (*Raahen kaupunki 2024c*) Även i Pyhäjoki behandlades delgeneralplanen 6.5.2024, då kommunstyrelsen beslutade att lägga fram beredningshandlingarna för delgeneralplanen för havsvindparken Maanahkiainen till allmänt påseende 15.5-7.8.2024. (MRL 62 §, MRA 30 §) (*Pyhäjoen kunta 2024*).

Planeringsområdet för Maanahkiainen sträcker sig cirka 5,5 km från Lännennokka i norr och cirka 16,8 km västerut som längst. I söder sträcker sig planeringsområdet i havsområdet från Hanhikivenniemi, cirka 3,9 km som närmast och cirka 17,3 km som längst västerut. Det område som omfattas av delplaneringen är ca 95,79 km², varav ca 42,47 km² ligger på Brahestad-sidan och ca 53,32 km² på Pyhäjoki-sidan. Syftet med delgeneralplaneringen av Maanahkiainen havsbaserade vindkraftspark är att möjliggöra Rajakiiri Oy:s planerade havsbaserade vindkraftspark i havsområdet utanför Brahestad och Pyhäjoki och att bygga upp till 40 vindkraftverk på de områden som anges i delgeneralplaneringen. Den havsbaserade vindkraftsparken kommer att bestå av vindkraftverk och deras fundament, sjökablar som förbinder dem och havsbaserade elstationer. I planeringsområdet för delgeneralplanen för Maanahkiainen havsbaserade vindkraftspark planeras upp till sexton (16) vindkraftverk med en maximal kapacitet på 12–30 MW att byggas i havsområdet utanför Brahestads kust. På Pyhäjoki-sidan av planeringsområdet planeras byggandet av 24 liknande vindkraftverk. Vindkraftverkens totalhöjd kommer inte att överstiga 350 meter. Utöver vindkraftverken kommer Maanahkiainens havsbaserade vindkraftspark även att omfatta havsbaserade elstationer. Vindkraftverken är anslutna till varandra och till elstationer via en sjökabel på havsbotten, varifrån elen överförs till fastlandet via sjökablar och luftledningar. Landföringsplatserna för sjökablarna ligger söder om SSAB Europe Oy:s stålverk Brahestad och Kultalanperä i Brahestad och söder om Syölä i Keskimata i Pyhäjoki. I det nordligaste elöverföringsalternativet kommer sjökabeln i kustområdet att omvandlas till en 110 kV överföringsledning, som kommer att anslutas till elstationen

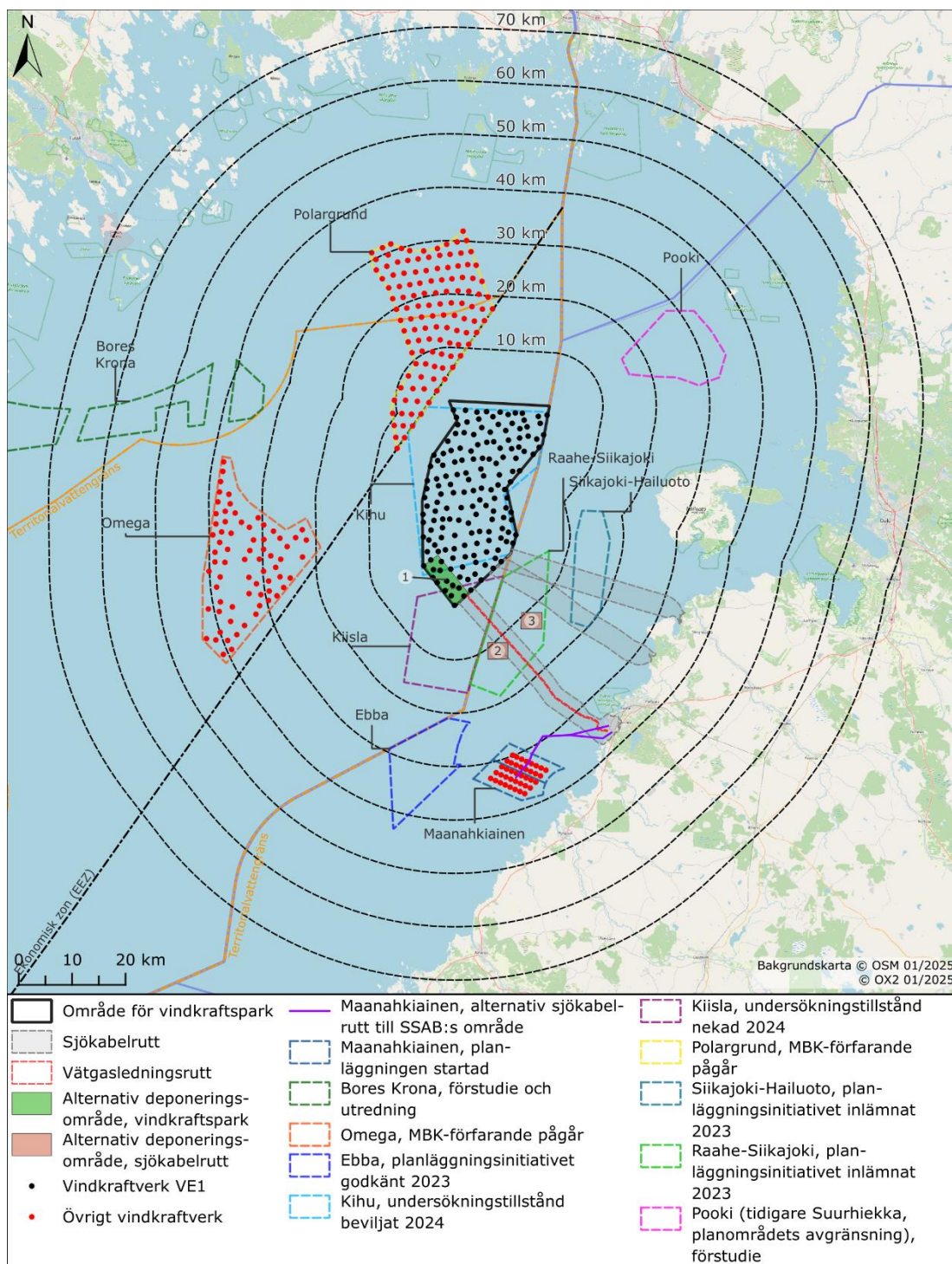
vid SSAB Europe Oy:s stålverk i Brahestadn. Det kan finnas en eller två landföringsplatser. Sjökabellarna kommer att fortsätta i kustzonen efter landföringen och omvandlas till överföringsledningar längre inåt land på fastlandet. Alternativen för elöverföringsledningar är indelade i tre huvudalternativ och deras underalternativ, med totalt åtta olika alternativa sträckningar. (*Brahestadn kaupunki 2024c*)

Forststyrelsen planerar havsvindkraftsprojektet Ebba utanför Pyhäjoki och Brahestad, 21 km söder om Halla-området, som är det andra havsvindkraftsområdet som Forststyrelsen konkurrensutsätter 2024 (*Metsähallitus 2024*). Projektets planeringsinitiativ godkändes i maj 2023. Projektområdet, som administrativt hör till kommunerna Pyhäjoki och Brahestad, ägs av staten. Det cirka 160 km² stora området är reserverat för vindkraftsproduktion i havsplanen och i utkastet till energi- och klimatlandskapsplan för Norra Österbotten. Det planerade havsbaserade vindkraftsprojektet i området har en beräknad kapacitet på 1 400 MW. Projektet planeras vara färdigställt i början av 2030-talet. Mellan 80 och 100 vindkraftverk planeras i Ebba, med en sammanlagd kapacitet på cirka 1 400 MW och en årlig produktion på cirka 5 900 GWh. MKB-förfarandet för projektet har ännu inte inletts. Lokaliseringsplanen för projektet är ännu inte tillgänglig, varav Ebba havsbaserade vindkraftspark inte har tagits med i bedömningen av de sammantagna effekterna med Halla havsbaserade vindkraftspark. Området är utpekade som vindkraftsområde i den gällande landskapsplanen för Norra Österbotten och i de anhängiga landskapsplanerna för följande faser.

Enligt Forststyrelsens utvecklingsprogram för havsbaserad vindkraft planeras två nya havsbaserade vindkraftsprojekt att läggas ut på anbud under 2024. Det är möjligt att dessa kommer att omfatta två områden i Bottenhavet: auktionsområdena nr 1: Siikajoki-Karlö och nr 2: Brahestad-Siikajoki. Områdena är utpekade som vindbruksområden i den gällande landskapsplanen för Norra Österbotten och i de pågående etapplandskapsplanerna. Det finns ingen information om den mer detaljerade tidtabellen för planeringen av projekten. Projektområdet Siikajoki-Karlö (tidigare "Seljänsuunmatala east") är beläget ca 11 km öster om Hallaområdet, delvis i Siikajoki kommun och delvis i Karlö kommun. Kraftverkens placering och andra detaljer om projektet är ännu inte tillgängliga. Sjökabelrutterna MVE2 och MVE3 i Halla-projektet är belägna inom Siikajoki-Karlö-projektområdet. Projektområdet Brahestad-Siikajoki (tidigare "Seljänsuunmatala läntinen") ligger cirka 2 km sydost om Halla-området, delvis i staden Brahestad och delvis i kommunen Siikajoki. Kraftverkens placering eller annan detaljerad information om projektet är ännu inte tillgänglig, varav de havsbaserade vindkraftsparkerna Siikajoki-Karlö och Brahestad-Siikajoki inte har beaktats i bedömningen av de kombinerade effekterna med den havsbaserade vindkraftsparken Halla. Alla sjökabelrutten och vätgasrörssträckningen för Hallaprojektet, liksom de två av de potentiella platserna för deponering under vatten, ligger inom projektområdet Brahestad-Siikajoki. (*Metsähallitus 2024*)

Skyborn Renewables Offshore Finland Oy (2024) planerar havsbaserade vindkraftsprojektet Pooki (tidigare Suurhiekkaprojektet) cirka 16 km nordost om Hallaområdet. Bolaget planerar att utöka den tidigare vindkraftsparken Suurhieka, som redan har beviljats licens, och att bygga större turbiner. Skyborn Finland tecknade ett femårigt avtal med Forststyrelsen om att exploatera området sommaren 2023. Under denna femårsperiod planerar Skyborn att genomföra MKB-förfarandet. Dessutom kommer MKB-processen att åtföljas av zonindelning tillsammans med de berörda kommunerna. Det havsbaserade vindkraftsprojektet Pooki ligger på finskt territorialvatten utanför Uleåborg, Ii, Simi och Kemi. Själva havsbaserade vindkraftsparken ligger i kommunerna Uleåborg, Ii och Simi, men elöverföringsvägarna går också genom Kemi kommun. Avståndet från fastlandet till kanten av den planerade vindkraftsparken är cirka 20–30 km. Vattendjupet i området varierar mellan 1 och 43 meter och området täcker cirka 360 km². Upp till 185 turbiner med en maximal höjd på cirka 390 meter planeras. Vindkraftsparkens maximala kapacitet är 2 600 MW. På området planeras även vattenkraftproduktion. Den el eller vätgas som produceras kommer att transporteras till fastlandet via kablar eller

rörledningarna. Det uppskattas att 1–2 kraftledningar kommer att behövas, med flera alternativa rutter och fyra möjliga Fingrid-sammankopplingspunkter. Vätgas kommer att produceras antingen till havs med elektrolysörer installerade vid kraftverken eller centralt vid en vätgasproduktionsstation till havs. Alternativt kan vätgas produceras i en vätgasproduktionsanläggning på fastlandet som matas med den el som produceras till havs. Projektet är planerat att vara i drift i början av 2030-talet. Projektet har ännu inte någon lokaliseringsplan, varav den havsbaserade vindkraftsparken Pook inte har inkluderats i bedömningen av de kumulativa effekterna med den havsbaserade vindkraftsparken Halla.



Figur 3-1. Havsbaserade vindkraftsprojekt på den finska och svenska sidan av Halla projektområde. Kihu-projektet är ett alternativ till Halla-projektet i det överlappande området, och därför kan endast ett projekt gå vidare till tillståndsfasen om inte placeringen av kraftverken i båda projekten ändras så att områdena inte överlappar varandra Källa: Finlands Vindkraftsförening 2023, Arbets- och näringsministeriet 2024, information om placeringen av kraftverken som erhållits från andra projektoperatörer.

Alla de ovan nämnda planerade havsbaserade vindkraftsparkerna på den finska sidan har också beaktats i Norra Österbottens regionplan, den pågående energi- och klimatplanen för Norra Österbotten och den finska havsplanen 2030, varav den senare också omfattar ett potentiellt område för havsbaserad vindkraft väster om Seljänsuunmatala-området i den södra delen av Halla-projektområdet.

3.4.3 Projekt på den svenska sidan

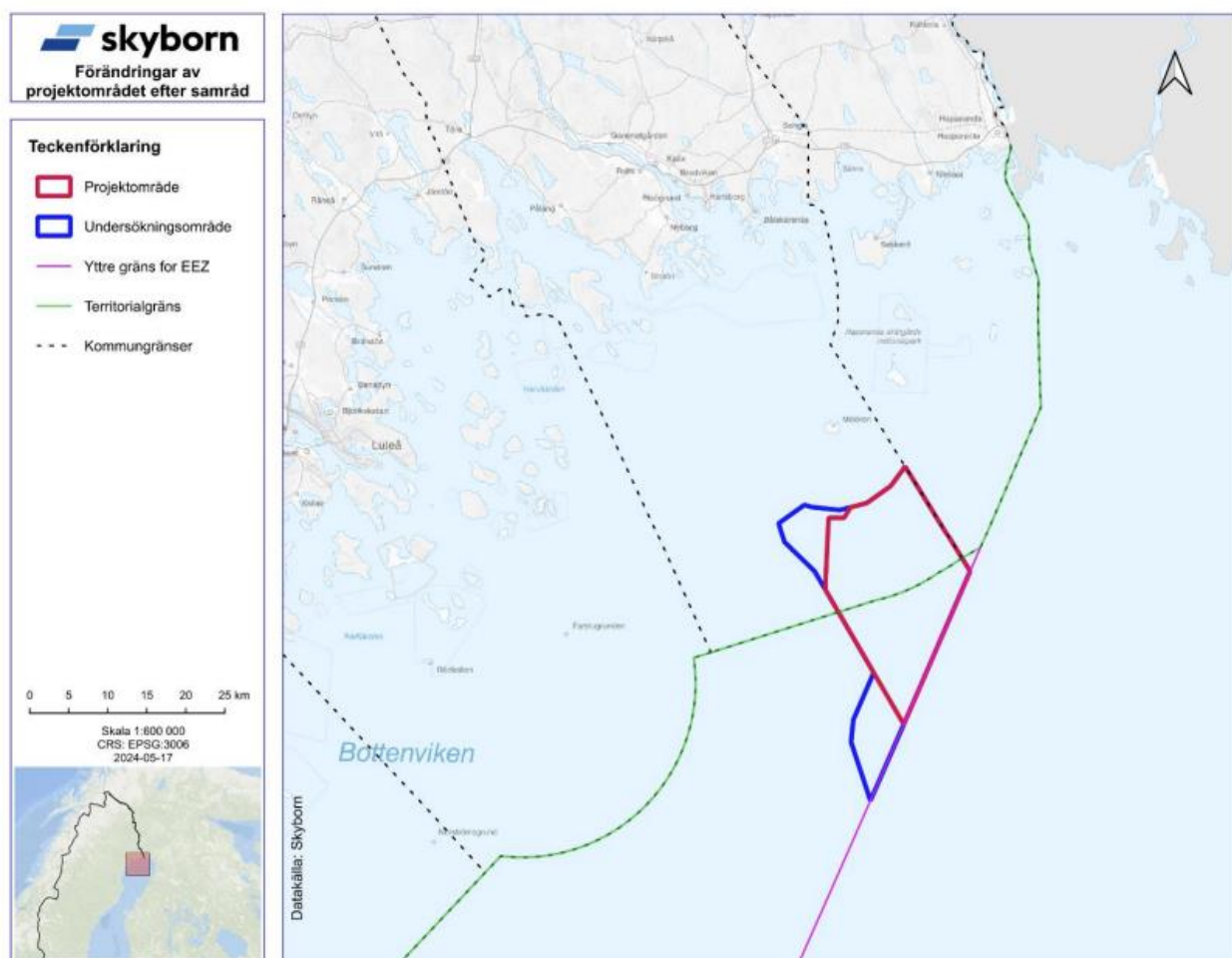
På den svenska sidan pågår flera projekt för havsbaserad vindkraft. De som är relevanta för Halla diskuteras nedan.

3.4.3.1 Polargrund Offshore

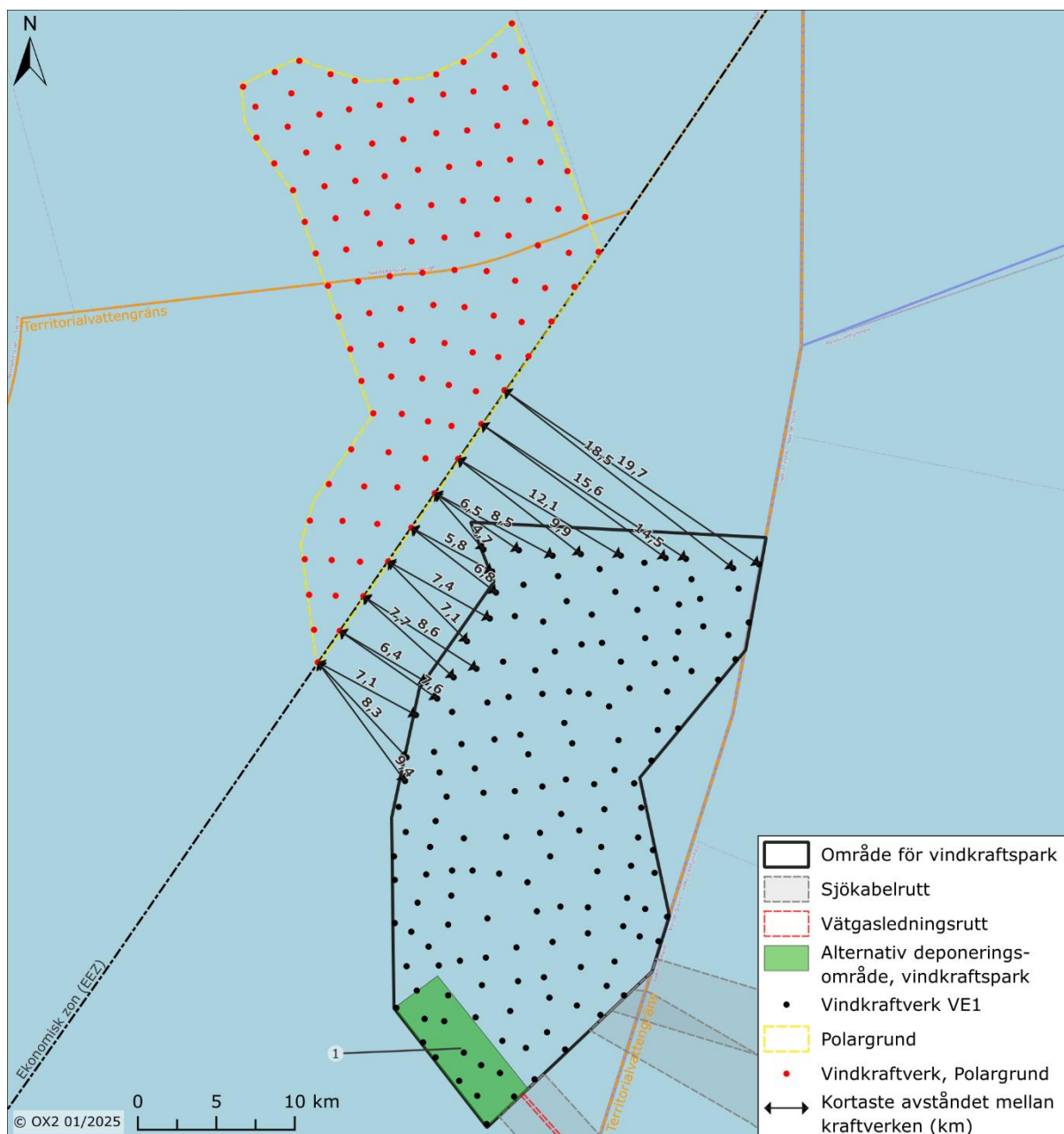
Skyborn Renewables (tidigare wpd) planerar det havsbaserade vindkraftsprojektet Polargrund Offshore på den svenska sidan av Bottenhavet (wpd 2022, Skyborn Renewables Sweden AB 2024). Utredningsområdet ligger delvis i territorialhavet i Kalix kommun och delvis i den svenska ekonomiska zonen (EEZ), cirka 2,8 km väster om Hallaområdet, med det närmaste kraftverket 4,7 km från det närmaste kraftverket i Halla (Figur 3–3). Polargrund Offshore gränsar till riksgränsen mellan Sverige och Finland. Den totala ytan för projektområdet Polargrund Offshore är cirka 341 km², varav 191 km² ligger i territorialhavet och 150 km² i den svenska ekonomiska zonen. Undersökningsområdet ligger i Kalix kommun, cirka 10 km från de närmaste öarna och cirka 33 km från det svenska fastlandet. Projektet avser uppförande av 70–120 vindkraftverk med en totalhöjd på maximalt 350 m. Vindkraftsparkens planerade årsproduktion uppgår till ca 10 terawattimmar (TWh). Alternativt planeras vindkraftsparken producera upp till 200 000 ton vätgas per år på ett decentraliserat sätt, dvs. separat i varje vindkraftverk. Miljöpåverkan av att överföra den el som genereras av vindkraften till det svenska elnätet via kablar på land eller att använda elen för att generera vätgas i parken och överföra den på land via rörledningar kommer att bedömas i en senare tillståndsansökan.

MKB-förfarandet för projektet inleddes 2022 och har omfattat samråd med Finland i enlighet med det internationella samrådsförfarandet (Ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2024). Finland avgav sitt yttrande om MKB-programmet för projektet den 30 september 2022 (VN/20433/2022). Projektutformningen planeras att genomföras mellan 2026 och 2027 och byggandet av vindkraftsparken förväntas starta 2028, med Polargrund Offshore som förväntas vara i drift 2030. Den planerade avvecklingen beräknas äga rum omkring 2060–2070. Eftersom byggandet av projektet delvis kan sammanfalla med Halla-projektet har man i konsekvensbedömningen tagit hänsyn till potentiell gränsöverskridande påverkan under både byggande och drift.

Under slutfasen av MKB-rapporten för Halla har det kommit till vår kännedom att Naturvårdsverket i augusti 2024 meddelat ändringar och begärt ytterligare samråd. Ändringarna gäller projektområdets storlek, förändringar i vätgasproduktionen och påverkan i samband med undersökningar av havsbotten. Den projektansvarige har utarbetat ett samrådsdokument som motsvarar bedömningsprogrammet. Finlands miljöcentral har lagt fram dokumentet för kommentarer och utlåtanden under tiden 2.9–2.10.2024. I samrådsdokumentet har planeringsområdet för Polargrundsprojektet minskats (tidigare 442, uppdaterat 341 km²) (Figur 3–2). I MKB-beskrivningen för Halla och i detta internationella förfarande har konsekvenserna beaktats och bedömts enligt de tidigare erhållna planerna för Polargrund-projektet, eftersom materialet utarbetades före november 2024 (Figur 3–3). Vid utarbetandet av det internationella förfarandet för Halla-projektet har informationen från det finska svaret på Polargrund Offshore-projektet gått igenom i november 2024.



Figur 3-2 Studieområdet Polargrund Offshore (blå kontur) har legat till grund för samrådet 2022. För samrådsdokumentet 2024 har projektområdet minskats (röd avgränsning). Bild från samrådsdokumentet för Polargrund-projektet av den 21 augusti 2024 (Skyborn Renewables 2024c).



Figur 3-3. Läge och avstånd mellan de havsbaserade vindkraftsparkerna i Halla i Finlands EEZ och Polargrund i Sveriges territorialvatten och EEZ. Projektplanerna för Polargrund mottogs från projektansökaren i mars 2024. Sedan dess har projektområdet för Polargrund minskats. Ingen ny lokalisering av kraftverk har mottagits (Skyborn Renewables 2024b).

3.4.3.2 Bothnia Offshore Omega

Njordr Offshore Wind AB planerar att bygga den havsbaserade vindkraftsparken Bothnia Offshore Omega (Njordr Offshore Wind 2022) på cirka 1 500 megawatt (MW) i den svenska ekonomiska zonen (EEZ) i Bottenhavet. Projektområdet är beläget cirka 19 km väster om det planerade vindparksområdet för Halla (Figur 3-1). Den beräknade årsproduktionen för projektet är ca 5,4 TWh. Projektområdet omfattar 419 km². Projektet skulle bestå av upp till 83 vindkraftverk med en maximal höjd på 330 m och en effekt på ca 20 MW. Avståndet till närmaste ö, Rödkallen, är ca 34 km. Kortaste avståndet till fastlandet är ca 55 km till Luleå och ca 59 km till Piitime. Havsdjupet varierar mellan 50 och 70 meter vid vindkraftverksplatserna. Vindkraftverken är sammankopplade via ett internt kabelnät, som är anslutet till en eller flera

elstationer till havs för överföring till land via en eller flera sammankopplande kablar. Avståndet mellan Omega och Halla är så stort (19 km) att inga potentiella gränsöverskridande interaktioner förväntas under byggtiden, och därför har Omega endast beaktats i konsekvensbedömningen under driftperioden (t.ex. i observationsbilderna).

3.5 Tidsplan

Det havsbaserade vindkraftsprojektet Halla befinner sig för närvarande i förplaneringsfasen. MKB-rapporten för projektet förväntas lämnas in till myndigheten i början av 2025, med en motiverad slutsats från myndigheten inom två månader efter utgången av perioden för kommentarer och yttranden om MKB-rapporten. En lag om havsbaserad vindkraft i den ekonomiska zonen har förberetts för perioden 2023–2024. Anledningen till denna lag är att de nuvarande bestämmelserna i EEZ-lagen är dåligt anpassade till havsbaserade vindkraftsprojekt. Den nya EEZ-lagen trädde i kraft den 1.1.2025. Energimyndigheten kommer att organisera en anbudsinfordran för projektområdena under 2025 och den första vinnaren av anbudsinfordran förväntas i slutet av 2026.

Den finska lagen om ekonomisk zon (1058/2004) kommer att styra projektaktiviteterna i den ekonomiska zonen. Enligt artikel 6 i lagen om den ekonomiska zonen kan *"statsrådet efter ansökan bevilja tillstånd att utnyttja naturresurserna på havsbotten och i dess inre delar i den ekonomiska zonen och att bedriva forskning för sådan exploatering eller att bedriva annan verksamhet i den ekonomiska zonen i syfte att ekonomiskt utnyttja zonen (exploateringsrätt)..."*. Dessutom föreskrivs byggnation specifikt i artikel 7 i lagen. Där föreskrivs följande: *"Statsrådet kan på ansökan ge sitt samtycke till uppförande och användning av konstgjorda öar, utrustning och andra strukturer för den verksamhet som avses i artikel 6 samt annan utrustning och andra strukturer som kan störa utövandet av Finlands rättigheter i den ekonomiska zonen enligt internationell rätt..."*.

Den 10 januari 2022 fick Halla-projektet regeringens godkännande för forskningsverksamhet som syftar till ekonomiskt utnyttjande av Finlands ekonomiska zon (TEM/2022/3). Projektutvecklaren har utfört geofysiska och geotekniska studier inom ramen för undersökningstillståndet och kommer under 2022 och 2023 att undersöka havsbottens djupförhållanden i undersökningsområdena samt havsbottens och underliggande jordlagrens struktur.

Den 23 december 2022 ansökte OX2 hos statsrådet om rätt att exploatera området för Halla-projektet så att OX2 skulle få exklusiv rätt att exploatera de områden som omfattas av projektet för havsbaserad vindkraftsproduktion. Den 2 maj 2024 beslutade statsrådet att avslå samtliga 16 pågående ansökningar om rätt att exploatera området, varav en var Halla-ansökan (Valtioneuvoston päätös TEM/2024/44). I beslutet anges bl.a. följande: *"Statsrådets beslut enligt lagen om den ekonomiska zonen grundar sig på en lämplighetsprövning. Enligt lagens ordalydelse har statsrådet (finska staten) omfattande diskretionära befogenheter när det gäller rätten till utnyttjande enligt kapitel 3 i den finska lagen om den ekonomiska zonen. I statsrådets beslut var det bland annat fråga om att väga den enskilda sökandens/bolagets intressen mot statens intressen som helhet i en situation där flera sökande har intresse av samma projektområden i den ekonomiska zonen. I lagen om den ekonomiska zonen anges inte under vilka förutsättningar en nyttjanderätt enligt kapitel 3 ska beviljas eller när en ansökan ska avslås. Vid statsrådets behandling av detta tillstånd har de överväganden som talar för ett negativt beslut varit övervägande."* (Valtioneuvosto 2024)

I enlighet med statsminister Petteri Orpos regeringsprogram främjar Finland havsbaserad vindkraft genom att ställa upp ett ambitiöst mål för havsbaserad vindkraftskapacitet för 2035 och skapa en konkurrensfördel för Finland jämfört med Östersjöländerna. Lagen om havsbaserad vindkraft i Finlands ekonomiska zon (934/2024) och tillhörande lagstiftning trädde i kraft den 1 januari 2025. Den nya lagen syftar till att främja havsbaserad vindkraft genom att skapa

tydliga regler för den ekonomiska zonen. Den ekonomiska zonen är ett internationellt havsområde som den finska staten har rätt att utnyttja ekonomiskt. Enligt lagen beslutar regeringen om vilka områden som är lämpliga för havsbaserad vindkraft och om anbudsförfarandet för dessa områden. Vid valet av områden tar regeringen hänsyn till annan användning av havet, såsom sjöfart, fiske och andra havsbaserade vindkraftsprojekt, samt till miljöfaktorer som helhet. Operatören ska väljas genom ett öppet och transparent anbudsförfarande som organiseras av Energimyndigheten. Både kvalitativa faktorer och det erbjudna priset kommer att spela en roll i valet av den vinnande anbudsgivaren. Vinnaren av anbudsförfarandet kommer att ha ensamrätt att ansöka hos statsrådet om en exploateringsrätt för ett visst område. Exploateringstillståndet beviljas av statsrådet. Den första anbudsinfordran förväntas inledas i slutet av 2025.

Utarbetandet av ett program för miljökonsekvensbedömning för projektet inleddes hösten 2021 och lämnades in till kontaktmyndigheten i augusti 2022. Separata studier för projektområdet har genomförts från 2021 och framåt och har fortsatt under 2022–2023. Hösten 2022 inleddes MKB-studiefasen och de egentliga miljökonsekvensbedömningarna. Efter MKB-förfarandet kommer projektet att gå vidare till tillståndsfasen, om projektet beviljas rätten att utnyttja platsen.

Det havsbaserade vindkraftsprojektet kräver ett vattenförvaltningstillstånd enligt vattenlagen (587/2011). Tillståndet kan beviljas först när MKB-förfarandet har slutförts.

4 MKB-förfarande

4.1 Internationellt MKB-förfarande

Projektet är beläget i Finlands exklusiva ekonomiska zon (EEZ) (Figur 2–1). På grund av den potentiella internationella dimensionen av det havsbaserade vindkraftsprojektet omfattas projektet av Esbokonventionen om miljökonsekvensbeskrivningar i ett gränsöverskridande sammanhang (Lag om förfarandet vid miljökonsekvensbedömning 252/2017; kapitel 5 och avsnitten 28 § och 29 §).

Den s.k. Esbokonventionen (*Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context*) innehåller bestämmelser om bedömning av gränsöverskridande miljöpåverkan. Finland ratificerade denna FN/ECE-konvention 1995. Den trädde i kraft 1997. I Finland har skyldigheterna enligt konventionen genomförts genom MKB-lagen och förordningen om ikraftträdande av konventionen om miljökonsekvensbeskrivningar i ett gränsöverskridande sammanhang (67/1997).

Avtalsparterna har rätt att delta i ett förfarande för miljökonsekvensbedömning i ett annat land om de negativa miljöeffekterna av det projekt som bedöms kan påverka det landet (*"mottagarlandet"*). Ett havsbaserat vindkraftsprojekt omfattas inte direkt av bilaga I till Esbokonventionen, där internationellt samråd är relevant om projektet sannolikt kommer att ha betydande gränsöverskridande negativa effekter. Miljöministeriet har dock beordrat att projektet ska genomgå förfarandet enligt Esbokonventionen på grund av de potentiella internationella miljökonsekvenserna.

I detta projekt är Finland den projektansvarige och Sverige är mottagarlandet. Miljömyndigheten i det land där projektet är beläget, dvs. ursprungslandet, kommer att underrätta miljömyndigheterna i måländerna om att MKB-förfarandet för projektet har inletts och fråga om de är villiga att delta i MKB-förfarandet. Om mottagarlandet beslutar sig för att delta i förfarandet kommer de att ta del av och göra det projektunderlag som ursprungslandet lämnat in offentligt tillgängligt för sina medborgare för kommentarer. Miljömyndigheten i mottagarlandet samlar in kommentarerna och vidarebefordrar dem till projektets ursprungsland.

För det internationella samrådet enligt Esbokkonventionen är de behöriga myndigheterna i Finland och Sverige miljöministerierna. Miljömyndigheten vidarebefordrar de yttranden som inkommit från värdländerna till den nationella kontaktmyndigheten som ansvarar för MKB-förfarandet och som beaktar de framförda synpunkterna i sitt eget yttrande.

Elva yttranden om MKB-programmet har inkommit från Sverige. Hur dessa yttranden har beaktats i MKB-rapporten och i detta dokument beskrivs i en separat bilaga, Bilaga 1.

I kommentarerna har bland annat följande konsekvenser och önskemål uppmärksammats:

- Särskild uppmärksamhet måste ägnas åt fågelundersökningar och omfattande undersökningar till havs, med hänsyn till fåglarnas föda, vila och migration, liksom kumulativa effekter över Östersjön och projektens flaskhalseffekt.
- Det är också viktigt att bedöma landskapspåverkan från den svenska sidan, med hjälp av observationsfotografier och eventuellt illustrativa videor.
- Buller- och flimmerstudier ska genomföras (med hänsyn till t.ex. lågfrekvent buller, flygljus).
- Fiske och fiskreproduktion (hur grumlighet och sedimentspridning påverkar fisk), om det kommer att finnas långsiktiga storskaliga kumulativa effekter i hela Östersjön, med hänsyn till Torne älv och svenska gränsälvar
- Effekter och synergier på sjövägar ska beaktas (t.ex. påverkan på Luleå etc.), omfattande riskbedömningar på internationell nivå, bedömning av effekter på isbildning och framtida driftsförhållanden för isbrytare

4.1.1 Allmän bedömning av gränsöverskridande påverkan

Detta dokument har bedömt de potentiella gränsöverskridande negativa effekterna av projektaktiviteterna på Sverige. Bedömningen har beskrivit den sannolika, betydande gränsöverskridande påverkan. Sverige kommer att informeras om projektet genom Esbokkonventionens förfarande och ges möjlighet att delta i samrådet.

En sammanfattning av bedömningen av gränsöverskridande påverkan har inkluderats i MKB-beskrivningen. Denna sammanfattning har utarbetats i enlighet med bilaga II till Esbokkonventionen. I konsekvensbedömningen har man också använt sig av EU-guiden *"Guidance on the Application of the Environmental Impact Assessment Procedure for Large-scale Transboundary Projects"* (Euroopan Unioni 2024). De övergripande effekterna, både direkta och indirekta, utanför projektets gränser har bedömts med hjälp av riktlinjerna. I de övergripande konsekvensbedömningarna har man använt kvantitativa och kvalitativa bedömningar av resultaten av de olika delarna av bedömningen för att ge en övergripande förståelse av projektets gränsöverskridande konsekvenser. I kapitel 9 beskrivs den metod som använts för bedömningen av gränsöverskridande påverkan.

4.2 MKB-förfarandet i Finland

I Finland regleras förfarandet vid miljökonsekvensbedömning (MKB-förfarandet) av MKB-lagen (252/2017) och MKB-förordningen (277/2017). MKB-förfarandet tillämpas på projekt och ändringar av dem som kan antas ha betydande miljökonsekvenser. Syftet med MKB-lagen är att främja bedömningen av miljökonsekvenser och ett enhetligt beaktande av bedömningarna i planeringen och beslutsfattandet. Den syftar också till att öka tillgången till information och deltagande för alla berörda parter.

Miljökonsekvenserna av ett projekt ska bedömas i ett lagstadgat bedömningsförfarande så tidigt som möjligt i projektplaneringsprocessen, medan alternativen fortfarande är öppna. Myndigheten får inte bevilja tillstånd för projektet eller fatta något annat liknande beslut förrän

bedömningen har slutförts. MKB-förfarandet innebär inte att beslut fattas om projektet, utan syftar till att ge information som kan ligga till grund för beslut.

Deltagande i MKB-förfarandet innebär att den projektansvarige, den finska kontaktmyndigheten, andra myndigheter och de vars förhållanden eller intressen kan påverkas av projektet samt sammanslutningar och stiftelser vars verksamhet kan påverkas av projektet, samverkar under miljökonsekvensbedömningen. Ett av de viktigaste syftena med deltagandet är att samla in synpunkter från olika parter.

I Finland informerar kontaktmyndigheten på sin webbplats om att MKB-programmet finns tillgängligt. I kungörelsen anges var i kommunen MKB-programmet finns tillgängligt för samråd och när det är möjligt att lämna in kommentarer och åsikter om programmet. Under den offentliga samrådsperioden kan samhällen, invånare och andra berörda parter i närheten av projektet uttrycka sina åsikter om frågor som t.ex. behovet av att genomföra en konsekvensbedömning av projektet och om huruvida de uppgifter och planer som presenteras i MKB-programmet är tillräckliga.

I MKB-beskrivningen beskrivs deltagandet under MKB-förfarandet och hur de åsikter och kommentarer som inkommit under deltagandet har beaktats i de undersökningar som genomförts. Bedömningsrapporten kommer att vara tillgänglig för offentligt samråd och kommentarer och åsikter kommer att ges på samma sätt.

4.2.1 Miljökonsekvensbedömning

Det första steget i förfarandet för miljökonsekvensbedömning (MKB) är utarbetandet av ett program för miljökonsekvensbedömning (MKB-program), som är en plan (arbetsprogram) för hur MKB-förfarandet ska organiseras och vilka undersökningar som krävs. MKB-programmet innehåller följande information:

- En beskrivning av projektet, dess syfte, planeringsstadium, läge, storlek, markanvändningsbehov och förhållande till andra projekt.
- Information om den person som är ansvarig för projektet och en uppskattning av projektets planerings- och genomförandetidtabell.
- Projekialternativ och alternativet "ingen åtgärd".
- Information om de planer och tillstånd som krävs för att genomföra projektet.
- Beskrivning av miljöns nuvarande tillstånd och utveckling i det område som sannolikt kommer att påverkas.
- Ett förslag till vilka miljökonsekvenser som identifierats och som ska bedömas (inklusive synergier med andra projekt).
- Information om genomförda och planerade miljökonsekvensbeskrivningar, de metoder och antaganden som använts för datainsamling och bedömning.
- Information om kvalifikationerna hos författarna till bedömningsprogrammet.
- En plan för hur bedömningsförfarandet och deltagandet i detta skall organiseras och hur detta är kopplat till projektets utformning.
- En uppskattning av datum för färdigställande av bedömningsrapporten.

Arbetet med miljökonsekvensbeskrivningen utförs i det andra steget av MKB-förfarandet i form av en MKB-rapport, som utarbetas på grundval av MKB-programmet och kontaktmyndighetens yttrande. I enlighet med MKB-lagen kommer bedömningen att undersöka projektets miljökonsekvenser på:

- Befolkning och människors hälsa, levnadsförhållanden och välbefinnande
- Mark, jord, vatten, luft, klimat, vegetation, organismer och biologisk mångfald
- Samhällets uppbyggnad, materiella tillgångar, landskap, stadsbild och kulturarv

- Utnyttjande av naturresurser.
- Sambanden mellan dessa faktorer.

Miljökonsekvensbeskrivningen har fokuserat på den betydande miljöpåverkan som projektet kan antas medföra. Följande huvudsakliga miljökonsekvenser har identifierats och är i fokus för bedömningen.

För det marina området:

- påverkan på användningen av havsområdet, t.ex. sjöfart, fiskeindustri
- påverkan på vattenmiljön
- effekter på fåglar
- påverkan på landskapet.

För mark (ej relevant för detta dokument):

- påverkan på landskap och kulturmiljö
- påverkan på skogsbruk
- påverkan på naturvärden
- effekter på människors levnadsförhållanden och rekreation
- samverkan med befintliga kraftledningar och planerade vindkraftsparkar.

Information om frågor som är viktiga för medborgare och intressenter har samlats in genom informations- och samrådsprocesser och möten med övervakningsgrupper.

I miljökonsekvensbedömningen har man inte bara tagit hänsyn till påverkan under drift utan även till påverkan under uppförande och avveckling. I konsekvensbedömningen beaktas miljökonsekvenserna av aktiviteterna inom projektområdet (det område där den havsbaserade vindkraftsparken, sjökabeln/vattenledningen och överföringsledningen kommer att placeras) och de resulterande aktiviteterna utanför projektområdet. Konsekvenserna av att inte genomföra projektet har också bedömts (det så kallade "nollalternativet"). Dessutom har projektets möjliga samverkan med andra befintliga eller planerade projekt i området beaktats. Bedömningen har också belyst de osäkerhetsfaktorer och begränsningsåtgärder som är förknippade med bedömningen och planerna för övervakning av miljökonsekvenserna.

4.2.2 Avgränsning av undersöknings- och konsekvensområdena för MKB-förfarandet

Gränserna för de påverkansområden som används i den finska nationella miljökonsekvensbeskrivningen är följande.

Utöver de finska gränser som nämns nedan har man i detta dokument beaktat projektets potentiella gränsöverskridande konsekvenser i enlighet med kraven i Esbokonventionen. I fråga om dessa sträcker sig beaktandet så långt som effekterna kan uppskattas. Ytterligare information om avgränsningen av påverkansområdena har erhållits genom studier och modellering samt erfarenheter från andra liknande projekt.

Utredningsområdet är det område som definieras för varje typ av påverkan och där miljöpåverkan undersöks och bedöms. Utredningsområdets omfattning beror på vilken miljöeffekt som avses. Det är avsett att vara så stort att ingen betydande miljöpåverkan kan förväntas uppstå utanför området. Om det emellertid under bedömningen visar sig att en miljöeffekt har ett större påverkansområde än vad som tidigare uppskattats, kommer omfattningen av

hänsyns- och påverkansområdena att omdefinieras för den effekten. På detta sätt kommer den faktiska definitionen av påverkansområdena att göras som ett resultat av bedömningsarbetet i MKB-beskrivningen. Följande påverkansområden har preliminärt identifierats för miljöpåverkan:

Havsbaserad vindkraft har en positiv inverkan på klimatförändringar och luftkvalitet genom att minska utsläppen av växthusgaser och andra rökgaser från elproduktion. Grön vätgasproduktion har också en positiv klimatpåverkan. Projektets negativa klimatpåverkan har bedömts genom att beräkna projektets koldioxidavtryck, dvs. utsläppen av växthusgaser under dess livscykel. Klimatpåverkan har beaktats på regional och global nivå.

Det område som beaktas för markanvändningskonsekvenserna av den havsbaserade vindkraftsparken och vätgasproduktionen är den havsbaserade vindkraftsparken och dess omedelbara omgivning. Konsekvenserna för markanvändningen av sjökabeldragningarna och vätgasrören har beaktats för området för dragningarna och det omgivande området. Konsekvenserna för stadsstrukturen och planeringen av markanvändningen har också beaktats som en del av ett bredare sammanhang. Projektet förväntas inte ha några rumsliga konsekvenser på den svenska sidan. Omfattningen av bedömningen av konsekvenserna för sjötransporten och användningen av farleder presenteras separat nedan.

När det gäller transportkonsekvenser har de rutter på land och till havs som används för transport och underhållsarbete beaktats. Till havs beaktas projektområdet och havsområdet mellan projektområdet och fastlandet, där energiöverföringsrutterna är belägna. För vägtransporter omfattar det aktuella området vägar för transport av material. Indirekta konsekvenser för sjötransporter kan sträcka sig till Sverige om området för havsbaserad vindkraft inte kan korsas av stora handelsfartyg i framtiden och om tillgången till havsområdena förändras. På samma sätt kan projektet ha en inverkan på internationell nivå, eftersom den ekonomiska zonen och havsområdena i allmänhet är föremål för en hög grad av internationell trafik.

När det gäller landskap och kulturarv har ett preliminärt område på cirka 35 km kring projektområdet identifierats. Även om kraftverken kan vara synliga bortom detta avstånd är det osannolikt att den visuella påverkan kommer att vara betydande när det gäller landskapsvärden eller karaktären hos de olika typerna av miljöer bortom detta avstånd. Konsekvenserna för landskapet har också bedömts från svensk riktning, och bedömningen stöds av observationsfotografier.

Konsekvenser för arkeologiska lämningar har bedömts i områden där markanvändningen kommer att förändras till följd av byggandet av projektet och där påverkan kan förekomma. Bedömningen av direkt påverkan har begränsats till den omedelbara närheten av byggarbetsplatserna, och potentiell indirekt påverkan har beaktats, inklusive den som är relaterad till spridningen av fasta ämnen. Ingen gränsöverskridande påverkan har beräknats för arkeologiska lämningar.

När det gäller påverkan på vattenmiljön är det område som beaktas projektområdet och dess omgivningar inom en radie av några kilometer eller mer från aktiviteterna (havsbaserad vindkraftspark, vätgasproduktion, energiöverföringsvägar, lagringsområden till havs). Baserat på den marina modellering som genomförts kan påverkan i liten utsträckning sträcka sig till den svenska sidan.

Påverkan på fisk och fiske har beaktats i området för den havsbaserade vindkraftsparken och i området för sedimentspridning under anläggningsfasen, som till stor del är begränsat till parkområdet. Vätgasproduktion, energiöverföringsrutter och marina deponeringsområden har också beaktats. En vidare påverkan på yrkesfisket har också bedömts. Konsekvenserna för yrkesfisket har bedömts, t.ex. genom att undersöka var befintliga fiskeredskap finns i

förhållande till vindkraftsparken. Projektets påverkan på fiskens lekområden och vandringsvägar har bedömts utifrån de fiskeundersökningar som genomförts i området. Hänsyn har också tagits till gränsöverskridande påverkan.

Konsekvenserna för naturen har bedömts i områdena för den havsbaserade vindkraftsparken och de planerade energiöverföringsrutterna. När det gäller flyttfåglar har man förutom projektområdet även beaktat de fåglar som flyttar i närheten av projektområdet. Konsekvenserna har bedömts för skyddade områden som ligger i närheten av projektområdet på den finska sidan och för vilka projektet förväntas ha en inverkan på deras skyddsvärden. När det gäller fåglar har projektet bedömts ha gränsöverskridande effekter.

Konsekvenserna för jordmånen och berggrunden (markförhållandena) har bedömts i projektområdet och i synnerhet på de byggplatser där vindkraftverk eller andra konstruktioner placeras. Påverkan på mark och berggrund är lokal och sträcker sig inte till Sverige.

Buller och skuggflimmer (flimmer) har beaktats för vindkraftsparken i den utsträckning som modelleringen visar att projektet kommer att ha en inverkan. Omfattningen av påverkan beror också på vindkraftverkens placering i förhållande till bosättningar och andra potentiellt känsliga platser. Konsekvenserna av lågfrekvent buller har bedömts genom modellering av nivåerna vid de närmaste potentiellt känsliga platserna. Undervattensbuller har också beaktats genom modellering. Området för bullermodellering omfattar byggarbetsplatsen och de omgivande havsområdena till ett avstånd där betydande bullerpåverkan inte längre kan upptäckas. I konsekvensbedömningen har man också tagit hänsyn till vatten- och energiproduktion samt marin sedimentering under byggtiden. Buller- och flimmereffekterna kommer inte att sträcka sig till de närmaste känsliga platserna på den svenska sidan.

Påverkan på människors levnadsvillkor och välbefinnande har bedömts inom området för potentiell betydande påverkan (t.ex. trafikstörningar under byggtiden och landskapspåverkan under driften). Ingen gränsöverskridande påverkan på människors levnadsvillkor har bedömts.

Påverkan på försörjningsmöjligheter (t.ex. kommersiellt fiske) har bedömts i projektområdet och i området för potentiell påverkan, såsom påverkan på landskap och vattendrag. Andra viktiga platser i närheten som kan påverkas av projektet när det gäller ekonomisk verksamhet, t.ex. turisttjänster, har också beaktats. De ekonomiska konsekvenserna har bedömts på lokal, nationell och global nivå, med hänsyn till bland annat sysselsättningseffekter och köp av lokala tjänster.

4.3 Bedömning av hur betydande konsekvenserna är och jämförelse av alternativen

Betydelsen av miljökonsekvenser bedöms genom att jämföra miljöns tolerans mot varje miljöbelastning med hänsyn tagen till områdets nuvarande miljöbelastning. En förändrings omfattning beskriver särdragen hos den förändring som projektet har medfört och där förändringens riktning kan vara antingen negativ eller positiv. Omfattningen utgörs av en förändring i styrka och riktning, regional omfattning och längd. Vid bedömning av konsekvensernas betydelse beaktas effektens varaktighet och omfattning samt det påverkade objektets känslighet. Vid bedömning av konsekvensernas betydelser används kriterier angivna i tabell Tabell 4-1.

Tabell 4-1. Kriterier som används vid bedömningen av alternativens betydelse.

Betydelsen av konsekvenser	Stor +++	Projektet medför en tydligt märkbar positiv och långsiktig förändring som påverkar människors dagliga liv eller omgivande natur regionalt.
	Måttlig ++	Projektet medför en tydligt märkbar positiv förändring som påverkar människors dagliga liv eller omgivande natur lokalt.
	Liten +	Den positiva förändringen som projektet medför är märkbar men medför knappast förändring av människors dagliga verksamhet eller omgivande natur.
	Ingen påverkan	Förändringen är så liten att den i praktiken inte är märkbar och orsakar varken skada eller nytta.
	Liten -	Den negativa förändringen som projektet medför är märkbar men medför knappast förändring av människors dagliga verksamhet eller omgivande natur.
	Måttlig - -	Projektet medför en tydligt märkbar negativ förändring som påverkar människors dagliga liv eller omgivande natur lokalt.
	Stor - - -	Projektet medför en tydligt märkbar negativ och långsiktig förändring som påverkar människors dagliga liv eller omgivande natur regionalt.

4.4 Studier som utförts inom ramen för projektet

Som en del av arbetet med miljökonsekvensbedömningen av projektet genomfördes följande studier mellan 2021 och 2024 för att stödja det befintliga materialet (bilagans nummer inom parentes hänvisar till bilagorna till Hallas nationella MKB-rapport, som finns på finska på webbplatsen ympäristö.fi: www.ymparisto.fi/hallamerituulivoimaYVA; bilagorna till den internationella samrådssammanfattningen, dvs. detta dokument, anges separat i början av dokumentet):

- Undersökningar av marin vegetation och biotoper (bedömning av naturtillståndet under vatten baserat på befintliga data, undersökning av undervattensbiotoper) (bilaga 4 i den nationella MKB-beskrivningen)
- Fiskeri och fiskeriundersökningar (bilaga 7, 8, 10 i den nationella MKB-rapporten)
- Fågelundersökningar till havs och i landningsområden
- Sediment- och bottenundersökningar (bilaga 5 till den nationella MKB-beskrivningen)
- Mätningar av ström- och vattenkvalitet i havsområdet (bilaga 2 till den nationella MKB-rapporten)
- Hydrodynamik, modellering av sediment under byggtiden och saltvattensspridning i samband med vätgasproduktion (bilaga 3 till detta dokument)
- Synlighetsanalys (bilaga 2 till detta dokument)
- Fotografisk illustration av landskapseffekter (bilaga 2 till detta dokument)
- Bullermodellering av markburet buller (bilaga 20 till den nationella MKB-rapporten)
- Modellering av undervattensbuller (bilaga 4 till detta dokument)
- Modellering skuggflimmer (bilaga 21 till den nationella miljökonsekvensbeskrivningen)
- Enkät till de boende (bilaga 9 till den nationella MKB-beskrivningen)
- Natura2000-behovsbedömning (bilaga 13 till den nationella MKB-beskrivningen)
- Natura2000-bedömning (bilagorna 12 och 27 i den nationella MKB-beskrivningen)
- Undersökning av sjötrafik (bilaga 5 till detta dokument)
- Riskbedömning för sjöfart (bilagorna 6, 7 och 8 till detta dokument)
- UXO-undersökning (exploderad ammunition) (bilaga 15 till den nationella MKB-rapporten)
- Riskmatriser: produktion och lagring av vätgas, havsbaserad vindkraftspark (bilaga 22, 23, 28 i den nationella MKB-rapporten)

- Beräkning av växthusgaser (bilaga 14 till den nationella MKB-rapporten)

I samband med ovanstående undersöktes populationerna av marina däggdjur i projektområdet delvis i samband med fågelundersökningar och baserat på nuvarande kunskap. En marinarkeologisk undersökning och kulturarvsundersökning genomfördes under MKB-fasen, baserat på nuvarande kunskap, och kommer att kompletteras med undersökningar av havsbotten i de områden som berörs av byggnationer till havs före vattentillståndsfasen, med nödvändig detaljnivå.

4.5 Lindring och övervakning av påverkan

Under bedömningsarbetet kommer potentialen för att förebygga och begränsa projektets negativa effekter genom utformning och genomförande att identifieras. En beskrivning av de lindrande åtgärderna kommer att presenteras i bedömningsrapporten.

Enligt miljöskyddslagen ska verksamhetsutövare vara medvetna om miljökonsekvenserna av sin verksamhet. I samband med konsekvensbedömningen kommer ett förslag till innehåll i ett program för övervakning av miljökonsekvenserna att ingå i bedömningsrapporten. Syftet med övervakningen är att:

- ge information om projektets inverkan
- identifiera de förändringar som kommer att bli resultatet av genomförandet av projektet
- hur resultaten av konsekvensbedömningen återspeglar verkligheten
- hur framgångsrika de lindrande åtgärderna har varit
- vidta nödvändiga åtgärder i händelse av oförutsedda betydande negativa effekter.

Ett mer detaljerat program för miljöövervakning kommer att presenteras senare i samband med ansökan om tillstånd för vattenförvaltning.

5 Teknisk beskrivning av den havsbaserade vindkraftsparken

5.1 Kriterier för utformning

Den havsbaserade vindkraftsparken Halla ligger till havs i Finlands ekonomiska zon, cirka 23 kilometer väster om Karlö. De närmaste landbaserade platserna till den havsbaserade vindkraftsparken är Siikajoki (cirka 30 km), Brahestad (cirka 35 km) och Uleåborg (cirka 65 km) (Figur 5-1 och Figur 1-2). Vindkraftsparkens område är upp till cirka 575 km² (VE1) (VE2 upp till 550 km²) och varierar i djup mellan cirka 12-60 m (Figur 5-3). Den totala kapaciteten för den havsbaserade vindkraftsparken kommer att vara cirka 2,4-3 GW.

Den havsbaserade vindkraftsparken kommer att bestå av upp till 160 vindkraftverk som installeras på havsbaserade plattformar (VE1, Figur 5-1) (VE2: 120 vindkraftverk, Figur 1-2). Vindkraftverkens totala höjd över havsytan kommer inte att överstiga 370 m och avståndet mellan turbinerna i huvudvindriktningen kommer att vara mer än 2 km. I andra riktningar kan avståndet mellan turbinerna vara mindre, cirka 1,5 km. I vissa situationer kan avståndet mellan kraftverken också vara mindre än 1,5 kilometer, med ett minimum på 1 kilometer, t.ex. i situationer där vissa områden inte lämpar sig för kraftverk på grund av havsbottenförhållanden. Förutom turbinerna omfattar den havsbaserade vindkraftsparken intern elöverföring, dvs. elkablar mellan turbinerna och elstationer till havs.

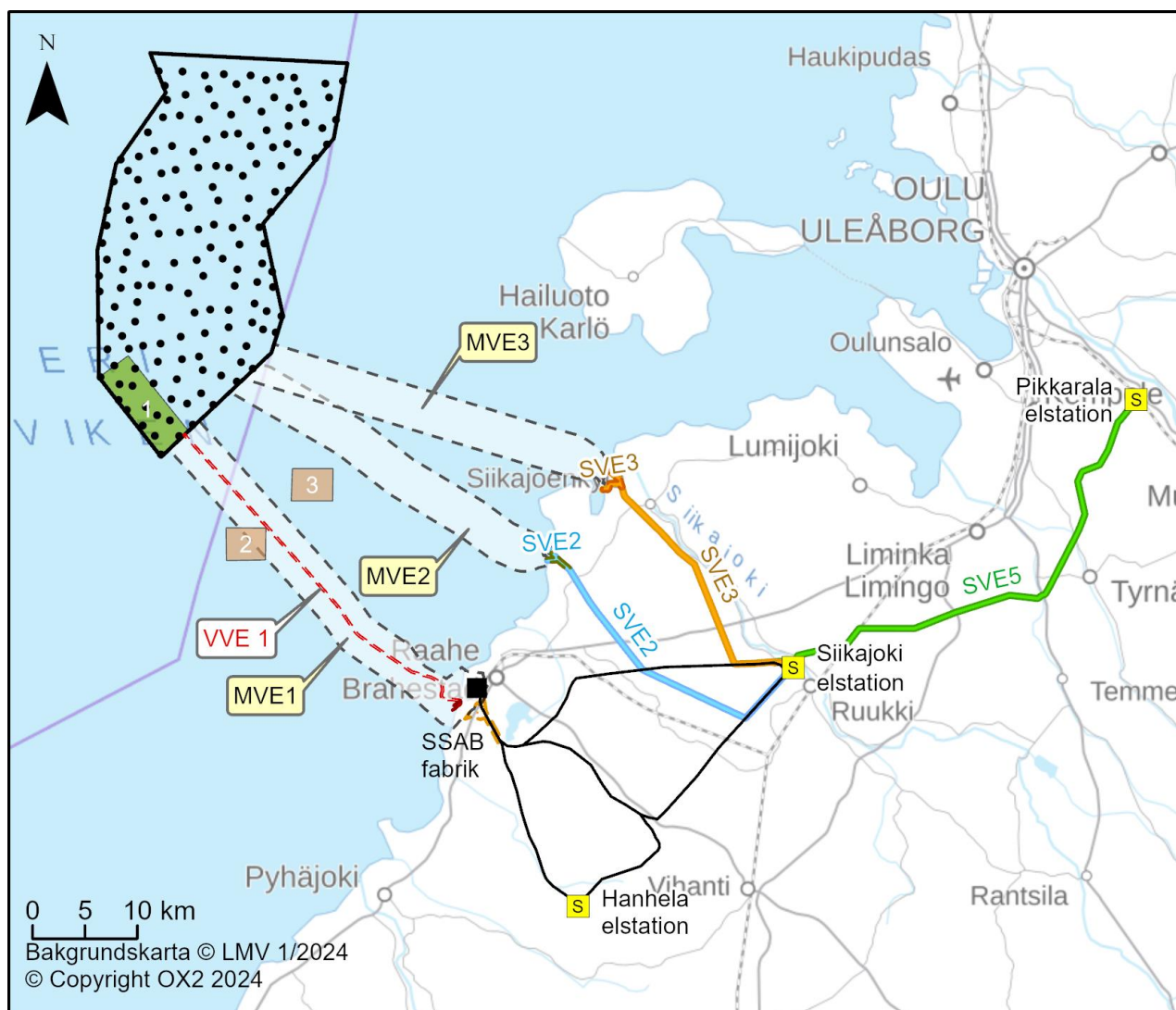
Den el som produceras till havs förs i land från de havsbaserade elstationerna med hjälp av sjökablar. Tre alternativa rutter (MVE1, MVE2 och MVE3) övervägs för sjökablarna. På

fastlandet överförs elen via landkablar till elstationen på fastlandet, varifrån den överförs via överföringsledningar (MKB-rapport del B) till huvudnätet. Alla sjökablar (upp till 10) kan installeras på sträckningen MVE1 eller delas upp i två separata sträckningar (5 kablar per sträcka, MVE1, MVE2 och MVE3). Vid användningen av två sjökabelrutter överförs elen på fastlandet till två olika elstationer (alternativen Hanhela, Siikajoki och Pikkarala). Området för den havsbaserade vindkraftsparken och de olika alternativen för elöverföringsrutter visas på kartan i följande figurer (Figur 5–1 och Figur 1–2).

Projektet kan också producera vätgas till havs. Vätgas kan produceras antingen av centraliserade vätgasstationer (upp till 3–8 stationer i vindparksområdet) eller av en enhet som installeras längst ned i varje havsbaserat vindkraftverkstorn. Vätgasen kommer att transporteras till fastlandet via ett vätgasrör med en alternativ sträckning (VVE1). Sträckningen följer samma korridor som sjökabelrutten MVE1. Vätgasekonomin diskuteras mer ingående i kapitel 6. **Båda projektalternativen (VE1 och VE2) kommer att producera antingen el eller vätgas, eller möjligen båda, t.ex. i förhållandet 40 % vätgas och 60 % el. I MKB:n har man uppskattat den maximala påverkan från byggandet av projektet och den maximala påverkan under drift- och avvecklingsperioden. De största konsekvenserna när det gäller byggtiden har beräknats för scenariot med 100 % el, eftersom ett större antal undervattenskablar (upp till 10) skulle byggas jämfört med scenariot med 100 % vätgas, som endast skulle kräva en vätgasrör. Dessutom har de maximala driftseffekterna av ett scenario där 100 % av elen används för vätgasproduktion (12 TWh), vilket, utöver effekterna av havsbaserad vindkraft, kommer att generera värme- och saltbelastning i havsvattnet, beräknats.**

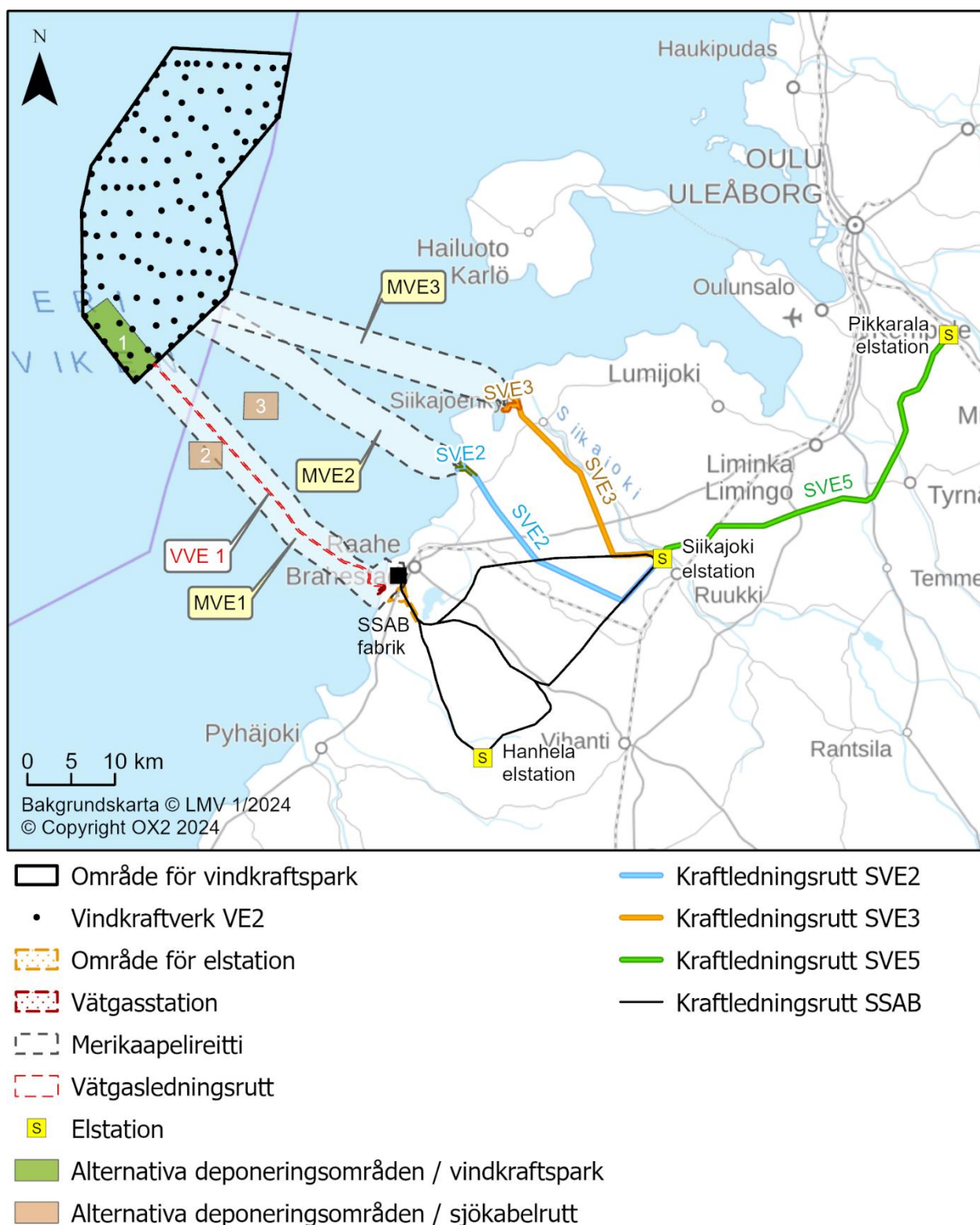
Mängden energi som produceras av en havsbaserad vindkraftspark beror på enhetseffekten och antalet turbiner, de lokala vindförhållandena, vindskuggning mellan turbinerna och förlusterna i elöverföringen. Effekten hos en enskild turbin uppskattas till 15–25 MW och den uppskattade årliga produktionen i parken är cirka 12 000 000 MWh (12 TWh).

När det gäller uppkomsten av de olika typerna av konsekvenser varierar orsaken till konsekvensen från en typ till en annan inom havsbaserad vindkraft. Till exempel är turbineffekten sällan den avgörande faktorn. I stället är fler effekter relaterade till faktorer som kraftverkens yttre dimensioner, deras placering, turbinens ljudnivå eller storleken på fundamentet. Den modellering och de projektdata som används i detta MKB-förfarande har genomförts i syfte att uppskatta den maximala påverkan för varje typ av påverkan. I modelleringen av grumlighets-spridning har till exempel den största och mest grumlighetsgenererande fundamenttypen och deponimetoden. För bullermodellering under byggtiden har installationen av pålfundament, som är den mest bullriga, uppskattats.

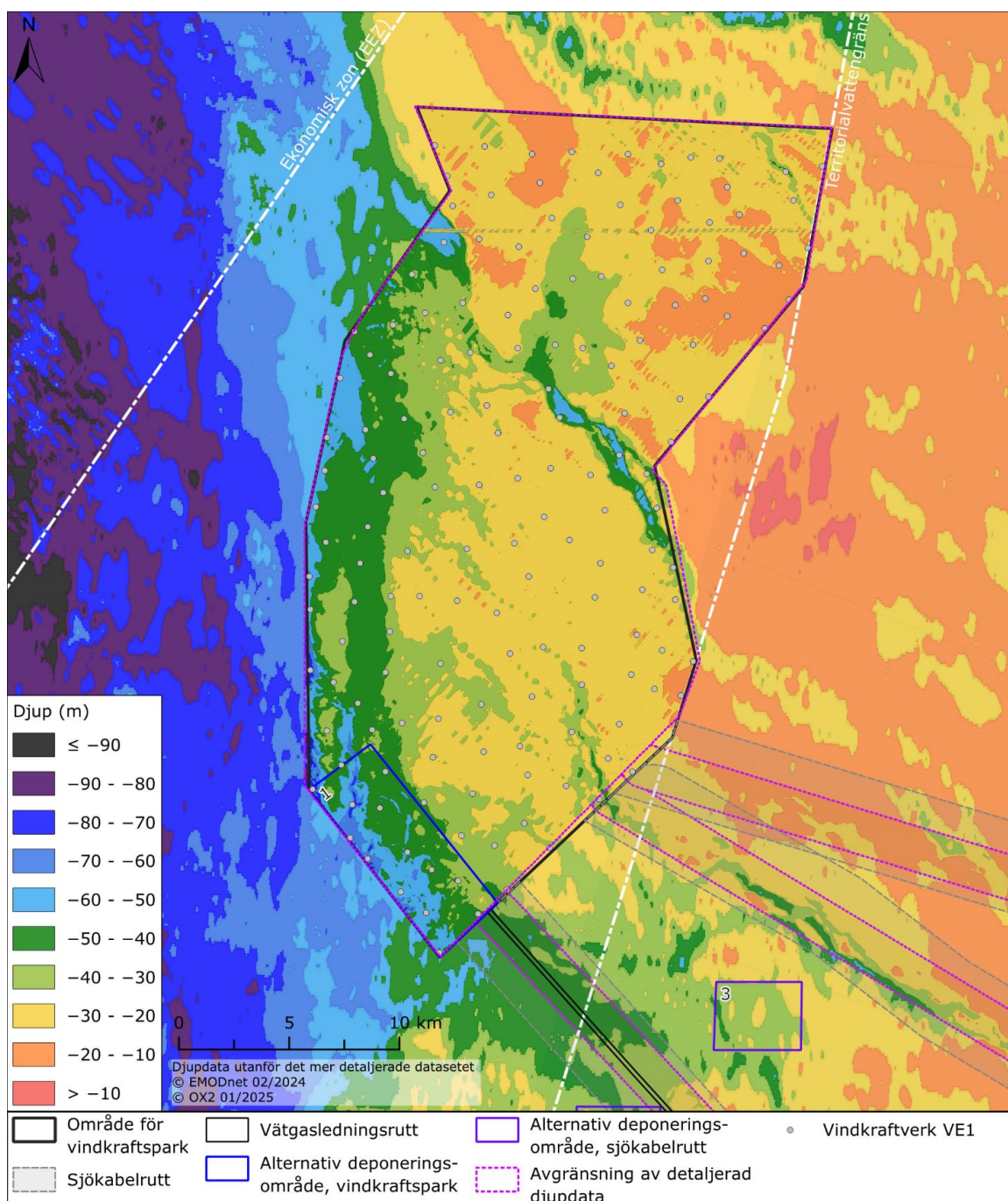


- | | |
|---|--|
|  Område för vindkraftspark |  Kraftledningsrutt SVE2 |
| • Vindkraftverk VE1 |  Kraftledningsrutt SVE3 |
|  Område för elstation |  Kraftledningsrutt SVE5 |
|  Vätagasstation |  Kraftledningsrutt SSAB |
|  Sjö kabelrutt | |
|  Vätagasledningsrutt | |
|  Elstation | |
|  Alternativa deponeringsområden / vindkraftspark | |
|  Alternativa deponeringsområden / sjökabelrutt | |

Figur 5-1. Projektområdets läge. Vindparkens layout (VE1, 160 vindkraftverk, upp till 575 km²), sjökabelrutter, vätagasrörssträckningar, deponiområden och elöverföringssträckningar på fastlandet. SSAB:s överföringsledningsrutter bedöms inte i detta MKB-förfarande för Halla, utan har bedömts i det tidigare granskade MKB-förfarandet för SSAB. De sjökabelstråk som visas på kartan är 4 km breda områden inom vilka de slutliga sjökabelstråken, som förfinats genom planeringsprocessen, kommer att placeras. Kabelstråken är smalare vid landföringsplatserna.



Figur 5-2. Projektområdets läge. Vindparkens layout (VE2, 120 vindkraftverk, maximal yta 550 km²), sjökabelrutter, vätgasrörssträckningar, deponiområden och elöverföringssträckningar på fastlandet. SSAB:s överföringsledningsrutter bedöms inte i detta MKB-förfarande för Halla, de har bedömts i det tidigare granskade MKB-förfarandet för SSAB. De sjökabelstråk som visas på kartan är 4 km breda områden inom vilka de slutliga sjökabelstråken, som förfinats genom planeringsprocessen, kommer att placeras. Kabelstråken är smalare vid landföringspunkterna.



Figur 5-3. Djupdata för den havsbaserade vindkraftsparken.

En havsbaserad vindkraftspark består av vindkraftverk som är monterade på fundament som på olika sätt är fästa i havsbotten och interna kablar som förbinder vindkraftverken med varandra. Kablarna läggs antingen på botten eller grävs ner under havsbotten, beroende på förhållandena, och inkluderar en fiberoptisk kabel för kommunikation mellan vindkraftverken. De interna kablarna från vindkraftverken är anslutna till den havsbaserade elstationen och projektets elstationer är vanligtvis anslutna till varandra. Elstationen innehåller elektrisk utrustning såsom transformatorer, ställverk och kompensationsutrustning, till exempel för att höja spänningen till en högre nivå för effektiv elöverföring (Figur 5-4) (MKB-rapport del B).

Elöverföringen från elstationen till fastlandet kommer att ske med hjälp av det antal överföringskablar som krävs (upp till 10). Överföringskablar från havet kommer att dras på fastlandet till en landbaserad elstation, varifrån elen kommer att överföras via en 400 kV överföringsledning till nätanslutningspunkten.



Figur 5–4. Exempel på de olika delarna i en vindkraftspark (OX2 2021).

5.2 Havsbaserade vindkraftsverk

Vindkraftverket består av ett torn, en nacell (maskinrum), ett nav och en rotor och är installerat på ett fundament som är fast förankrat i havsbotten. Den el som genereras av varje vindkraftverk överförs via kablar inne i vindkraftsparken till en elstation. Kablarna i vindkraftsparken ligger på havsbotten mellan vindkraftverken tillsammans med en fiberoptiska kabel som används för att ansluta dem till vindkraftverken.

De mest effektiva och största vindkraftverken som hittills har byggts är trebladiga vindkraftverk med horisontell axel. Den exakta utformningen av ett vindkraftverk beror på modell och tillverkare.

Vindkraftverk börjar generera el vid en vindhastighet på ca 3 m/s och når maximal effekt vid vindhastigheter på 10–14 m/s. Vindkraftverk genererar el vid vindhastigheter upp till ca 30 m/s. Anläggningarna är konstruerade så att de automatiskt stängs av när vindhastigheten överstiger denna nivå, vilket skyddar dem mot haveri.

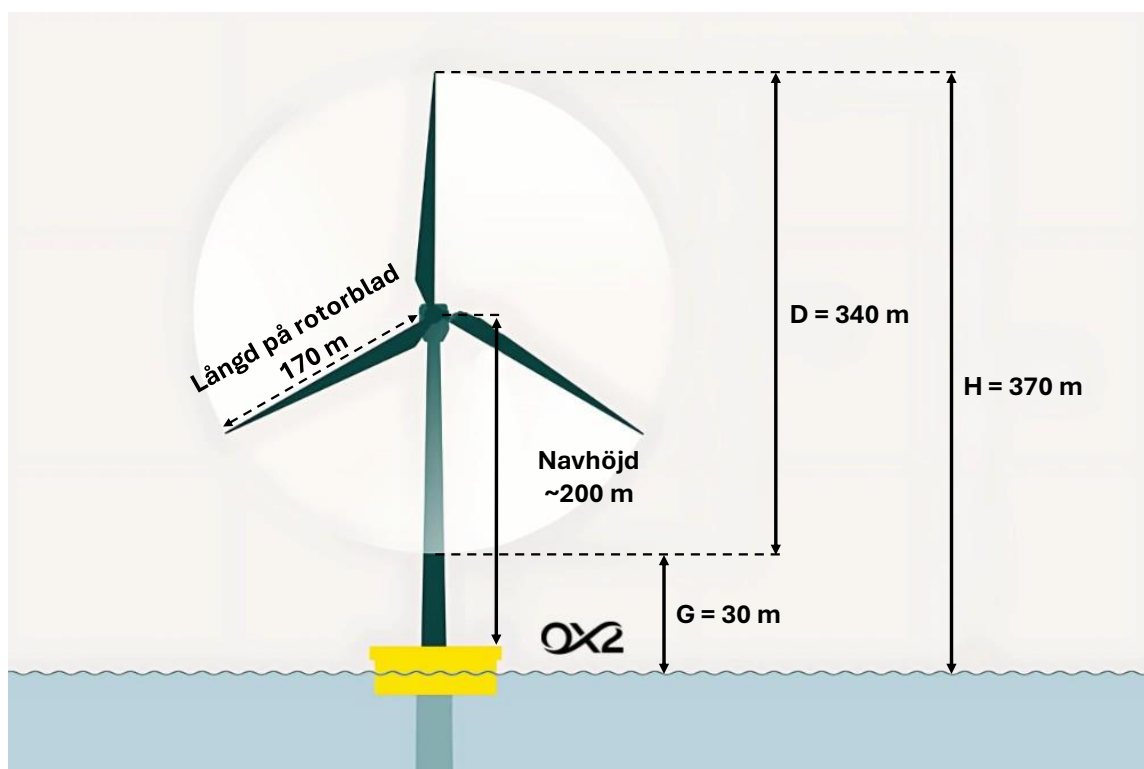
Den tekniska livslängden för vindkraftverk som för närvarande är i produktion är 20–25 år, men det är möjligt att förlänga denna livslängd genom att uppgradera maskineriet och komponenterna, förutsatt att tillståndet för andra strukturer som torn och fundament tillåter det. På grund av den snabba teknikutvecklingen är den beräknade livslängden vid tidpunkten för byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken 35–40 år.

Vindkraftverkens slutliga antal, kapacitet och storlek kommer att bero på hur snabbt den tekniska utvecklingen går. För närvarande finns det redan havsbaserade vindkraftverk på 15 MW på marknaden. Baserat på den hittillsvarande utvecklingen och tillverkarnas prognoser är den förväntade kapaciteten för en vindturbin 2030 cirka 25 MW. Följande tabell (Tabell 5–1) och figur (Figur 5–5) visar exempel på dimensionering av havsbaserade vindkraftverk som ska bedömas i denna MKB.

Tabell 5–1. Exempel på tekniska värden för vindkraftverk. Det bör noteras att enhetseffekten och de uppskattade dimensionerna för turbinerna inte är signifikanta för varje påverkanstyp och att påverkan kan bero på andra faktorer än de som anges i tabellen, t.ex. ljudnivån eller installationsmetoderna.

Alternativ	VE1	VE2
------------	-----	-----

Antal vindturbiner	160	120
Område för havsbaderad vindkraftspark	575 km ²	550 km ²
Enhetseffekt	15 MW	25 MW
Total effekt	2,4 GW	3,0 GW
Beräknad årlig produktion	12 TWh	12 TWh
Rotorblad diameter D (m)	340	340
Vertikal höjd H (m)	370	370
Navhöjd (m)	cirka 200	cirka 200
Bladets längd (m)	170	170
Fri höjd G (m)	30	30



Figur 5-5. Maximal storlek på vindkraftverk som använts i MKB:n (OX2 2024).

Projektet kommer att medföra behov av att ändra havsbotten enligt den bifogade tabellen (tabell 5-2): muddring, sprängning med vattentryck för kabeldragning, förberedelse av fundamenten för kraftverk och elstationer med lager av ballastmaterial och deponering. Områdena för deponierna visas för varje alternativ. De olika deponeringsområdena är alternativa till varandra och mer detaljerad information om deponeringsområdena, t.ex. antalet deponeringsområden och var de är belägna, kommer att anges när projekteringen fortskrider. Av det totala vindparksområdet på cirka 575 km² kommer cirka 4,4 km², eller cirka 0,8%, att kräva

landåtervinning. Dessutom beräknas sjökablar i Finlands ekonomiska zon och territorialvatten kräva grundläggning på en yta av upp till ca 1,9 km².

Tabell 5-2. Maximalt antal aktiviteter och de resulterande områdena för bottenmodifiering och muddring för projektet.

Projekttaktivitet	Maximalt antal (st) Maximal längd (m)	Erforderlig yta för markberedning (ha)	Erforderlig muddringsvolym (m ³)
Vindkraftverk*	160 kpl	25,5 (gravitationsfunda- ment)	2 500 000 – 3 000 000 (gravitationsfunda- ment)
Havselstationer	8 kpl	3,2 (gravitationsfunda- ment)	(ingår i beräkningen av vindkraftverk)
Kabeldragning inom projektområde*	318 000 m	111	(ingår i beräkningen av vindkraftverk)
Sjökablar från projekt- området till faslandet	536 000 m (10 kpl)	187	1 200 000
Deponiområde 1 inom vindkraftsparken (3 300 ha)*		300**	
Deponiområde 2 i när- heten av kabelsträck- ningarna (1 200 ha)		90**	
Deponiområde 3 i när- heten av kabelsträck- ningarna (1 200 ha)		90**	
Totalt		807	3 700 000 – 4 200 000

* ligger i området för en vindkraftspark

** den beräknade ytan som ska användas för marina avfallsanläggningar

5.2.1 Färg, märkning och belysning

Den typiska färgen på vindkraftverk, inklusive torn och blad, är ljusgrå (t.ex. RAL 7030). Det kan vara nödvändigt att markera kraftverksfundamenten med gul färg från havsnivån upp till en viss höjd över havet i enlighet med internationella standarder. På fundamenten målas normalt gula, med undantag för utvärtes plåtår och eventuella iskoner/kragekonstruktioner, som normalt målas ljusgrå. Dessutom är det möjligt att nattbelysning kommer att installeras på kraftverken i enlighet med IALA:s riktlinjer (G1162 The marking of offshore man-made structures - IALA AISM, iala-aism.org).

Luftfartslagen (864/2014) är för närvarande inte i kraft i den finska ekonomiska zonen. Märkningspraxis för vindkraftverk i den ekonomiska zonen kommer att säkerställas i den fortsatta planeringen och tillståndsgivningen i samarbete med myndigheten och i enlighet med gällande lagstiftning och internationella standarder.

De exakta märkningskraven kommer att definieras i enlighet med lagstadgade krav samt nationella och internationella krav. Vindkraftverk kan kräva belysning och märkning så att de kan upptäckas av flygplan och fartyg. För att garantera säkerheten för flygtrafiken kommer kraftverken vid behov att utrustas med luftvärnsljus i enlighet med föreskrifter och bestämmelser och det luftvärnstillstånd som finns tillgängligt för kraftverken. Valet av luftvärnsljus baserar sig på Transport- och kommunikationsverkets (Traficom) anvisningar och krav. Ljusens färg ska vara antingen vit eller röd. Vindkraftsparkens flygljus ska blinka samtidigt. På natten kan ljuset också vara tänd permanent. Ljusens placering och antal ska utformas så att minst ett maskinrumsljus och två ljus för varje mellanliggande höjd är synliga från alla inflygningsriktningar för flygplanet, oavsett kraftverkets struktur. Vid utformningen av hinderbelysning ska hänsyn tas till åtgärder för att mildra belysningens effekter på den omgivande miljön. (*Likenne- ja viestintävirasto Traficom 2020*)

5.2.2 Kemikalier i samband med drift av havsbaserade vindkraftsparker

Vindkraftverk använder vanligtvis en mängd olika kemikalier, t.ex. olja, smörjmedel och kylmedel. Mängderna varierar beroende på kraftverkets typ och storlek. Ett vindkraftverk kan också innehålla koldioxid eller andra gaser som brandskydd. Kraftverkskomponenter eller konstruktioner som innehåller kemikalier som olja eller smörjmedel är utformade som slutna system för att förhindra läckage. I undantagsfall avleds kemikaliespill till ett lämpligt spillkontrollsystem, t.ex. en dräneringsbassäng. Kemikalielagring utformas i enlighet med säkerhetsföreskrifter och -krav, inklusive lämpligt spillskydd. Förvaringsdetaljerna kommer att specificeras ytterligare allteftersom projekteringen fortskrider. De kemikalier som krävs, deras kvantiteter, lagring och användning kommer att beskrivas vid behov i efterföljande tillståndsstudier. Den totala mängden kemikalier och oljor i en enda vindturbin beräknas uppgå till mellan 20 000 och 25 000 liter.

Beroende på den exakta typen och utformningen av elstationerna till havs kan de innehålla kylmedel, oljor och gas som brandskydd. Runt transformatorn finns en spillbassäng för att samla upp eventuellt oljespill som kan uppstå i nödsituationer. En dieselgenerator eller annan likvärdig reservkraftkälla kommer att installeras vid den havsbaserade elstationen, om det behövs.

5.3 Utveckling av den havsbaserade vindkraftssektorn

Den havsbaserade vindkraftsindustrin utvecklas snabbt, vilket gör det svårt att i dagsläget förutse exakt vilken teknik som kommer att finnas tillgänglig när en vindkraftspark byggs. Under de senaste åren har vindkraftverken blivit allt större och effektivare, vilket gör att mer el kan produceras per turbin. Ökningen av vindkraftverkens storlek genom åren illustreras nedan (Figur 5–6).

De tekniska framstegen när det gäller effekt beror främst på att rotorstorleken ökar, vilket ger högre effekt. Detta innebär en högre totalhöjd och ett ökat avstånd mellan vindkraftverken i havsbaserade vindkraftsparker, så att de inte överskuggar varandra. Vindkraftverkens fundament och installationsteknik utvecklas och förbättras också ständigt. Kablarnas kapacitet har ökat och det har också blivit möjligt att bygga en mängd olika havsbaserade elstationer som passar för olika typer av havsbaserade vindkraftsparker. Kostnaden för att producera el från havsbaserad vindkraft har sjunkit kraftigt till följd av denna utveckling och förväntas fortsätta att sjunka.



Figur 5-6. Illustration av utvecklingen av havsbaserad vindkraftsteknik från 2,3 MW 2007 till 15 MW idag och prognoser för utvecklingen av havsbaserad vindkraftsteknik under de kommande åren till mer än 20 MW. Tornet till höger i bilden visar skalan på storleken. Den totala höjden på tornet är 168 meter (OX2 2021).

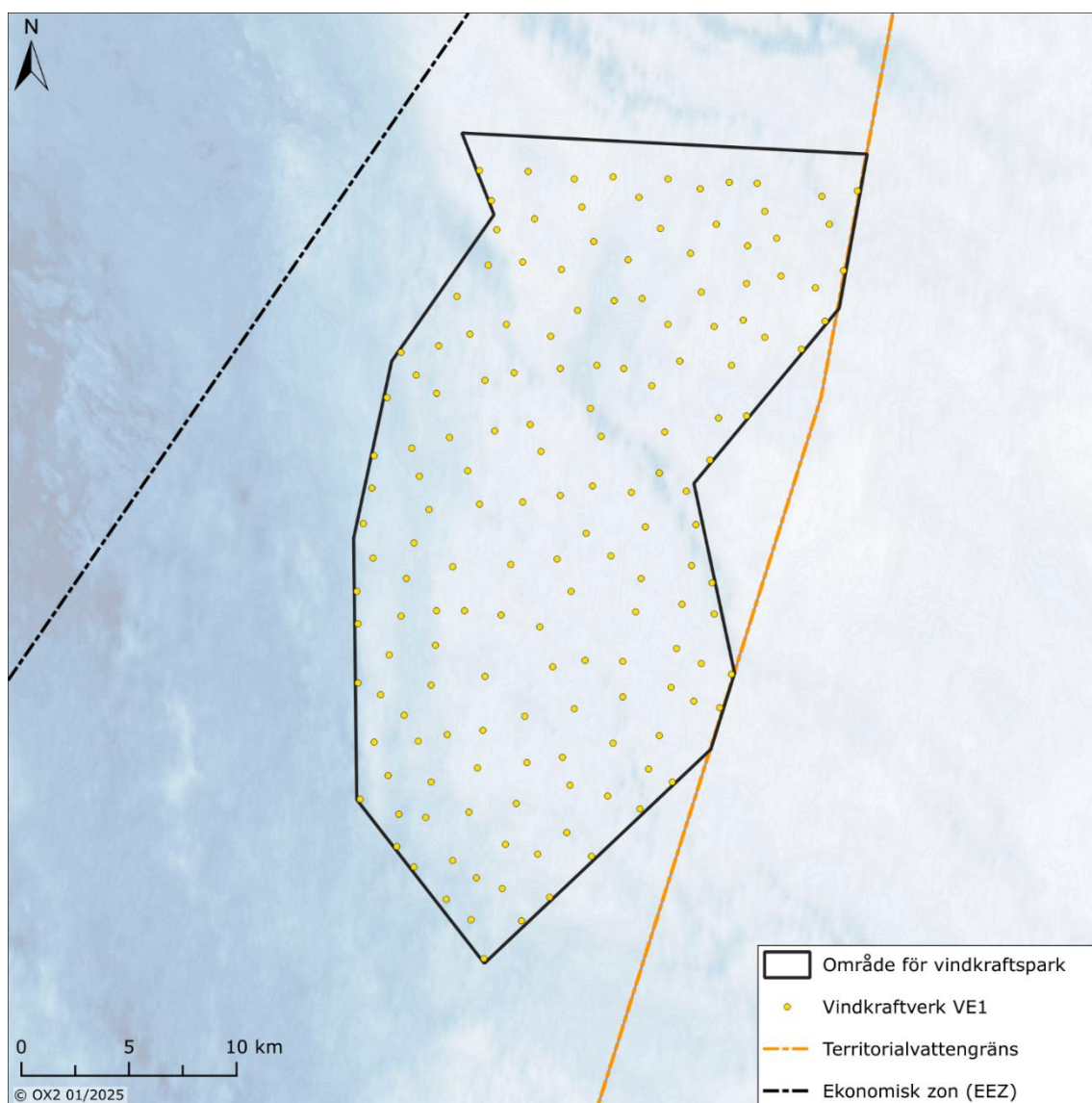
Många faktorer, t.ex. vindkraftverkens exakta placering i vindkraftsparken, valet av fundament och de installationstekniker som ska användas, kommer att beslutas i senare skeden när den detaljerade utformningen fortskrider. Den tekniska beskrivningen bygger på olika beskrivningar av de tekniska lösningar och installationsmetoder som för närvarande används och på ett antagande om hur de kommer att utvecklas.

I MKB-förfarandet kommer man att försöka förutse den framtida tekniska utvecklingen så långt det är möjligt och bedöma projektets inverkan på de olika aspekterna av principen om maximal påverkan, med beaktande av bland annat en uppskattning av den framtida storleken och effekten hos större vindkraftverk.

5.4 Lokalisering av havsbaserade vindkraftsparker

Utformningen av en havsbaserad vindkraftspark, placeringen av turbiner, kablar och havsbaserade elstationer i området kommer alltid att anpassas till förhållandena i området. Planeringen handlar om att ta hänsyn till ett antal faktorer, bland annat klimat, vågor, strömmar, isförhållanden, vattendjup och havsbottnens geologiska egenskaper samt projektets miljöpåverkan.

Avståndet mellan kraftverken bedöms vara mer än 2 km i huvudvindriktningen för att kraftverken inte ska skugga varandra. I andra riktningar kan avståndet mellan verken vara mindre, cirka 1,5 km, med ett minimum på 1 km. I figuren nedan visas ett exempel på placeringen av de havsbaserade vindkraftverken i Halla (Figur 5-7). Vindkraftverkens antal och placering kommer att preciseras i takt med att projektutformningen fortskrider.

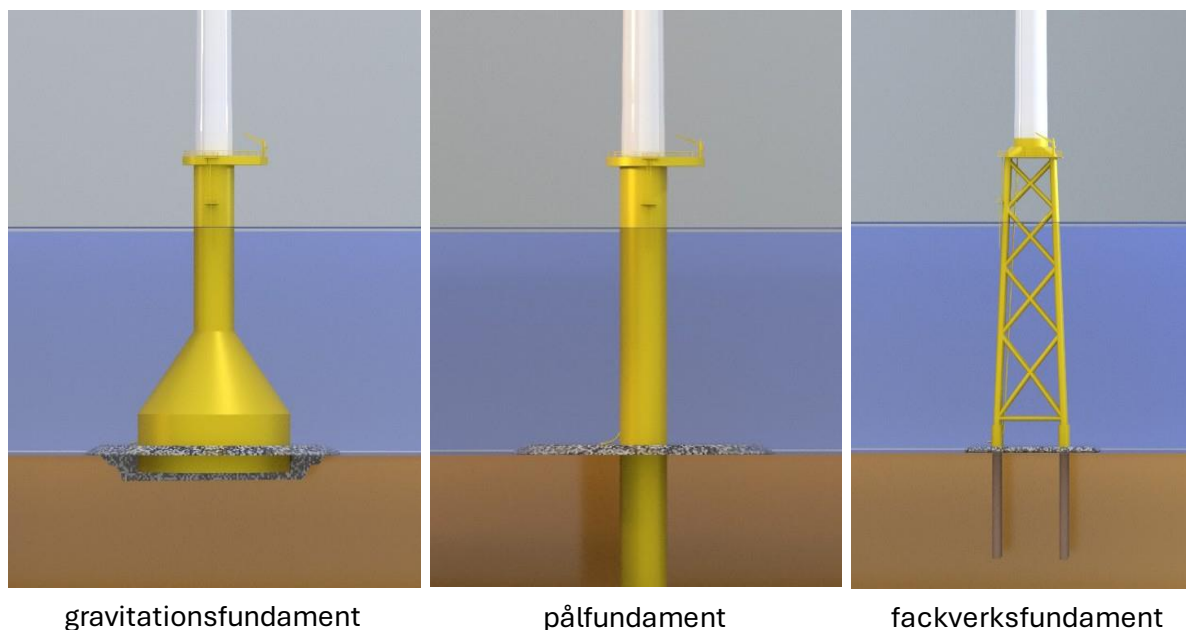


Figur 5-7. Exempel på placering av 160 vindkraftverk för den havsbaserade vindkraftsparken Halla (VE1).

5.5 Vindkraftverkens havsfundament

Valet av fundament beror på många faktorer, varav de viktigaste är vattendjup, havsbottens geologi, vind-, våg- och isförhållanden samt fundamentens miljöpåverkan och kostnad. Eftersom både vattendjupet och de geologiska förhållandena varierar i regionen kan olika typer av fundament användas i en havsbaserad vindkraftspark. Baserat på den teknik som finns tillgänglig för närvarande uppskattas att tre olika typer av fasta fundament kan användas för att bygga turbinerna på havsbotten: gravitationsfundament, pålfundament och fackverksfundament (Figur 5-8). Dessutom kan de tre typerna av fasta fundament kombineras för att bilda ett hybridfundament. Dessa typer av fundament beskrivs nedan. Dimensionerna på de fundament som visas i texten är uppskattade maximala dimensioner och kommer att förfinas i den fortsatta utformningen av projektet efter mer detaljerade studier av markförhållandena. Den slutliga storleken på fundamentet kommer att bestämmas av ett antal faktorer, t.ex. kraftverkets storlek, mark- och isförhållanden samt vattendjup. Storleken på fundamentet kan skilja sig åt mellan olika kraftverksplatser.

Vid behov installeras erosionsskydd runt fundamentet för att skydda och stödja konstruktionen. Erosionsskyddet består vanligtvis av ett undre lager grus och ett övre lager blandad sten.



Figur 5–8. Exempel på olika slag av fasta fundament (OX2 2024).

5.5.1 Gravitationsfundament

Ett gravitationsfundament är vanligtvis en stor betong- eller stålkonstruktion som hålls på plats av tyngdkraften. Gravitationsbarriärer har installerats i finska, svenska och danska vatten och är särskilt relevanta i områden där högre isbelastningar förekommer. Gravitationsfundament kräver en fast havsbotten. För att installera gravitationsfundament krävs en plan havsbotten som kan behöva förberedas före installationen. Havsbottenytan kan avlägsnas genom muddring och sedan göras plan och solid genom att tillföra krossat berg eller grus.

Utformningen av gravitationsfundamentet beror på kraftverkets storlek, eftersom dess uppgift är att motstå de rörelser som genereras av kraftverket, och hänsyn måste också tas till våg-, is- och djupförhållanden. Erosionsskydd kan krävas om det är nödvändigt på grund av strömmar, vågor och de övre lagren på havsbotten. En iskon eller kragkonstruktion kan installeras för att mildra isens effekt på fundamentet. Diametern på gravitationsfundamentet beräknas vara upp till 52 m utan erosionsskydd, vilket ger en maximal yta på cirka 2 100m² för basen av ett fundament.

5.5.2 Pålfundament (monopile)

Ett pålfundament är en rörformad stålpile som drivs eller borrar ner i havsbotten. Pålfundament är den vanligaste typen av fundament inom sektorn. I de flesta fall krävs ingen förberedelse av havsbotten innan fundamenten installeras.

Pålfundament är tekniskt genomförbara på ett stort antal olika typer av havsbottenar och är utformade för att anpassas till projektspecifika variabler som vattendjup, isförhållanden och jordart. Erosionsskydd kan krävas där strömmar, vågor och havsbottens övre lager gör det nödvändigt. En iskon/krage kan installeras för att mildra isens inverkan på fundamentet.

Pålfundamentets maximala diameter, utan erosionsskydd, är ca 18 m, vilket ger ett fundamentfotavtryck på ca 255 m².

5.5.3 Fackverksfundament (jacket)

Ett fackverksfundament är en stödstruktur av stålfackverk som består av rörformade stålsektioner och svetsade fogar. En betongfot eller pålkonstruktion kan krävas för att installera konstruktionerna, men i de flesta fall behöver havsbotten inte förberedas före installationen. Ett fackverksfundament väljs vanligtvis för mjuka jordtyper och djupa vatten. Iskoner eller kragar kan installeras på havsnivå vid foten av fackverksfundamentet för att dämpa isens inverkan på fundamentet. Den maximala bredden på fundamenten för ett fackverksfundament är upp till ca 30–55 m, men den yta som ska byggas på själva havsbotten är mycket mindre. Antalet ben som ska byggas ned i havsbotten i ett fackverksfundament är 3 eller 4 och varje ben har mellan en och två pålar som ska gjudas ned i havsbotten. Den totala ytan av de sektioner som ska byggas in i botten av fundamentet kommer inte att överstiga 150 m².

5.5.4 Hybridfundament och alternativa eller kompletterande förankringsmetoder av fundament

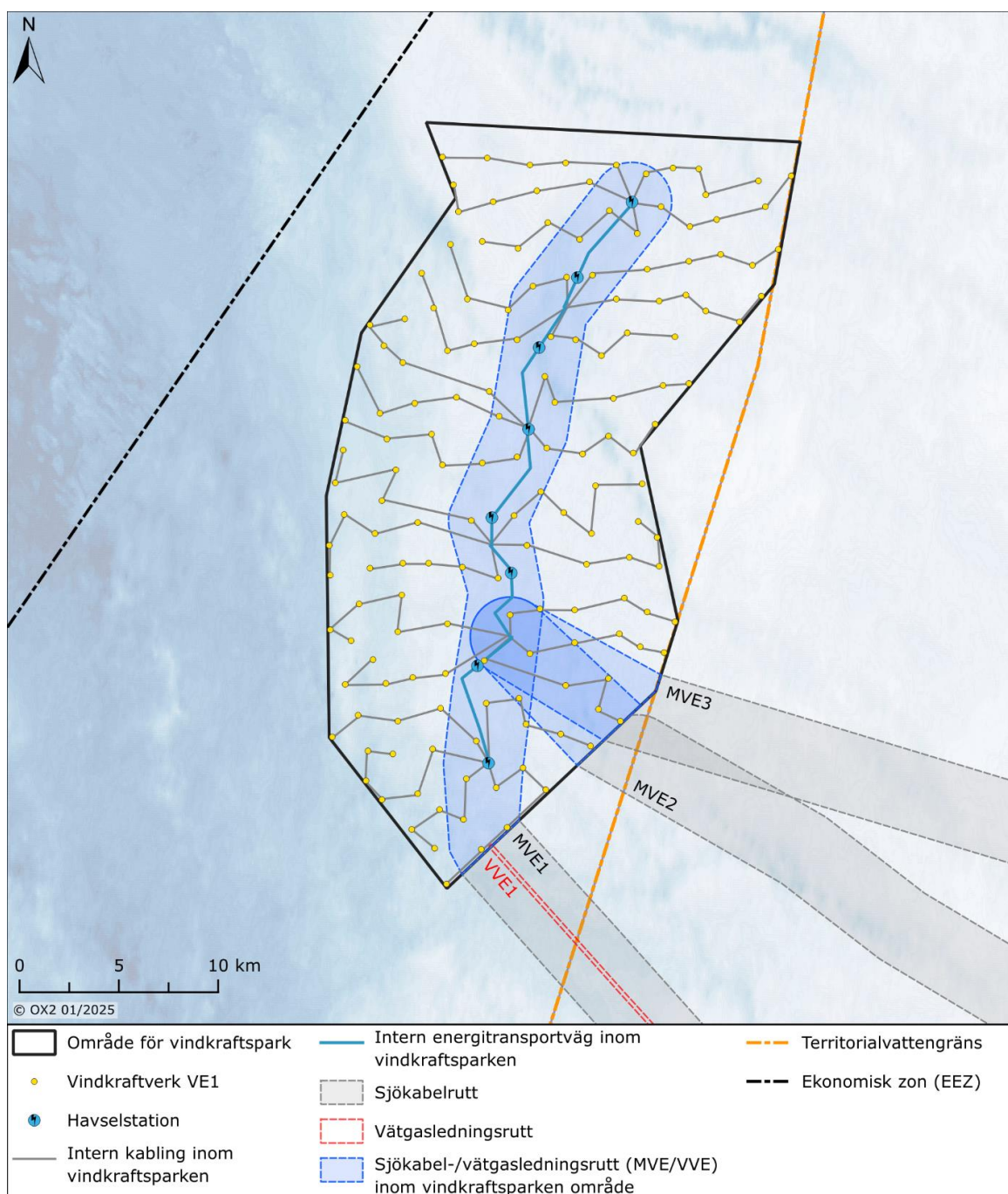
I Halla området och i samband med de standardfundamentstyper som beskrivs ovan kan användningen av hybridfundament och ytterligare förankring övervägas på grund av de geologiska och havsisrelaterade egenskaperna i Bottniska viken. Hybridfundament kombinerar de olika tekniker som beskrivs ovan. Till exempel kan betongfundament läggas till den pålade strukturen eller så kan mikropålar användas i kombination med eller i stället för andra påltyper. Den maximala storleken på ett hybridfundament överstiger inte storleken på de andra fundamenttyperna som nämns ovan.

5.6 Elöverföring inom den havsbaserade vindkraftsparken och från vindkraftsparken till kusten

5.6.1 Vindkraftsparkens interna kablar

Kablar inom vindkraftsparken ansluter de havsbaserade vindkraftverken med varandra och med den havsbaserade elstationen. De interna kablarna kan utformas på olika sätt beroende på vilken teknik som väljs. Antalet kablar, kabeltyp, spänningsnivå och antal vindkraftverk beror på vindkraftverkens enhetseffekt.

Med den kabelteknik som finns tillgänglig idag kan man till exempel använda ett internt kabelnätverk med 66 kV kablar, vilket ger en total effekt på cirka 80–100 MW per kabel. Detta innebär att sex vindkraftverk på 15 MW kan anslutas till en kabelförgrening. Den nominella spänningsnivån i vindkraftsparkens interna nät förväntas stiga till 132 kV eller ännu högre under de närmaste 5–10 åren, vilket skulle öka den totala överföringskapaciteten för varje kabel och därmed minska antalet kabelförgreningar och kablarnas totala längd. Figuren nedan visar ett exempel på internt kabelnätverk i Halla havsbaserade vindkraftspark (Figur 5–9).



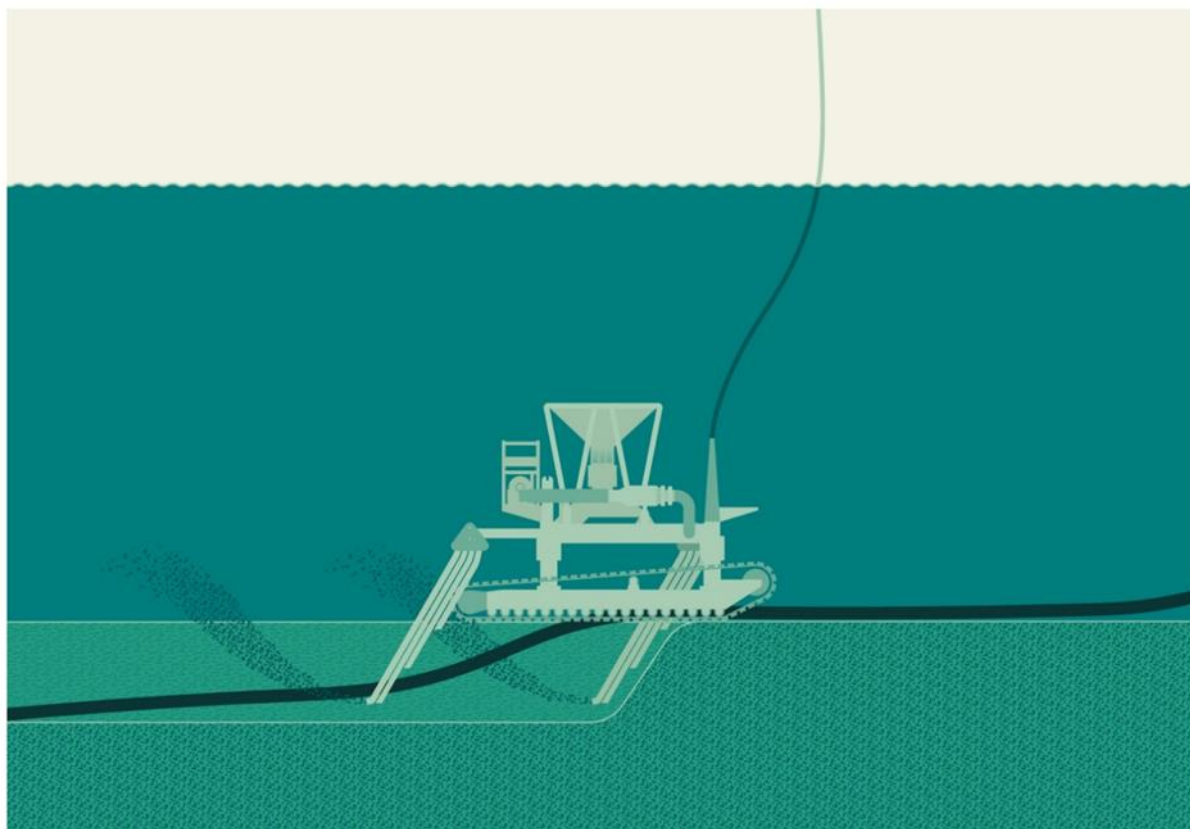
Figur 5-9. Exempel på kabeldragning för det interna nätverket i en vindkraftspark. Exemplet har 160 vindkraftverk, 66 kV-kablar och åtta havsbaserade elstationer/centraliserade vätgasproduktionsstationer. Det maximala antalet havsbaserade elstationer kommer att vara mellan 3 och 8.

Beroende på förhållandena på havsbotten kan kabeln i vindkraftsparken läggas på havsbotten eller installeras i havsbotten på olika sätt: genom sprängning med högtryck, plogning eller dikning. I områden där det inte är möjligt att gräva ut havsbotten kan det vara nödvändigt att skydda kabeln med stenblock eller betongsköldar. Sänkdjupet i havsbotten bör vara ca 1–2 meter för att skydda kablarna från t.ex. is, utrustning och/eller ankare. Bredden på kabeldiket får inte överstiga 3,5 m per kabel. Avståndet mellan kablarna och djupet på kabeldiket varierar bl.a. beroende på bottenförhållandena.

Vid behov kan sjökablar installeras djupare ner i havsbotten, t.ex. i botten av farleden. Det slutliga djupet som kabeln installeras på beror bland annat på de geologiska förhållandena i området och den skyddsnivå som krävs. En analys av den erforderliga skyddsnivån (CBRA, *Cable Burial Risk Assessment*) kommer att genomföras under den fortsatta utformningen av projektet.

5.6.1.1 Blåsning med vattentryck

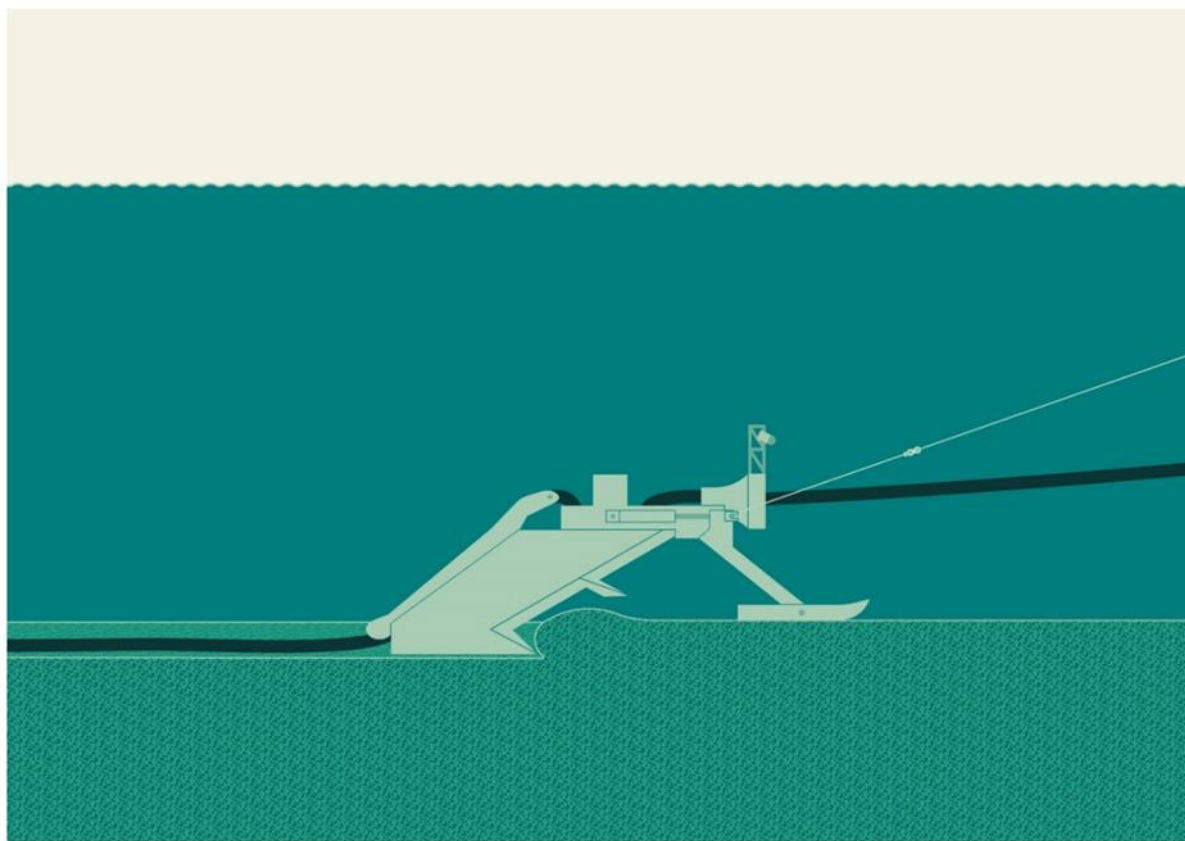
Vid kabelförläggning är blåsning med vattentryck en effektiv metod i områden med ett tjockt lager av mjuka ytsediment som silt och sand. Metoden använder en vattenstråleanordning, t.ex. en fjärrstyrd plattform, som sprutar vatten under högt tryck för att göra sedimentet flytande så att kabeln sjunker till ett visst djup enligt följande figur (Figur 5–10). Om havsbotten är mycket mjuk kan man göra ett relativt smalt dike, vars exakta bredd beror på sedimentets kvalitet och kabelns storlek. Ett smalt dike ger det bästa skyddet för kabeln. Beroende på förhållandena och utformningen kan diket fyllas igen eller så kommer vattenströmmarna automatiskt att fylla havsbotten med tiden. Trycksättning innebär inte att massor behöver deponeras på havsbotten.



Figur 5–10. Exempel på en vattentrycksmaskin. Observera att bilden inte är skalenlig (OX2 2024).

5.6.1.2 Plogning

Vid denna metod grävs kablarna ned direkt på havsbotten med hjälp av en plog som bogseras av fartyget enligt följande figur (Figur 5–11). Kabeln matas genom plogen så att den lägger sig på havsbotten genom en smal kanal. Olika plogformer finns tillgängliga för olika bottenförhållanden. Dessutom kan en vattentrycksassisterad plog eller en vertikal injektor användas. Tekniken är väl lämpad för installationer på relativt grunda djup där det finns ett behov av att lägga kabeln djupt ner i botten.



Figur 5–11. Exempel på en plogmaskin. Observera att bilden inte är skalenlig (OX2 2024).

5.6.1.3 Utgrävningar

Förgrävda diken är en effektiv metod i områden med hårda jordar, t.ex. lera eller kompakt sand, där diket kan förgrävas. Kabeln sänks ned på havsbotten i ett tidigare grävt dike och kan sedan skyddas genom att separata stenar eller grus läggs till för att säkerställa tillräckligt skydd. Det uppgrävda materialet från havsbotten kommer vid behov att deponeras i projektets deponeringsområden.

5.6.1.4 Kabelskydd

Kabelskydd kan behövas i områden där havsbotten inte tillåter grävning, vilket är typiskt i grunda vatten. Kabelskyddet kan bestå av skyddsrör, stenläggning över kablarna eller betongplattor. Figuren nedan (Figur 5–12) visar ett betongskydd som kan läggas över kabeln. Betongmadrasser är tidskrävande att installera och används ofta endast för korta sträckor. Som ett alternativ till betongmadrasser kan stensäckar användas för att skydda kablar och t.ex. för att hålla kabeln på plats eller stabilisera den, särskilt nära fundament.

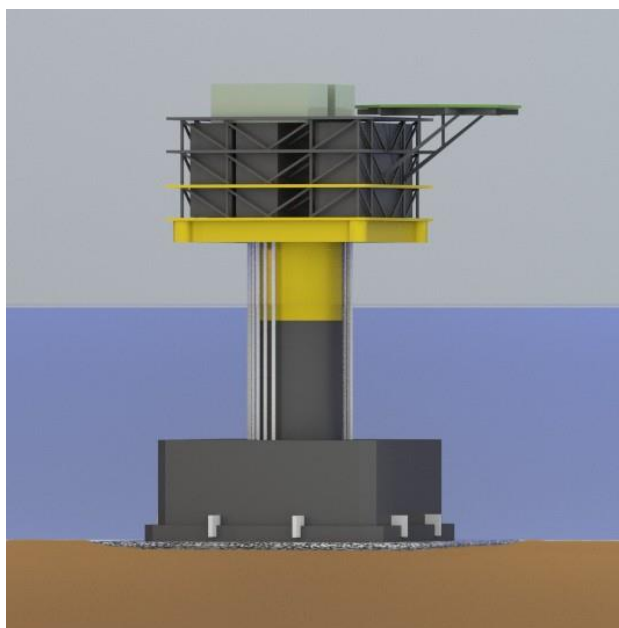


Figur 5–12. Exempel på ett betongskydd för att skydda en kabel (Subsea Protection Systems 2024).

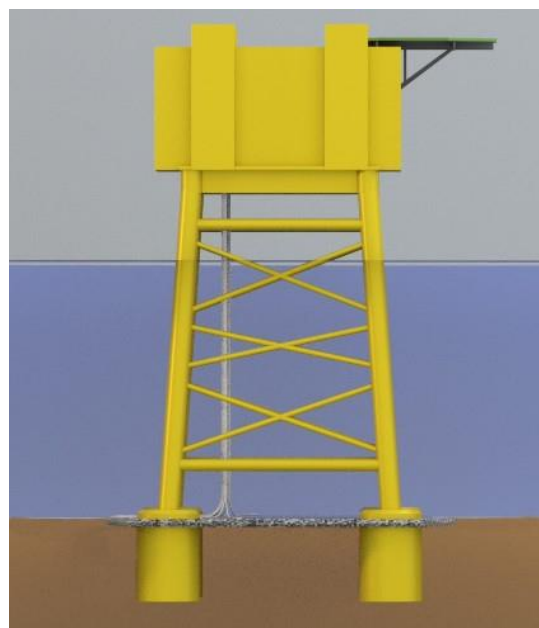
5.6.2 Transmissionskabel och elstationer till havs

Elöverföringen från vindkraftsparken till anslutningspunkten på fastlandet sker antingen via en växelströms- (HVAC) eller likströmsanslutning (HVDC). Överföringskablarnas sträckning och längd bestäms av den slutliga anslutningspunkten och förhållandena på platsen, t.ex. geologi, andra aktiviteter och miljön.

Omvandlingen av spänningsnivån i vindkraftsparkens interna nät till en högre spänning och eventuell omvandling från växelström till likström kräver en eller flera HVAC- eller HVDC-elstationer. Elstationer och omriktarstationer kallas här gemensamt för havsbaserade elstationer. Det uppskattas att mellan 3 och 8 stationer kommer att byggas. Fundamenttyperna för havsbaserade elstationer är i stort sett desamma som för havsbaserade vindkraftsparker, men de är betydligt större i storlek. Följande figur (Figur 5–13) visar de olika typerna av fundament för en havsbaserad elstation, som till exempel kan vara gravitations- eller fackverksfundament. Exempel på typiska havsbaserade elstationer visas i de följande figurerna (Figur 5–14 och Figur 5–15). I denna MKB har påverkan bedömts utifrån elstationens gravitationsfundament. Kylningen av havsbaserade elstationer beräknas ske genom luftkylning, där luft som tas från utsidan av elstationen används för att kyla transformatorerna. Kylningen kommer inte att leda till någon termisk belastning på havsvattnet.

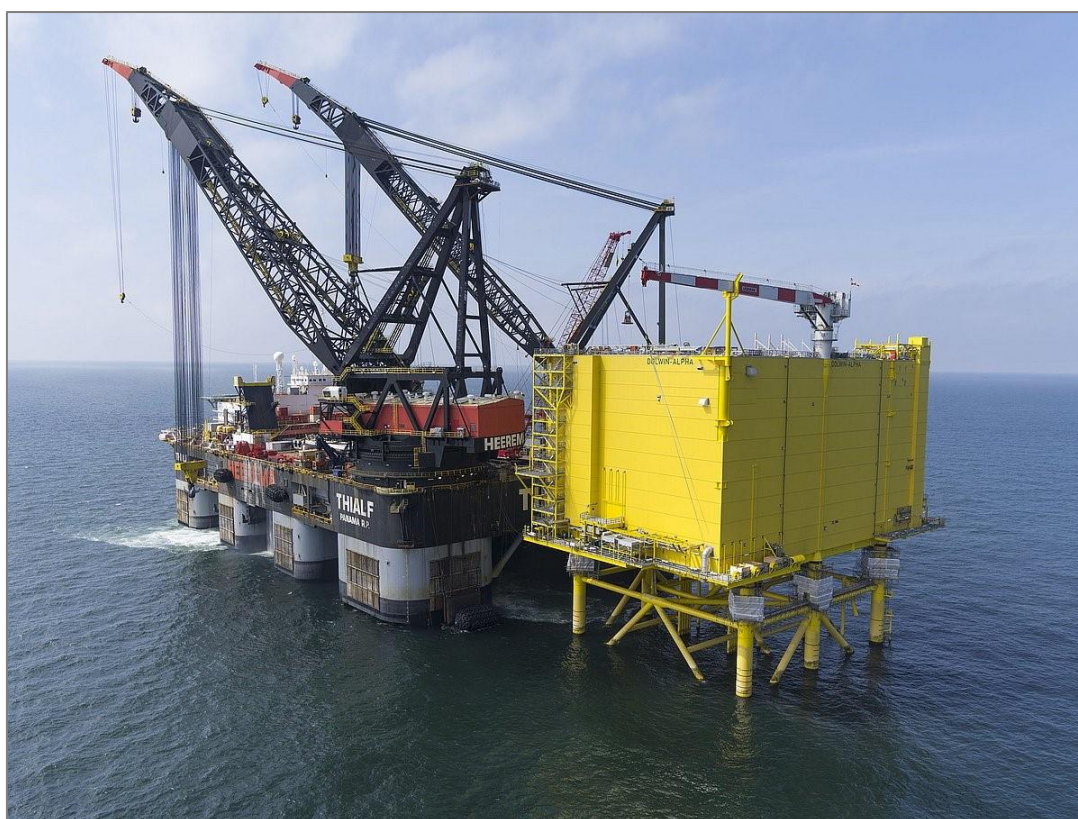


gravitationsfundament för
havsstation



fackverksfundament för
havsstation

Figur 5-131. Exempel på havsstationer (OX2 2023).



Figur 5-14 Exempel på en havsbaserad elstation (HVDC DolWin Alpha, gul byggnad) med en fackverksstruktur och det kranfartyg som ska användas vid byggandet av elstationen. Området för havsbaserade vindkraftsparker beräknas omfatta mellan 3 och 8 havsbaserade elstationer (Overdick-offshore 2024).



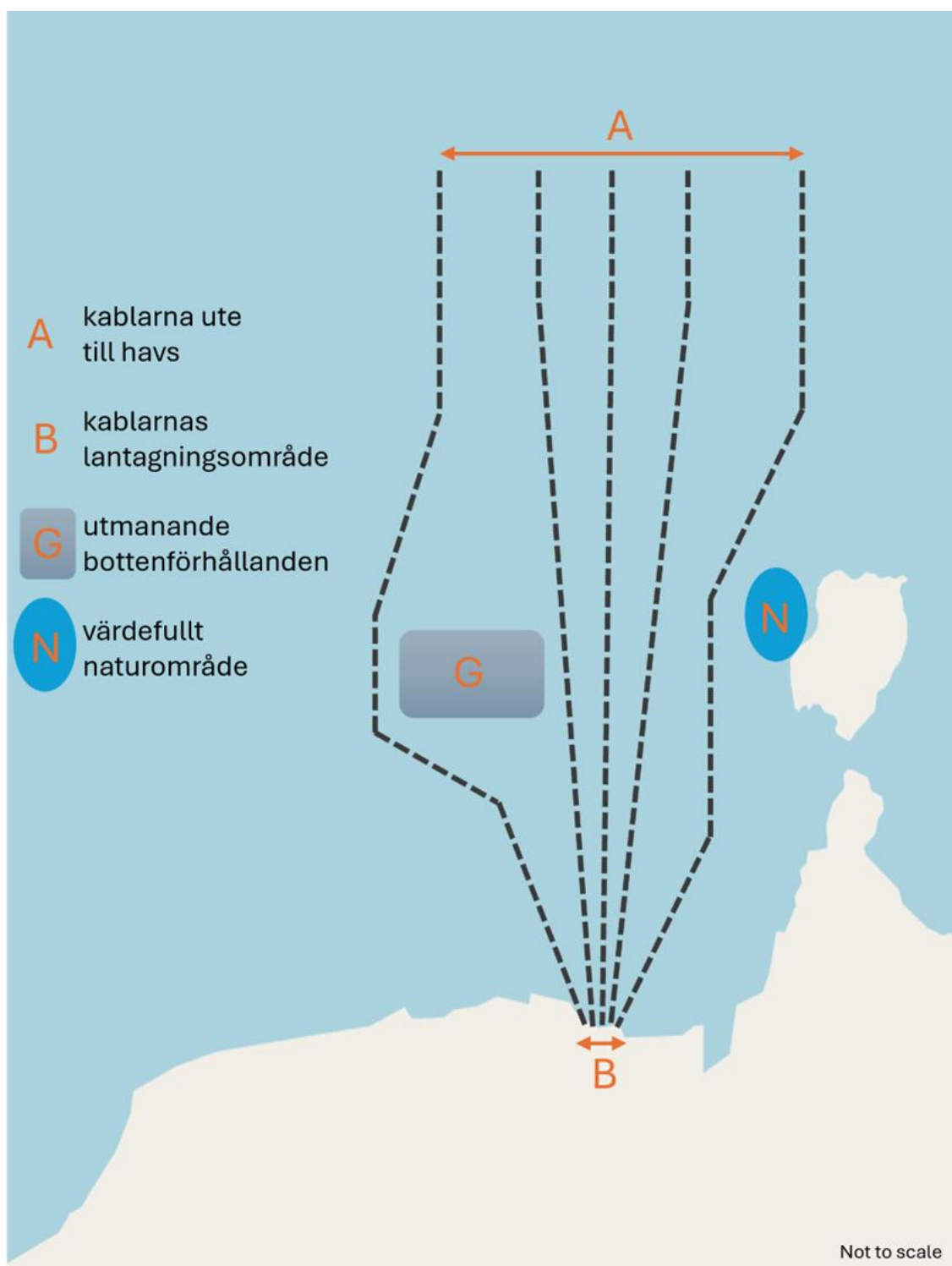
Figur 5-15. HVDC HelWin Alpha, ett exempel på en självutjämnande station som bogseras till position och lyfts upp med hjälp av lyftben (Overdick-offshore 2024).

Hur många elstationer som behövs för projektet beror på vilken teknik som väljs. Exempelvis kan tre större eller åtta mindre elstationer byggas för att genomföra projektet. Ett exempel på en lösning med åtta havsbaserade elstationer för ett projekt med 160 havsbaserade vindkraftverk visas i den figur som presenterades tidigare (Figur 5-9). Den uppskattade storleken på gravitationsbasen för den havsbaserade elstationen är upp till 71,5 m i diameter, med en basyta på cirka 4 000 m², i ett scenario som kräver tre stationer. Med ett fackverksfundament på 4-8 fötter beräknas den yta som krävs vara cirka 160m² utan erosionsskydd. Strukturen ovanpå fundamentet, som omfattar elstationen och dess skyddsstrukturer, kommer inte att vara större än 185 x 95 m.

I detta MKB-förfarande bedöms projektets anslutning till tre sammankopplingspunkter (Siikajoki, Pikkara och Hanhela) längs olika sträckningsalternativ (Figur 5-17). De alternativa sträckningskorridorerna är cirka fyra kilometer breda till havs, men det krävs endast en cirka tre meter bred dikesbredd för en enda kabel på havsbotten (Figur 5-16). De slutliga rutterna för sjökabeln och överföringsledningen kommer att beslutas efter MKB-förfarandet i den fortsatta planeringsfasen och baseras på tekniska och miljömässiga överväganden samt Fingrids syn på möjliga slutliga anslutningspunkter.

Projektet kommer att behöva upp till 10 överföringskablar totalt från vindkraftsparken till fastlandet, beroende på vilken typ av överföringskabel som väljs och projektets slutliga totala kapacitet. Beroende på bottenförhållandena måste kablarna ligga mellan 50 och 300 meter från varandra för att reparationsfartyget ska kunna arbeta säkert i underhålls- och nödsituationer, t.ex. om en enda kabel skulle gå sönder. Avståndet mellan kablarna minskar ju närmare stranden de kommer, och beroende på var de ligger kan det maximala avståndet mellan kablarna i landningsområdet minskas till 80 meter. Följande figur (Figur 5-16) visar en principiell

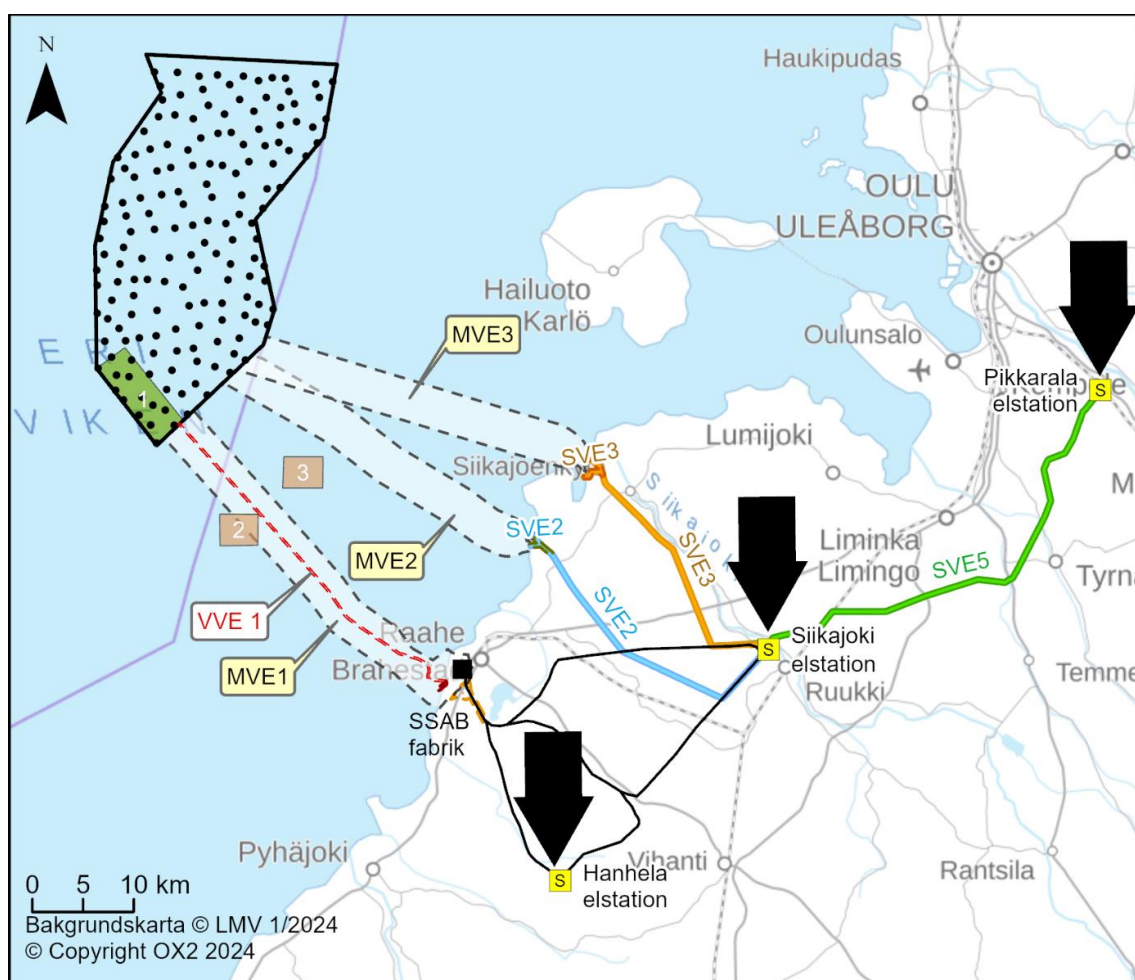
bild av fem transmissionskablar utbredning. Alla sjökablar kan placeras på sträckningen MVE1 (max 10 kablar) eller delas upp på två olika sträckningar (max 5 kablar per sträcka: MVE1, MVE2 och MVE3) (se Tabell 5-2). I denna MKB-rapport har situationen där antingen ett vätgasrör eller sjökablar placeras på en enda energiöverföringssträcka bedömts. I fallet med två sjökabelrutter överförs el på fastlandet till två olika elstationer (alternativen Hanhela, Siikajoki och Pikkarala). Sträckningsalternativen MVE2 och MVE3 kommer i princip att anslutas till antingen anslutningspunkterna Pikkarala eller Siikajoki. Om alla sjökablar ska landas vid SSAB:s fabrik i Brahestad kan anslutningen till elnätet ske vid Hanhelas elstation.



Figur 5-16. Principiell bild av förläggningen av fem sjökablar från yttre havet in mot land. I djupare områden ligger kablar längre ifrån varandra och avståndet mellan dem minskar när de närmar sig stranden. Avståndet mellan kablar i det yttre havet är ca 50–300 m (A) och när de når stranden kräver alla kablar tillsammans endast en yta på upp till 80 m (B). Den mer detaljerade ruttplaneringen kommer att ta hänsyn till både bottenförhållandena och miljöhänsyn (OX2 2024).

För att kunna använda den el som produceras i projektet måste projektet anslutas till elnätet via en Fingrid-anslutningspunkt. Fingrid har befintliga och planerade anslutningspunkter i närheten av Halla havsbaserade vindkraftsprojekt, vilket visas i följande figur (Figur 5-17). De befintliga anslutningspunkterna är Pikkarala och Siikajoki. En annan möjlighet är att ansluta

till elnätet via SSAB:s stålverk vid Hanhelas elstation i Brahestad. Dessutom har Fingrid preliminärt planerat att öka anslutningsmöjligheterna på det finska fastlandet, särskilt för havsbaserad vindkraft, och en av de föreslagna sammankopplingspunkterna skulle ligga i Brahestadsregionen, men den exakta platsen för sammankopplingspunkten är inte känd (Fingrid 2024a). Den exakta nätanslutningspunkten kommer att fastställas i samarbete med Fingrid allteftersom projektet fortskrider.



- | | |
|---|--|
|  Område för vindkraftspark |  Kraftledningsrutt SVE2 |
| • Vindkraftverk VE1 |  Kraftledningsrutt SVE3 |
|  Område för elstation |  Kraftledningsrutt SVE5 |
|  Vätgasstation |  Kraftledningsrutt SSAB |
|  Sjö kabelrutt | |
|  Vätgasledningsrutt | |
|  Elstation | |
|  Alternativa deponeringsområden / vindkraftspark | |
|  Alternativa deponeringsområden / sjökabelrutt | |

Figur 5-17. Fingrids befintliga och planerade nätanslutningspunkter i närheten av det havsbaserade vindkraftsprojektet Halla, markerade med svarta pilar.

5.7 Byggnation av en havsbaserad vindkraftspark och elöverföringen

Byggsfasen omfattar de faser som rör förberedelserna inför byggnationen (t.ex. undersökningar av havsbotten), installationen av vindkraftsparken och sjökabellinjerna. Uppförandet av ett projekt sker i flera faser och omfattar vanligtvis förberedelser av havsbotten och installation av fundament, vindkraftverk, sjökablar och havselstationer. Byggsfasen i sin helhet beräknas ta cirka tre år och under denna tid kommer sjötrafiken mellan det havsbaserade vindkraftsområdet och bygghamnarna att öka.

Bygget kommer att använda en hamn nära projektområdet (preliminärt Brahestads hamn) eller hamnar för lagring och installation av komponenter. Uppskattningsvis 12 500 m² vattenområde i anslutning till kajen kommer att behövas för installations- och transportfartyg. Vattendjupet vid kajområdet bör vara ca 10–12 m. För de olika komponenterna i kraftverken beräknas hamnområdet kunna lagra upp till 80 kraftverkskomponenter, förutsatt att projektet bygger upp till 160 kraftverk. Lagringsutrymmet för torn skulle vara upp till 160 000 m², för naceller 50 000 m² och för turbinblad 300 000 m². För fundamenten krävs ett vattendjup på cirka 10–15 m och 12 500 m² kajutrymme för installations- och transportfartyg. Beroende på typ av fundament skulle det maximala lagringsutrymmet som krävs vara cirka 170 000 m² för gravitationsfundament och cirka 96 000 m² för pålfundament. Övergångsstycket mellan kraftverkstornet och pålfundamentet skulle kräva maximalt cirka 23 500 m² lagringsutrymme.

Byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken beräknas ske i 14-dagars arbetscykler. Personalen kommer att transporteras med lämpliga transportfartyg för besättningen och inkvarteras i logifartyg, installationsfartyg eller på fastlandet. Byggsfasen kommer att koncentreras till hamnarna i närheten av projektområdet, vilket för detta projekt i princip är Brahestads hamn. Det material som behövs för byggandet transporteras huvudsakligen till hamnområdena sjövägen med lastfartyg, där det t.ex. förmonteras, och transporteras sedan till platsen för havsbaserade vindkraftverk med fartyg som lämpar sig för byggnadsarbete. Byggnadsarbetet kommer att ledas från ett separat fartyg eller från fastlandet och mindre personalfartyg kan komma att användas för att stödja byggnadsarbetet utöver de fartyg som används för själva installationsarbetet.

Byggandet av den stora havsbaserade vindkraftsparken förväntas ske i faser. Byggnationen förväntas pågå under totalt tre år på öppet hav, inklusive två år för grundläggningsarbetena. Exempelvis skulle byggnationen kunna ske under det första året med hälften av fundamenten installerade, det andra året med resterande fundament och hälften av turbinerna installerade, och det tredje året med resterande turbiner installerade. Det exakta byggschemat för projektet kommer att bekräftas under den mer detaljerade designfasen. Utformningen av fundamentkonstruktionen kommer att vara sådan att ett område av projektet kommer att konstrueras under en säsong med öppet vatten, så att samma område inte påverkas under konstruktionen och kumulativa effekter inte uppstår från bottenmodifiering och därmed t.ex. sedimentspridning.

För sjökablar kommer en enda kabellinje att anläggas under en öppen säsong, dvs. maximalt tio (MVE1) eller fem (MVE1, MVE2 och MVE3) sjökablar kommer att anläggas i samma kabelkorridor under den öppna säsongen. Sjøkablar från vindkraftsparken kommer att tas i land i det utvalda landföringsområdet.

Torn, naceller och turbinblad transporteras till bygghamnen med lastfartyg. Installationen av vindkraftverken sker på ett jack-up-fartyg (Figur 5–18) eller annat fartyg som är lämpligt för installation. Själva installationsfartyget stöds av två mindre personalbärande fartyg och vid behov av en helikopter som hjälper till med lyft (se kapitel 5.7).



Figur 5-18. Installation av ett havsbaserat vindkraftverk på ett jack-up-fartyg (COWI 2021).

5.7.1 Havsbottenförhållanden och undersökning av havsbotten

Innan vindkraftsparken och sjökablarna utformas och installeras i detalj kommer befintliga uppgifter om havsbottens kvalitet att samlas in och undersökningar av havsbotten kommer att utföras för att mer i detalj fastställa de geologiska förhållandena i området och sedimentens kvantitet och kvalitet. I Finland finns det för närvarande endast grovskaliga uppgifter om havsbottens kvalitet i den ekonomiska zonen. Undersökningar av havsbotten utförs med hjälp av lodning, sedimentprovtagning (t.ex. kompressions- och vibracore-metoder) och i ett senare skede geoteknisk borrhning. Den information som samlas in kommer att ligga till grund för det slutliga valet av fundamenttyp(er) och för den detaljerade utformningen av vindkraftsparken och kablarna. Undersökningarna kommer också att säkerställa att anläggningsarbetet kan utföras utan risk för att till exempel träffa på icke-exploderad ammunition eller skada platser av marinarkeologiskt värde.

5.7.2 Installation av havsfundament och vindkraftverk samt kabeldragning

5.7.2.1 Installation av havsfundament

Gravitationsfundamenten byggs i ett lämpligt område i eller nära hamnområden. Betongen till fundamenten tillverkas på plats och övrigt material levereras till hamnen sjövägen. För gravitationsfundament förbereds havsbotten på platsen där fundamentet ska installeras genom att det översta lagret på havsbotten ersätts med ett homogent och jämnt lager grus. Fundamenten transporteras sedan till platsen med hjälp av en flottbåt, bogserbåt eller annat lämpligt fartyg. Fundamenten sänks sedan ned på gruslagret med hjälp av vinschar och fylls omsorgsfullt med ballast. Materialet från muddringen av havsbotten kommer att deponeras med

pråmar eller andra lämpliga fartyg i särskilt utsedda deponiområden där ström- och bottenförhållandena är mest lämpliga för dumpning.

Pålfundamenten transporteras till hamnen sjövägen. Installationsarbetet utförs vanligtvis i cykler om fem fundament. Fundamenten transporteras från hamnen till vindkraftsparken ombord på ett installationsfartyg eller bogseras flytande. Pålfundamentet lyfts upp och placeras på havsbotten, t.ex. med hjälp av ett jack-up-fartyg eller en flytande kran. Det drivs sedan ned i havsbotten genom pålning, vibrering eller borring. En kombination av dessa metoder kan användas för installationen, beroende på omständigheterna.

För fackverksfundament måste havsbotten vara relativt plan. Det kan därför vara nödvändigt att jämna ut havsbotten före installationen. Fundamentet transporteras till platsen med pråm eller installationsfartyg och placeras på havsbotten med hjälp av en jack-up pråm eller flytande kran. Om små pålar används slås stålroren ner i havsbotten i hörnen av fundamentet genom pålning, slagning eller borring. Pålarna ansluts sedan till fundamentet genom gjutning eller mekanisk förankring.

Installationen av fundamenten tar cirka två säsonger på öppet vatten. Installationsarbetet utförs året runt, om vädret tillåter. Om havsområdena fryser på vintern påverkar det om installationsarbetet kan utföras under denna period. Efter installationen av fundamenten kommer skydd att appliceras där det behövs för att förhindra erosion av havsbotten runt fundamenten och försämring av förankringen. Erosionsskyddet består vanligtvis av ett undre lager av grus och ett övre lager av blandad sten.

Den maximala mängden muddrad jord i området för havsbaserade vindkraftsparken uppskattas uppstå om varje vindkraftverk och elstation i projektet byggs på ett gravitationsfundament. I detta fall skulle den maximala mängden muddermassor uppgå till cirka 2 500 000 till 3 000 000 m³ (Tabell 5–2). Mängden muddermassor kommer att specificeras ytterligare i takt med att konstruktionen och markundersökningarna fortskrider och kommer att behandlas mer detaljerat i vattentillståndet. Muddermassorna kommer att deponeras i vindkraftsparken till havs i utsedda områden som är lämpliga för deponering. I området för den havsbaserade vindkraftsparken uppskattas den maximala mängden markberedning som krävs för fundament, elstationer, sjökablar och havsbaserad deponering till 0,8 % av parkens totala yta (Tabell 5–2).

Den maximala mängden muddring som krävs för överföringskabeln uppskattas till 1 200 000 m³ (Tabell 5–2).

5.7.2.2 Havselstationer

En havsbaserad elstation installeras vanligtvis på sitt fundament med en flytande kran. Beroende på konstruktionen kan elstationen och dess fundament också flyttas eller installeras med andra lyftmetoder, till exempel med egna stödben. Komponenter till elstationer förs in i hamnarna sjövägen och landvägen.

5.7.2.3 Kablar och överföringskablar inom vindkraftsparken

Kablar och överföringskablar inom vindkraftsparken läggs ut från ett lämpligt kabelfartyg. Kabelutläggningsarbetet ska utföras separat av ett lämpligt kabelutläggningsfartyg och av ett mindre fartyg som stöder byggnadsarbetet.

5.7.3 Den krossade sten och jord som behövs för byggandet av projektet

Vid byggandet av projektet kommer det att krävas en avsevärd mängd sprängsten och jord, t.ex. för att skydda fundamenten till kraftverk och sjökablar. I följande tabell (Tabell 5–3) ges uppskattningar av de mängder krossat berg som krävs för projektet. För fundamenten till kraftverken behövs mest ballastmaterial för gravitationsfundament, på grund av behovet av

att förbereda och jämna ut basen och för erosionsskydd. För skyddet av sjökablarna har en situation uppskattats där projektet endast kommer att generera el och totalt 10 sjökablar kommer att behövas för att transportera den till fastlandet. Mängderna har beräknats utifrån antagandet att sjökablarna kommer att behöva skyddas upp till ett vattendjup på 15 m från stranden, men om det behövs kan kablarna behöva skyddas längre än så. Av denna anledning har mängden bergkross som krävs beräknats för en situation där kablarna måste skyddas över hela sträckan. Vid förhållanden djupare än 15 m bedöms det dock inte finnas behov av att skydda sjökablarna med bergkross. Kablarna kan också skyddas genom att de grävs ned i havsbotten. Följande tabell (Tabell 5–3) ger dock även en uppskattning för det fall där sjökablarna eller vätgasrören är skyddade över hela sin längd.

Tabell 5–3. Uppskattade mängder krossat berg som krävs för byggandet av projektet.

Uppskattning av mängden krossad sten som behövs för byggandet	Uppskattat antal (m ³)
Grundläggning av kraftverk (förberedelse av underlag och erosionsskydd)	72 000–650 000
Skydd av undervattenskablar (vattendjup mindre än 15 m) (totalt 10 undervattenskablar)	563 000
Skydd av undervattenskablar (längs hela kabelns längd) (totalt 10 sjökablar)	1 370 000

Målet är att hämta krossad sten och jord på fastlandet på ett sätt som minimerar påverkan på miljön och trafikflödet. Jord och krossad sten kommer att köpas in från en licensierad operatör. Alternativt kan ballastmaterialet skeppas, importeras via järnväg eller transporteras på väg från en hamn i närheten (mindre än 50 km). I MKB:n antas att hamnen i Brahestad kommer att användas för bygg- och produktionsaktiviteter. Det är möjligt att andra hamnar i närheten, t.ex. Uleåborg, också kan komma att användas för byggnation eller under produktionen.

5.7.4 Deponering av sediment

5.7.4.1 Havsdeponering

De preliminära alternativen för deponeringsplatser till havs för Halla havsbaserade vindkraftspark (Figur 5–1) har dimensionerats för att säkerställa att en preliminär deponeringsplats har tillräcklig kapacitet för både den maximala muddringsvolymen för den havsbaserade vindkraftsparken (upp till 3 000 000 m³) och den maximala muddringsvolymen för kabelstråken (1 200 000 m³).

Det planerade deponiområdet för den havsbaserade vindkraftsparken Halla (område 1) är som helhet betydligt större än det uppskattade totala deponibehovet för projektet (se deponiområdena 1, 2 och 3; Figur 5–1 och Tabell 5–2). Det föreslagna deponiområdet innehåller flera platser där sediment kan deponeras. Vindkraftverk planeras att placeras inom deponeringsområdets omkrets, men ett tillräckligt skyddsavstånd från vindkraftverken till deponeringsområdena för sediment kommer att upprätthållas. Den slutliga utformningen av var de olika aktiviteterna och strukturerna ska placeras kommer att göras i samband med den mer detaljerade tekniska utformningen och vidareutvecklingen av projektet. Det är möjligt att utforma muddringen av sediment under byggandet av vindkraftverk på ett sådant sätt att sedimenten under en öppen säsong dumpas i en del av deponeringsområdet, t.ex. den norra delen, och under en annan öppen säsong i en annan del, t.ex. den södra delen, och på så sätt minimera den kumulativa effekten av dumpningen. I princip kommer allt sediment som muddras under installationen av sjökablarna att dumpas i andra deponeringsområden (områdena 2 och 3) än

de som härrör från installationen av kraftverken (område 1), på grund av de långa transportsträckorna.

När muddringsmängderna för både kabelsträckningarna och den havsbaserade vindkraftsparken blir mer exakta kommer det slutliga deponeringsområdet till havs att dimensioneras efter den kapacitet som krävs inom de områden som visas. De föreslagna områdesgränserna är för närvarande vägledande och området har fastställts så att alla erforderliga massor kan dumpas i området med en deponitjocklek på en meter. Alla de indikativa deponeringsområdena har ett vattendjup på mellan 18 och 47 m och täcker en yta på minst 1 200 ha. Deponiområde 1 kommer att ha en maximal yta på 3 300 ha, medan deponiområde 2 och 3 kommer att ha en maximal yta på 1 200 ha (Figur 5–1 och Tabell 5–2).

Deponeringsplatserna har valts ut med hänsyn till kända utgångsdata, såsom befintlig infrastruktur i området (t.ex. sjövägar, kända rörledningar och kablar), skyddade områden, områden med restriktioner (t.ex. militära) och vattendjup i området.

Baserat på tillgänglig information (sjökortsdata) har man försökt lokalisera deponeringsplatserna till djupa vattenområden så att den övre nivån på platsen i slutändan skulle ligga på eller under nivån för den omgivande havsbotten och att flödes hastigheterna i området är låga, vilket minimerar transporten av det dumpade materialet under alla vind- och strömförhållanden.

Muddringsbart muddermaterial från projektet kommer att transporteras antingen från den havsbaserade vindkraftsparken eller från kabelstråken till muddringsområdena med pråmar, som för detta projekt beräknas ha en kapacitet på cirka 400–1 000 m³, beroende på muddringsutrustningen, vars val beror på vattendjupet på muddringsplatsen. Vattendjupet kommer att variera avsevärt beroende på om muddringen utförs längs kabelsträckningar, t.ex. nära kusten, eller i området för en havsbaserad vindkraftspark.

Muddringsmassorna kommer att släppas ut i havet under öppet vatten-säsongen när fundamenten till vindkraftverken anläggs. På grund av den stora storleken på det havsbaserade vindkraftsområdet kommer förberedelserna för fundamenten att pågå under ett par år. Med muddringsutrustning på plats kommer arbetet att utföras intensivt och vid behov dygnet runt alla dagar i veckan, men muddring och dumpning till havs kommer alltid att orsaka grumling i ett relativt begränsat område i närheten av en enda plats.

Spridningen av fasta partiklar och grumlighet diskuteras mer ingående i avsnitt 9.3. I modelleringen av spridningen av fasta partiklar och grumlighet (Niras 2023, bilaga 3) har man antagit att byggandet sker under en säsong med öppet vatten för att uppskatta den maximala miljöpåverkan under byggandet i form av muddring och dumpning. Anläggningsförloppet beskrivs mer i detalj i avsnitt 5.7.

5.8 Drift och underhåll av havsbaserade vindkraftsverk och sjökablar

Havsbaserade vindkraftsverk förväntas hålla i cirka 35 år, bland annat på grund av den tekniska utvecklingen. Vindkraftverkens livslängd kan förlängas genom att man till exempel byter ut maskiner och komponenter.

Kraftverken kommer att underhållas efter behov under hela året, om vädret tillåter. De havsbaserade vindkraftsverken och elstationerna fjärrövervakas under normal drift. Underhållet av vindkraftsparken kräver att personal och nödvändiga delar transporteras till kraftverken med mindre underhållsfartyg, fartyg eller helikoptrar. Underhållsarbetet utförs huvudsakligen av ett specialiserat underhållsfartyg eller ett annat fartyg med personal ombord. För större

underhållsarbeten, t.ex. byte av stora komponenter, kan även lyftfartyg och helikoptrar användas. Isförhållanden kan kräva att isbrytare används, till exempel vid underhållsarbete.

Havskablar inspekteras vid behov, till exempel för att säkerställa att de är ordentligt skyddade. Om en kabel skadas kommer den att repareras med hjälp av en kabelplattform som lyfter upp den skadade kabelsträckan för reparation och sedan sänker ner den på havsbotten igen med samma metod som under anläggningsfasen. För att skydda kablarna från skador i vindparksområdet eller längs kabeldragningarna bör ingen bottentrålning tillåtas.

Under driften av en havsbaserad vindkraftspark genereras avfall, t.ex. vid underhåll och service. Avfall genereras främst från t.ex. oljebyten, som beräknas generera cirka 600–1 000 liter spillolja per kraftverk och år. Avfall kan också genereras av t.ex. reparerade eller utbytta delar. Underhåll av kraftverk utförs endast vid behov, varför mängden avfall som genereras av reparerade eller utbytta delar beräknas förbli måttlig. Mängden avfall som genereras är osäker och kommer att bero på vilka vindkraftverk som väljs.

Avfallshantering kommer att ske i enlighet med gällande lagstiftning och eventuella efterföljande tillstånd som utfärdats för projektet. Avfallet kommer att levereras till en behandlingsanläggning som har tillstånd att behandla och lagra de typer av avfall som genereras av projektet. Avfall som genereras under driften kommer att samlas in separat ombord på ett lämpligt fartyg och transporteras till fastlandet för lämplig behandling.

Inga betydande mängder avfall förväntas genereras under driften av vindkraftsparken eller underhåll av havskablarna.

5.9 Avveckling av havsbaserade vindkraftsverk och havskablar

Vindkraftsparken kommer att avvecklas i enlighet med gällande lagstiftning och bästa praxis, och vindkraftsparken kommer att återställas i den utsträckning som krävs. Under avvecklingen kommer ansträngningar att göras för att minimera miljöpåverkan.

Vindkraftverken och de havsbaserade elstationerna kommer att demonteras helt och hållet och avlägsnas med hjälp av en liknande plattform och metoder i omvänd ordning som de som användes vid installationen. Fundamenten kan tas bort helt eller delvis. Vid partiell borttagning ska borttagningen utföras på eller strax under havsbottnens nivå så att den återstående delen ligger kvar på havsbotten. Kablar avlägsnas eller lämnas på plats om detta är möjligt, t.ex. av säkerhetsskäl. Om det är nödvändigt att avlägsna kablarna sker detta i princip på samma sätt som vid kabelförläggning, men i omvänd ordning. Eventuella erosionsskydd kommer sannolikt att lämnas kvar, eftersom de flesta antas ha sjunkit till havsbotten och det skulle få större konsekvenser om de avlägsnades än om de lämnades kvar.

Mer än 80–95% av vindkraftverken kan återvinnas i modern tid. De flesta av vindkraftverkens komponenter är av metall och kan därför återvinnas helt och hållet. Den hittills mest utmanande komponenten att återvinna är kraftverkets blad, som huvudsakligen består av ett kompositmaterial med glasfiber. Kraftverkstillverkarna har dock redan offentliggjort sina planer på helt återvinningsbara blad, och teknik för återvinning av blad är under utveckling. Det uppskattade avfallet efter stängning från bladen är cirka 200 ton per kraftverk, förutsatt att bladen inte kan återvinnas och behandlas som avfall i sin helhet. I annat fall beräknas huvudsakligen konventionellt avfall genereras under avvecklingen.

5.10 Säkerhet

Det är viktigt att tidigt identifiera och beakta säkerhetsrisker i samband med byggnation och produktion av havsbaserad vindkraft under hela planeringsprocessen. Den miljöriskbedömning som utförts som en del av MKB-förfarandet för projektet presenteras i kapitel 9.16.

Enligt räddningslagen (379/2011) är verksamhetsutövaren skyldig att vidta följande försiktighetsåtgärder (14 §):

- Förebygga bränder och andra incidenter
- Förbereda sig för att skydda personer, egendom och miljö i händelse av incidenter
- Vara beredd att släcka bränder och vidta andra räddningsåtgärder som de på eget initiativ kan vidta
- Vidta åtgärder för att säkerställa utrymning i händelse av brand och andra incidenter samt åtgärder för att underlätta räddningsinsatser

Ovanstående skyldigheter har i förekommande fall beaktats i den riskbedömning som utförts under MKB-förfarandet. Dessa skyldigheter kommer att beaktas i den fortsatta planeringen av projektet och driftplaneringen kommer att förberedas för eventuella onormala och farliga situationer.

Innan installations- och driftsfaserna inleds kommer en säkerhetsplan att upprättas för den havsbaserade vindkraftsparken, där säkra driftsprocedurer definieras, hur risker ska förebyggas och minimeras och hur olyckor ska hanteras. Säkerhetsplanen tar hänsyn till de olika olycksrisker som kan uppstå i samband med drift och underhåll av vindkraftverken.

Oljor används i transformatorer som finns i elstationerna. Transformatorolja är i allmänhet inte särskilt brandfarliga, men kan fatta eld om temperaturen stiger tillräckligt mycket. I elstationerna till havs har de elektriska systemen bland annat en lagrad brandbelastning som kan bidra till att en brand fortsätter och sprids i händelse av ett undantagstillstånd.

Dessutom behandlas de risker som det havsbaserade vindkraftsprojektet kan medföra för sjötrafiken separat i konsekvensbedömningen av transporter i kapitel 9.10.2. Olyckor mellan den havsbaserade vindkraftsparken och annan sjötrafik kommer att förebyggas i förväg genom god havsplanering och samarbete med transportmyndigheter under projektets utvecklingsfas.

6 Teknisk beskrivning av vätgasproduktion

Halla havsbaserade vindkraftsprojekt kan producera antingen el eller vätgas med hjälp av el i området för den havsbaserade vindkraftsparken. Vätgasen kommer att ledas till fastlandet via en överföringsledning på havsbotten, som kommer att tas i land vid SSAB:s fabriksområde (Figur 5-1). Det finns bara ett sträckningsalternativ för vätgasrören (VVE1) och den följer samma sträckning som elöverföringsalternativet MVE1.

6.1 Designkriterier

Det uppskattas att vindkraftsparken skulle kunna producera cirka 220 000 ton vätgas per år. Utformningen förutsätter att elektrolysutrustningen kan placeras till havs antingen vid centraliserade obemannade havsstationer (maximalt 3–8 stationer, Figur 5-9) eller på en nivå längst ned i varje havsbaserat vindturbintorn (maximalt 160 turbiner).

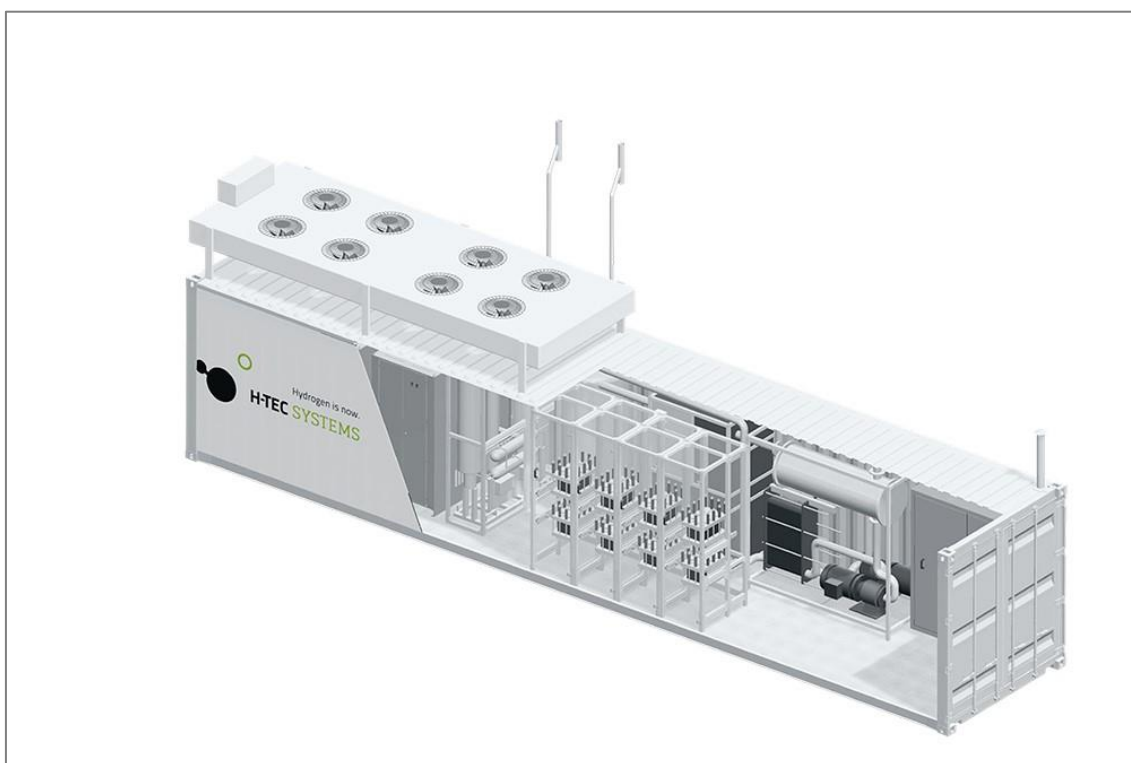
När det gäller de olika typerna av påverkan varierar orsaken från en typ av påverkan till en annan inom havsbaserad vindkraft. Till exempel är turbineffekten sällan den avgörande faktorn. Istället är fler effekter relaterade till faktorer som turbinens yttre dimensioner, dess placering, vindkraftverkets ljudnivå eller storleken på fundamentet. Den modellering och de projektdata som används i detta MKB-förfarande har utförts på ett sådant sätt att den uppskattade maximala påverkan för varje typ av påverkan är den maximala påverkan. För vätgasproduktion innebär detta t.ex. att salt- och värmelasterna har beräknats med hänsyn till projektets maximala beräknade årsproduktion (12 TWh), dvs. projektets maximala elproduktion som kommer att användas fullt ut för vätgasproduktion. I detta fall är den värme- och saltbelastning som genereras av projektet i linje med principen om maximal påverkan.

6.2 Principer för vätgasekonomi

Väte är ett grundämne och kan produceras från en mängd olika energikällor, fossila eller icke-fossila. Vätgas har stor potential som energibärare i framtidens energisystem, där energi produceras från förnybara källor som sol, vind och vatten. Vätgas kallas energibärare eftersom vätgas i sig inte är en primär energikälla, men kan användas för att lagra, transportera eller generera energi.

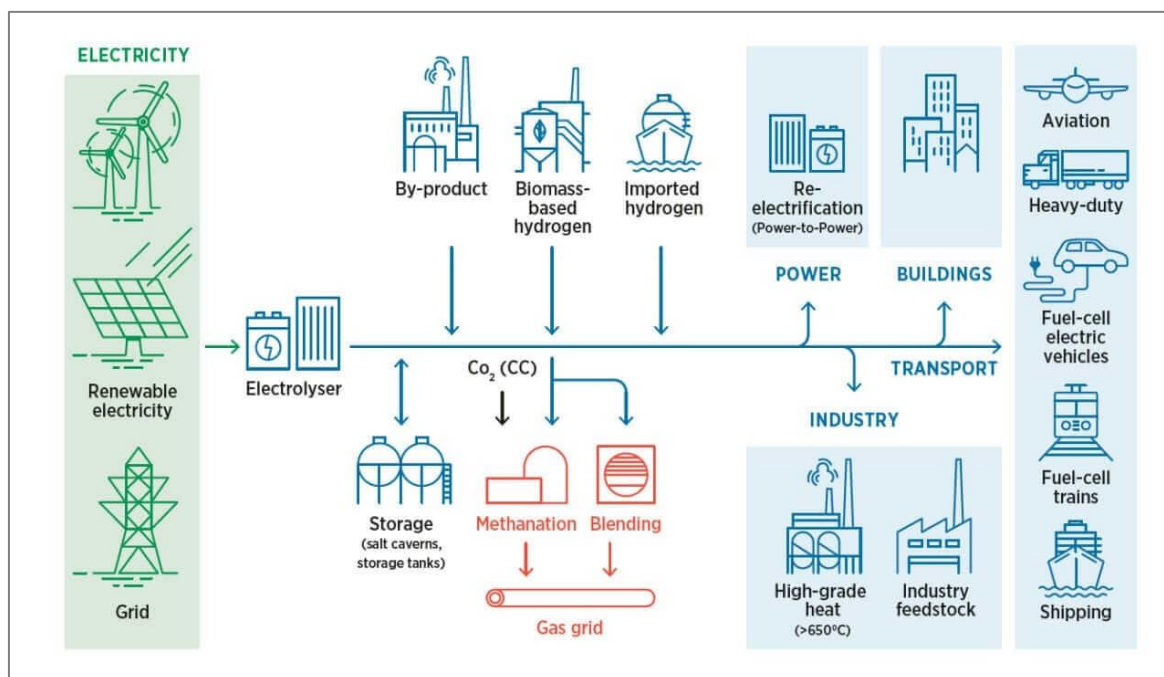
Vätgasmolekylen består av två väteatomer och har den kemiska symbolen H_2 . Vätgas är det vanligaste och lättaste grundämnet. Vid rumstemperatur och normalt tryck är väte en gas och kondenserar till vätska först vid mycket låga temperaturer ($-253\text{ }^{\circ}\text{C}$). Väte är mycket lättantändligt. Vätgas brinner rent utan koldioxidutsläpp och innehåller mer energi per kilogram än fossila bränslen.

Vätgas kan produceras på olika sätt. Nästan all vätgas som idag används inom industrin produceras från fossil naturgas genom en process som kallas ångreforming. Vätgas som produceras på detta sätt är av fossilt ursprung och processen för att producera den ger upphov till höga nivåer av koldioxidutsläpp. Ett miljövänligt sätt att producera vätgas är elektrolys. I elektrolyssystemet som visas i följande figur (Figur 6-1) bryts vatten ned till väte och syre med hjälp av elektricitet. Om elektrolysisprocessen använder el från förnybara källor som sol eller vind, brukar vätgasen kallas "grön" eller fossilfri.



Figur 6-1. Elektrolyssystem i modulform, ungefär 2 MW (energi.se 2021).

Förnybar el kan genereras från solstrålning och vind, som kan användas för att producera vätgas som kan lagras för vidare användning. Efter lagring kan vätgasen omvandlas till elektricitet, till exempel med hjälp av en bränslecell, för att driva bilar eller matas in i elnätet, vilket visas i följande figur (Figur 6-2). I en bränslecell reagerar vätgas och syre på ett kontrollerat sätt för att bilda elektricitet, vatten och värme.



Figur 6-2. Värdekedjan för vätgas från el till slutanvändare (Sadeq m.fl. 2024).

Vätgas har använts inom industrin i över hundra år, vilket innebär att det finns mycket erfarenhet och kunskap om säker hantering av gasen. Industriella tillämpningar utvecklas, till exempel för att ersätta kol som reduktionsmedel vid ståltillverkning, där vätgas används för att omvandla järnoxid till järn. Förutom vätgasproduktion planerar många industriella aktörer koldioxidavskiljning för produktion av bland annat metanol.

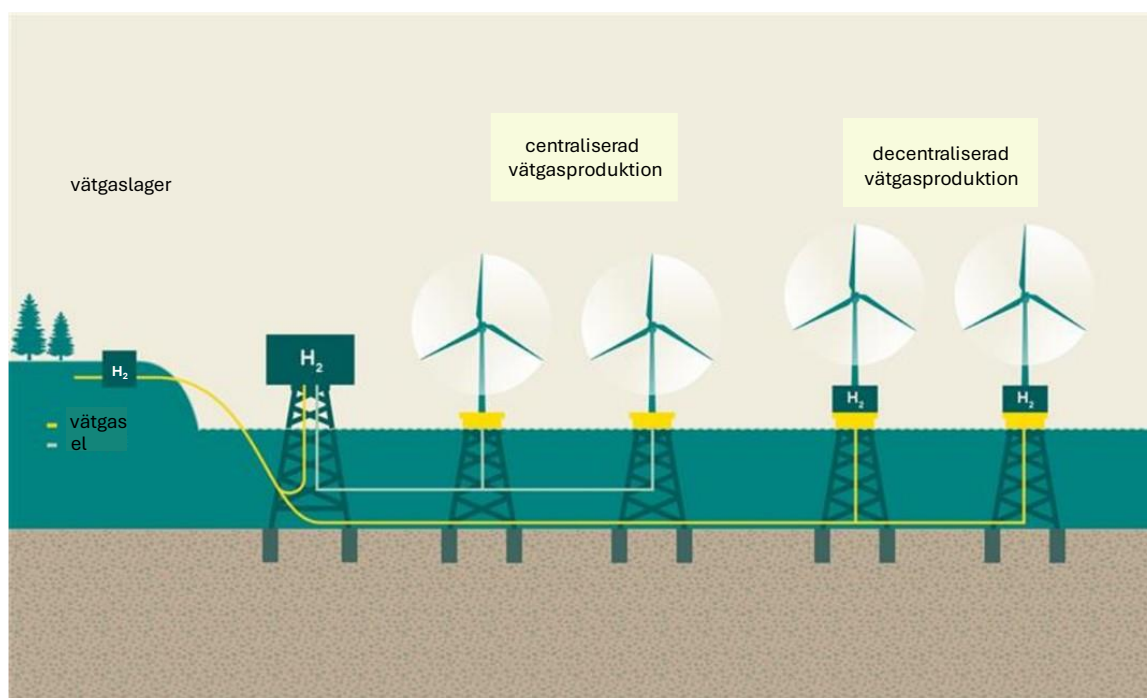
Vår tids stora utmaning är att klara energiförsörjningen samtidigt som vi successivt fasar ut fossila bränslen. Många är överens om att "grön" vätgas kan spela en nyckelroll i övergången från fossila bränslen till förnybara energikällor och hållbara energisystem. Det är därför som intresset för vätgas växer runt om i världen.

För att öka produktionen av förnybara energikällor, särskilt sådana som är väderberoende, och öka deras andel i energisystemet krävs den nödvändiga balanserande kraften för att fungera. I detta sammanhang skulle vätgas kunna spela en roll som buffert för toppar och dalar i efterfrågan och som ett lager för överskottsenergi. Detta kommer att bidra till möjligheten att lägga till t.ex. vindkraft i energisystemet, eftersom vindkraft producerar varierande mängder el beroende på vindförhållandena. Vätgaslagring kan lagra en större mängd energi under en längre tidsperiod än batterier.

6.3 Allmän beskrivning av vätgasproduktion

Det havsbaserade vindkraftsprojektet Halla har potential att genomföra två olika vätgasproduktionsalternativ, som sammanfattas nedan och visas i följande figur (Figur 6-3).

1. Vätgasproduktion i den nedre delen av det havsbaserade vindturbintornet
2. Centraliserad produktion av vätgas vid havsbaserade stationer i området för havsbaserade vindkraftsverk



Figur 6-3. Illustration av de två olika alternativen för vätgasproduktion till havs, dvs. produktion vid en centraliserad havsstation (vänster) och decentraliserad vätgasproduktion längst ned i kraftverkstornet (höger) (OX2 2024).

Driftsprinciperna för en anläggning för vätgasproduktion är desamma oavsett vilken implementeringsmetod som väljs. Vätgas kan produceras genom elektrolys, där elektricitet används för att bryta ner vatten till vätgas och syre. Förutom vätgas producerar elektrolysen värme, syre och vatten som biprodukter, vattnet med en högre salthalt än det havsvatten som utvinns. Beroende på teknik krävs det cirka 50–55 kWh el för att producera ett kilo vätgas. Den havsbaserade vindkraftsparken Halla beräknas producera cirka 220 000 ton vätgas per år. Elektrolyseffektiviteten uppskattas till cirka 60%. Resterande 40% av elenergin beräknas omvandlas till värme. Följande tabell visar uppskattningar av vätgasproduktionsvolymerna för den havsbaserade vindkraftsparken Halla, samt de råvaror som krävs och de salt- och värmelaster som genereras (Tabell 6-1).

Tabell 6-1. Nyckeltal för vätgasproduktionen vid den havsbaserade vindkraftsparken Halla och uppskattningar av vilka mängder råvaror som krävs.

Nyckeltal för vätgasproduktionen vid den havsbaserade vindkraftsparken Halla	
Beräknad årlig elproduktion för projektet	12 TWh
Vätgasproduktion (per timme)	cirka 25 t
Vätgasproduktion (per dag)	cirka 603 t
Vätgasproduktionsvolym (per år)	cirka 220 000 t
Vattenförbrukning vid elektrolys (genomsnitt per timme)	cirka 251 m ³
Vattenförbrukning vid elektrolys (max per timme)	cirka 502 m ³
Vattenförbrukning vid elektrolys (per dag)	cirka 6 030 m ³
Vattenförbrukning vid elektrolys (per år)	cirka 2 200 000 m ³
Vattenförbrukning för vattenrening (per år)	cirka 4 400 000 m ³

Nyckeltal för vätgasproduktionen vid den havsbaserade vindkraftsparken Halla	
Mängd salt processavloppsvatten (per år)	cirka 2 200 000 m ³
Saltbelastning (per år)	cirka 6 600–11 000 t
Vattenförbrukning för kylning (per år)	cirka 270 000 000 m ³
Värmelast för kylning (per år)	17 000 TJ

Projektet kommer att kräva modifiering av havsbotten enligt tabellen nedan (Tabell 6–2), inklusive muddring, tryckpumpning av vatten för installation av vätgasrören, förberedelse av fundamenten för de centrala vätgasstationerna med aggregatlager och deponering. Den maximala bredden på vätgasrörens dike är ca 3,5 m. Arealerna för deponeringsplatserna visas för varje alternativ i tabellen som presenterades tidigare (Tabell 5–2). Den yta som krävs för vätgasrören är mindre än den yta som krävs för sjökablarna, så att produktionen och transporten av vätgas inte överskrider den tidigare presenterade uppskattningen av den totala yta som ska bearbetas av projektet.

Tabell 6–2. Maximala mängder vätgasproduktion och överföring från projektet och de resulterande områdena för bottenmodifiering och muddring. Den yta som krävs för de marina deponeringsområdena visas i Tabell 5–2.

Projektverksamhet	Maximalt antal (st) Maximal längd (m)	Erfordras för markberedning yta (ha)	Erforderlig muddringsvolym (m ³)
Vindkraftverk (decentraliserad vätgasproduktion)	160 st	25,5 (gravitationsfunda- ment)	2 500 000 – 3 000 000 (gravitationsfunda- ment)
Centraliserad vätgasproduktion	8 st	3,2 (gravitationsfunda- ment)	(ingår i beräkningen av vindkraftverk)
Vätgasrör inom projekt- området (decentraliserad vätgasproduktion)	160 st 315 000 m	110	(ingår i beräkningen av vindkraftverk)
Vätgasrör inom projekt- området (centraliserad vätgasproduktion)	8 st 35 000 m	12	(ingår i beräkningen av vindkraftverk)
Vätgasrör från projekt- området till fastlandet	44 300 m	15,5	
Totalt		171	

Vätgasproduktion genom elektrolys beskrivs längre fram i kapitel 6.4.

6.3.1 Decentraliserad vätgasproduktion vid foten av vindkraftverkstornet

I framtiden kommer det att vara möjligt att producera vätgas direkt vid foten av vindkraftverkstornet. Elektrolysörerna och andra komponenter kommer att monteras i fraktcontainrar som placeras på plattformar som är fästa vid tornet, som visas i figur 6–4. Vätgasproduktionen

kommer inte att förändra storleken på turbinfundamentet. Vätgasen kommer att ledas till en central plats i vindkraftsparken, varifrån den transporteras till fastlandet via en huvudledning för export.



Figur 6-4. Exempel på vätgasproduktion vid foten av ett havsbaserat vindkraftverkstorn (Siemens-Gamesa 2021).

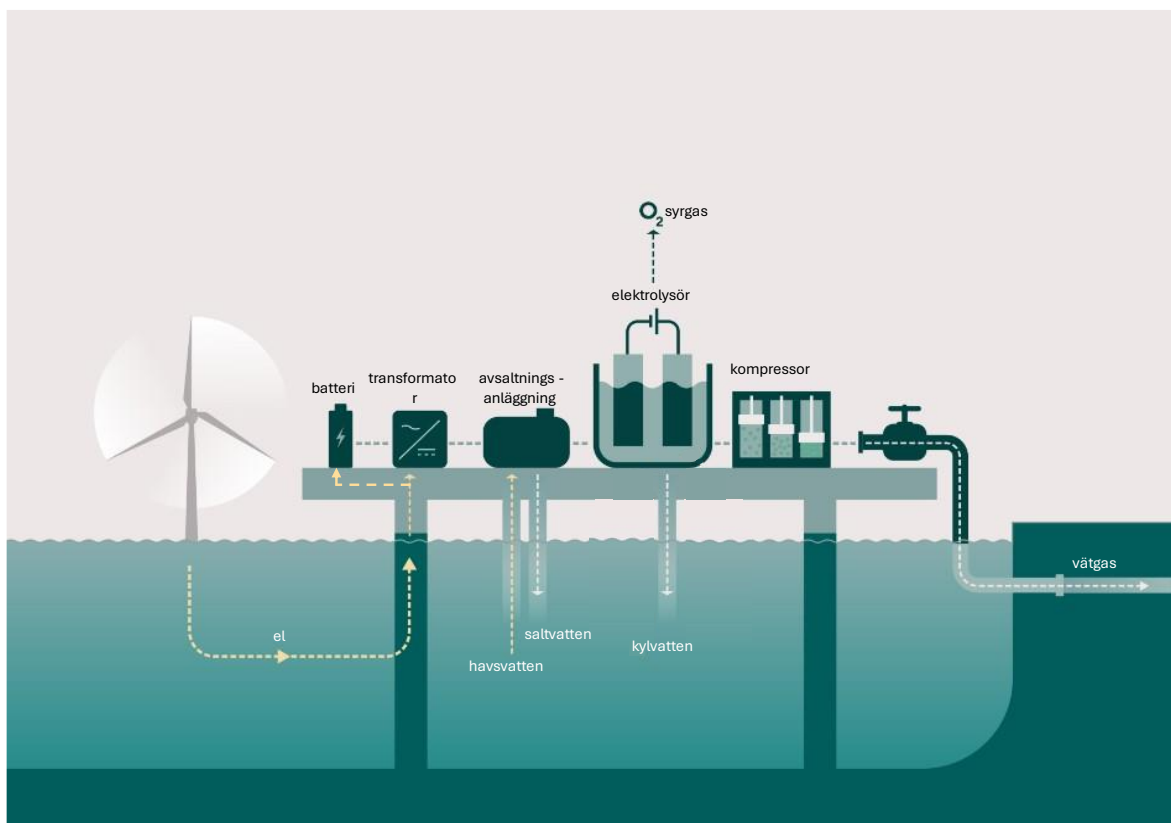
6.3.2 Centraliserad produktion av vätgas vid en station på vindkraftsparkens område

Halla vindkraftspark skulle kräva cirka 3–8 centraliserade vätgasproduktionsstationer (se Figur 5-9 för stationernas placering). Vätgasproduktionsstationfundament är lika stort som för en elstation till havs. I de föregående figurerna visas exempel på typiska elstationer till havs (Figur 5-14 och Figur 5-15), som har en liknande utformning som en centraliserad vätgasstation.

6.4 Produktion av väte genom elektolys

6.4.1 Elektrolysör

Det finns flera olika elektrolystekniker för vätgasproduktion, varav vissa redan är väl etablerade på marknaden och andra fortfarande är under utveckling. De olika elektrolysteknikerna undersöks kontinuerligt och den teknik som används kommer att förfinas i ett senare designstadium. Elektrolysörer är ofta modulära och består av flera moduler (Figur 6-5), som i sin tur består av flera celler. Varje cell består, enkelt uttryckt, av en anod, en katod och en elektrolyt.



Figur 6-5. Processchema för en elektrolysanläggning (OX2 2024).

Flera tekniker kan användas för att producera vätgas till projektet. Ett möjligt alternativ är att använda PEM-elektrolys (*Proton Exchange Membrane*), medan alkalisk elektrolys planeras som en alternativ teknik. Vilken teknik som ska användas kommer att bekräftas i takt med att designen fortskrider och effekterna av de båda teknikerna har bedömts vara likvärdiga.

6.4.2 Kemikalier relaterade till vätgasproduktion

De kemikalier och mängder som kan behövas för vätgasproduktion och dess processer kommer att specificeras när projekteringen fortskrider, beroende på vilken teknik som väljs. Preliminära kemikalieuppgifter anges i följande tabell (Tabell 6-3).

Tabell 6-3. Preliminära uppskattningar av de kemikalier som används och deras kvantiteter.

Kemikalie	Förbrukning per år	Användning	Faroklassificering
Kaliumhydroxid (KOH) (20-35 %)	3 120-19 200 ton	Vätgasproduktion	Met. Corr. 1, H290, Eye irri. H302, Skin Corr. 1A, H314
Natriumhydroxid (NaOH)	36-72 ton	Vattenrening	Met. Corr. 1, H290 Skin Corr. 1A, H314 Eye Dam. 1, H318
Svavelsyra (H ₂ SO ₄)	72-120 ton	Vattenrening	Met. Corr. 1, H290 Skin Corr. 1A, H314

Beroende på vilken teknik som väljs för elektrolys kan den kemikalie som används i elektrolysören vara t.ex. kaliumhydroxid (KOH). Kemikalien lagras inte vid produktionsanläggningarna, utan används kontinuerligt i processen. Kemikalien förbrukas inte i elektrolysisprocessen och förväntas inte ge upphov till utsläpp under normala förhållanden.

De vanligaste kemikalierna för vattenrening, såsom natriumhydroxid och svavelsyra, förväntas användas. De kemikalier som används och deras mängder kommer att specificeras i den fortsatta planeringen och tillståndsgivningen.

Produktionsanläggningarna använder kväve för inerti, vilket lagras i gasform i små mängder. Kylsystemen använder typiska köldmedier, t.ex. glykol, i slutna system.

Alla kemikalier kommer att förvaras i egna behållare och detaljerna kring förvaringen kommer att preciseras när projekteringen fortskrider. De kemikalier som krävs, deras mängder, förvaring och användning kommer i nödvändig omfattning i de kommande tillståndsfaserna. Förvaringen av kemikalier kommer att utformas i enlighet med säkerhetsföreskrifter och -krav, inklusive lämpligt spillskydd.

6.4.3 Vattenbehov och -behandling

För elektrolys krävs cirka 4 miljoner m³ havsvatten per år, varav cirka 2 miljoner m³ processvatten om vindkraftsparken endast producerar vätgas (Tabell 6-1). Placeringen av havsvattenintaget, t.ex. djup och läge, kommer att väljas i ett senare designskede för att skapa optimala miljöförhållanden. Det bör noteras att vattenbehovet för elektrolys varierar beroende på produktion.

Vattnet som används för elektrolys renas från orenheter för att förlänga elektrolysörernas livslängd. För vattenrening kan t.ex. filtrering eller avsaltning användas. Reningen av havsvattnet förhindrar t.ex. korrosion av utrustningen och ansamling av mineraler i elektrolysören. Reningsprocessen producerar avjoniserat vatten (*demineraliserat vatten*) som produkt och processavloppsvatten med hög salthalt som en biprodukt. Vanligtvis kräver elektrolys demineraliserat vatten som råmaterial, vilket har en mycket låg elektrisk ledningsförmåga. Processvattnet leds till elektrolysören, medan processavloppsvattnet, som har en högre salthalt, leds tillbaka till havet.

Dessutom används vatten för kylning, vilket diskuteras i kapitel 6.4.4.

6.4.3.1 Rening av havsvatten

Havsvattenbehandlingen avlägsnar organiskt material, lösta joner och olösliga fasta ämnen. Det finns olika tekniker för vattenbehandling.

Vattenrening består vanligtvis av flera mellansteg, där det första steget avlägsnar större partiklar och organiskt material, t.ex. genom filtrering, och det andra steget avlägsnar joner som är lösta i vattnet. Det finns olika tekniker för att ta bort salt, den vanligaste är omvänd osmos. Tekniken innebär att saltvatten sätts under tryck och leds genom ett halvgenomträngligt membran. Processen kan upprepas flera gånger för elektrolys.

En annan vattenreningsteknik som kan komplettera eller ersätta omvänd osmos är ett jonbytarmembran. I processen strömmar vatten genom ett membran som innehåller katjonbytar- och anjonbytar- grupper. Dessa grupper kan binda joner från vatten eller släppa ut dem i vatten. Fördelarna med jonbytarmembran jämfört med omvänd osmos är bland annat mindre energibehov och möjligheten att uppnå högre flödes hastigheter. Å andra sidan kan de vara känsligare för smuts och kräver regelbunden regenerering eller byte av membran. Andra vattenbehandlingsmetoder kan också användas för att rena havsvatten, t.ex. elektrodialys, indunstning eller vakuumdestillation.

6.4.3.2 Renat processvatten och processavloppsvatten

Förhållandet mellan demineraliserat vatten som är lämpligt för processen och som produceras i vattenbehandlingen och salt processavloppsvatten kan variera. De flesta elektrolysörer på

marknaden idag producerar 45–65 procent processvatten och 35–55 procent processavloppsvatten.

Processvattnet leds in i elektrolysörer för vätgasproduktion, medan processavloppet släpps ut i havet. Återvinning, behandling och utsläpp av processavloppsvatten i havet kommer att studeras och utvecklas i takt med att projektplanerna fortskrider för att skapa optimala förhållanden och minimera miljöpåverkan. Processavloppsvatten kan t.ex. släppas ut i havet tillsammans med kylvatten, vilket ytterligare späder ut salthalten vid utsläppspunkten.

De olika vattenreningsteknikerna har det gemensamt att de skapar processavloppsvatten med högre salthalt än det omgivande havsvattnet. Mängden och salthalten i processavloppsvattnet beror på vald teknik och kan justeras för att minimera miljöpåverkan. Det beräknas att reningsprocessen kommer att avlägsna cirka 6 600–11 000 ton salt från havsvattnet. Mängden salt som ska avlägsnas beror t.ex. på den lokala havsvattenkvaliteten (t.ex. salthalt).

Mängden avloppsvatten som genereras av elektrolys kommer att påverkas av tekniska lösningar som kommer att förfinas i takt med att projekteringen fortskrider. Olika tekniker, t.ex. för att minska mängden processavloppsvatten eller för att påverka avloppsvattnets kvalitet, kommer att undersökas och förfinas allteftersom projekteringen fortskrider och i projektets fortsatta tillståndprocesser.

6.4.4 Kylning

Elektrolysprocessen genererar värme och för att optimera driftstemperaturen måste utrustningen kylas, till exempel med vatten- och luftkylning. I MKB-processen har processkylning antagits ske genom vattenkylning. Det beräknas att upp till 270 miljoner ton havsvatten krävs årligen för att kyla elektrolysörerna. Under kylningen beräknas kylvatten-temperaturen öka med cirka 15 °C jämfört med inloppstemperaturen, vilket beräknas ge en extra värmelast på cirka 17 000 TJ. Mängden och temperaturen på kylvattnet beror på vald teknik, rådande förhållanden och i vilken utsträckning värmen kan utnyttjas i andra delar av processen. På grund av de stora värmeförlusterna kommer möjligheten att använda spillvärme i andra delprocesser att undersökas i takt med att projekteringen fortskrider.

Man strävar efter att minska den mängd kylning som krävs för elektrolysen genom tekniska lösningar som kommer att preciseras i takt med att projekteringen fortskrider. Kylningen av elektrolysprocessen, såsom kylvattnets mängd och temperatur och de tekniska lösningar som påverkar den, kommer att behandlas och vid behov fastställas i projektets fortsatta tillståndprocesser.

6.4.5 Syrgas

Förutom väte producerar elektrolysprocessen också syre. Syrgasproduktionen beräknas uppgå till högst cirka 1 700 000 ton per år (Tabell 6–4). Den syrgas som produceras genom elektrolysprocessen beräknas släppas ut i atmosfären, men uppsamling av syrgas och dess användning kommer att undersökas i takt med att projektplaneringen fortskrider.

Tabell 6–4. Beräknad syrgasproduktion i vätgasproduktionen.

Syrgasproduktion	Beräknad årlig produktion per produktionsstation (ton/år)
Centraliserad vätgasproduktionsstation (3 enheter)	600 000
Centraliserad produktionsstation för vätgas (8 enheter)	200 000

Syrgasproduktion	Beräknad årlig produktion per produktionsstation (ton/år)
Decentraliserad vätgasproduktion (160 enheter)	11 000
Uppskattning av den totala mängden syrgas som produceras i projektet	1 700 000

6.4.6 Uppförande av en anläggning för vätgasproduktion

Efter att vindkraftverken har installerats kommer vätgasproduktionsanläggningarna att byggas antingen i vindkraftverkens torn (decentraliserad produktion) eller i en byggnad som liknar en elstation (centraliserad produktion). Uppförandet av stationerna för vätgasproduktion förväntas sammanfalla med uppförandet av vindkraftsparken. Vid decentraliserad vätgasproduktion byggs elektrolysörerna huvudsakligen som modulära containrar på en plattform som är monterad på kraftverkstornet. Komponenterna för vätgasproduktion monteras i hamnen och transporteras sedan till varje kraftverk för separat installation. Byggandet av centraliserad produktion är i princip likvärdigt med byggandet av en havsbaserad elstation. Antalet containrar som krävs, övrig utrustning som behövs för produktionen och deras utformning preciseras allt eftersom projekteringen fortskrider.

6.4.7 Drift, underhåll och reparation av anläggningar för vätgasproduktion

Vätgasproduktionsanläggningarna inspekteras och underhålls vid behov cirka 1–2 gånger per år och vid behov, t.ex. i händelse av störning eller nödsituation.

Vid vätgasproduktion uppstår syre, saltvatten från rening av havsvatten och värme som biprodukter i processen. Man räknar med att elektrolyten som används i elektrolysen byts ut ungefär vart femte år. Den använda lösningen överförs till en tank och vidare till fastlandet för behandling. Dessutom genererar vätgasanläggningen avfall från rening av avloppsvatten och små mängder spilloljor och fetter. Produktionen av vätgas genererar inte något annat avfall som måste behandlas under driften.

6.4.8 Avveckling av anläggningar för vätgasproduktion

Avvecklingen av vätgasproduktionen motsvarar byggfasen och dess konsekvenser. Rivningsarbetet kommer att orsaka bland annat buller och vibrationer och en ökning av trafiken från fastlandet till projektområdet. Avvecklingen av vätgasproduktionen beräknas ta ungefär lika lång tid som rivningen av vindkraftverken, så effekterna av avvecklingen kommer att vara tillfälliga och kortlivade. Vid nedmontering av anläggningar för vätgasproduktion ska hänsyn tas till bestämmelserna i eventuella tillstånd, t.ex. vattentillstånd, som rör avveckling.

6.5 Överföring av vätgas

Projektets vätgasöverföring består av ett transportrör från vindkraftsparken till kusten och, i det decentraliserade vätgasproduktionskonceptet dessutom ett rörnät inom parken. Vid decentraliserad produktion ansluts det interna rörnätet till uppsamlingsstationer till havs, varifrån vätgasröret fortsätter till land. Vid centraliserad vätgasproduktion överförs el från vindkraftverk till vätgasproduktionsstationer och vätgas leds i rör från stationerna till land. Vätgasrören kan bestå av stål-, komposit- eller plaströr.

6.5.1 Anläggning av vätgasrörsystem

Ett vätgasrör byggs från havet till fastlandet, t.ex. till en lagringstank för vätgas. Vätgasröret är ca 37,8 km långt och har en diameter på ca 60 cm. Bredden på vätgasrörets dike kommer inte att överstiga cirka 3,5 meter. Anläggningen av ett vätgasrör består av förberedelse och

anläggande av ett dike samt installation av röret. Förberedelse av rördiket omfattar formning av havsbotten så att rörledningen kan läggas utan att skapa onödig påfrestning eller belastning på rörprofilen. Bearbetningsåtgärderna utförs lokalt, t.ex. genom muddring eller uppläggning av stenmaterial. Uppläggning av stenmaterial är också avsedd att stödja och skydda rörledningen där så behövs. Byggandet av ett vätgasrör kan kräva skydd av ledningen beroende på lokala förhållanden. För vätgasrören uppskattas att den mängd kross som krävs inte överstiger den mängd kross som uppskattas för sjökablar. Rörläggning är en kontinuerlig process där rörsektionerna sammanfogas innan de sänks ned på havsbotten.

6.5.1.1 Havsdeponering

Som utgångspunkt beräknas muddringsbehoven för vätgasrören vara högst lika stora som för elöverföringskablar. För deponering av sediment skulle projektets planerade deponeringsalternativ användas. Som utgångspunktprincip är installationsmetoderna för vätgasrören desamma som för elöverföringskablar. Muddringsmängderna överstiger dock inte de mängder som uppskattats för elöverföringskablar, eftersom det endast behövs ett vätgasrör för överföring av vätgas i projektet, medan högst 10 överföringskablar behövs för elöverföring (Tabell 5-2).

6.5.2 Drift, underhåll och service av vätgasrörssystem

För att säkerställa vätgasrörens säkerhet kommer ett drift- och säkerhetssystem att upprättas för att bland annat säkerställa kontroll av ledningen och upptäckt av eventuella gasläckor. Planerat underhåll och periodiska inspektioner av vätgasrörssystemet kommer att utföras i enlighet med gällande lagstiftning och andra krav. Om omfattande underhållsarbete utförs på vätgasrörssystemet kommer det att schemaläggas utanför vintermånaderna. Vätgasrören förväntas inte generera avfall under normala förhållanden.

6.5.3 Avveckling av vätgasrörssystem

Efter att driften upphört kommer vätgasrören och dess strukturer i första hand grävas upp, lyftas upp ur havet och föras till fastlandet för återvinning. Detsamma gäller för landförföringsområdena och fastlandet. Ett andra alternativ är att låta röret sitta kvar om myndigheterna anser att detta är ett mer förnuftigt alternativ. Åtgärderna vid avlägsnandet av rörledningen motsvarar byggandet av rörledningen.

6.6 Lagring av vätgas

I denna MKB-beskrivning bedöms lagring av vätgas på fastlandet. Vätgas lagras vanligen under tryck eller i flytande form. Förvaring av flytande väte kräver att vätet kyls till cirka -253 °C. För närvarande omfattar möjliga lagringsmetoder för vätgas bland annat trycksatta vätgastankar och sfäriska isolerade tankar. Lagringen av vätgas och bedömningen av dess konsekvenser beskrivs mer detaljerat i del B av MKB-beskrivningen. Lagring av vätgas på det finska fastlandet förväntas inte orsaka gränsöverskridande konsekvenser.

6.7 Säkerhet

Tidig identifiering och beaktande av säkerhetsrisker är centralt under hela projekteringen. En sammanfattning av den miljöriskbedömning som utförts inom ramen för MKB-förfarandet för projektet finns i kapitel 9.16. Räddningslagen (379/2011) ålägger verksamhetsutövarna att ha egen beredskap för att (14 §):

- förebygga eldsvådor och uppkomsten av andra farliga situationer
- ha beredskap att skydda personer, egendom och miljön i farliga situationer
- ha beredskap att släcka eldsvådor och för andra sådana räddningsinsatser som de på egen hand förmår göra

- vidta åtgärder för att trygga utrymning vid eldsvådor och andra farliga situationer samt åtgärder för att underlätta räddningsverksamheten

Ovanstående skyldigheter har i nödvändiga delar beaktats i den riskbedömning som utförts under MKB-förfarandet. Dessa skyldigheter beaktas i den fortsatta planeringen av projektet och i planeringen av driften bereder man sig för eventuella nödsituationer och incidenter.

I följande kapitel presenteras de risk- och säkerhetsfaktorer som ska beaktas i samband med produktionsprocessen, transport och lagring av vätgas.

6.7.1 Vätgas

Vätgas är en mycket lätt gas. Det innebär att vätgasen vid en eventuell olycka kan stiga högt upp i luften utan att påverka miljön. Vätgas är dock en mycket brandfarlig gas, vilket innebär att vätgas i undantagsfall kan antändas om det finns en värmekälla i närheten av gasläckan. Vid högt tryck kan vätgas också självantända utan någon yttre antändningskälla.

Vätgas kan antändas på olika sätt beroende på tidpunkten för antändningen, typen av läckage och lågan. Ett kontinuerligt vätgasutsläpp kan resultera i en jetflamma, vars storlek beror på faktorer som tryck och läckagehålets storlek. Om en stor mängd vätgas antänds samtidigt kan gasen brinna explosionsartat.

Förbränning av vätgas kan medföra konsekvenser för människor genom den värmestrålning som genereras av förbränningen. Tryckvågor från explosioner kan också orsaka materiella skador, t.ex. skador på anläggningsstrukturer.

6.7.1.1 Elektrolysörer och kompressorer

Elektrolys använder el från vindkraftverk för att bryta ner vatten till väte och syre. I en elektrolysör är vätgasen vid normalt atmosfärstryck. För elektrolys har eventuella vätgasläckage identifierats som risk. Användningen av vätgas i olika delar av anläggningen kräver trycksättning av vätgasen. Detta görs av kompressorer i anläggningarna, som komprimerar vätgasen till önskat tryck, varefter vätgasen transporteras eller lagras i rör. I kompressorer är riskerna liknande dem för elektrolysörer, men det högre trycket kan få större effekter.

Vätgasläckage från elektrolysörer och kompressorer har beräknats orsaka olyckor som kan ha lokala effekter på underhållspersonal vid anläggningar eller personer ombord på fartyg. Ett läckage kan leda till en jetflamma eller en explosion. Ett läckage som inte antänts förväntas stiga och snabbt försvinna ut i miljön.

6.7.1.2 Lagring

Mekaniska stötar eller bränder kan få tanken att gå sönder och leda till även stora läckage. Mekaniska stötar kan t.ex. orsakas av en kollision med ett fartyg.

Möjliga olyckssituationer är jetflammar och explosioner i gasmoln om gasen antänds med fördröjning. I händelse av en olycka med lagring av vätgas förväntas inte tryckhöjning som leder till att lagringstanken går sönder inträffa på grund av kokande vätska eller expanderande ånga inträffa (Boiling liquid expanding vapour explosion, BLEVE). En trycksatt tank kan också utgöra en risk om trycket i tanken stiger, t.ex. till följd av extern uppvärmning. En tryckökning kan exempelvis leda till att lagringstanken exploderar.

6.7.1.3 Rörsystem

Oavsett implementeringskoncept kommer den havsbaserade vätgasproduktionen att ha en-staka och centraliserade transportrörledningar inom parken. Ett rörbrott kan ha en inverkan på miljön och på människor i omedelbar närhet av olycksplatsen. Små läckor kan till exempel

orsakas av otäta röranslutningar, otillräckligt underhåll eller felaktig installation av rörsystemet.

Större läckage, som rörbrott, anses få betydande konsekvenser lokalt men också längre bort från olycksplatsen. Stora rörläckor kan orsaka jetflammar i atmosfären ovanför havsytan när de stiger upp till ytan. Under havsytan bildar läckorna vätgasbubblor, som när de släpps ut i luften bildar gasmoln. Gasmoln kan orsaka explosioner om de antänds.

6.7.2 Syrgas

Elektrolysen ger också syre som biprodukt, vilket är gasformigt vid normal temperatur och tryck (20 °C, 1 bar). Till skillnad från vätgas är syrgas inte en brandfarlig gas och utgör därför inte någon brandrisk i sig själv. Syrgas är dock en oxiderande gas och kan bidra till pågående bränder.

De viktigaste riskerna med syrgas är:

- Syre kan främja en pågående brand i omgivningarna.
- Överskott av syre som reagerar med olja eller fett (t.ex. kraftverksolja eller transformatorolja) kan orsaka brand eller till och med explosion.

6.7.3 Gasledning under vatten

Rörledningsnätet för den havsbaserade vindkraftsparken består huvudsakligen av ett internt rörsystem för vätgas när projektet har decentraliserad vätgasproduktion, och överföringsledningar från det havsbaserade vindkraftsområdet till fastlandet. Vätgasrören placeras på havsbotten fram till landföringspunkten.

Läckor i undervattensledningar leder till att vätgas läcker ut i havsvattnet och vidare ut i atmosfären. Sannolikheten för att små utsläpp ska inträffa har bedömts vara högre än för stora utsläpp, men i olyckssituationer är effekterna av stora utsläpp sannolikt mer betydande. Möjliga orsaker till stora läckor i en undervattensledning för vätgas kan vara följande:

- Felaktig eller vårdslös förankring av fartyg
- Felaktigt underhåll av rörledningar
- Felaktig eller ovarsam bottentrålning
- Vandalism

Vid ett läckage stiger gasen upp till vattenytan, där den kan bilda ett brandfarligt gasmoln innan den sprids i luften. Om ett fartyg passerar genom ett gasmoln kan en antändningskälla ombord antända gasmolnet och orsaka brand eller explosion. Ett stort gasutsläpp under vattnet skapar också gasbubblor, som kan orsaka lokala densitetsskillnader i vattnet och minska vattnets flytkraft, vilket kan få ett fartyg i närheten av gasutsläppet att sjunka.

6.7.4 Bränder

Väte är ett mycket brandfarligt ämne, vilket innebär att hantering av det medför en uppenbar risk för antändning och/eller spridning av brand. En stor brand kan leda till att en stor mängd rök sprids i omgivningen.

Stora bränder kan orsaka en storolycka i projektområdet om den inkommande elden kan sprida sig från en produktionsenhet till en annan. Till exempel kan en storskalig brand medföra att temperaturen stiger utanför vätgastanken, vilket kan leda till att trycket i tanken stiger och att tanken brister.

6.7.5 Storolyckor

En storolycka kan inträffa i vätgasrörsystemet, där en lokal onormal situation kan sprida sig okontrollerat till ett område i eller utanför anläggningen och orsaka t.ex. en vätgasläcka, brand eller explosion. I det fallet är risken att en lokal olycka utvecklas till en storolycka, situationer som leder till detta kan vara t.ex:

- En stor antändning i en vätgasrör eller en fördröjd antändning av ett vätgasmoln kan orsaka skador på intilliggande vätgasproduktionsanläggningar och/eller vindkraftverk. Denna skada kan i sin tur leda till ytterligare vätgasläckage och vätgasantändning, och därmed till skador på fler intilliggande kraftverk och/eller vätgasproduktionsanläggningar.
- En större avvikelse i anläggningen, till exempel ett vätgasläckage, kan påverka passerande fartyg och orsaka en olycka.
- En brand och samtidigt höga syrenivåer kan skada t.ex. vätgasrören, vilket kan leda till vätgasläckage och ytterligare explosioner. Detta kan i sin tur skada närliggande strukturer, t.ex. vindkraftverk.

7 Tillstånd, planer och beslut i Finland som krävs för projektet

Efter att MKB-processen avslutats framskrider projektet till tillståndsfaserna. MKB-beskrivningen och kontaktmyndighetens motiverade slutsats om det bifogas till tillståndsansökningarna. I nedanstående tabell (Tabell 7-1) och i följande kapitel beskrivs kortfattat vilka förfaranden, tillstånd och beslut som projektet kan kräva i Finland. I detta avsnitt av MKB-sammanfattningen ligger fokus endast på tillstånd gällande den havsbaserade vindkraftsparkens område, och tillstånden för verksamhet i territorialvatten och på fastlandet har inte behandlats eftersom de inte är relevanta för det internationella samrådet. Tillståndsbehoven utreds närmare när planeringen av projektet framskrider.

Tabell 7-1. Förfaranden, tillstånd och beslut som krävs för projektet (x = eventuellt behov finns).

Process/tillstånd/beslut	Havsbaserad vindkraftspark och tillhörande muddring och deponering	Vätgasproduktion
Miljökonsekvensbedömning	x	x
Natura-bedömning	x	x
Samtycke till undersökningsverksamhet inom Finlands ekonomiska zon.	x	x
Statsrådets samtycke till att utnyttja den ekonomiska zonen och bygga i den ekonomiska zonen	x	x
Undersökningstillstånd enligt inlösningslagen		x
Tillstånd enligt vattenlagen (587/2011) (anläggande av vattendrag, placering av konstruktioner i vattendrag, utvinning av marksubstanser från den ekonomiska zonen)	x	x

Process/tillstånd/beslut	Havsbaserad vindkraftspark och tillhörande muddring och deponering	Vätgasproduktion
Tillstånd enligt miljöskyddslagen (527/2014)		x
Flyghindertillstånd	x	
Andra tillstånd och avtal som eventuellt krävs		
Tillstånd enligt kemikaliesäkerhetslagen (390/2005)		x
Tillstånd enligt 49 § i sjötrafiklagen (782/2019)	x	
Anslutningsavtal till elnätet	x	
Tillstånd till undantag från naturvårdslagen	x	
Tillståndsförfarande som följer av att man inkräktar på en fornlämning	x	
Specialtransporttillstånd	x	
Begäran om utlåtanden		
Försvarsmaktens godkännande	x	
Konsekvenser för tv- och radiosändningar	x	
Påverkan på väderradar	x	

7.1 MKB-process

I Finland regleras miljökonsekvensbedömning genom MKB-lagen (252/2017) och MKB-förordningen (277/2017). MKB-processen tillämpas på projekt, och ändringar av dem, som sannolikt har betydande miljökonsekvenser.

MKB-processen tillämpas beroende på projekttyp och storleksklass antingen direkt på basis av projektförteckningen i MKB-förordningen eller på basis av ett beslut som fattas i enskilda fall. Vindkraftsprojekt kräver alltid en process enligt MKB-lagen när antalet enskilda kraftverk är minst 10 eller den totala effekten är minst 45 megawatt.

Lagen om förfarandet vid miljökonsekvensbedömning (MKB-lagen 252/2017) och statsrådets förordning om förfarandet vid miljökonsekvensbedömning (MKB-förordningen 277/2017) föresätter att MKB-förfarandet tillämpas på energiöverföringsprojekt som omfattar minst 220 kilovolt kraftledningar ovan jord, som är längre än 15 kilometer.

I Halla havsbaserade vindkraftspark bedöms miljökonsekvenserna av huvudprojektet (havsbaserad vindkraftspark) och tillhörande projekt (havsbaserad vätgasproduktion, sjökablar och

vätgasrörledning, sedimentmuddring, 400 kV kraftledningar) i samma MKB-förfarande. Projektets MKB-process omfattar utarbetande av MKB-program och MKB-beskrivning. MKB-beskrivningen och kontaktmyndighetens (i detta projekt NTM-centralen i Norra Österbotten) motiverade utlåtande om det utgör en förutsättning för att få tillstånd för projektet.

7.1.1 Internationell MKB-process

Eftersom det havsbaserade vindkraftsprojektet har en potentiell internationell dimension iaktas Esbokonventionen om bedömning av gränsöverskridande miljökonsekvenser (kap. 5 samt 28 § och 29 § i MKB-lagen 252/2017).

Ett internationellt avtal om bedömning av gränsöverskridande miljökonsekvenser har slutits genom den s.k. Esbokonventionen (*Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context*). Konventionen från FN:s ekonomiska kommission för Europa ratificerades av Finland 1995. Avtalet trädde i kraft 1997. I Finland har skyldigheterna enligt konventionen verkställts genom MKB-lagen samt genom förordning om ikraftträdande av konventionen om bedömning av gränsöverskridande miljökonsekvenser (FördrS 67/1997).

7.2 Natura-bedömning

Natura 2000-nätverket är ett ekologiskt nätverk som täcker Europeiska gemenskapen. I 35 § i naturvårdslagen (09/2023) stadgas att om ett projekt eller en plan antingen i sig eller i samverkan med andra projekt eller planer sannolikt betydligt försämrar de naturvärden i ett område som ingår i nätverket Natura 2000, för vars skydd området har införlivats i nätverket, ska den som genomför projektet eller gör upp planen på behörigt sätt bedöma dessa konsekvenser. Enligt 39 § i naturvårdslagen får en myndighet inte bevilja tillstånd för genomförande av ett projekt eller godkänna eller fastställa en plan, om det av det bedömnings- och utlåtan-deförfarandet som avses i 35 § 1 och 2 mom. framgår att projektet eller planen på ett betydande sätt försämrar de naturvärden till vars skydd området har införlivats eller kommer att införlivas i nätverket Natura 2000. Trots vad som föreskrivs ovan får tillstånd för ett projekt som i övrigt uppfyller förutsättningarna i lagstiftningen dock beviljas eller planen godkännas eller fastställas, om det inte finns någon alternativ lösning för projektet eller planen och statsrådets allmänna sammanträde beslutar att projektet eller planen ska genomföras av ett skäl som är tvingande på grund av ett ytterst viktigt allmänt intresse.

För projektet har en Natura-bedömning gjorts för fyra Naturaområden: Merikalla, Siikajoki fågelvatten och träsk, Brahestads skärgård och Revonneva-Ruonneva. Natura 2000-bedömningarna finns som bilagor till den nationella MKB-beskrivningen.

Det närmaste Natura 2000-området på den svenska sidan av den havsbaserade vindkraftsparken Halla, Malören (SE0820724; SCI), ligger cirka 40 km norrut. Natura 2000-området Marakallen (SE0820751; SCI) ligger strax under 50 km västerut. På den svenska sidan ligger det närmaste Natura 2000-området som är klassificerat enligt fågeldirektivet, Haparanda-Sandskär (SE0820108; SPA; även en nationalpark), cirka 44 km norr om Halla-området. Dessutom ligger Rödkallen-SörÄspen (SE0820035; SPA) 67 km väster om Halla. På grund av de långa avstånden förväntas ingen miljöpåverkan ske i de närmaste Natura 2000-områdena som nämns ovan, och ingen Natura 2000-bedömning har ansetts nödvändig. Naturaområdena på den svenska sidan beskrivs mer detaljerat i kapitel 8.4.7.2.

7.3 Lag om Finlands ekonomiska zon

Lagen om Finlands ekonomiska zon (1058/2004) reglerar verksamheten inom den ekonomiska zonen.

En lag om havsbaserad vindkraft i den ekonomiska zonen (934/2024) har beretts under 2023–2024. Detta beror på att de nuvarande bestämmelserna i lagen om ekonomisk zon är dåligt anpassade till havsbaserade vindkraftsprojekt. Lagen skulle bland annat reglera urvalet av operatörer för havsområden och nödvändiga tillstånd. Syftet med lagförslaget är att lösa följande frågor: hur man väljer en operatör i havsområden i linje med EU:s regler för statligt stöd, vilka tillstånd som behövs och vilken lagstiftning som gäller för havsbaserade vindkraftsprojekt i den ekonomiska zonen.

Den nya lagen (934/2024) kommer att tillämpas på havsbaserade vindkraftsprojekt i den ekonomiska zonen parallellt med och delvis i stället för den lagen om Finlands ekonomiska zon (1058/2004). Regeringen överlämnade den 3 oktober 2024 en proposition till riksdagen med förslag till lag om havsbaserad vindkraft i den ekonomiska zonen och till lagar som har samband med den (RP 147/2024 rd). Lagen trädde i kraft den 1 januari 2025, varefter en förordning kommer att utarbetas. I och med uppdateringen av lagen om Finlands ekonomiska zon tillämpas Finlands och EU:s lagstiftning om el- och gasmarknaden, lagen om säkerhet vid hantering av farliga kemikalier och explosiva varor (390/2005), lagen om tryckbärande anordningar (1144/2016), lagen om utsläppshandel (1270/2023) och luftfartslagens (864/2014) bestämmelser om flyghinder på konstgjorda öar, anordningar och andra konstruktioner samt rörledningar och kablar som hänför sig till deras drift. Med anordning eller konstruktion avses i propositionen inte rör eller kabel. Dessutom regleras förhindrandet av föroreningar från fartygs normala verksamhet i den ekonomiska zonen av miljöskyddslagen för sjöfarten (1672/2009), och åtgärder för att förhindra oljeutsläpp och kemikalieutsläpp från fartyg regleras av räddningslagen (379/2011). Dessutom tillämpas avfallslagen (646/2011) i den ekonomiska zonen.

7.3.1 Tillstånd av statsrådet

Enligt 6 § i lagen om den ekonomiska zonen kan *"Statsrådet efter ansökan lämna samtycke till utnyttjande av naturtillgångar på havsbotten och i dess underlag i den ekonomiska zonen liksom också till forskning som åsyftar detta och till att i den ekonomiska zonen idkas annan verksamhet som avser ekonomiskt utnyttjande av zonen (utnyttjanderätt)..."*. Om byggande stadgas dessutom särskilt i lagens 7 §. Enligt den kan *"statsrådet efter ansökan lämna samtycke till att uppföra och använda konstgjorda öar, anläggningar och konstruktioner för de verksamheter som avses i 6 § samt sådana övriga anläggningar och konstruktioner som kan störa utövandet av de rättigheter som Finland enligt folkrätten har i den ekonomiska zonen..."*.

Finlands statsråd har 10.1.2022 beviljat samtycke till undersökningar i den ekonomiska zonen (VN/12504/2021). Den projektansvarige har med stöd av undersökningstillståndet utfört geofysiska och geotekniska undersökningar och utreder djupförhållandena på havsbotten i undersökningsområdena samt strukturen på botten och underliggande skikt under åren 2022 och 2023.

OX2 har den 23 december 2022 ansökt hos statsrådet om utnyttjanderätt för området för Hallaprojektet, så att OX2 skulle få en områdesreservation, dvs. en exklusiv rätt att utnyttja de områden som omfattas av projektet för havsbaserad vindkraftsproduktion. Den 2 maj 2024 beslutade regeringen att avslå samtliga 16 pågående ansökningar om utnyttjanderätt, inklusive en ansökan från Halla (statsrådets beslut ANM/2024/44). I beslutet anges bland annat att *"Statsrådets beslutsfattande enligt lagen om den ekonomiska zonen baseras enligt beslutet på en ändamålsenlighetsprövning. Lagens ordalydelse ger statsrådet (finska staten) omfattande prövningsrätt när det gäller utnyttjanderätt enligt kapitel 3 i lagen om Finlands ekonomiska zon. I statsrådets beslut har det bl.a. varit fråga om att göra en avvägning mellan olika aspekter av den enskilde sökandens/bolagets intressen och statens övergripande intresse i en situation där det finns intresse för samma projektområden i den ekonomiska zonen bland flera sökande. I lagen om ekonomiska zoner anges inte under vilka förutsättningar en*

utnyttjanderätt enligt kapitel 3 ska beviljas eller när en ansökan ska avslås. Statsrådets synsätt som talar för ett negativt beslut har varit övervägande i denna tillståndsprövning."(Val-tioneuvosto 2024)

I den ekonomiska zonen tillämpas bland annat miljöskyddslagen (527/2014), lagen om vattenvårds- och havsvårdsförvaltningen (1299/2004), vattenlagen (587/2011) och 8 a kap. om havsplanering i markanvändnings- och bygglagen (132/1999).

7.4 Tillstånd enligt vattenlagen

Tillstånd enligt vattenlagen (587/2011) ska sökas för byggande av vindkraftverks fundament och sjökablar samt för därtill knuten muddring och deponering av sediment. I MKB-förfarandet behandlas inte frågor som gäller mark- och vattenområdenas ägande och ersättningsförfarandet, utan de kommer att behandlas i tillståndsförfarandet enligt vattenlagen. Vattenlagen tillämpas både inom Finlands territorialvatten och inom Finlands ekonomiska zon. I den ekonomiska zonen är Regionförvaltningsverket i Södra Finland tillståndsmyndighet enligt miljöskyddslagen och vattenlagen (lagen om Finlands ekonomiska zon 1058/2004 § 18).

Processen enligt vattenlagen omfattar även internationellt samråd för projekt som ligger i Finlands ekonomiska zon.

Om marksubstanser tas från den ekonomiska zonen i ett havsområde gäller vattenlagen för tanken av marksubstanser.

7.5 Miljötillstånd

För vindkraftverk kan det från fall till fall krävas miljötillstånd enligt miljöskyddslagen (527/2014) om de kan medföra besvär enligt lagen angående vissa grannförhållanden (26/1920). I fallet vindkraftverk kan konsekvenser som innebär besvär vara buller och blinkande skuggeffekter från rotorbladens rotation. Det är inte troligt att miljötillstånd krävs för havsvindkraftsparken Halla på grund av det betydande avståndet till de närmaste störda objekten. I den ekonomiska zonen är Regionförvaltningsverket i Södra Finland tillståndsmyndighet enligt miljöskyddslagen och vattenlagen (lagen om Finlands ekonomiska zon 1058/2004 § 18).

Vätgasproduktion till havs kräver tillstånd enligt miljöskyddslagen. Lagring av vätgas i gasform under tryck kräver inte automatiskt tillstånd enligt miljöskyddslagen. Projekt för överföring och lagring av vätgas kan dock kräva miljötillstånd i enskilda fall på grund av deras påverkan.

En anläggning för vätgasproduktion är en direktivanläggning. Vid planeringen av vätgasanläggningen beaktas bästa tillgängliga teknik där så är möjligt. Anläggningen har bedömts vara en direktivanläggning enligt 27 § 1 mom. och bilaga 1 punkt 4a i miljöskyddslagen (527/2014). Det finns inga direkt tillämpliga BAT-slutsatser för verksamheten. En bedömning av bästa tillgängliga teknik kommer att göras i samband med ansökan om miljötillstånd för anläggningen i enlighet med 53 § i miljöskyddslagen. I granskningen beaktas horisontella BREF-dokument: CWW BREF (rening av avloppsvatten och gaser från kemisk industri), ENE BREF (energieffektivitet) och EFS BREF (utsläpp från lagring).

Processen enligt miljöskyddslagen omfattar även internationellt samråd för projekt som ligger i Finlands ekonomiska zon.

7.6 Flyghindertillstånd

Säkerheten och smidigheten för flygtrafiken kan försvåras av så kallade flyghinder. 158 § i luftfartslagen (864/2014) som trädde i kraft i november 2014 förutsätter att det krävs flyghindertillstånd för att placera anordningar, byggnader, konstruktioner och märken som

eventuellt medför fara för luftfarten. Om villkoren i lagrummet uppfylls och flyghindertillstånd krävs, ska den som förelägger flyghinder reda ut flyghindrets konsekvenser med hjälp av flyghinderutlåtande från leverantören av flygtrafikledningstjänster. För flyghindertillstånd ska sökanden först begära att den berörda leverantören av flygtrafikledningstjänster, Fintraffic Lennonvarmistus Oy (f.d. ANS Finland) lämnar ett flyghinderutlåtande.

158 § i luftfartslagen har ändrats (174/2023). I lagen har också tillagts bestämmelser om beviljande av flyghindertillstånd och om lufthinderregistret (158 a–d §§). Ändringarna träder i kraft den 1 oktober 2023. I fråga om vindkraftverk som byggs på havsområdet behövs för flyghindertillstånd även Gränsbevakningsväsendets utlåtande (158 § i luftfartslagen).

Enligt luftfartslagen får inte flyghinder störa flygtrafiken eller anläggningar som tjänar luftfarten och får inte sättas upp på ett sådant sätt att det av misstag kan förväxlas med anläggningar eller märken som tjänar luftfarten. Innan byggande av varje vindkraftverk söks flyghindertillstånd enligt luftfartslagen.

I och med uppdateringen av lagen om Finlands ekonomiska zon tillämpas bestämmelserna om flyghinder i luftfartslagen (864/2014) från och med den 1 januari 2025 på konstgjorda öar, anordningar och andra konstruktioner samt rörledningar och kablar som hänför sig till deras drift.

7.7 Tillstånd för omfattande industriell hantering och lagring av kemikalier

Industriell hantering och lagring av kemikalier regleras av lagen om säkerhet vid hantering av farliga kemikalier och explosiva varor (390/2005, kemikaliesäkerhetslagen). Enligt lagens 23 § får omfattande industriell hantering och upplagring av en farlig kemikalie endast utövas med Säkerhets- och kemikalieverkets tillstånd. (Tukes). Tillstånd krävs om relationstalet för de kemikalier som lagras på området överskrider de gränsvärden som anges i statsrådets förordning om övervakning av hanteringen och upplagringen av farliga kemikalier (685/2015). Det eventuella behovet av tillstånd för Halla havsbaserade vindkraftsprojekt gäller produktion och lagring av vätgas, och det närmare behovet av tillstånd kommer att fastställas när planeringen fortskrider. Ett tillstånd för omfattande industriell hantering och lagring av kemikalier kan beviljas efter att kontaktmyndigheten har lämnat sin motiverad slutsats om MKB-beskrivningen.

I och med uppdateringen av lagen om Finlands ekonomiska zon kommer lagen om säkerhet vid hantering av farliga kemikalier och explosiva varor (390/2005) att tillämpas på konstgjorda öar, utrustning och andra konstruktioner samt rörledningar och kablar i anslutning till deras drift från och med den 1 januari 2025.

7.8 Begäran om utlåtanden

7.8.1 Försvarsmaktens godkännande

Under planeringen klarläggs med den finska Försvarsmakten hur vindkraftsbyggandet påverkar den militära luftfarten samt hur Försvarsmaktens övervaknings- och vapensystem fungerar och andra omständigheter som påverkar användningen av trupper och områden. Huvudstaben ger utlåtande om vindkraftsområdenas slutliga godtagbarhet. Den projektansvarige ska därför begära ett utlåtande om den planerade vindkraftsparken från Försvarsmaktens huvudstab. Godkännandet är en förutsättning för att genomföra projektet.

Projektet har fått ett positivt yttrande från Finlands Huvudstab den 22 december 2021. I sitt utlåtande konstaterar Huvudstaben att Finlands Försvarsmakt inte motsätter sig att vindkraftverk enligt planen byggs inom Bottenvikens ekonomiska zon.

7.8.2 Konsekvenser för tv- och radiosändningar

I samband med MKB-processen begärs ett utlåtande från Digita Oy i Finland om projektets konsekvenser för tv- och radiosändningar.

7.8.3 Påverkan på väderradar

Vindkraftverk kan påverka funktionen för väderradar om radaranläggningen ligger nära vindkraftverken. I samband med MKB-processens samråd begärs utlåtande från finska Meteorologiska institutet.

8 Beskrivning av det aktuella tillståndet för miljön i projektområdet

Nedan beskrivs nuläget för den havsbaserade vindkraftsparken Halla och dess omgivning, med en utbredning till den svenska kusten i den mån det är nödvändigt. I de följande kapitlen kommer först den aktuella situationen på den finska sidan och sedan på den svenska sidan att diskuteras.

8.1 Havsområdesplanering

I och med den ändring av markanvändnings- och bygglagen som trädde i kraft den 1 oktober 2016 har de landskapsförbund vars område omfattar territorialvatten blivit ansvariga för havsplaneringen inom sitt territorialvatten och sin ekonomiska zon (*Pohjanmaan liitto 2023*). Norra Österbottens förbund utarbetade en gemensam havsplan tillsammans med Lapplands förbund, Mellersta Österbottens förbund och Österbottens förbund. Norra Österbottens förbundsfullmäktige godkände den 14 december 2020 utkastet till havsplan för norra delen av Bottenhavet, Kvarken och Bottenviken (*Pohjois-Pohjanmaan liitto 2023c*).

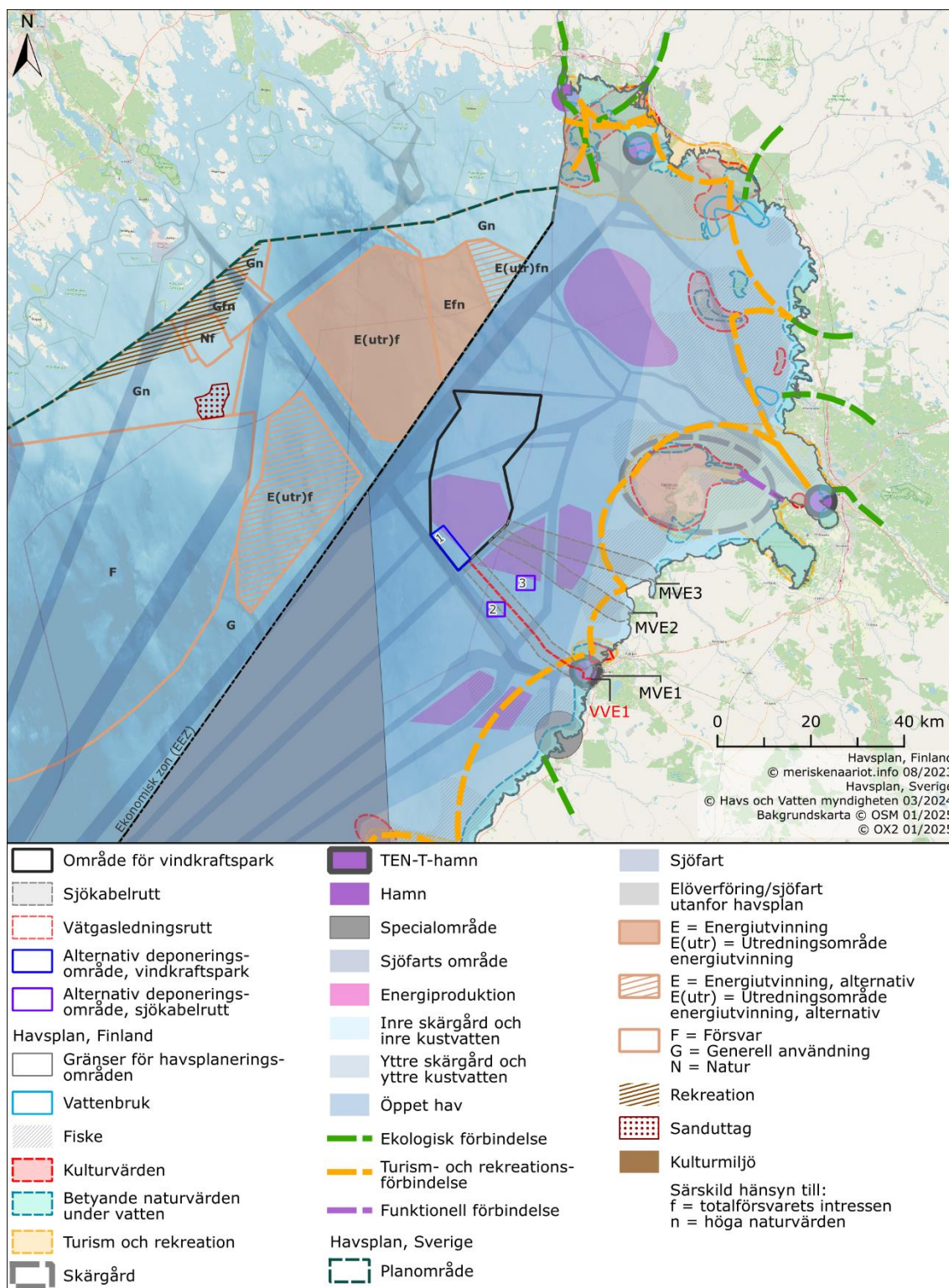
Havsplanen är en strategisk vision för en hållbar användning av havsområdet och för att stödja en god status i den marina miljön, och den stöder regional planering och utveckling. Även om havsplaneringen regleras av markanvändnings- och bygglagen och havsplanen har indirekta styreffekter, är havsplanen inte en del av systemet för fysisk planering och har inga rättsverkningar. Planen är möjliggörande och vägledande till sin natur och beskriver ett måltillstånd för 2030 (*Meritaluesuunnittelu 2023*).

Havsplaneringen främjar en hållbar utveckling och tillväxt av olika användningsområden för havsområdet, en hållbar användning av naturresurser och en god havsmiljö (*Pohjanmaan liitto 2023*). Havsplanen omfattar Finlands territorialvatten och ekonomiska zon. I havsplanen identifieras betydande och potentiella områden som inte kan tolkas som områdesreserver.

I havsplanen (Figur 8–1) är Halla havsbaserade vindkraftspark belägen i havsområdet i den ekonomiska zonen och projektområdet är delvis utpekad som energiproduktionsområde (havsbaserat vindkraftsområde 3 utanför Siikajoki-Karlö). Havsområdena Norra Bottenhavet, Kvarken och Bottenviken har utsetts över och runt projektområdet i sydvästlig-nordostlig riktning. I havsplanerna för Norra Bottenhavet, Kvarken och Bottenviken har hamnarna i Brahestad och Uleåborg utsetts till hamnar av internationell betydelse (TEN-T), och båda dessa hamnar har utgående havsområden.

I havsplanen har ett energiproduktionsområde (havsbaserat vindkraftsområde 3 utanför Siikajoki-Karlö) pekats ut i området för vindkraftsparkens alternativa dumpningsplats.

Sverige har tagit fram havsplaner för Bottniska viken, Östersjön och Nordsjön (Figur 8–1). *Havsplaneringen* främjar ett effektivt och hållbart nyttjande av havsområdet och anger den mest lämpliga användningen av olika havsområden (*Havs- och vattenmyndigheten 2024*).



Figur 8-1. Utdrag ur havsplanen för Norra Bottenhavet, Kvarken och Bottenviken 2030 och platserna för den havsbaserade vindkraftsparken Halla och energiöverföringsrutterna (MVE/VVE). (Meriluesuunnittelu 2023, Havs- och vattenmyndigheten 2024)

På den svenska sidan har två energiåtervinningsområden identifierats i havsplanen på ett avstånd av cirka 4,7 km från Halla, inom vilka de pågående projekten Polargrund Offshore och Bothnia Offshore Omega är belägna (Figur 8-1). Mellan Hallaområdet och

energiutvinningsområdena finns även havsområden på den svenska sidan. Dessutom finns det indikationer på landförsvar och natur på ett avstånd av cirka 5 km från Halla-anläggningen.

8.2 Planläggning

Projektområdet för den havsbaserade vindkraftsparken är beläget inom Finlands ekonomiska zon och hör inte till landskapsplanerat område.

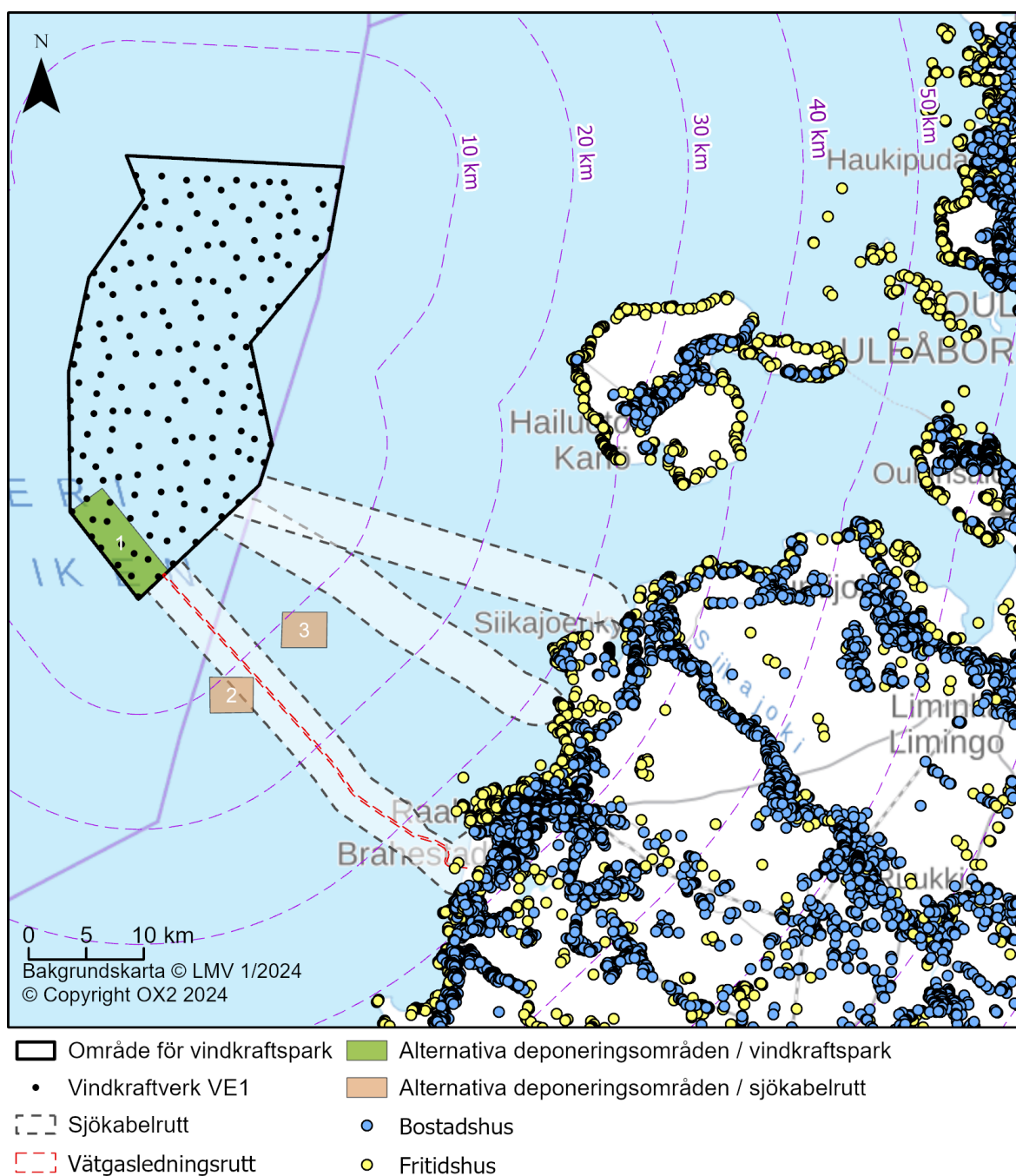
På den finska sidan gäller följande tre landskapsplaner för Norra Österbotten för det område där miljökonsekvenserna av den havsbaserade vindkraftsparken granskas samt för sjökabel-rutternas, vätgasrörledningens och de alternativa deponeringsområdenas områden (*Pohjois-Pohjanmaan liitto 2023b*):

- etapplandskapsplan 1 (laga kraft 3.3.2017)
 - o etapplandskapsplanen godkändes 2.12.2013. De viktigaste teman som behandlas i planen är naturmiljön, strukturen för handeln, regionstruktur och tätorter, trafiksystem och logistik samt energiproduktion och överföring.
- etapplandskapsplan 2 (laga kraft 2.2.2017)
 - o etapplandskapsplanen godkändes 7.12.2016. Etapplandskapsplanen behandlar markanvändningen i hela landskapet inom följande teman: kulturmiljöer och landskapsområden, bebyggelsestruktur på landsbygden, rekreations- och turistområden, regionala skjutfält och materialcentra samt Försvarsmaktens områden.
- etapplandskapsplan 3 (laga kraft 17.1.2022)
 - o etapplandskapsplanen godkändes 11.6.2018. I den tredje etapplandskapsplanen behandlas följande teman i landskapets markanvändning: grundvatten- och stenmaterialområden, mineralpotential- och gruvområden, trafik och markanvändning i Uleåborgsregionen, revideringar av vindkraftsområden, revideringar av planbeteckningar i Vaala och Himanka samt andra uppdateringar av landskapsplanebeteckningarna. Den 17 januari 2022 avslog Högsta förvaltningsdomstolen överklagandena av godkännandet av den etapplandskapsplanen.

På den svenska sidan gäller översiktsplanen för Kalix kommun i territorialvattnet. Den gällande översiktsplanen för Kalix kommun, upprättad 2009, beskriver hur kommunen långsiktigt vill använda mark och vatten för utveckling av bostäder, företag, infrastruktur, natur och vatten. Planen har ett särskilt avsnitt om vindkraft där det framgår att kommunen är positiv till vindkraft men att hänsyn måste tas till andra allmänna intressen vid etablering (Kalix kommun 2009). Förslaget till den nya planen har varit på samråd mellan den 28 april och den 28 juni 2024. I det nya förslaget specificerar kommunen områden som är lämpliga för vindkraftsutbyggnad, både på land och till havs, för att möta samhällets ökade efterfrågan på förnybar energi. Skyborns Polargrund Offshore-projekt i är ett av de områden som identifierats och nämns särskilt i planutkastet. Den nya översiktsplanen förväntas antas i slutet av 2024 (*Kalix kommun 2024*).

8.3 Bosättning och rekreation

Den närmaste bosättningen till den havsbaserade vindkraftsparken på den finska sidan ligger i Karlö, cirka 23 km från projektområdet, och öns kust består nästan uteslutande av fritidshus (Figur 8-2). Det finns också några byggnader som klassificeras som bostadshus på Karlös västra kust i Marjaniemi, men mer permanenta bosättningar finns i kommunen. I Siikajoki ligger de närmaste fritids- och bostadshusen i Tauvo på ett avstånd av mindre än 30 km. Närmaste fritidsbebyggelse i Brahestads skärgård ligger också på ca 30 km avstånd.

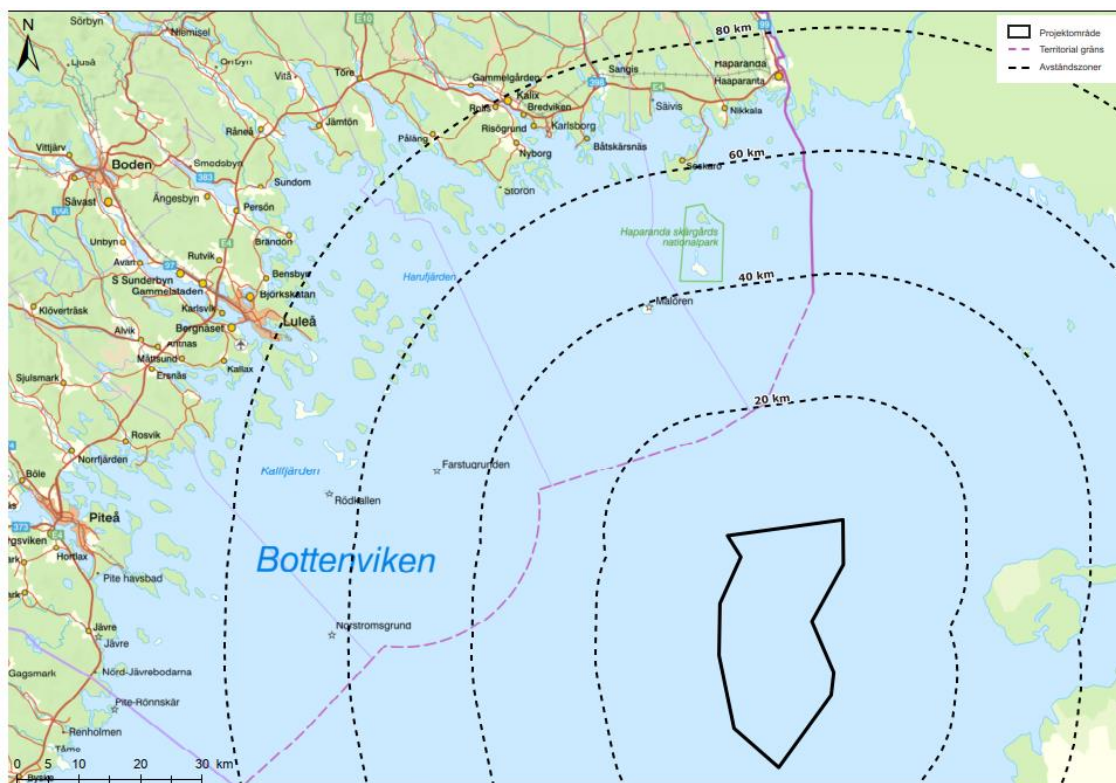


Figur 8-2. Bostads- och fritidsbyggnader i närheten av projektområdet. Kartan visar antalet vindkraftverk i området för den havsbaserade vindkraftsparken enligt alternativ VE1.

Föreslagen vindkraftspark Halla planeras inom Bottenviken och på den svenska sidan återfinns ett mycket stort område vid Norrbottens kust- och skärgårdsområde. Hallas projektområde ligger cirka 65 km från Sveriges kust och inom analysområdets 80 km gräns, innefattas främst landyta inom Luleå, Kalix och Haparanda skärgård.

Norrbottens kust- och skärgårdsområde innefattar fyra kommuner, Piteå, Luleå, Kalix och Haparanda kommun, i den nordligaste delen av Bottenviken. Merparten av befolkningen längs kust- och skärgård återfinns inom de fyra kommunhuvudorterna Piteå, Luleå, Kalix och Haparanda. Invånarantal är störst inom Luleå (närmare 79 000 invånare) och Piteå kommun (närmare 41 500 invånare), medan Haparanda och Kalix kommun har ett lägre invånarantal på cirka 16 000 invånare (Haparanda) respektive cirka 9 200 invånare (Kalix).

På den svenska sidan ligger de närmaste öarna Malören och Sandskär cirka 40 kilometer norr om den norra kanten av Halla projektområde. På Sandskär finns också den närmaste fritidsbebyggelsen (Figur 8-3).



Figur 8-3. Karta över avståndszoner som presenteras i bilaga 2. bakgrundskarta Topografisk webbkarta Visning, översiktlig © Lantmäteriet. (AFRY Sverige 2024)

Bofast befolkning finns längs hela fastlandskusten samt på öar i främst Luleå och Haparanda skärgårdar. Skärgården är präglad av tidigare jordbruk, fiske och säljakt, men också en spridd och utbredd fritidsbebyggelse som finns längs hela kuststräckan och på de flesta större öarna.

8.4 Naturmiljö

8.4.1 Beskrivning

Beskrivningen av den nuvarande situationen baseras på befintliga uppgifter och analysen har baserats på bland annat kartgranskningar, lokalkännedom hos AFRY Finlands och AFRY Sveriges experter samt information från andra projekt i havsområdet (t.ex. de pågående MKB-förfarandena för havsbaserade vindkraftsprojekt i Sverige och materialet från deras internationella samråd).

Den havsbaserade vindkraftsparken ligger i Finlands ekonomiska zon på öppet hav, och det finns inga öar eller skär i projektområdet där landlevande djur kan förekomma. Säl påträffas ibland i projektområdet, men där finns inga fortplantnings- eller viloplatser.

Naturmiljön inom analysområdet (mellan Halla och Sveriges kust) är starkt påverkad av dess närhet till havet som en del av Norrbottens kust och skärgårdsområde. Den bågformande viken som inkluderar Luleå och Kalix skärgårdar, präglar också landskapets karaktär. Berggrunden längst kusten har en mild lutning, vilket resulterar i en utbredd skärgård längs kustlinjen. Kustlandskapet med inner- och yttreskärgård består av flacka områden, med höjder som varierar från 10 till 70 meter över havet. Landskapet är format av inlandsisen och den

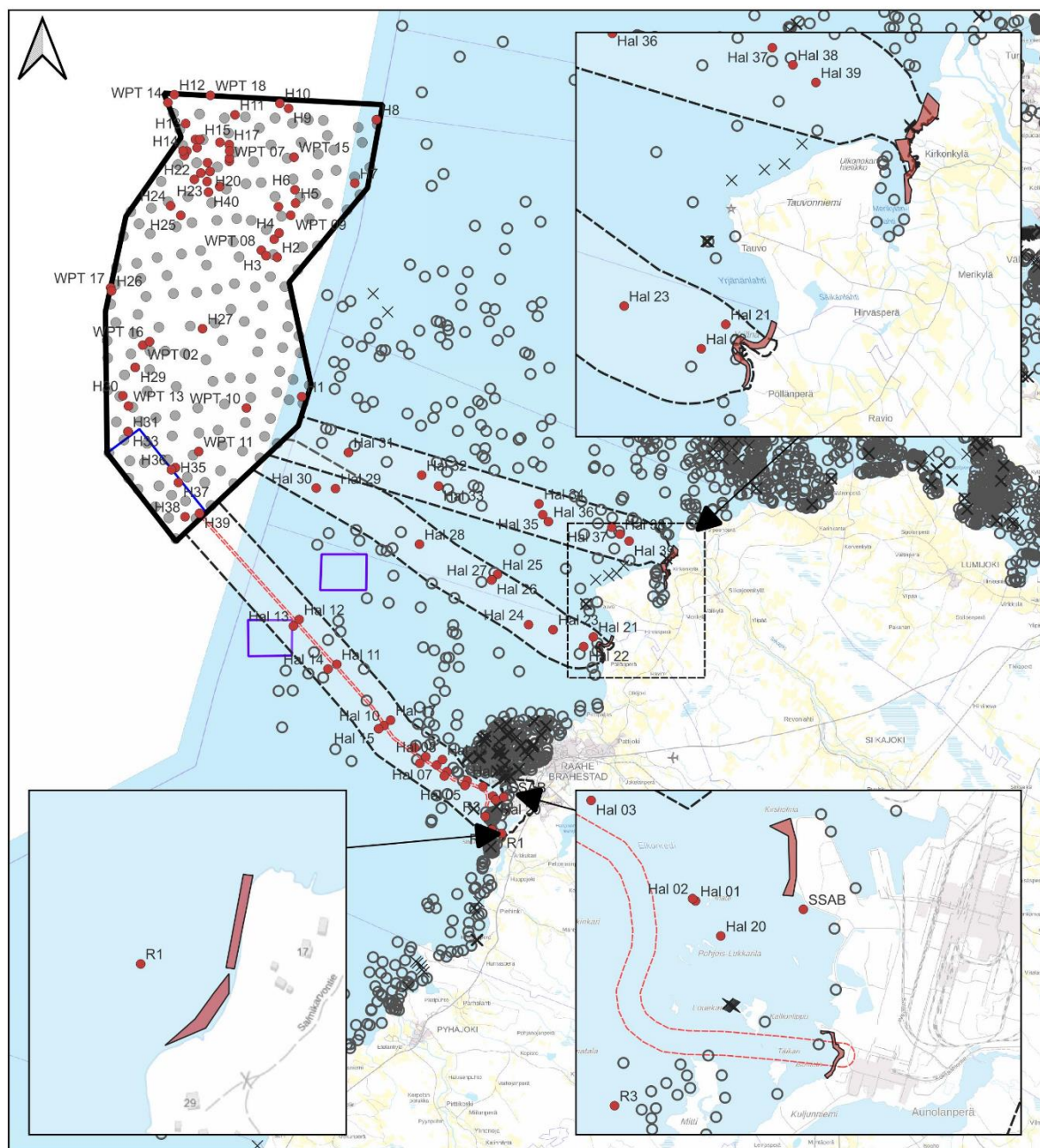
landhöjning som ännu pågår efter att isen försvann. Bergön och Rånön i Kalix skärgård är de högsta öarna i hela Norrbottens skärgård, medan resterande öar är låglänta.

8.4.2 Vattenområde

8.4.2.1 Finska sidan

Material som används för att beskriva nuläget

Vattenvegetationen, bottenfaunan och livsmiljöerna i projektområdet studerades genom att sammanställa och analysera registerdata från VELMU-projektet. Sedan 2004 har VELMU (Program för inventering av biologisk mångfald i marina) gett en mängd ny information om arter och samhällen under vattnet i Östersjön. VELMU-data består huvudsakligen av punktdata från videospelningar och dykningar. VELMU-projektet har genomfört en omfattande kartläggning av undervattensfaunan i Bottenhavets kustområden, så att en betydande mängd information om vattenväxter, alger och bottenfauna i området finns tillgänglig från områdena för sjövatenskablarna och vätgasrören. I området för sjökabel- och vätgasrörssträckningen har videopunkter filmats sedan 2011 och bottenarna har undersökts genom dykning eller vadning sedan 2006, och ytterligare data samlas in fram till 2022. De VELMU-data som används i MKB:n är huvudsakligen från 2014–2020, men vissa av observationerna av mossbollar är från 2013. Det finns just ingen tidigare kartläggningsdata för området för havsbaserade vindkraftsparken (Figur 8-4, Figur 8-5, Figur 8-6). VELMU-projektet har använt undersökningsdata för att skapa modeller av miljöförhållanden som är gynnsamma för förekomsten av arter och naturtyper (*Suomen ympäristökeskus 2022a*).



Kartläggningar av undervattenshabitat 2022-2023

- Drop-video
- Strandkartläggningar

VELMU-kartläggningar

- Drop-video
- Dyk

Projektmaterial

- Område för vindkraftspark

- Vindkraftverk VE1

- Sjökabelrutt

- Vätgasledningsrutt

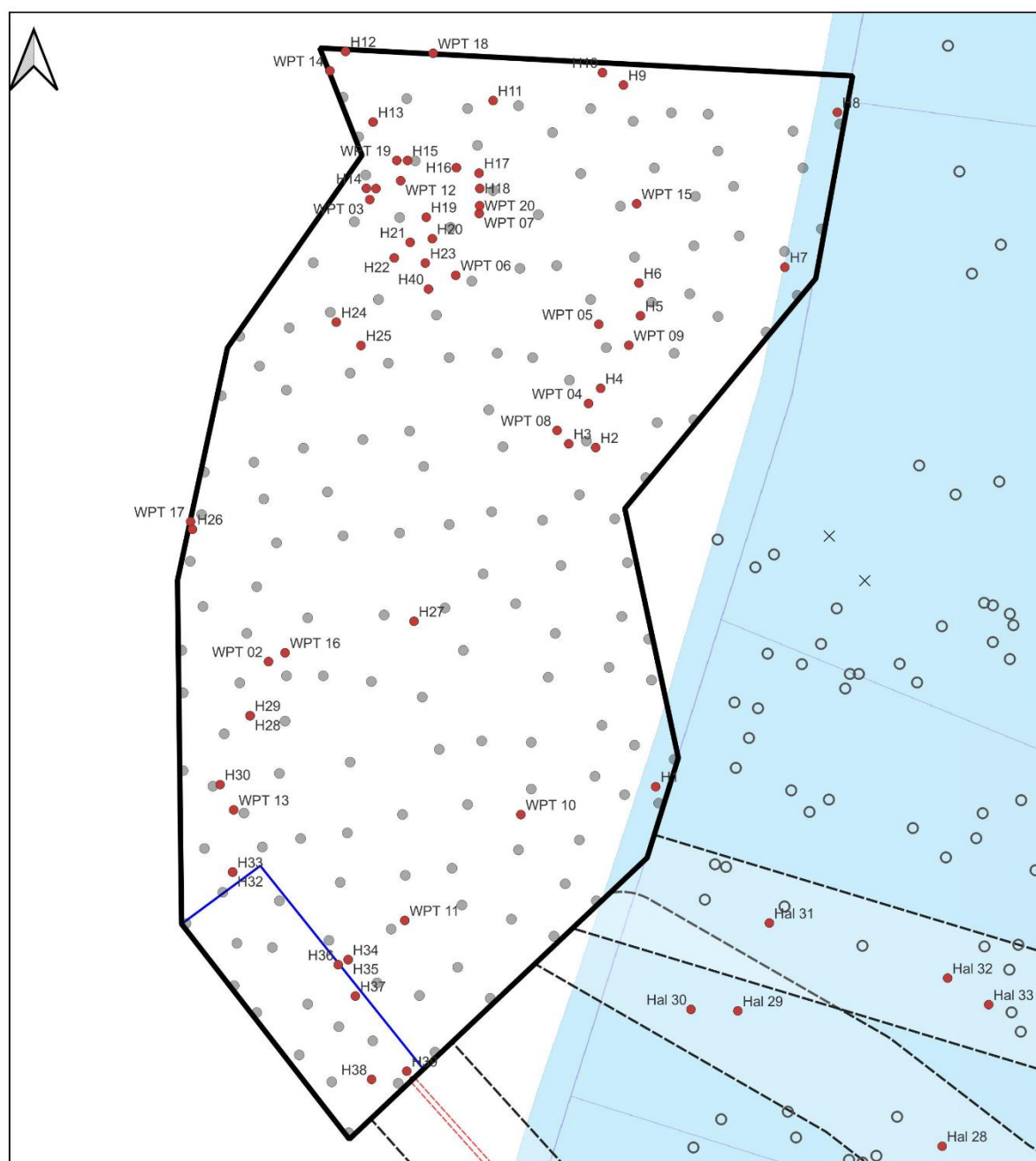
Alternativ deponeringsområde

-
-

0 5 10 km

Bakgrundskarta © MML 04/2024
© OX2 04/2024

Figur 8-4. Undersökningar som utförts i projektets havsområde.



Kartläggningar av undervattenshabitat 2022-2023

• Drop-video

VELMU-kartläggningar

○ Drop-video

× Dyk

Projektmateriel

▭ Område för vindkraftspark

• Vindkraftverk VE1

--- Sjökabelrutt

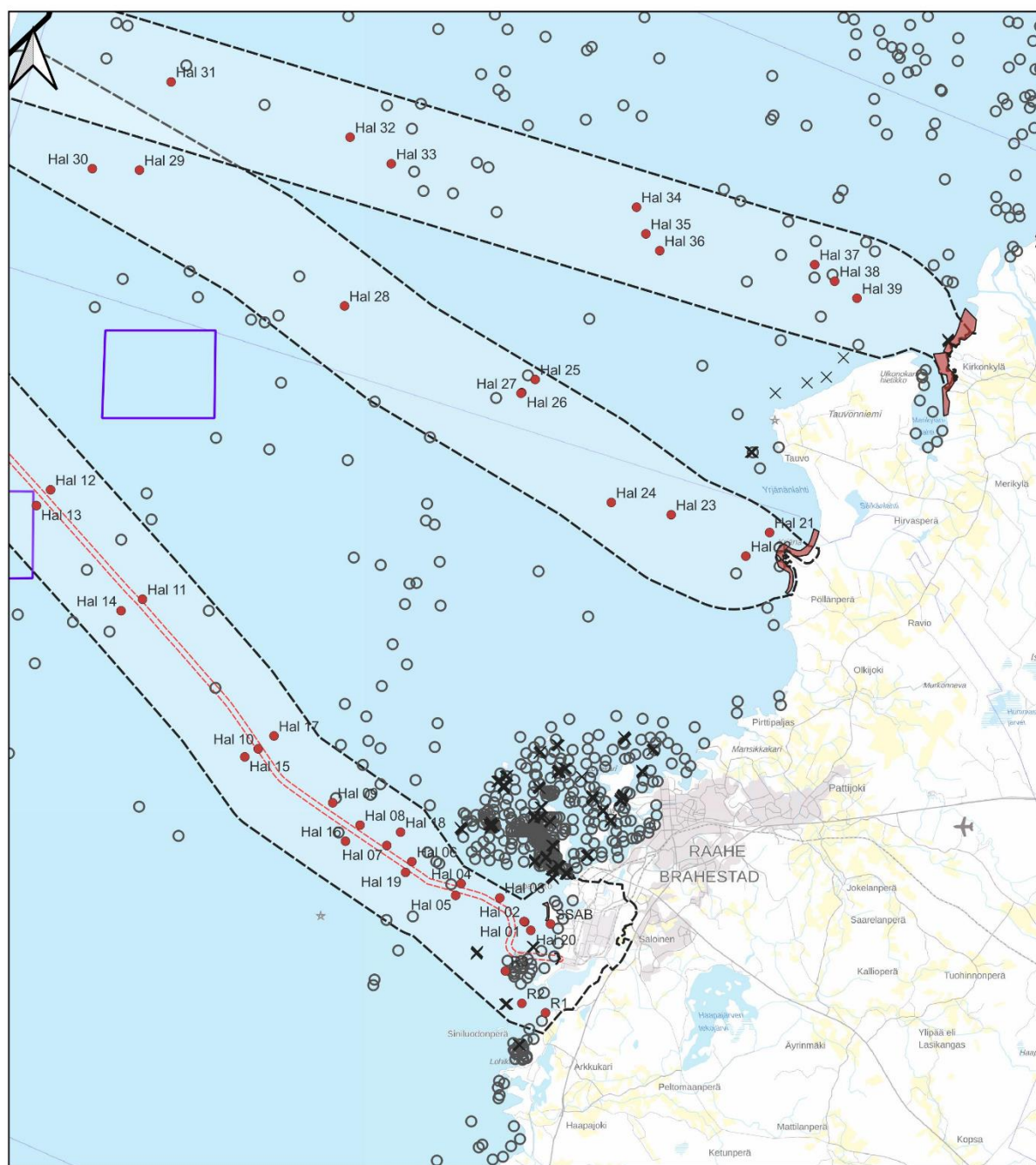
--- Vätgasledningsrutt

▭ Alternativ deponeringsområde

Bakgrundskarta © MML 04/2024

© OX2 04/2024

Figur 8-5. Undersökningar i området för havsbaserade vindkraftsparken.



Kartläggningar av undervattenshabitat 2022-2023

- Drop-video
- Strandkartläggningar

VELMU-kartläggningar

- Drop-video
- × Dyk

Projektmateriel

- Område för vindkraftspark
- Sjøkabelrutt
- Vätgasledningsrutt
- Alternativ deponeringsområde

Bakgrundskarta © MML 04/2024
© OX2 04/2024

Figur 8-6. Undersökningar längs sträckningar för sjøkabler och vätgasrør.

De mer detaljerte naturinventeringarna under vattnet som gjennomførtes for projektet inrikta-
tades på de mest verdifulle og mangsidige områdene (Figur 8-4, Figur 8-5, Figur 8-6).

Undersökningarna omfattade vadande kartläggningar av hotade växtarter och habitat vid de alternativa landföringsplatserna för sjökabel- och vätgasrörssträckningarna, dropvideounder-sökningar av undervattenshabitat av grundare rev och sandbanksliknande objekt i det område som påverkas av sjökabel- och vätgasrörssträckningarna samt kartläggning av habitat på hård-botten med dropvideo i området för den havsbaserade vindkraftsparken. I den havsbaserade vindkraftsparkens område fokuserades kartläggningen på hårda bottenar enligt modellen för hård och mjuk havsbotten. Modellen bygger på kartdata från Geologiska forskningscentralen (GTK), Finlands miljöcentrals (SYKE) och Forststyrelsens jordartsobservationer samt data om miljövariabler från Inventeringsprogrammet för undervattensnaturens mångfald (VELMU), i synnerhet modellerna för djup och bottenöppenhet. Rev- och sandbanksliknande platser längs sjökabel- och vätgasrörsrutter identifierades med hjälp av Traficoms sjökortsdata. De senaste gällande VELMU-metodologiska riktlinjerna (*Suomen ympäristökeskus & Metsähallitus 2022*) följdes i kartläggningen. Klassificeringen av habitat baserades på den internationella metoden IUCN Red List of Ecosystems. Undersökningarna utfördes av Alleco Oy, ett finskt företag som specialiserat sig på kartläggning av undervattensnatur.

Rev- och sandbanksliknande platser, liksom platser som klassificeras som hårda bottenar, inom influensområdet för kabelrutter och vätgasrör identifierades med hjälp av kart- och lodnings-data och kartlades med hjälp av en dropvideokamera. De data som användes var Traficoms sjökortsdata och GTK:s, SYKE:s och Forststyrelsens modell av havsbottnens hårda och mjuka områden. Det fanns 60 drop-video-punkter i området för den havsbaserade vindkraftsparken och 43 längs kabelsträckningarna (Figur 8-6). Varje videoinspelning innehöll data från ett område på cirka två kvadratmeter. Videofilmerna analyserades med avseende på bottensedimentmängd, bottenkvalitet, artsammansättning, vegetationens täckning, antal djur och andel fastsittande djur. (*Vasama & Leinikki 2023*)

I Halla-projektet finns tre alternativa landföringsområden för kablar och vätgasrör (Figur 8-4). Vattenvegetationen runt varje landföringsplats kartlades med hjälp av vadningsmetoden (*Suomen ympäristökeskus & Metsähallitus 2022*). De områden som kartlades sträckte sig minst 100 meter längs stranden i båda riktningarna från de avsedda landföringsplatserna. Känsliga livsmiljöer som hittades längre bort under kartläggningen inkluderades också i resultaten.

Bottendjursprover togs under två år (2022, 2023) från både den havsbaserade vindkraftsparken och kabelrutterna. Proverna för bottendjursanalys togs med hjälp av en Van Veen-grip-provtagningssond. Prov togs från totalt 42 stationer under 2022 (*Lindfors m.fl. 2023a*) och 21 under 2023 (*Lindfors m.fl. 2024*). Provtagningen, hanteringen och analysen av proverna utfördes i huvudsak i enlighet med HELCOM COMBINE-riktlinjerna. År 2022 togs parallella prover 1/station, år 2023 3/station. Undersökningen 2022 var av kartläggningstyp, varefter antalet parallella prov ökades för nästa provtagningsår, med hänsyn till synpunkter från myndigheterna.

Art- och biomassaanalysen av de silade och etanolkonserverade proverna utfördes av en expert med nödvändiga kvalifikationer. Bottendjuren artbestämdes och deras individtäthet och biomassa beräknades.

Ur bottenfaunaundersökningsdata beräknades för båda åren BBI (Brackish Water Benthic Index) och BBI-ELS (ekologisk kvalitetskvot), som har utvecklats för att beskriva den ekologiska statusen för bottendjursamhällena på Östersjöns mjuka bottenar. Benthic Quality Index (BQI) (Korpinen m.fl. 2018) har utvecklats för att bedöma de bentiska samhällena ovanför haloklinen på öppet hav och beräknades för båda åren. BQI-index beräknades också från djupa prover, eftersom ingen uppenbar haloklin som inducerar skiktning upptäcktes i området baserat på CTD-mätningar. Dessutom bedömdes förekomsten av vitmärla-sötvattensmärla-bottenar

(LuTu-naturtyp). Utifrån materialet drogs slutsatser om nuläget för bottenfaunan. I bedömningen har man också använt sig av andra data från övervakning av bottenfauna i området.

Uppgifterna om projektområdets nuvarande status kompletterades till dokumentfasen med kontinuerliga mätningar av strömmar och vattenkvalitet (*Lindfors m.fl. 2023a*). Dessutom har tillgänglig information från andra liknande projekt använts.

Under konsekvensbedömningen utreddes befintliga uppgifter om planeringsområdets och dess närområdes betydelse som utbrednings- och reproduktionsområde för gråsäl och östersjövikare (bland annat Naturresursinstitutets sälinventeringar). Även sälar beaktades under fågelinventeringarna, och alla observerade sälar registrerades i GIS.

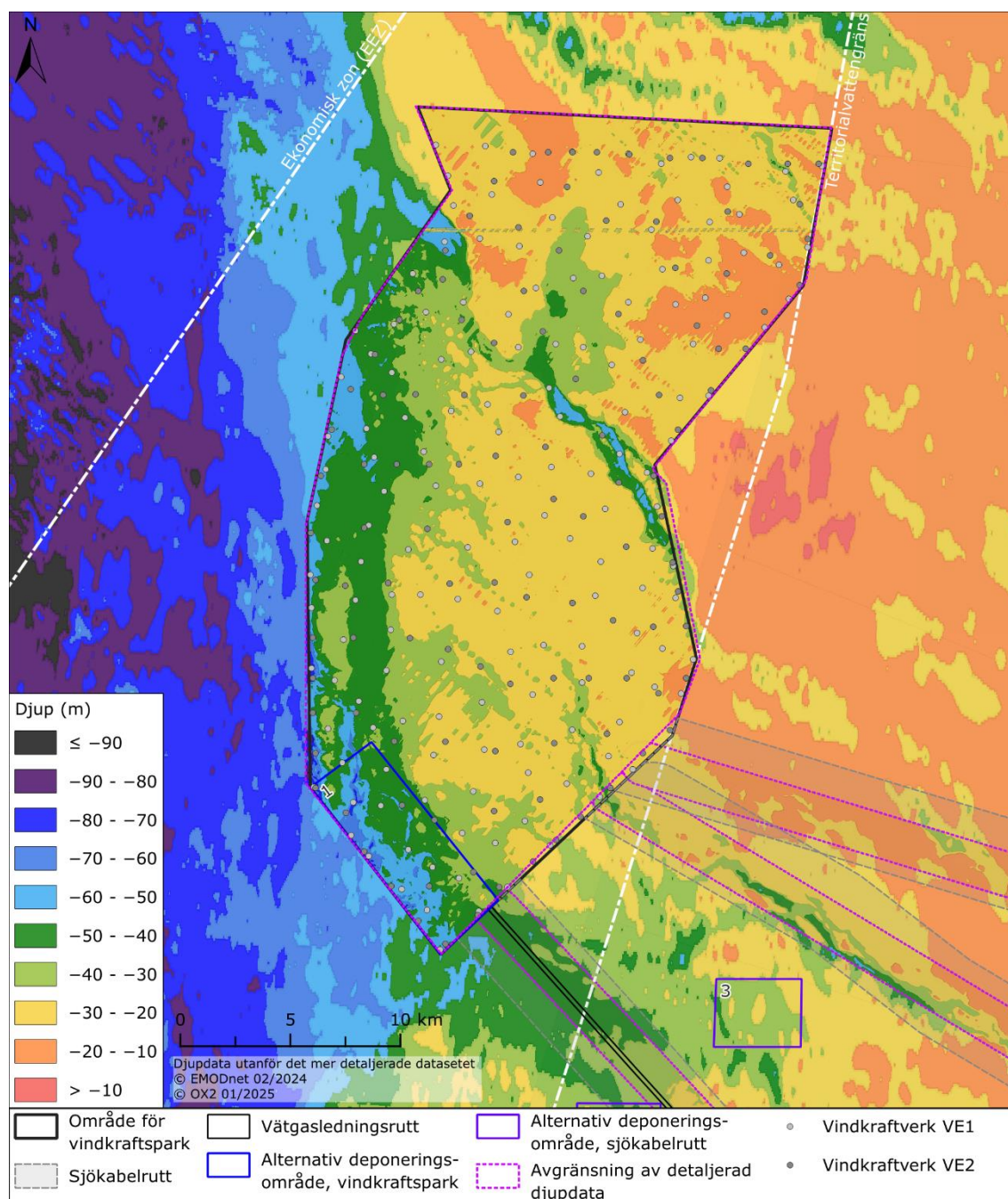
Tabell 8-1. Data som används för att beskriva nuläget.

Data som används för att beskriva nuläget (det språk som rapporten är skriven på anges inom parentes)
Miljöförvaltningens Hertta-databas (finska/svenska):
Vattenkvalitetsregistret Vesla
Vattenförvaltning och vattenförekomster
Sedimentundersökningar i projektområdet 2022 och 2023 (bilaga 2 och 5 till den nationella MKB-beskrivningen) (finska)
Strömnings- och vattenkvalitetsmätningar i projektområdet 2022 (bilaga 2 till den nationella MKB-beskrivningen) (finska)
VELMU karttjänst (finska/svenska):
VELMU-artobservationer (2006–2022)
Platser för VELMU dyk- och dropvideoinventeringspunkter
Modellerade hotade LuTu-naturtyper
Naturtyper enligt naturtypsdirektivet
Marina skyddsområden (HELCOM MPA, Natura 2000-områden, EMMA)
Forststyrelsens biotopfigurer för naturtyperna i habitatdirektivet (finska)
Finlands miljöcentrals uppgifter om privata och statliga naturskyddsområden samt naturskyddsprogramområden (finska)
Dropvideo- och vadarundersökningar med VELMU-metoden i de mest värdefulla områdena i projektområdet 2022 och 2023 (bilaga 4 till den nationella MKB-beskrivningen) (finska):
Fokusering av kartläggningen av sjökabel- och vätgasrörsrutter till rev- och sandbanksliknande platser med hjälp av Traficoms sjökortsdata
Fokusering av kartläggningen av vindkraftsparken till hårda bottnar med hjälp av modellen för hårda och mjuka områden på havsbotten (GTK, SYKE, MH, VELMU)
Vattenväxter, alger och fastsittande bottenfaunaarter som observerats i kartläggningar med dropvideo och vadning
LuTu-naturtyper som observerats i kartläggningar med dropvideo och vadning

Data som används för att beskriva nuläget (det språk som rapporten är skriven på anges inom parentes)
Provtagning av bottenfauna 2022 och 2023 (bilaga 2 och 5 till den nationella miljökonsekvensbedömningen) (finska)
Data från bottenfaunauppföljningarna i området som registrerats i bottenfaunaregistret och data från Forststyrelsen (finska/svenska)
Forskningslitteratur om påverkansmekanismer (finska)
Artdatacentralens observationer av hotade arter (Finland)
Svenska MKB-processer och deras internationella samrådsmaterial (finska/svenska):
- Skyborn Renewables Sweden AB 2024. Polargrund Offshore. - Njordr Offshore Wind Ab 2022. VINDPARKEN BOTHNIA OFFSHORE OMEGA.

Allmänt

Projektområdet ligger i Bottenviken, cirka 23 kilometer väster om Karlö. Den maximala ytan för den havsbaserade vindkraftsparken är cirka 575 km² och djupet varierar mestadels mellan 12 och 61 meter (Figur 8–7). Vattendjupet är störst i den västra delen av området (djupaste punkterna ca 80 m). De djupaste områdena finns i den västra och sydvästra delen av området. Merparten (85,8%) av området ligger inom djupintervallet 20–50 m. De hydrografiska förhållandena i projektområdet liknar de allmänna förhållandena i norra delen av Bottenviken. Alternativen för sjökabelrutt ligger utanför Siikajoki och Brahestad.



Figur 8-7. Djupförhållanden i det havsbaserade vindkraftsområdet.

Bottenviken kännetecknas av vatten med låg salthalt, grunt vatten och en lång istäckt säsong. Ett avrinningsområde på 260 000 km² mynnar ut i Bottenviken. Avrinningsområdet omfattar de nordligaste delarna av Finland och Sverige. De största älvorna som rinner ut framför projektområdet är Siikajoki, Ule älv och Kiminge älv. Bottenvikens vattenmassor byts snabbt på grund av flöden från älvorna, ungefär en gång vart femte år. (Kronholm m.fl. 2005)

Salthalten i Bottenviken är på sin höjd endast omkring 4 ‰ beroende på den stora mängden sötvatten som rinner ut från landområden. Vid älvmynnningar kan salthalten vara mycket låg.

I Bottenviken är skiktningen enligt salthalt svag och oklar jämfört med den sydligare Östersjön, och förhindrar knappast någon vertikal vattenomblandning. Den regelbundna tillfrysningen och de rikliga älvvattnen ger upphov till en annan typ av skiktning under vintern, där älvvatten

som är lättare än havsvatten samlas i älvmyrningar och breder ut sig över havsvattnet i ett lager som är mellan 1 och 5 meter tjockt under isen. Skillnaden i salthalt mellan yt- och underskiktet kan då vara stor, och de beståndsdelar som älvvattnet för med sig kan föras ut långt ut i havet. Under tiden för öppet vatten blandas vattenmassorna av vindar, variationer i havsvattnets höjd och strömmar, och salthaltsskiktningen blir inte lika stark som under vintern. I grunda områden blandas vattnet om ända ner till botten, vilket emellanåt orsakar en viss grumling.

Vattenkvalitet

Syresituationen i Bottenviken är i allmänhet god på grund av svag skiktning och vatten som strömmar från Bottenhavet. På grund av Kvarkens tröskel är det bara syrerikt vatten från Bottenhavet som når Bottenviken. (*Kronholm m.fl. 2005*).

Bottenviken är ett havsområde med relativt låg halt av näringsämnen. Övergödningsproblem uppstår främst nära kusten. På öppet hav och ofta även i kustzonen är fosfor begränsande näringsämne för produktionen av växtplankton. Situationen är raka motsatsen till de flesta andra havsområden, där det begränsande näringsämnet vanligen är kväve. Höga halter av järn och humus i vattnet bidrar till låga fosfathalter, eftersom fosfor binder till dem och sedimenteras till botten. Ett underskikt med rikligt med syre bidrar till fosforbindningen till sedimentet. Det förekommer typiskt mer kväve i Bottenviken än i Östersjöns sydligare bassänger, eftersom växtplankton till följd av fosforbegränsningen inte kan utnyttja hela kvävelagret. I de områden som påverkas av älvar kan det dock också ibland förekomma kvävebegränsningar i Bottenviken.

Älvarna för med sig stora mängder humus till Bottenviken. Den energi som finns i humusen är ett viktigt tillskott till hela näringskedjan i Bottenviken. Cirka 40 procent av energin i näringskedjan beräknas komma från organiskt material, främst från humus som transporteras av älvarna. (*Kronholm m.fl. 2005*).

Projektområdet (områdena för havsbaserad vindkraftspark och energiöverföring) hör i vattenförvaltningsplaneringen till Ule älvs-Ijo älvs vattenförvaltningsområde och i havsförvaltningen till Bottenvikens havsområde. Den havsbaserade vindkraftsparken ligger utanför planeringsområdet för vattenförvaltning. Vattenförvaltning omfattar kustvattenförekomster som sträcker sig en nautisk mil mot havet från den yttre gränsen för inre territorialvatten. Det finska havsförvaltningsområdet sträcker sig från kustlinjen till den yttre gränsen av den ekonomiska zonen och omfattar både kustvatten och öppet hav. I havsförvaltningsplanen behandlas Bottenviken som ett enda havsområde.

Den ekologiska statusen för vattenförekomsterna i området definieras som måttlig i klassificeringen för den nuvarande förvaltningsperioden för 2022–2027. I den förra klassificeringsomgången klassificerades statusen för de yttre kustvattnen som god, men klassificeringen sänktes till måttlig för stora områden, trots att det inte har skett några större förändringar i havsområdenas status. Redan i den tidigare klassificeringen visade de biologiska kvalitetsfaktorerna på en status sämre än god, men klassificeringen av status baserades vid det tillfället på fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer. I Bottenviken är klassificeringen av kustvattnen behäftad med metodologiska osäkerheter, t.ex. de mycket strikta klassgränserna för klorofyllhalt jämfört med älvar och olämpligheten av BBI-indexet, som beskriver statusen för den bentiska faunan på mjuka kustbotten, för det naturligt artfattiga bentiska samhället i Bottenviken. (*Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2021*)

Vattnets kemiska status, som bestäms av halterna av skadliga ämnen, är dålig i alla vattenförekomster i projektområdet och i Finland som helhet, eftersom miljökvalitetsnormen för bromerade difenyletrar (PBDE) beräknas överskridas. PBDE definieras som ett ubikvitärt eller UBI-

ämne, vilka är närvarande överallt, långlivade, ackumulerande och giftiga ämnen som spritt sig långt från de ursprungliga utsläppskällorna. Halterna av dessa ämnen kan inte påverkas med nationella åtgärder och därför kan man för dessa avvika från kravet på vattnets goda status.

De flesta av de antropogena belastningarna på Bottenviken kommer från älvar. I avrinningsområdet för Ule älv-Ijo älv bidrar älvarna med 730 ton fosfor och 15 000 ton kväve per år, varav 466 ton fosfor och knappt 7 000 ton kväve kommer från mänskliga aktiviteter. Bland kustnära verksamheter är det främst rening av avloppsvatten från tätbebyggelse och industrier som direkt bidrar till näringsbelastningen på havet. Mängden belastning är liten jämfört med den belastning älvarna för med sig. En liten näringsämnesbelastning kommer också från landområden på kusten. Flödet av organiskt kol (TOC) i älvarna som rinner ut i Bottenviken har ökat något, vilket återspeglas i vattnets mörkare färg. Kväve- och humushalterna har ökat, särskilt i torvområden, vilket tros bero på en snabbare nedbrytning av torv till följd av klimatförändringarna. (*Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2021*)

Isförhållanden

På grund av sitt nordliga läge och sin låga salthalt fryser Bottenviken vanligtvis på vintern och isvinterns genomsnittliga längd är cirka sex månader (*Ilmatieteen laitos 2022a*). I allmänhet börjar isbildningen i mitten av november i Bottenvikens inre vikar och i januari i de centrala delarna. Den typiska istjockleken är 70 cm i de norra kustområdena och 30–50 cm i den centrala delen av havet. I Karlö var den maximala årliga istjockleken i genomsnitt 75 cm under perioden 1961–1990, och 45 cm och 115 cm under extrema år (*Seinä och Peltola 1991*). Den maximala istjockleken i området för vindkraftsparken uppskattades till 77–83 cm baserat på mätningar och 80 cm är rekommenderad utgångspunkt för projekteringen. Klimatförändringarna förväntas också minska istjockleken i regionen. Under den varmaste vintern hittills under 2020 har inte ens Bottenviken frusit till helt och hållet. Det har dock varit is i området för Halla vindkraftspark varje vinter.

Islossningen börjar i norra Bottenviken i slutet av maj. Tidpunkten för när isbildningen börjar varierar cirka en månad kring medelvärdet, medan tidpunkten för islossningen varierar något mindre. Större delen av Bottenviken är täckt av is under minst 120 dagar per år. I Uleåborg och Brahestad var det genomsnittliga antalet isdagar under 1961–1990 cirka 170–175 dagar (*Seinä och Peltola 1991*). Baserat på isutredningen är den uppskattade längden på issäsongen i Halla vindkraftsområde 120 dagar.

Havsistäcket består av fast is vid kusten och skärgården och på andra ställen drivis. Fastisen är hel och jämn och förblir stabil utom i början och slutet av vintern. Den fasta isen växer från sin nedre yta till kärnis i havsvattnet och från sin övre yta till stöpis i snösörjan.

Vindkraftsområdet ligger i en driviszon, och den belastning som detta medför har beaktats vid konstruktionen av vindkraftverken. Vid fyren Norströmsgrund i Sverige har ishastigheter på upp till 60 cm/s och i genomsnitt 11 cm/s uppmätts, och detta bedöms vara realistiskt även i på den finska sidan. Vindarna och havsströmmarna formar isen särskilt i den yttre skärgården och på öppna havet. Särskilt hård vind från sydväst kan bryta upp isen och samla den på Finlands sida. Isvallarna består av isflak av olika storlekar. Vallarna kan vara mycket höga, vilket gör att de även sträcker sig under vattenytan. I Bottenhavet är isvallarna vanligtvis mellan 5–15 m, men kan vara upp till 28 m tjocka. Packis bildas särskilt ovanpå grundområden. Ibland driver vindarna den fasta isen till höga vallar på stranden. Det kan också bildas isansamlingar framför breda konstruktioner. Packisen formar starkt öarnas stränder och grunda bottenar. I allmänhet sträcker sig dock effekten endast till några meters djup. Andra isformationer är den s.k. tallriksisen, som bildas av snö och issörja under vågornas inverkan,

samt den mörka och glänsande spröda isen. (*Kronholm m.fl. 2005*) I vindkraftsparkens område förekommer också regelbundet packis, vilket också beaktas i den tekniska utformningen.

Undervattensnaturtyper, vattenvegetation och bottenfauna

Bottenviken ett ungt och grunt hav, som kännetecknas av kontinuerlig landhöjning och därmed förändrad strandzon i grunda områden. Artbeståndet i Bottenviken är fåtaligt och består av en blandning av sötvattens-, marina och brackvattensarter (*Kronholm m.fl. 2005*). På lokal nivå påverkas förekomsten av arter av många olika miljöfaktorer, t.ex. bottenkvalitet, vattenkvalitet, strandens öppenhet och ljusnivåer. Havsbottens livsmiljöer klassificeras ofta på grundval av dessa faktorer i olika slags kärlväxt- och/eller alg- och bottenfaunasamhällen och naturtyper (*Korpinen m.fl. 2018*). I Bottenviken är sandbottnar den dominerande bottenotypen, vilket också avgör sammansättningen av organismsamhällena. Öarnas stränder är ofta steniga (*Leinikki m.fl. 2004*).

I den senaste statusbedömningen för Finlands havsförvaltningsplan (*Korpinen m.fl. 2018*) har status för havsbottens bottenfauna, vattenväxter och status för syresituationen nära havsbotten bedömts med hjälp av olika indikatorer. Baserat på bottenfaunan, vattenväxterna och syretillståndet nära botten är status för havsbotten i Bottenvikens öppna havsområden god, men i kustvattnen är situationen i genomsnitt dålig (*Korpinen m.fl. 2018*).

I Bottenvikens grunda områden kan det finnas stora regionala skillnader i botten flora och fauna. Bottenstrukturs kvaliteten är avgörande för fördelningen av biotiska samhällen, där hårda och mjuka bottenar har sina egna växt- och djursamhällen. Många områden har en blandning av mjuka och hårda bottenar, och växt- och djurarterna är en blandning av dessa bottenarters samhällen.

Livsmiljötyper enligt habitatdirektivet

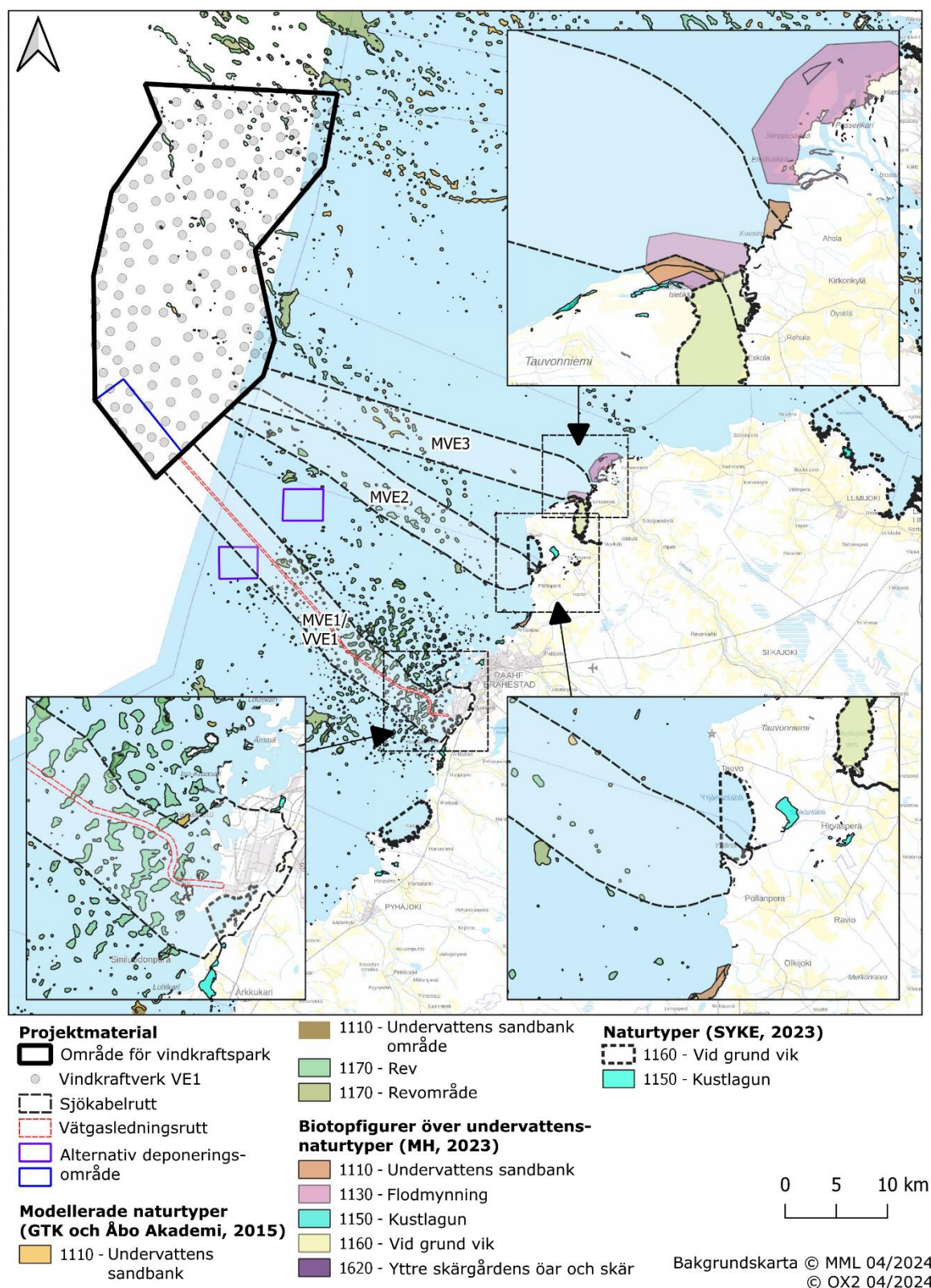
Naturtyper skyddas genom lagstiftning och genom olika internationella avtal. Av de Natura-naturtyperna som ska skyddas enligt bilaga I till habitatdirektivet är sex marina naturtyper under vatten: kustens laguner (1150), stora grunda vikar (1160), smala vikar med bräckt vatten (1650), rev (1170), undervattenssandbankar (1110) och estuarier (1130). Även rullstensåsar (1610) och ytterskärgårdens skär och öar (1620) har delar under vatten. Av de Natura-habitat som skyddas enligt habitatdirektivet är kustlaguner en prioriterat skyddad naturtyp. De är mångsidiga livsmiljöer och viktiga för bland annat hotade, skyddade bottenar för kransalgförekomster och för vårlekande fiskar. Naturtyper enligt habitatdirektivet är naturtyper vars naturliga förekomstområde är mycket litet eller som riskerar att försvinna från unionens område. Naturtypsdata utanför Naturaområdena kan användas för att beskriva tillståndet för områdets undervattensnatur, dessutom kan områden utanför nätverket till exempel väsentligt förbättra nätverkets ekologiska enhet och de funktionella kopplingarna mellan Natura 2000-områden.

I projektområdet finns också en del moränbetäckta bottenar, men nästan inga bergsblottningar under vattnet. De flesta revliknande förhöjningarna är morän (*Kaskela & Rinne 2018*). Reven i Bottenviken, som skiljer sig från reven i andra finska havsområden, beskrivs inte i Natura 2000-naturtypsguiden (*Airaksinen & Karttunen 2001*). Blåstång, som används i habitatguiden för att bestämma revets representativitet, förekommer inte i Bottenviken, utan vegetationen består av vattenmossor, kärlväxter, kransalger, trådalger och klotalger, och av de fastsittande djuren, klubbpolyper och svampen *Ephydatia fluviatilis*. Blåmussla finns inte heller i Bottenviken. Det finns ingen tydlig zonindelning på reven i Bottenviken, utan de vattenväxter och alger som beskrivs ovan växer delvis sida vid sida. På mer än sju meters djup är reven mycket karga med få arter och är rev endast till sina geologiska egenskaper. Potentiella revmiljöer

förekommer särskilt utanför sandområden på hårda bottenar men även inom sandområden (*Kaskela & Rinne 2018*).

I allmänhet finns det mycket lite exakta maringeologiska baskartläggningsdata tillgängliga för Bottenviken, men förekomsten av rev och sandbankar i Bottenviken har modellerats 2015 baserat på bland annat djupmodellen för havsområden som utvecklats av SYKE och GTK:s bottenkvalitetsdata (*Kaskela & Rinne 2018*). Det högsta antalet rev enligt modellen finns i området för MVE1 och det lägsta i MVE3 (Figur 8–8).

Undersökningar av projektområdet genomfördes för att identifiera artbeståndet på revliknande ansamlingar av sten och stenblock som reser sig från den omgivande havsbotten (*Vasama & Leinikki 2023*). Nära kusten bildade klotalg (*Aegagropila linnaei*) en zon på 2–5 meters djup, under vilken det på sina ställen fanns en ganska svag zon av svampar (*Ephydatia fluviatilis*) eller polyper (*Hydrozoa*). Inga vattenväxter eller vattenmossor påträffades under undersökningarna av den havsbaserade vindkraftsparken eller sträckningarna för sjökabeln/vätgasrören. Inga fastsittande alger eller bentiska organismer som kan bilda zoner hittades på de steniga ytorna i området för den havsbaserade vindkraftsparken. I allmänhet observerades få arter längs sträckningarna för sjökablarna och vätgasrören samt i området för den havsbaserade vindkraftsparken.



Figur 8-8. Livsmiljötyper enligt habitatdirektivet.

Sand- och grusbottenar är vanligare i Bottenviken än i andra havsområden i Finland. I området finns såväl vidsträckta sandfält som åsbildningar och därigenom formationer som betraktas som potentiella sandbankar. Enligt simuleringar finns det sandbankar under vattnet i området

för den havsbaserade vindkraftsparken och sjökablarna. Sandbankar under vatten förekommer huvudsakligen på mindre än 20 meters djup och kan bestå av sand och lite grövre eller finare material.

Biotopfigurerna i Forststyrelsens Naturtjänster omfattar habitatdirektivets naturtyper som finns i statliga skyddsområden och områden som avsatts för naturskyddsändamål, men de innehåller inte information om havsområden (*Metsähallitus 2023*). Uppgifterna grundar sig på Forststyrelsens fältinventeringar. Dessa tyder på att MVE3-området innehåller sandbankar under vatten. Undersökningarna av den havsbaserade vindkraftsparken och energiöverföringsrutterna identifierade inga sublittorala sandbankar (1110) i enlighet med Natura 2000 naturtypsguiden (Figur 8–8) (*Airaksinen & Karttunen 2001*). Kartläggningarna av den havsbaserade vindkraftsparken inriktades på de hårda bottenarna i området. Vid kartläggningpunkten (H7) i det nordöstra hörnet av den havsbaserade vindkraftsparken var djupet 12 m och botten bestod till 100 procent av sand, så platsen kan vara en potentiell sandbank under vattnet. Kartläggning av sträckningarna för undervattenskablar och vätgasrörar fokuserades på områden högre än omgivningarna med hjälp av ekolod. Av de kartlagda områdena bestod botten i följande platser med mindre än 20 meters djup till 100 procent av sand och kan vara potentiella undervattenssandbankar: Hal 01, Hal 20, Hal 22, Hal 23, Hal 24, Hal 35, Hal 36, Hal 37, Hal 38 och Hal 39. I kartläggningarna klassificerade dock inte dessa som undervattenssandbankar enligt Natura 2000:s habitatdefinition. Det bör noteras att rev och undervattenssandbankar kan förekomma i samma formation och i allmänhet kan vara svåra att avgränsa.

Livsmiljötyper enligt habitatdirektivet

Naturtyper skyddas genom lagstiftning och genom olika internationella avtal. Av de Natura-naturtyperna som ska skyddas enligt bilaga I till habitatdirektivet är sex marina naturtyper under vatten: kustlaguner (1150), stora grunda vikar (1160), smala brackbattenvikar (1650), rev (1170), undervattenssandbankar (1110) och deltaområden (1130). Även rullstensåsar (1610) och ytterskärgårdens skär och öar (1620) har delar under vatten. Av de Natura-habitat som skyddas enligt habitatdirektivet är kustlaguner en prioriterat skyddad naturtyp. De är mångsidiga livsmiljöer och viktiga för bland annat hotade, skyddade bottenar för kransalgförekomster och för vårlekande fiskar. Livsmiljötyper enligt habitatdirektivet är naturtyper vars naturliga förekomstområde är mycket litet eller som riskerar att försvinna från unionens område. Naturtypsdata utanför Naturaområdena kan användas för att beskriva tillståndet för områdets undervattensnatur, dessutom kan områden utanför nätverket till exempel väsentligt förbättra nätverkets ekologiska enhet och de funktionella kopplingarna mellan Natura 2000-områden.

I projektområdet finns också en del moränbetäckta bottenar, men nästan inga bergsblottningar under vattnet. De flesta revliknande förhöjningarna är morän (*Kaskela & Rinne 2018*). Reven i Bottenviken, som skiljer sig från reven i andra finska havsområden, beskrivs inte i Natura 2000-naturtypsguiden (*Airaksinen & Karttunen 2001*). Blåstång, som används i habitatguiden för att bestämma revets representativitet, förekommer inte i Bottenviken, utan vegetationen består av vattenmossor, kärlväxter, kransalger, trådalger och klotalger, och av de fastsittande djuren, klubbpolyper och svampen *Ephydatia fluviatilis*. Blåmussla saknas också i Bottenviken. Det finns ingen tydlig zonindelning på reven i Bottenviken, utan de vattenväxter och alger som beskrivs ovan växer delvis sida vid sida. På mer än sju meters djup är reven mycket karga med få arter och är rev endast till sina geologiska egenskaper. Potentiella revmiljöer förekommer särskilt utanför sandområden på hårda bottenar men även inom sandområden (*Kaskela & Rinne 2018*).

I allmänhet finns det mycket lite exakta maringeologiska baskartläggningsdata tillgängliga för Bottenviken, men förekomsten av rev och sandbankar i Bottenviken har modellerats 2015

baserat på bland annat djupmodellen för havsområden som utvecklats av SYKE och GTK:s bottenkvalitetsdata (*Kaskela & Rinne 2018*).

Undersökningar av projektområdet genomfördes för att identifiera artbeståndet på revliknande ansamlingar av sten och stenblock som reser sig från den omgivande havsbotten (*Vasama & Leinikki 2023*). Nära kusten bildade klotalg (*Aegagropila linnaei*) en zon på 2–5 meters djup, under vilken det på sina ställen fanns en ganska svag zon av svampar (*Ephydatia fluviatilis*) eller polyter (*Hydrozoa*). Inga vattenväxter eller vattenmossor påträffades under undersökningarna av den havsbaserade vindkraftsparken eller sträckningarna för sjökabeln/vätgasrören. Inga fastsittande alger eller bentiska organismer som kan bilda zoner hittades på de steniga ytorna i området för den havsbaserade vindkraftsparken. I allmänhet observerades få arter längs sträckningarna för sjökablarna och vätgasrören samt i området för den havsbaserade vindkraftsparken.

Sand- och grusbottnar är vanligare i Bottenviken än i andra havsområden i Finland. I området finns såväl vidsträckta sandfält som åsbildningar och därigenom formationer som betraktas som potentiella sandbankar. Enligt simuleringar finns det sandbankar under vattnet i området för den havsbaserade vindkraftsparken och sjökablarna. Undervattenssandbankar förekommer huvudsakligen på mindre än 20 meters djup och kan bestå av sand och lite grövre eller finare material.

Biotopfigurerna i Forststyrelsens Naturtjänster omfattar habitatdirektivets naturtyper som finns i statliga skyddsområden och områden som avsatts för naturskyddsändamål, men de innehåller inte information om havsområden (*Metsähallitus 2023*). Uppgifterna grundar sig på Forststyrelsens fältinventeringar. Dessa tyder på att det finns undervattenssandbankar i MVE3-området. Undersökningarna av den havsbaserade vindkraftsparken och energiöverföringsruterna visade inte på några undervattenssandbankar (1110) enligt definitionen i Natura 2000 naturtypsguiden (Figur 8–8) (*Airaksinen & Karttunen 2001*). Kartläggningarna av den havsbaserade vindkraftsparken inriktades på de hårda bottenarna i området. Vid undersökningspunkten (H7) i det nordöstra hörnet av den havsbaserade vindkraftsparken var djupet 12 m och botten bestod till 100 % av sand, så platsen kan vara en potentiell undervattenssandbank. Kartläggning av sträckningarna för sjökablar och vätgasrörar fokuserades på områden högre än omgivningarna med hjälp av ekolod. Av de kartlagda områdena bestod botten på följande platser med mindre än 20 meters djup till 100 procent av sand och kan vara potentiella undervattenssandbankar: Hal 01, Hal 20, Hal 22, Hal 23, Hal 24, Hal 35, Hal 36, Hal 37, Hal 38 och Hal 39. I kartläggningarna klassificerade dock inte dessa som undervattenssandbankar enligt Natura 2000:s habitatdefinition. Det bör noteras att rev och undervattenssandbankar kan förekomma i samma formation och i allmänhet kan vara svåra att avgränsa.

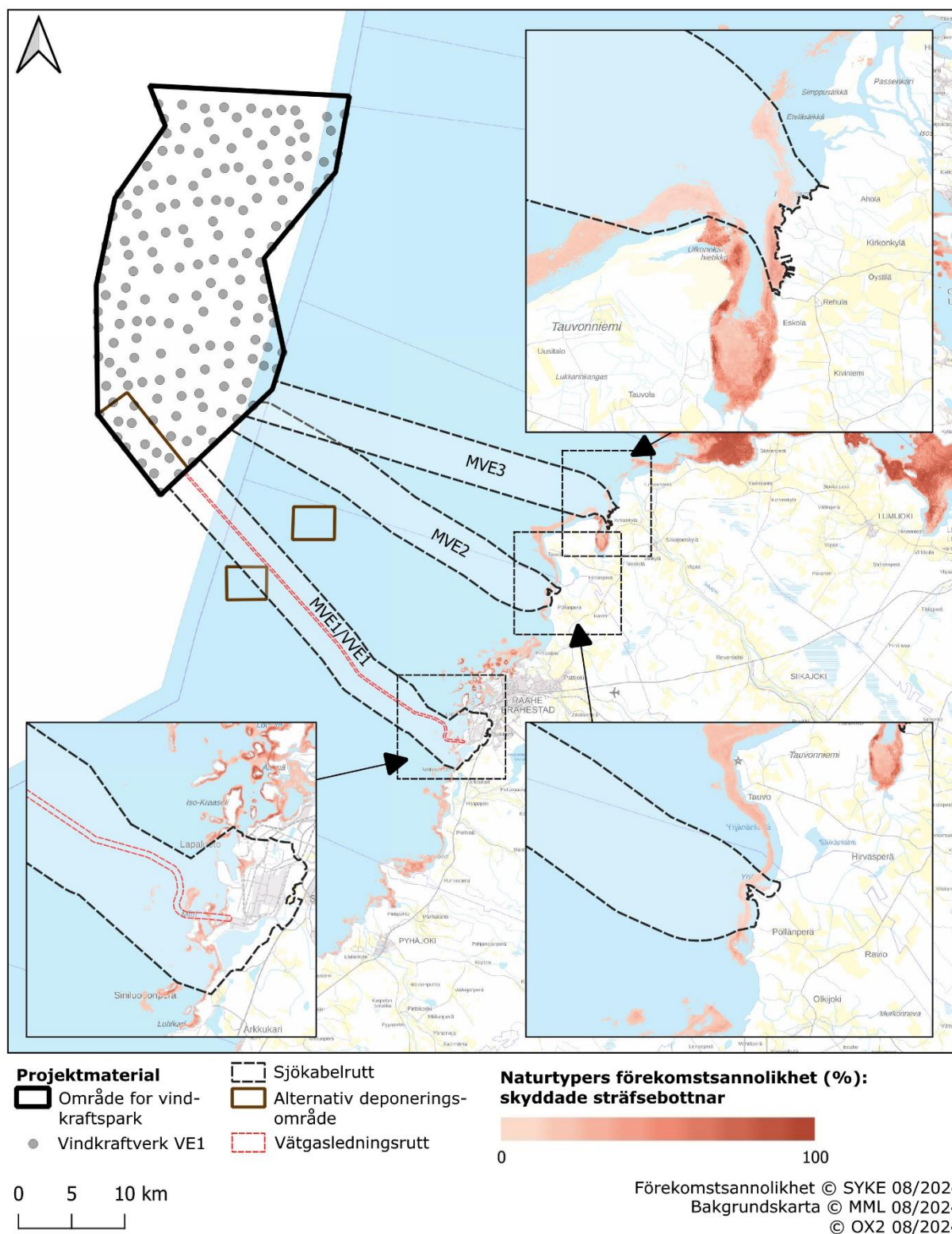
Hotade naturtyper som är upptagna i rödlistan över Finlands naturtyper och naturtyper som omfattas av naturvårdslagen

I hotbedömningen av finska naturtyper som publicerades 2018 klassas olika undervattenshabitat som s.k. För LuTu naturtyper och olika grader av hotkategorier (*Kontula & Raunio 2018*). Ett område måste uppfylla vissa kriterier för att klassas som ett LuTu-habitat, så alla områden är inte med. För till exempel rödalgsbottnar (EN) ska vegetationen täcka minst 10 % av botten och andelen rödalger i vegetationen ska vara minst 50 % (*Kontula & Raunio 2018*). Områden där vegetationstäckningen är 100 % och andelen rödalger är 40 % räknas därför inte som rödalgsbottnar, trots att där växer rikligt med rödalger. Alla områden där det växer rikligt med rödalger uppfyller därför inte definitionen av en livsmiljötyp med hotad klassificering, men kan ändå vara värdefulla vad gäller exempelvis rödalgsbeståndet.

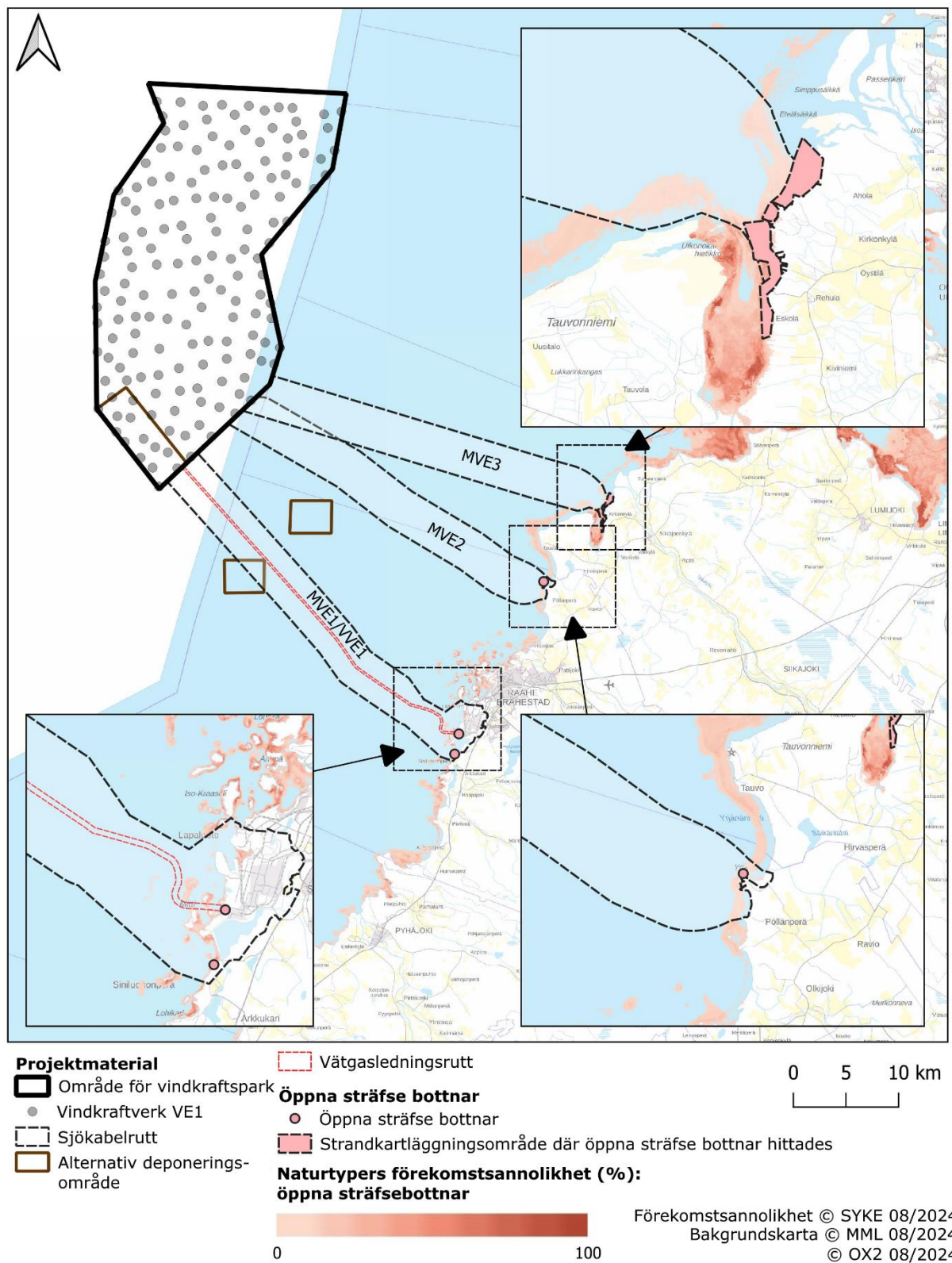
Som starkt hotade naturtyper (EN) bedömdes tångbottnar, rödalgbottnar, stormusselbottnar, vitmärl-Pontoporeia femorata-bottnar och estuarier, som sårbara naturtyper (VU) bedömdes skyddade sträfbottnar, bandtångsbottnar, flador och gloar, och som missgynnade (NT) naturtyper öppna sträfbottnar, möjebottnar, tång- och natingbottnar samt havsnajasbottnar. Övriga livsmiljötyper är antingen livskraftiga (LC) eller dåligt kända (DD). I enlighet med den nya naturvårdslagen (9/2023) har de skyddade kransalgsbottnarna och bandtångsbottnar dessutom definierats som skyddade livsmiljöer (Figur 8–9).

Baserat på dropvideoundersökningarna hittades inga livsmiljötyper enligt LuTu-klassificeringen av livsmiljötyper (*Vasama & Leinikki 2023*) i området för den havsbaserade vindkraftsparken. Bottnen bestod huvudsakligen av sand, grus och stenar, utan någon fastsittande vegetation eller djur på stenarna. På botten fanns det en hel del kräftdjur och ishavsgråsuggor på vissa ställen.

I deponiområdet innanför den havsbaserade vindkraftsparken observerades endast rörliga djur (ishavsgråsuggor och kräftdjur). Ingen dropvideokartläggning genomfördes i kabel- och vätgasrörsrutternas deponeringsområden och det finns inga VELMU-data tillgängliga från dessa områden. Områdena är djupa (20–50 meter), så det finns inga vattenväxter, men fastsittande djur kan förekomma på eventuella hårda bottnar i områdena.



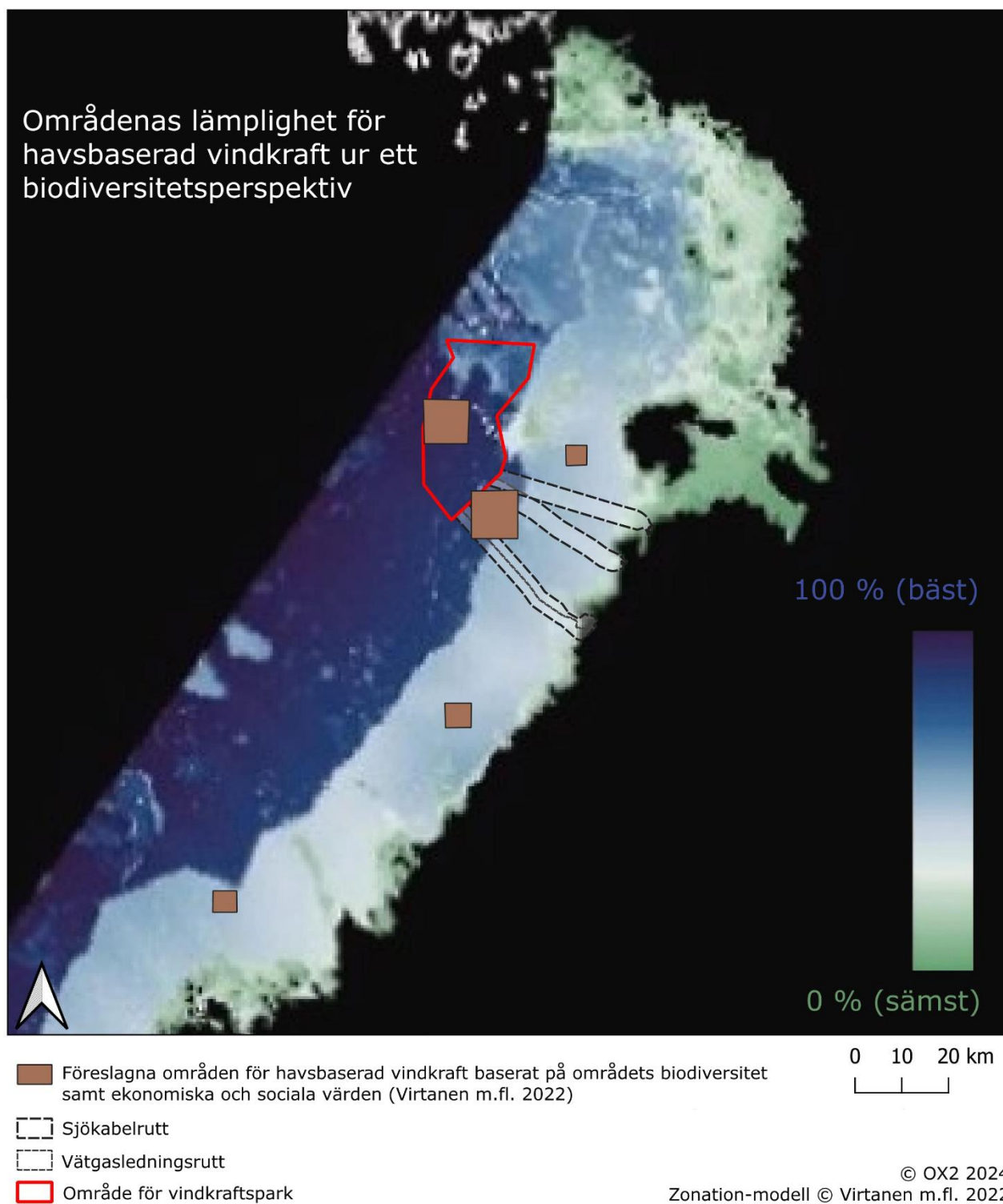
Figur 8-9. Sannolikheten för förekomst av skyddade kransalsbottnar.



Figur 8–10. Sannolikhet för förekomst av öppna kransalgsbottnar och öppna kransalgsbottnar som observerats under kartläggningarna.

Områden med hög biologisk mångfald

Under 2022 genomfördes en zonations-simulering för att identifiera de mest lämpliga områdena för havsbaserad vindkraft (*Virtanen m.fl. 2022*). Den havsbaserade vindkraftsparken Halla ligger i ett område med högt värde för den biologiska mångfalden (Figur 8–11). Kabelstråken går genom mindre gynnsamma områden. De högsta värdena för biologisk mångfald finns nära kusten. Förutom värdena för den biologiska mångfalden placerar de ekonomiska och sociala variablerna Hallaprojektet i ett gynnsamt område.



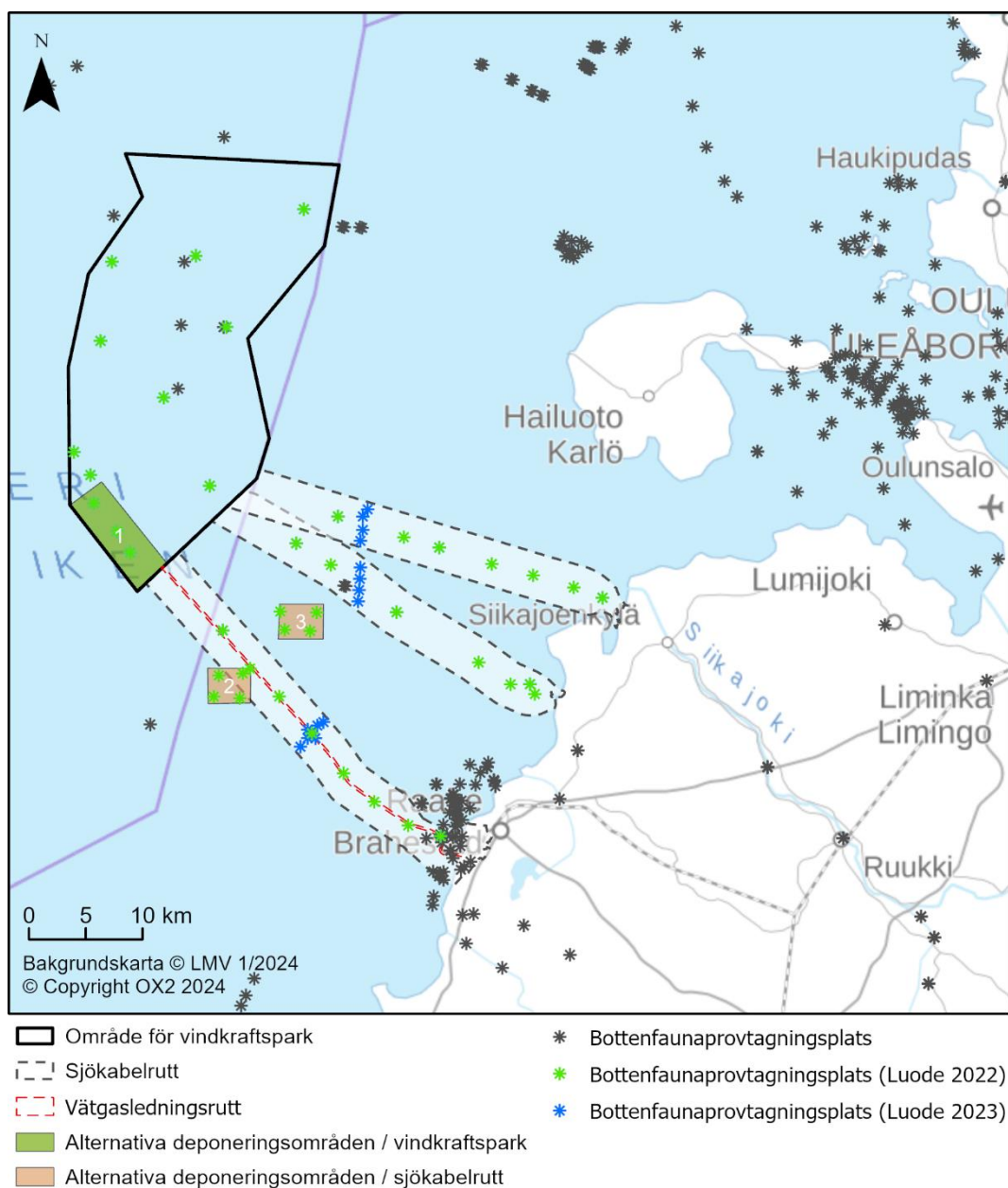
Figur 8–11. Halla-projektets läge i förhållande till zonation-simulering av värden för biologisk mångfald i marina områden och föreslagna havsbaserade vindkraftsparker, som har lokaliserats med beaktande av ekonomiska och sociala värden utöver biologisk mångfald (Virtanen m.fl. 2022).

Bottenfauna

Bottenvikens bottenfauna är sparsam och består nästan uteslutande av sötvattensdjur. Av de få arter som har marint ursprung finns dock fortfarande östersjömusslan i den södra delen av Bottenviken. Bottenfaunan består huvudsakligen av fjädermyggselarver, fåborstmaskar, snäckor och kräftdjur. Bräckvattenarter som vitmärlor och ishavsgråsuggor kan förekomma rikligt, särskilt på djupare vatten. Svampen *Ephydatia fluviatilis* växer på stenar i stora kolonier (*Leinikki m.fl. 2004*). Makrofaunan på de djupa havsbottenarna i Bottenviken är mycket artfattig. Detta beror främst på låg salthalt och den instabilitet som rått under hela Östersjöns historia (*Kronholm m.fl. 2005*). Bottenmaterialet är vanligtvis mjukt sediment, i vilket botten-djur lever nedgrävda.

I bedömningen av havsområdenas status (*Korpinen m.fl. 2018*) överskred statusen för de bottenlevande samhällena i Bottenvikens havs- och kustnära områden målnivån (gränsen mellan god och måttlig enligt de indikatorer som används (den så kallade HELCOM-indikatorn och BQI). I Bottenviken har den regionala artrikedomen inte förändrats nämnvärt under de senaste 50 åren, men det har skett en betydande förändring i artsammansättningen då maskar av släktet *Marenzelleria* har spridit sig till området. Statusen för omfattande djupbottenhabitat i Bottenviken bedöms vara god. (*Korpinen m.fl. 2018*)

Den nuvarande statusen för bottenfaunan i projektområdet baseras på separata utredningar som genomfördes 2022 och 2023 (*Lindfors m.fl. 2023, Lindfors m.fl. 2024*) och annan uppföljning (*Suomen ympäristökeskus 2024, POHJE-registret*) (Figur 8–12). Dessutom har data från VELMU-projektet och kartläggningar av undervattensnaturen (dropvideo) (*Vasama & Leinikki 2023*) och dykningar (*Metsähallitus 2008*) använts. Tillsammans ger dessa data en heläckande bild av bottenfaunan på både mjuka och hårda bottenar i projektområdet. I studierna 2022 och 2023 har provtagningsstationer placerats utspritt i områdena för den havsbaserade vindkraftsparken, deponier och alternativa sträckningar för sjökabeln/vätgasrören.



Figur 8–12. Provtagningsstationer för bottenfauna i projektområdet (Suomen ympäristökeskus 2024, Pohje-registret, Lindfors m.fl. 2023, Lindfors m.fl. 2024).

De BBI-indexvärden som beräknades för provstationerna i den **havsbaserade vindkraftparken** och **deponiområdet** i den låg i klassen utmärkt i hela vindkraftparkens område, med undantag för stationerna HSED-10 och HSED-12, som hade BBI-klass god år 2023. År 2022 varierade statusen mellan utmärkt och god. Djupet på provtagningsstationerna varierade mellan 43 och 61 meter. Antalet taxa var 9 år 2023 och 7 år 2022: de mest förekommande var *Marenzelleria* sp. och vitmärla (*Monoporeia affinis*). Andra arter som påträffats i proverna är ishavsgåsugga (*Saduria entomon*), olika fåborstmaskar och pungräkor (*Mysis relicta*). Vissa av bottenarna kan definieras som naturtypen vitmärlbottnar. BQI-indexet för de bentiska samhällena i det öppna havet överskred det numeriska tröskelvärde på 1,5 vid alla stationer, vilket innebär att statusen för de bentiska samhällena var god under båda undersökningsåren (2022 och 2023).

8.4.2.2 Svenska sidan

Bottenviken är världens nordligaste bräckvattensskärgård och vattenståndet varierar med upp till två meter och havet kan vara islagt halva året. **Havsdjupet** i innerskärgården är grunt och varierar mellan 10–40 meter. Lite längre ut är djupet mellan 40–100 meter. Bottenhavet är ett unikt bräckvatten och en landhöjningsmiljö. Landhöjningen skapar successivt nya stränder, skär och grundområden som ofta är viktiga livsmiljöer för djur och växter.

Norra Bottenvikens **bentiska samhällen** är relativt artfattiga, särskilt jämfört med andra marina områden längre söderut i Sverige. Begränsande faktorer i den marina miljön är bland annat låg salthalt och stark ispåverkan under vintern. Den istäckta säsongen kan variera mellan åren, men den varar vanligtvis från november till april, vilket är anledningen till att det mesta av växtligheten i området är ettårig. Erosionseffekten som orsakas av is påverkar **vegetationszonen** som sträcker sig ner till ett djup på cirka 10 meter. (Forsberg & Pekkari 1999). Samrådsdokumentet för Polargrund Offshore-projektet (wpd 2022) innehåller inga undersökningsdata om bottenfauna eller **växtlighet**, men den relativt homogena botten tyder på att samma arter sannolikt förekommer i hela undersökningsområdet. Detta stöds också av observationerna från området för den havsbaserade vindkraftsparken Halla. I SMHI:s (2021) inventeringsdata observerades på vissa stationer strax utanför de norra delarna av undersökningsområdet för Polargrund Offshore-projektet vitmärla (*Monoporeia affinis*), pungräka (*Mysis relicta*) och ringmask (*Marenzelleria* sp.) mellan 1990 och 2021.

8.4.3 Fiskar och yrkesfiske

8.4.3.1 Finska sidan

Totalt finns det cirka 25 fiskarter i Bottenviken, varav endast tre räknas som havsarter. Den låga salthalten förklarar det låga antalet marina arter i norra Bottenhavet. Närmare kusten dominerar artsammansättningen av sötvattensarter, medan de enda riktiga havsfiskarterna i Bottenviken återfinns i öppna havsmiljöer med något högre salthalt. Fiskfaunan i Bottenhavets utsjöområde är för närvarande dåligt undersökt.

Baserat på tillgängliga data finns det inga betydande lekplatser för kommersiellt viktiga fiskarter i området för Halla havsbaserade vindkraftspark, botten består till stor del av ofruktbar sand och sten. Fisket i området kring vindkraftsparken är begränsat.

Den havsbaserade vindkraftsparken ligger i ett havsområde där vattendjupet i projektområdet varierar mellan 12–61 m. Nordost om den havsbaserade vindkraftsparken ligger det grunda området Merikallat, där det finns traditionella fiskeplatser och kända lekplatser för fiskare. Fisket är vanligen mer varierat i närheten av de grunda områdena än på de djupare bottenarna i det yttre havet. De viktigaste fiskarterna i området är pelagiska simfiskar (strömming, skarp-sill, nors, spigg), vandringsfiskar (lax, havsöring och vandringsik) och demersala fiskar (t.ex. hornsimp, gers och tånglake). Även abborre och sik förekommer ibland i området. Fångsterna från COASTAL-testnäten i området för den havsbaserade vindkraftsparken var relativt låga både vad gäller arter och kvantitet, med en total fångst på 49 kg (60 nät), vilket återspeglar den låga förekomsten av fisk i området. De huvudsakliga fångsterna var strömming, nors, hornsimp och gers. Sik förekom också i vissa delar av nätet. Det fanns också enstaka individer av tånglake, tobisfisk, siklöja, storspigg, abborre och vandrande laxyngel. Det totala antalet observerade fiskarter var 11, men det bör noteras att provfisket inte utfördes vid den normala tidpunkten utan i juni som en del av en undersökning av strömmingens reproduktionsförmåga. Kartläggningen av livsmiljöer visade att området för havsbaserade vindkraftsparker är en karg, vegetationsfri klipp- och sandbotten, som är en lämplig livsmiljö främst för hornsimp. Det uppskattas att området kan fungera som födosöksområde för flera arter, t.ex. strömming, abborre och sik (*Kala- ja vesitutkimus* 2022).

Uppgifterna om yrkesfiske baseras på två separata fiskeundersökningar som rapporteras i det nationella MKB-förfarandet (*Kala- ja vesitutkimus* 2022, bilaga 7 i det nationella MKB-förfarandet; *Kala- ja vesitutkimus* 2023, bilaga 8). Dessutom har information från Naturresursinstitutet om trålningsområden i Finland och Sverige använts (Lappalainen m.fl. 2023). Baserat på fiskerikartläggningen har uppskattningar av det totala antalet fiskare under undersökningsåren erhållits (Tabell 8–2). Baserat på 2022 års kartläggning fiskade totalt 28 hushåll i området. Av de svarande var 7 stycken fiskare i kategori 1 och 21 stycken kommersiella fiskare i kategori 2. En av de ovannämnda kommersiella yrkesfiskarna i kategori 1 trålade efter strömming och en annan hade precis börjat tråla efter siklöja. En yrkesfiskare i kategori 1 definieras som en fiskare vars genomsnittliga omsättning under de tre senaste räkenskapsåren överstiger 10 000 euro eller är en nybörjare med en verksamhetsplan som godkänts av NTM-centralen.

Tabell 8–2. Antal kommersiella fiskare i området för havsbaserad vindkraft (= planeringsområdet) och dess närhet samt i de alternativa sträckningarna för kabel- och vätgasrör 2021–2022. En fiskare kan ha fiskat i flera olika områden. Vissa fiskare kanske inte längre fiskar i området. Tabell från källa: Kala- ja vesitutkimus 2023.

	1 lk	2 lk
Planeringsområdet och dess omgivningar	2	4
kabelsträckningen MVE1 (och vätgasrörens sträckning)	3	17
kabesträckningen MVE2	6	14
kabelsträckningen MVE3	6	9

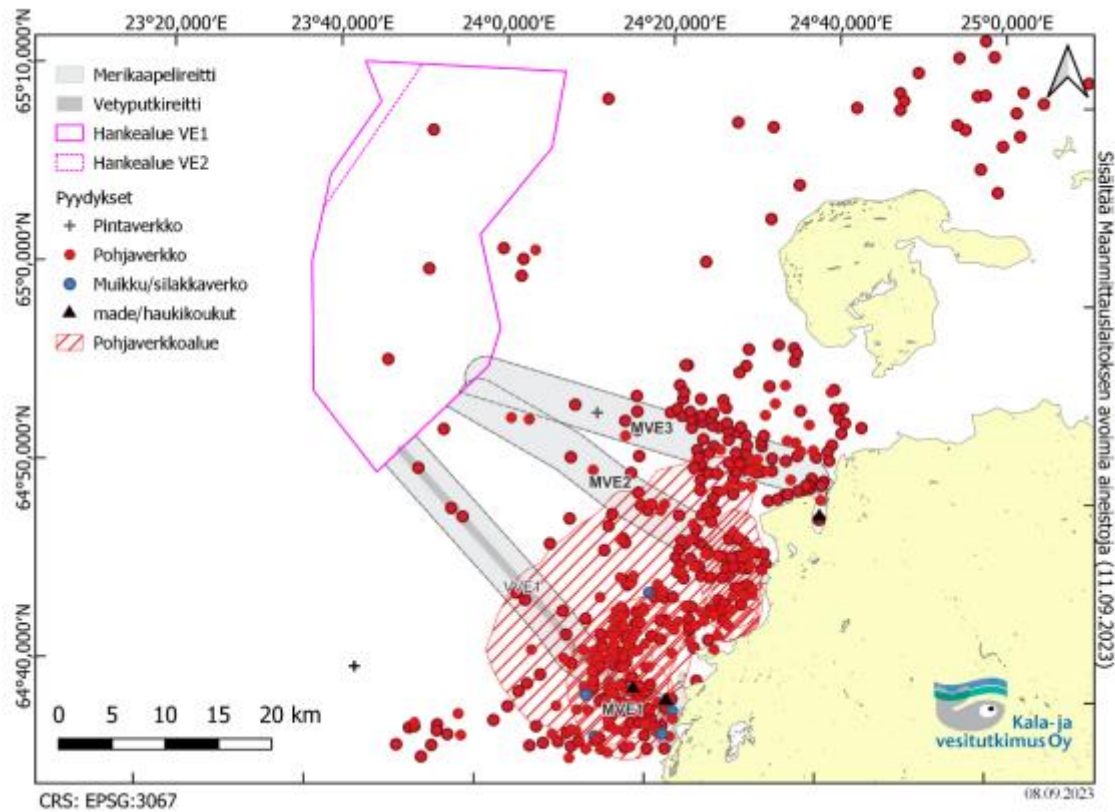
Fisket i området för havsbaserade vindkraftsparker var begränsat och bestod främst av trålning efter strömming. Uppgifterna från rekognoseringen och VMS-data som samlats in av Naturresursinstitutet är ganska konsekventa. Antalet timmar som ackumuleras på årsbasis är litet (Figur 8–15).

Dessutom bedrevs enstaka nätfiske efter abborre och sik i vindparksområdet och på den närliggande grunda kontinentalsockeln Merikallat. Det kommersiella kustfisket i området för de alternativa kabelsträckningarna var varierat, med nät, ryssjor och trålar (Figur 8–13 och Figur 8–14).

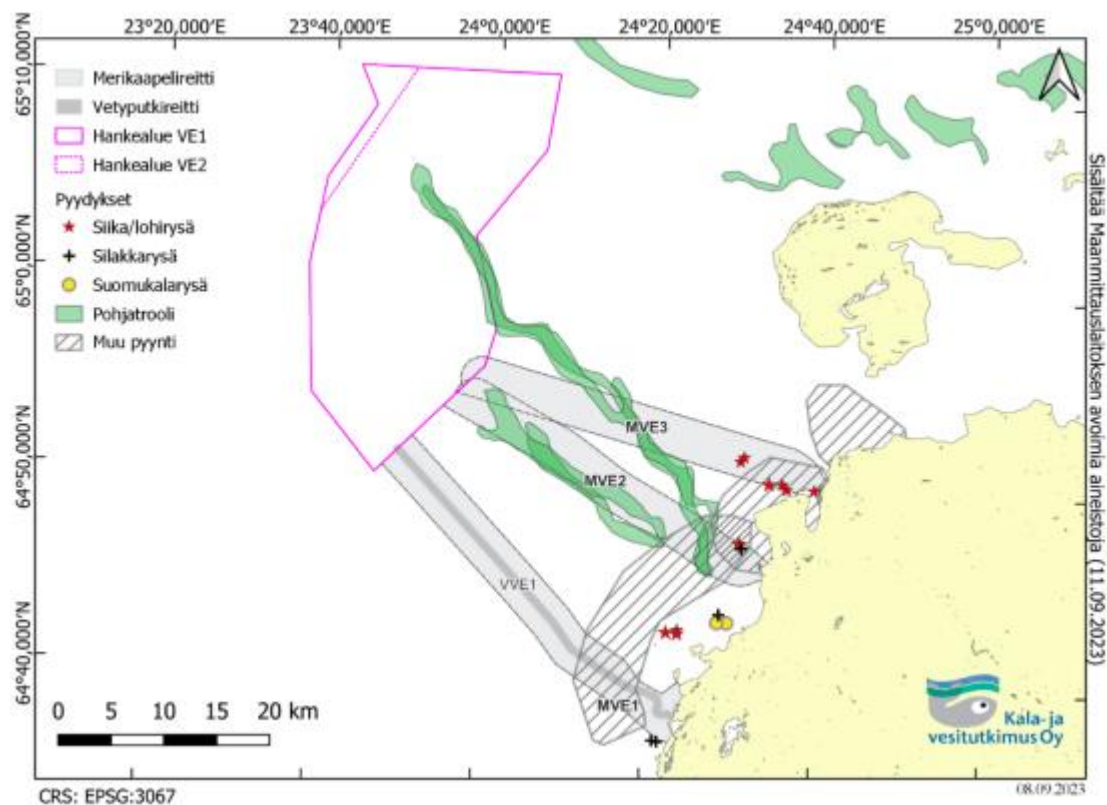
Antalet fiskeenheter (fiskedagar x antal redskap) som användes i området under 2022 baserat på undersökningen var cirka 102 000, varav nästan 99 % var olika typer av nät. De viktigaste arterna som fångades i nätfisket var sik och abborre. Ryssjor användes främst för sik och strömming. Nät användes året runt. Säsongen för ryssjor pågick från maj till oktober. Trålning utfördes från maj till juni.

Yrkesfisket var koncentrerat till sjökabelsträckningarna. Fiske utövades på alla alternativa kabelsträckningar. Det största antalet fiskare fiskade i området kring sträckningarna MVE1 och MVE2. Å andra sidan bedrevs trålning i sträckningarna MVE2 och MVE3, förutom fiske med ryssjor och nät. Antalet timmar som ägnas åt trålning är litet (Figur 8–15). Det högsta antalet trålningstimmar registrerades på sträckningen MVE3 (Figur 8–13 och Figur 8–14).

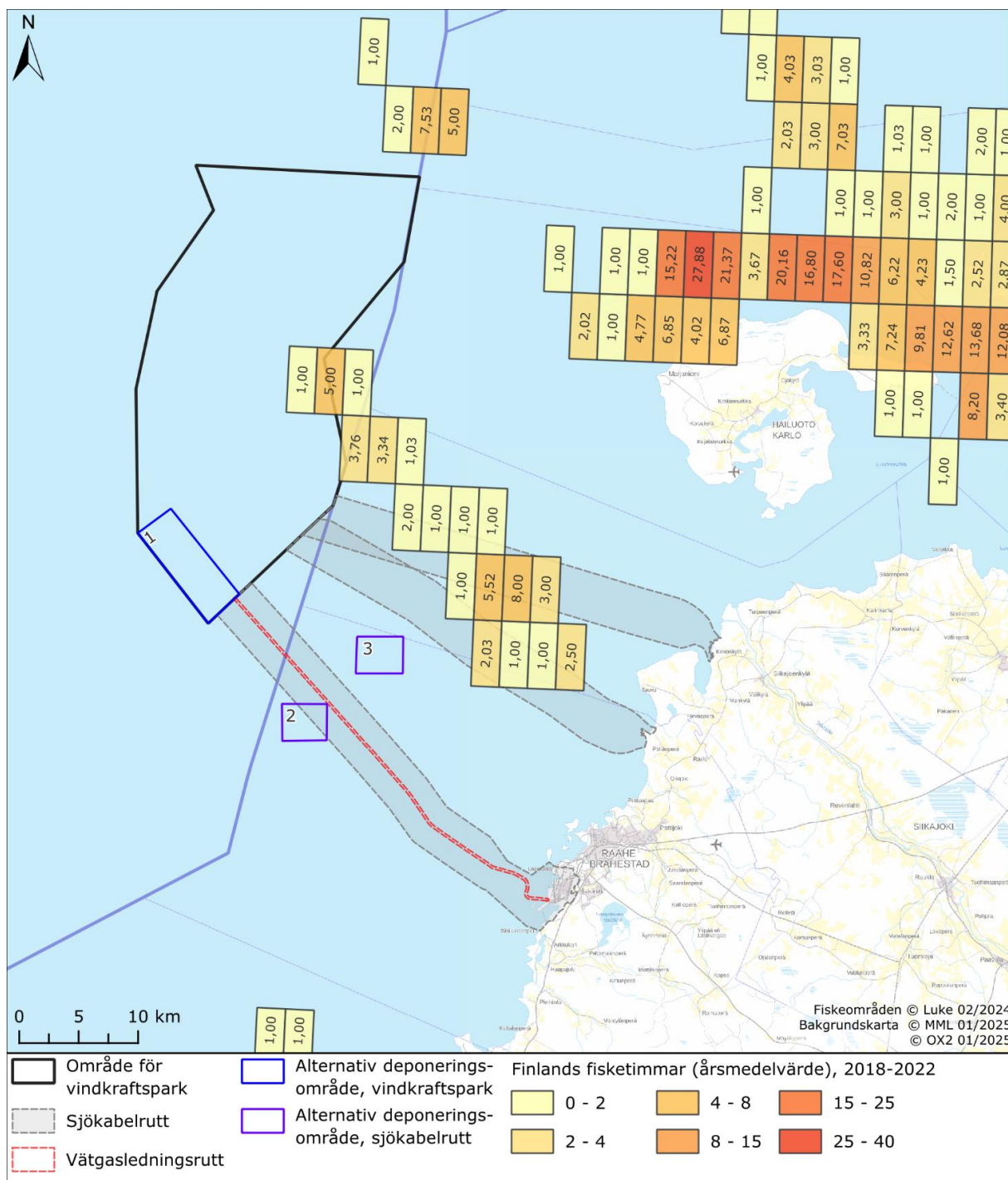
Fångsten från kustfisket under 2022 uppgick till cirka 386 ton. Fångsten bestod främst av strömming (86%, 323 ton), sik (5%, 18 ton), abborre (4%, 16 ton) och siklöja (3%, 11 ton). Karpfiskar stod för 3,6% av den totala fångsten (ca 14 ton). Fångsterna av gädda (2 ton) och lake (1,3 ton) var hyfsade, medan fångsterna av andra arter var mycket små. (*Kala- ja vesitutkimus* 2023, bilaga 8)



Figur 8-13. Nätplatser och områden som rapporterats av kommersiella fiskare under 2021 och 2022, inklusive lake/gäddkrokar. Bild från källa: Kala- ja vesitutkimus 2023. Merikaapelireitti = Sjö kabelrutt, Vetyputkireitti = Vätgassträckning Hankealue = Område för vindkraftspark, Pyydykset = Fångstredskap, Pintaverkko = Ytnät, Pohjaverkko = Bottennät, Muikku-/silakkaverkko = Siklölj-/strömmingsnät, Made-/haukikoukut = Lake-/gäddkrokar, Pohjaverkkoalue = Bottennätområde.



Figur 8-14. Fångstplatser och trålfiskeområden som rapporterats av kommersiella fiskare 2021 och 2022, inklusive fiskeområden som markerats som odefinierade 2021. Bild från källa: Kala- ja vesitutkimus 2023. Merikaapelireitti = Sjö kabelrutt, Vetyputkireitti = Vätgasrörsrutt, Hankealue = Område för vindkraftspark, Pyydykset = Fångstredskap, Siika/lohirsä = Sik-/laxryssa, Silakkarysä = Strömmingsryssa, Suomukalarysä = Fjällfiskryssa, Pohjatrooli = Bottentrål, Muu Pyynti = Annat fiske.



Figur 8-15. Fisketimmar (årsgenomsnitt) för trålare i projektområdet och dess närhet 2018-2022 (Figur från Naturresursinstitutets öppna geografiska information, Lappalainen m.fl. 2023).

Siikajokis mynning är ett begränsat fiskeområde inom och i anslutning till MVE3-sträckningen. I flodmynningen råder förbud mot trålning och notfiske inom 5 km, förbud mot fiske med ryssjor inom 3 km och förbud mot garnfiske inom 1 km från flodmynningen. (Kalastusrajoitus.fi 2023).

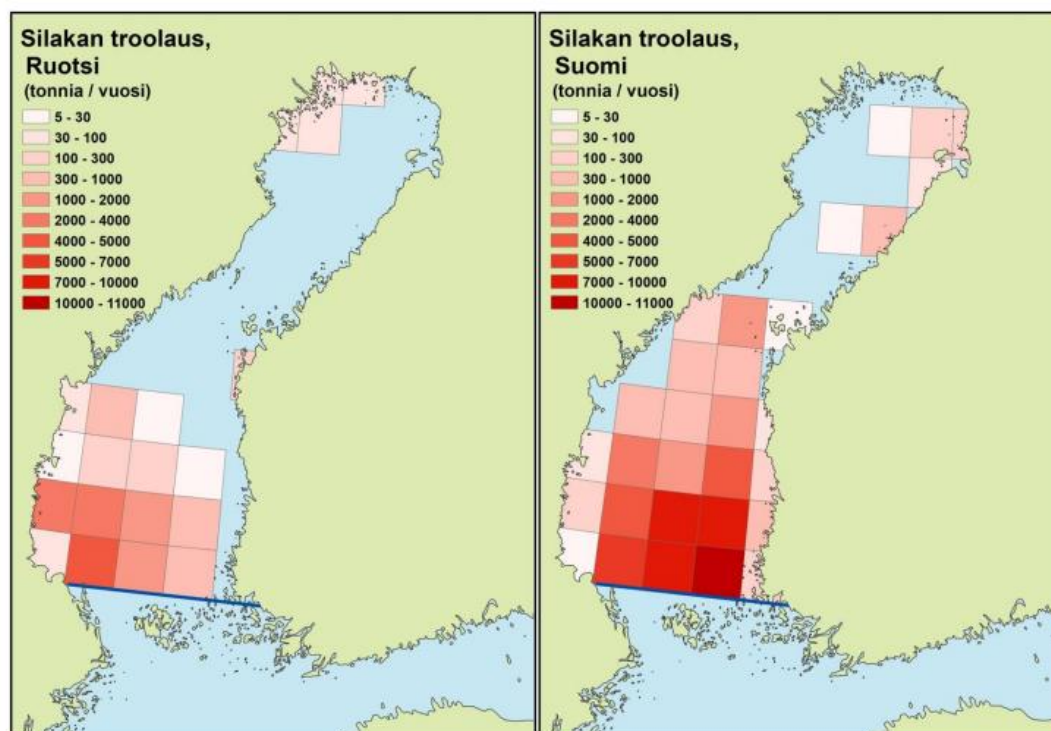
De fiskeområden som identifierats i havsplaneringen presenteras i kapitel 8.1. Viktiga fiskeområden för nät ligger i området för kablarna MEV2 och MEV3.

De viktigaste trålningsområdena för strömming på den finska kusten är i allmänhet norr om Åland, utanför Nystad, Raumo, Björneborg, Merikarvia, Korsnäs och Vasa. Strömmingen fångas huvudsakligen i grunda kustområden eller i djupare kanaler mellan grundare områden. Mindre mängder sill fångas också i Bottenhavet, men trålningen är främst koncentrerad till siklöja. Traditionella fiskeplatser för strömming i Bottenviken är utanför Vattajanniemi i Lohtaja, Kalajoki och Brahestad, men strömming fångas också norr om Karlö, där det också fångas siklöja. I Bottenviken fiskas främst med mindre fartyg och trålar än i Bottenhavet, där merparten av strömmingstrålfångsten tas av stora trålfartyg, där vattendjupet i fiskevattnen måste vara minst cirka 30 meter. Bifångsten från trålning av siklöja är strömming, som även kan fiskas i områden med ett djup på mindre än 10 meter, om botten typen tillåter, med det bästa fiskedjupet på cirka 10–15 meter (*Lappalainen m.fl. 2023*).

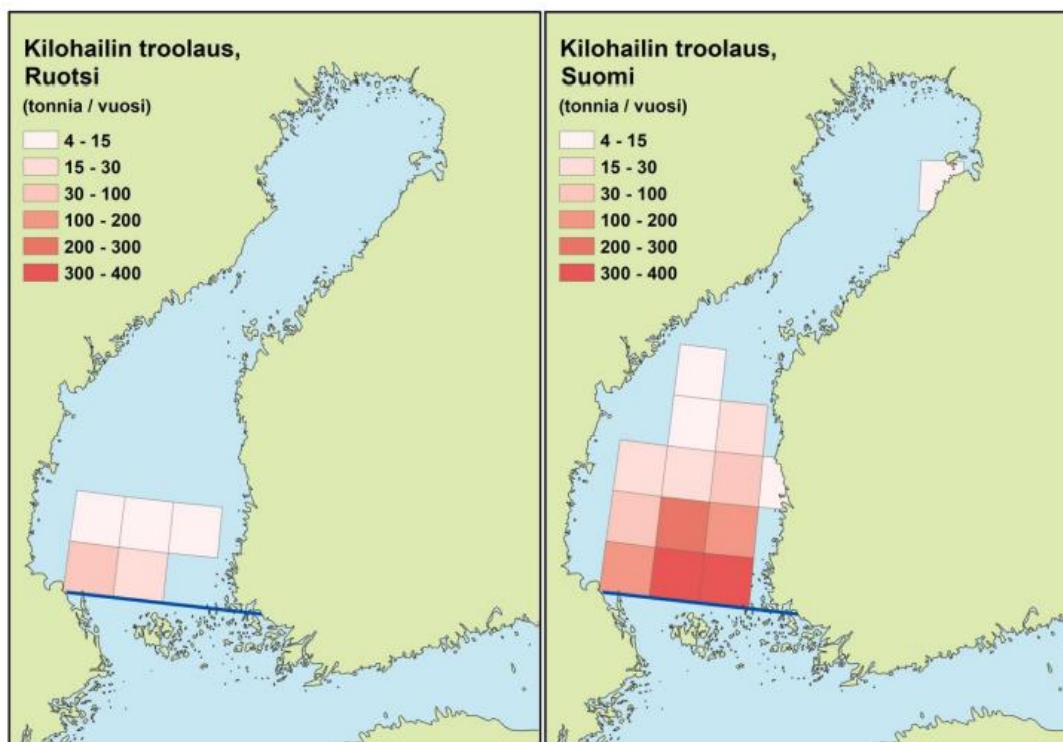
Det förekommer inget fiske av svenska yrkesfiskare i Halla projektområde på den finska sidan. Nedan finns en länk till AIS-data, som visar åren 2012–2024.

Av uppgifterna i länken framgår mycket tydligt att det svenska fisket i Bottenhavet är begränsat till närheten av den egna kustlinjen: <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>.

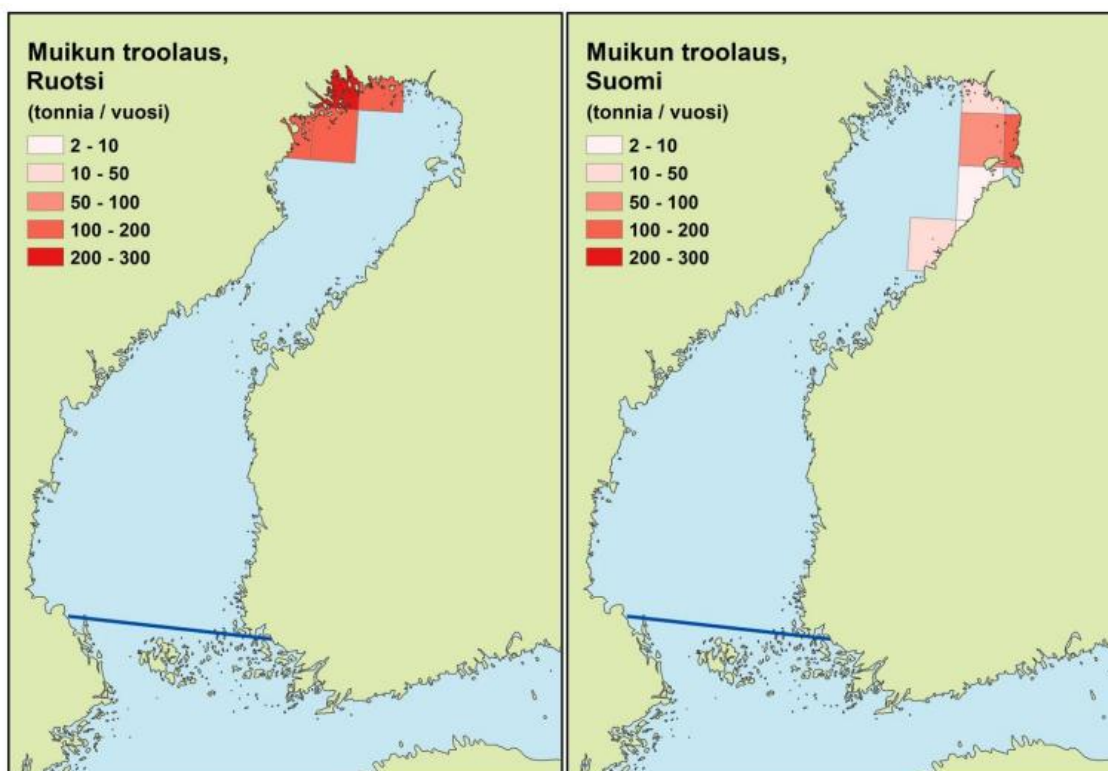
Trålningsrapporten från Naturresursinstitutet i Finland (*LUKE 2023*) visar svensk trålning av strömming (Figur 8–16), skarpsill (Figur 8–17) och siklöja (Figur 8–18) baserat på data från 2018–2022. Dessa trålningsmetoder används inte i Halla-området.



Figur 8–16. Årliga medelvärden av statistiska fångster av sill/strömming per statistisk rektangel för de svenska och finska trålfloterna i Bottniska viken för perioden 2018–2022 (svenskt medelvärde 15 miljoner kg/år; finskt medelvärde 63 miljoner kg/år). Silakan troolaus, Ruotsi/Suomi (tonnia / vuosi) = Strömmingstrålning Sverige/Finland (ton / år).



Figur 8-17. Årliga medelvärden av fångster av skarpsill per statistisk rektangel för de svenska och finska trålflottorna i Bottniska viken för perioden 2018–2022 (svenskt medelvärde 0,1 miljoner kg/år; finskt medelvärde 1,5 miljoner kg/år). Kilohailin troolauus, Ruotsi/Suomi (tonnia / vuosi) = Skarpsilltrålning Sverige/Finland (ton / år).

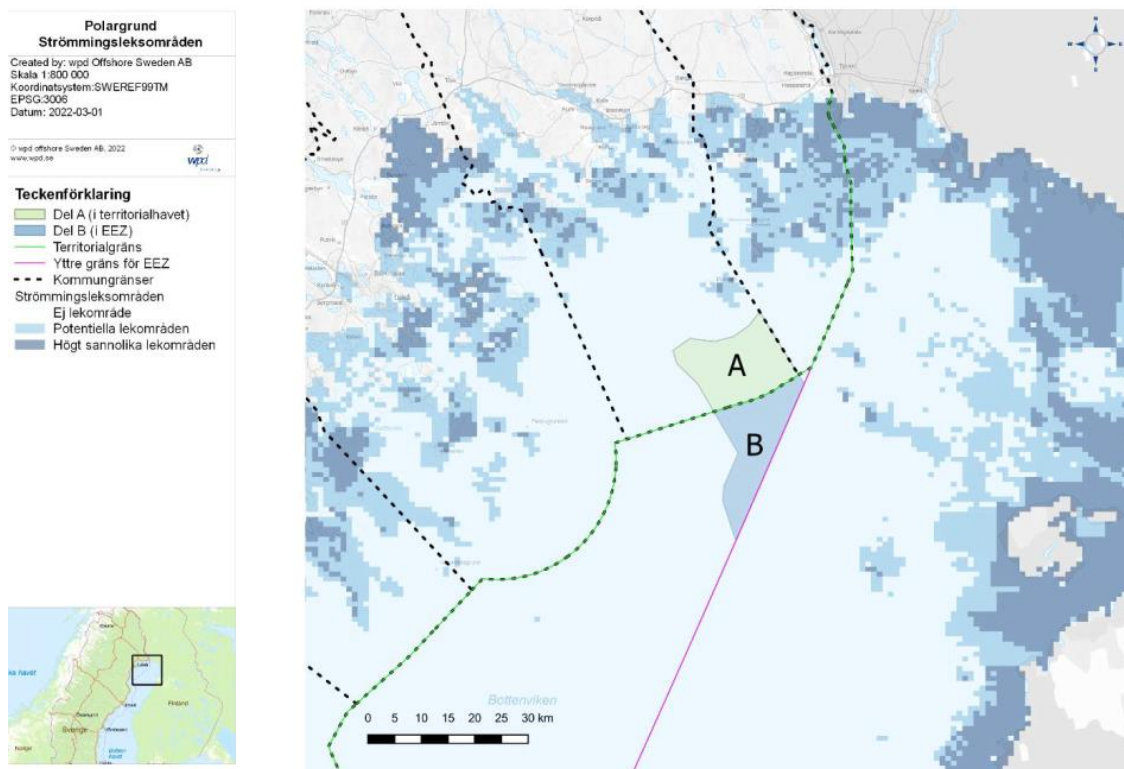


Figur 8-18. Årliga genomsnittliga fångster av braxen per statistisk rektangel av de svenska och finska trålflottorna i Bottniska viken för perioden 2018–2022 (svenskt genomsnitt 769 ton/år; finskt genomsnitt 307 ton/år). Muikun troolauus, Ruotsi/Suomi (tonnia / vuosi) = Siklöstjålning Sverige/Finland (ton / år).

8.4.3.2 Svenska sidan

Enligt samrådsdokumentet för projektet Polargrund Offshore (*wpd 2022*) fick AquaBiota Water Research 2008 i uppdrag av Naturvårdsverket att genomföra en inventering av Svalan och Falken vid höjden av Piteå, främst med avseende på bottenlevande fisk.

En av de kommersiellt viktiga sötvattensarterna i Bottenhavet är siklöjan (*Coregonus albula*). Siklöjan skiljer sig något från andra sötvattensarter genom att den är en pelagisk stimfisk, vilket innebär att den rör sig mycket även ute på öppet hav. Under sommaren sprider sig siklöjan över hela Bottenhavet för att sedan under hösten vandra in mot Bottenhavets norra kust för att leka. Storleken på beståndet kan variera kraftigt mellan åren och styrkan på beståndet ett visst år beror på faktorer som temperatur och salthalt (*Bryhn m.fl. 2021*). En annan kommersiellt viktig art i området är strömming. Strömming leker i kustområden längs hela Sveriges östkust, inklusive Norrbottens och Västerbottens kustområden. Figuren (Figur 8–19) visar de utpekade lekområdena där sannolikheten för lek varierar.



Figur 8–19. Undersökningsområdet Polargrund Offshore i förhållande till potentiella och mycket sannolika lek områden för strömming i norra delen av Bottevik. (*wpd 2022*)

Lax (*Salmosalar*) och öring (*Salmo trutta*) finns också i Bottenviken och är viktiga arter för både yrkes- och fritidsfisket. Ungarna av båda arterna vandrar bort från de vatten där de föds, tillbringar ett eller flera år i havet och återvänder sedan till sina födelsevatten för att reproducera sig. Vandrigen är mödosam och fisken stöter på många av människan skapade hinder längs vägen, till exempel dammar, vilket har bidragit till att reproduktionen har minskat flera år i rad (*Havs- och Vattenmyndigheten, 2021*). Fiskarter som har påträffats vid tidigare inventeringar av området kring Polargrund Offshore-projektet antas också förekomma i båda delarna av utredningsområdet, men fiskesamhället i utredningsområdet kommer att undersökas och beskrivas mer i detalj under framtagandet av MKB:n. (*wpd 2022*)

Fisket har en lång kulturell tradition och spelar en viktig roll i havsbilden (*Boverket 2021*). Yrkesfisket tillför många värden till samhället: både kommersiella värden i form av fisk- och

skaldjursmarknader och ekonomiska värden i form av öppna hamnar, bevarande av kulturmiljöer, levande kustsamhällen, turism och attraktiva boendemiljöer (*Waldo & Lovén 2019*).

Enligt wpd (2022) har Polargrund Offshore inlett tidiga diskussioner med Norrbottens Kustfiskares Producentorganisation under hösten 2021 för att få en första uppfattning om hur fisket kommer att bedrivas i området. För att bedöma det kommersiella fisket i området har fångsterna under de senaste 20 åren undersökts.

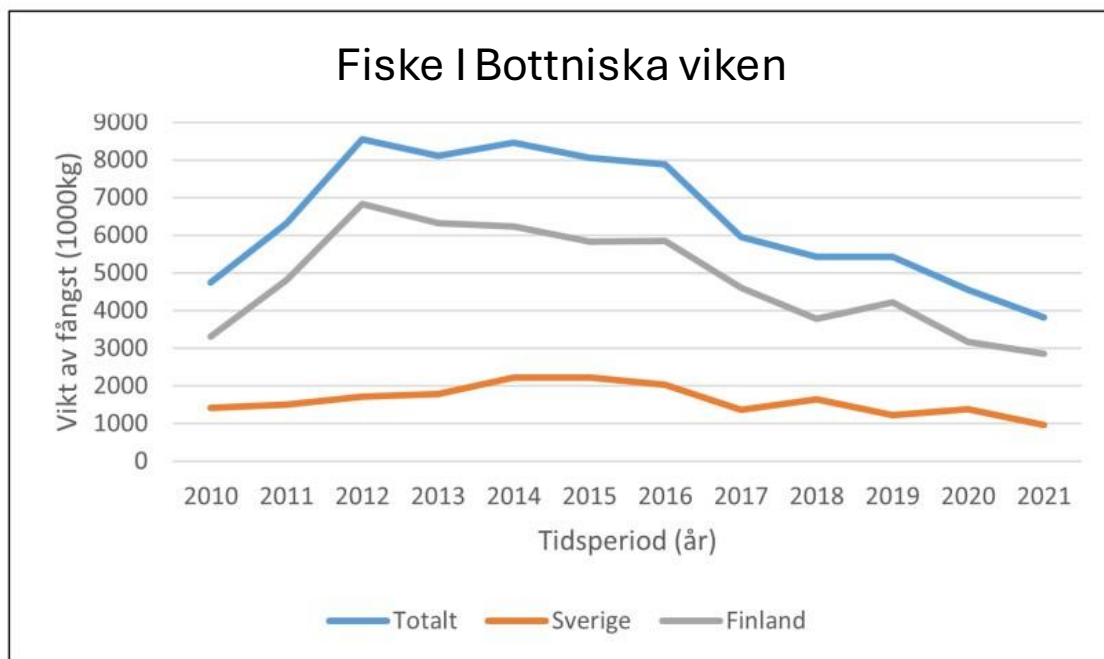
Siklöjeromfiske har stor betydelse längs den svenska kusten och är en viktig lokal inkomstkälla. Romfisket bedrivs huvudsakligen med trål längs kusten, dock inte i det aktuella undersökningsområdet.

Enligt havsplanen är undersökningsområdet inte särskilt avsatt för yrkesfiske, utan är avsatt för allmänt nyttjande och som naturområde. Särskild uppmärksamhet ägnas åt fiskens lek (*Havs- och Vattenmyndigheten 2022*).

Fisket i Bottenhavet bedrivs främst med passiva redskap (*Havs- och Vattenmyndigheten 2019*). Yrkesfisket i området bedrivs främst med trålar och ryssjor, men även nät och, mer sällan, not och snurrevadar.

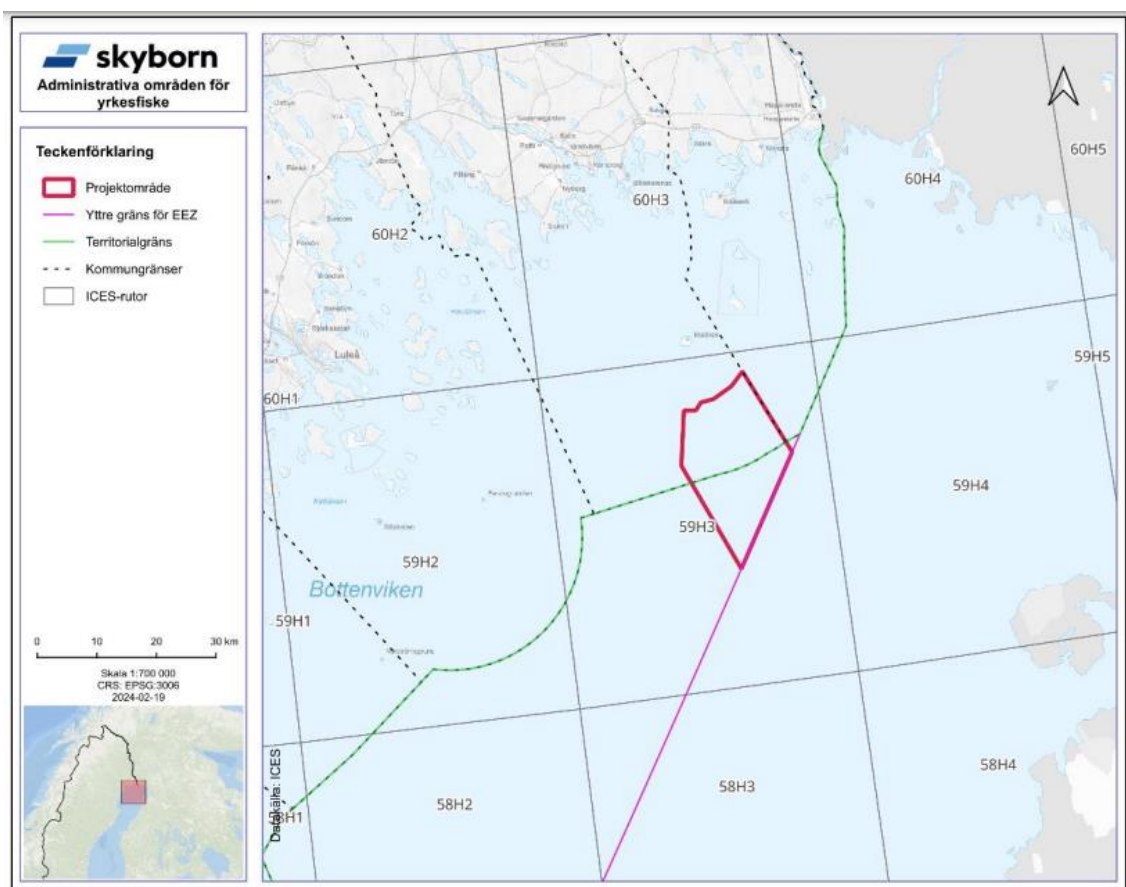
Det finns områden av riksintresse för yrkesfisket på fastlandskusten i Haparanda, Kalix och Luleå. Enligt samrådsdokumentet Polargrund Offshore (*wpd 2022*) är de huvudsakliga målarterna för yrkesfisket inom 60 km från undersökningsområdet, enligt fångstdata från 2009–2018 i Bottenhavet, siklöja (ca 80% av fångsterna), sill (ca 10% av fångsterna) och lax (ca 7% av fångsterna) (*Havs- och Vattenmyndigheten 2018*). Fem dokumenterade fångstrappor har tagits fram i studieområdet under 2015, 2016 och 2018 (*Havs- och Vattenmyndigheten 2018*). Fångsterna utgjordes huvudsakligen av lax, men även enstaka fångster av sik och siklöja har erhållits.

Finland har historiskt sett stått för den största andelen av fisket i Bottniska viken (både den finska och den svenska sidan) (Figur 8–20). År 2022 stod de finska fångsterna för 66% av alla landningar av fångster i området. De finska fångsterna ökade från 2010 till 2012, men har sedan dess minskat fram till 2021. Fångsterna i det svenska kommersiella fisket följer ungefär samma trend, med en ökning från 2010 till 2015 och sedan en minskning från 2010 till 2015. (*wpd 2022*).



Figur 8-20. Landningar i Bottniska viken från 2010 till 2022 (wpd 2022).

Under perioden 1980–2022 bestod det finska kommersiella fisket i den statistiska rektangeln 59H3 (Figur 8-21) uteslutande av sill/strömming. Sedan 2000 har Finland landat fisk från denna statistiska rektangel endast under två år, 2009 och 2022. Fångsten 2022 var 37 ton strömming, vilket motsvarar cirka 1 % av den finska fångsten i Bottniska viken och 8 % av den finska fångsten i den intilliggande statistiska ICES-rektangeln. Sammantaget anses det nuvarande trålfisket i Polargrunds projektområde vara mycket lågt, mindre än 1 % jämfört med de omgivande ICES-blocken (Figur 8-21) (wpd 2022).



Figur 8–21. ICES delområden i norra Bottenviken i förhållande till den planerade vindkraftsparken Polargrund (wpd 2022).

8.4.4 Havsdäggdjur

De **havsdäggdjur** som finns i Bottenhavet är vikare (*Pusa hispida*) och gråsäl (*Halichoerus grypus*). Observationer visar att öarna i närheten av studieområdet Polargrund Offshore är platser där gråsäl och vikare går i land för att vila, byta päls etc. (wpd 2022). Det finns även observationer av utter (*Lutra lutra*) på vissa öar i Haparanda skärgård, och bäver (*Castor fiber*) närmare fastlandet. Den största populationen (ca 80 %) av Östersjöns säl finns i Bottenviken, vilket innebär att arten använder stora delar av Bottniska viken för födosök (Oksanen m.fl. 2015). Gråsäl har ett större utbredningsområde än vikaren och är inte lika beroende av havsis under vintern som vikaren. (wpd 2022)

8.4.5 Fladdermöss

Fladdermössens flyttning i Finland är fortfarande ett relativt okänt fenomen. Bland de arter som förekommer i Finland anses trollpipistrell (*Pipistrellus nathusii*), sydpipistrell (*Pipistrellus pipistrellus*), dvärgpipistrell (*Pipistrellus pygmaeus*), större brunfladdermus (*Nyctalus noctula*), dammfladdermus (*Myotis dascyneme*) och gråskimlig fladdermus (*Vespertilio murinus*) vara flyttare (t.ex. Ahlén m.fl. 2009). Av dessa arter har den trollpipistrell (*Pipistrellus nathusii*) bedömts vara utrotningshotad i Finland (VU, Hyvärinen m.fl. 2019), de övriga anses vara sällsynta och åtminstone delvis tillfälliga och klassificeras som inte lämpliga för bedömning (NA). Dammfladdermusen är dock sannolikt en permanent inhemsk art åtminstone i sydöstra Finland, och ny information om dess förekomst har blivit tillgänglig under de senaste åren (t.ex. Karri Kuitunen muntlig rapport, egna observationer). Ny information om trollpipistrellens flyttningsbeteende har erhållits bl.a. från Kvarken, där trollpipistrellens flyttningsrutt över

Bottniska viken till Sverige har bekräftats (*Metsähallitus 2018*). Med undantag för dammfladdermusen anses de ovan nämnda arterna vara de känsligaste av alla europeiska fladdermusarter för kollisioner med vindkraftverk.

Fladdermössens migrationsvägar i Östersjön i förhållande till landbaserade vindkraftsprojekt har studerats av Gaultier m.fl. (2020) (Figur 8–22). Den europeiska boreala biogeografiska regionen visas i ljusgrått på kartan. Studieområdet omfattade delar av Estland, Finland, Lettland, Litauen, Ryssland och Sverige i den utsträckning som områdena ligger i den boreala regionen och nära Östersjön. Fladdermössens huvudsakliga migrationsvägar visas på kartan med svarta pilar. Pilen med en streckad linje indikerar osäkerhet om användningen av flyttvägen i fråga. Antalet individer och arter av fladdermöss som använder migrationsrutterna ökar betydligt när migrationsrutterna flyttar längre söderut. Kartan visar även aktuella landbaserade vindkraftsprojekt (mörkgrå trianglar) och potentiella framtida projekt (ljusgrå trianglar). Fladdermöss har observerats migrera inte bara över Bottniska viken utan även över Ålands skärgård till Sverige (*Gaultier m.fl. 2020*). Studien innehåller inte någon liknande karta för havsbaserade vindkraftsprojekt.



Figur 8–22. Flyttvägar för fladdermöss i Östersjön. Figurförklaring: den europeiska boreala biogeografiska regionen visas i ljusgrått på kartan. Studieområdet omfattade delar av Estland, Finland, Lettland, Litauen, Ryssland och Sverige i den mån områdena ligger i den boreala regionen och nära Östersjön. Fladdermössens huvudsakliga migrationsvägar visas på kartan med svarta pilar. Pilen med en streckad linje indikerar osäkerhet om användningen av migrationsrutten i fråga. Kartan visar också befintliga landbaserade vindkraftsprojekt (mörkgrå trianglar) och möjliga framtida projekt (ljusgrå trianglar). (Gaultier m.fl. 2020)

Enligt wpd (2022) har en preliminär undersökning av förekomsten av **fladdermöss** genomförts under utarbetandet av samrådsdokumentet för Polargrund Offshore. Syftet var att kartlägga tidigare kända fladdermuspopulationer i området och potentiella migrationsvägar. För den preliminära undersökningen kontaktades två fladdermusforskare som bland annat studerar migrationsbeteendet hos olika fladdermusarter i Sverige och Finland. Dialog har också förts med en tjänsteman från Västerbottens läns landsting som är kunnig om fladdermöss, enligt samrådsunderlaget. Dessutom har dokument från Artportalen och ArtDatabanken granskats, liksom en rapport om fladdermöss som flyttar över Kvarken.

Fyra av de fladdermusarter som finns i Sverige klassas som långflyttare och kan förflytta sig minst 1 500 km över Europa (*Batlife Sweden 2022*). Dessa arter är större brunfladdermus (*Nyctalus noctula*), mindre brunfladdermus (*Nyctalus leisleri*), trollpipistrell (*Pipistrellus nathusii*) och gråskimlig fladdermus (*Vespertilio murinus*), varav den mindre brunfladdermusen är klassad som starkt hotad.

Fladdermöss flyger vanligtvis till havs på en höjd av högst 10 meter över vattenytan, men i sökandet efter föda nära fyrar, vindkraftverk och andra vertikala strukturer till havs flyger fladdermössen mycket högre, till exempel runt vindkraftverkens blad. Observationer tyder på att vindkraftverk i havet kan öka dödligheten bland fladdermöss. Fladdermöss söker föda till havs främst i områden där det finns rikligt med flygande insekter eller kräddjur som lever på vattenytan. (*Lutsar 2011, Ahlén m.fl. 2009*)

I den enda finska studien konstaterades också låg kollision dödlighet hos fladdermöss vid vindkraftverk nära kusten, baserat på det låga antalet fladdermusdetektioner (*Aminoff 2014*). Totalt konstaterades endast två fladdermuskollisioner vid 16 undersökta vindkraftverk, trots att dessa vindkraftverk var belägna på sydkusten och därmed sannolikt i ett område med högre fladdermusförekomst, både när det gäller arter och antal individer, jämfört med mer nordliga områden och inlandsområden.

Vissa fladdermusarter (t.ex. större brunfladdermus och dvärgpipistrell) har också observerats då och då jaga i närheten av havsbaserade vindkraftverk, troligen genom att äta insekter som attraheras av vindkraftverken under deras migration eller migrationsresor (*Ahlén m.fl. 2009*). Den eventuella kollision dödlighet som orsakas av detta beteende har inte undersökts, men eftersom liknande predationsbeteende orsakar kollisioner på fastlandet antas det att de också förekommer till havs (*Rydell m.fl. 2012*). I synnerhet fladdermusarter som migrerar över havet kommer sannolikt att dra nytta av de insekter som samlas runt havsbaserade vindkraftsparker och löper därför större risk för kollisioner än andra fladdermusarter (*Ahlén m.fl. 2009*).

Fladdermöss kan ibland ses i havsområden, särskilt under flyttningssäsongen. Det finns dock ingen information om hur viktigt området är som flyttstråk för fladdermöss eller hur många individer som rör sig genom havsområdet. Antagandet är att fladdermöss föredrar de smalare delarna av havsområdet när de korsar havet.

8.4.6 Fåglar

8.4.6.1 Material

För att stödja bedömningsarbetet och ge underlag till de studier som genomförts har befintliga fågeldata samlats in och forsknings- och övervakningsrapporter sammanställts om effekterna av havsbaserade vindkraftsparker på fåglar, särskilt i Nordsjön och Östersjön. För den aktuella statusen för häckande och flyttande fåglar i det område som påverkas av Halla havsbaserade vindkraftspark samlades även information om de viktigaste häckningsområdena och arterna längs den svenska kusten (*Länsstyrelserna 2020*) och observationer av flyttvägar och antal flyttande fåglar som observerats längs den svenska kusten in från offentliga register i Sverige (*Artportalen 2024*).

För Halla-projektet omfattar befintliga lokala fågeldata huvudsakligen resultaten av undersökningar av häckande fåglar som genomfördes 2020 och 2021 i närheten av energiöverföringsrutterna (*Antti Below / Metsähallitus, skriftlig kommunikation 2022*). Den studie som ligger närmast (i fråga om läge och natur) havsbaserade vindkraftsprojektet i Halla är 2008 års fågelundersökning av den havsbaserade vindkraftsparken i Suurhiekkä (*wpd Finland Oy 2009*), vars resultat också har använts där det är lämpligt. Själva vindkraftsparken ligger så långt ut till havs att det praktiskt taget inte finns någon information om fåglar som rör sig i och genom området före de undersökningar som utfördes för projektet.

Bedömningen baserades på bästa tillgängliga information, där den primära informationskällan var övervakningsdata från havsbaserade vindkraftsparker i drift - i synnerhet från Tahkoluoto i Björneborg och från Östersjö- och Nordsjöregionerna. Dessutom har man i bedömningen använt resultaten av den övervakning av fågelpåverkan som genomfördes under perioden 2014–2019 längs Bottenhavets kust om fåglarnas beteende i området kring vindkraftsparkerna under deras uppförande och drift (*FCG Finnish Consulting Group Oy 2014–2019*).

Undersökningsmetodik

Fåglarna i Halla havsbaserade vindkraftsområde och längs energiöverföringsrutterna till fastlandet har undersökts under 2021–2023 (Tabell 8–3). Totalt 35 fältdagar ägnades åt att kartlägga fåglarna i det havsbaserade vindkraftsområdet och längs energiöverföringsrutterna. I bedömningen har man också använt sig av undersökningarna av den havsbaserade vindkraftsparken Laine, som ligger längre söderut i Bottenhavet som genomfördes samtidigt och med samma metodik, samt delvis undersökningarna av den havsbaserade vindkraftsparken Tyrsky i Bottenhavet och resultaten av dessa.

Tabell 8–3. Datum, platser och metoder för fågelundersökningar i området för Halla havsbaserade vindkraftspark och energiöverföringsvägar mellan 2021 och 2023.

Datum	Destination	Metod	Observation
10.9.2021	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Höstmigration
20.9.2021	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Höstmigration
13.10.2021	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Höstmigration
12.5.2022	Energiöverföringsvägar	Räkning från båt	Vårmigration
17.5.2022	Energiöverföringsvägar	Räkning från båt	Vårmigration
19.5.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Vårmigration
20.5.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Vårmigration
23.5.2022	Energiöverföringsvägar	Räkning från båt	Vårmigration
24.5.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Vårmigration
27.5.2022	Energiöverföringsvägar	Räkning från båt	Vårmigration
28.5.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Vårmigration
31.5.2022	Energiöverföringsvägar, landning-splatser	Kartläggningsberäkning	Häckande fåglar
2.6.2022	Energiöverföringsvägar, landning-splatser	Kartläggningsberäkning	Häckande fåglar
4.6.2022	Energiöverföringsvägar, landning-splatser	Kartläggningsberäkning	Häckande fåglar
9.6.2022	Energiöverföringsvägar, landning-splatser	Kartläggningsberäkning	Häckande fåglar

Datum	Destination	Metod	Observation
13.6.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Häckande fåglar, födosöksflygningar, rastande fåglar
25.6.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Häckande fåglar, födosöksflygningar, rastande fåglar
27.6.2022	Energiöverföringsvägar	Räkning från båt	Häckande fåglar, födosöksflygningar, rastande fåglar
29.6.2022	Energiöverföringsvägar	Räkning från båt	Häckande fåglar, födosöksflygningar, rastande fåglar
11.7.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Häckande fåglar, födosöksflygningar, rastande fåglar
12.7.2022	Energiöverföringsvägar	Räkning från båt	Häckande fåglar, födosöksflygningar, rastande fåglar
19.7.2022	Energiöverföringsvägar	Räkning från båt	Häckande fåglar, födosöksflygningar, rastande fåglar
20.7.2022	Energiöverföringsvägar	Räkning från båt	Häckande fåglar, födosöksflygningar, rastande fåglar
25.7.2022	Energiöverföringsvägar	Räkning från båt	Häckande fåglar, födosöksflygningar, rastande fåglar
31.7.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Häckande fåglar, födosöksflygningar, rastande fåglar
14.8.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Häckande fåglar, födosöksflygningar, rastande fåglar
24.8.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Häckande fåglar, födosöksflygningar, rastande fåglar
21.9.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Höstmigration
25.9.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Höstmigration
20.10.2022	Område för havsbaserad vindkraftspark	Räkning från båt	Höstmigration
5.5.2023	Område för havsbaserad vindkraft och energiöverföringsvägar	Räkning från flyg	Vårmigration
13.5.2023	Område för havsbaserad vindkraft och energiöverföringsvägar	Räkning från båt	Vårmigration
16.5.2023	Energiöverföringsvägar	Räkningar från land och båt	Vårmigration
23.5.2023	Energiöverföringsvägar	Räkning från flyg	Vårmigration
3.6.2023	Område för havsbaserad vindkraft och energiöverföringsvägar	Räkning från flyg	Vårmigration

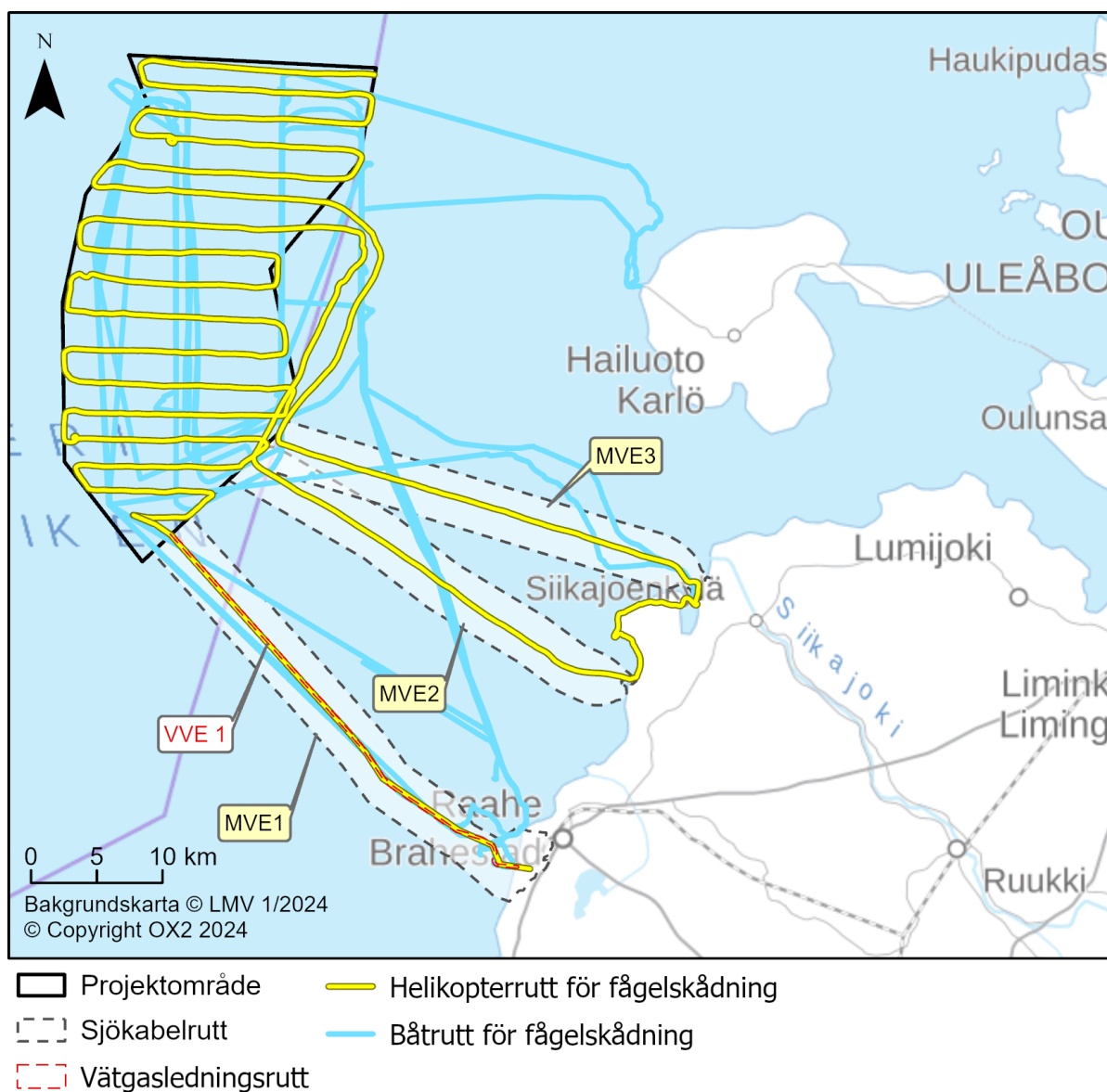
Område för havsbaserad vindkraftspark

Fåglar som kan rasta, äta och på annat sätt röra sig i området för Halla havsbaserad vindkraftspark, samt fåglar som flyttar genom området, undersöktes huvudsakligen med hjälp av båträkningar, där en båt fördes längs en fördefinierad räkningsrutt över hela området för den

havsbaserade vindkraftsparken. Undersökningarna inleddes hösten 2021 med båträkningar för att identifiera höstflyttningsrutterna i området. Merparten av undersökningarna genomfördes under 2022, då vårflyttningsundersökningar genomfördes, liksom undersökningar av födosöksflygningar under häckningstiden och räkningar av rastande fåglar. På grund av väderförhållandena kunde höstflyttningsundersökningarna 2021 inte genomföras som planerat, så de fortsatte hösten 2022. På grundval av yttrandet från NTM-centralen i Norra Österbotten om MKB-programmet för Halla fortsatte undersökningarna våren 2023 med vårflyttningsundersökningar, som inleddes i början av maj och genomfördes med helikopter vid det första besöket som flygräkningar, och fortsatte senare i maj och igen i början av juni med båträkningar. Båträkningarna 2023 fokuserade främst på fåglar som flyttade genom vindkraftsparken, så i stället för att köra genom den planerade rutten observerades flyttande fåglar från en stillastående båt på flera platser i utkanten av den havsbaserade vindkraftsparken. Totalt besöktes det havsbaserade vindkraftsområdet 19 gånger (Tabell 8–3).

För båträkningarna anpassades inventeringsrutten till områdets storlek, avståndet till närmaste hamn och vilken typ av båtar som användes, så att hela inventeringsrutten kunde genomföras under en dagsljusperiod. För vindkraftsprojektet i Halla var den totala längden på inventeringsrutten i vindkraftsområdet cirka 120 km och den totala sträckan till havs under inventeringsdagen cirka 195 km. Omedelbart öster om projektområdet i Halla ligger naturreservatet Merikallat. Rutten var också planerad att gå genom Merikallat, trots att det är utanför den havsbaserade vindkraftsparken, för att verifiera eventuella skillnader i fågelförekomst i det grundare havsområdet jämfört med det omgivande havsområdet. Båtens hastighet under inventeringen var cirka 15–30 km/h, beroende på väderförhållandena. Observationer gjordes också från en stillastående båt då och då och vid behov. Avståndet mellan linjerna i inventeringsrutten på vindkraftsparkens område var cirka 8 km (Figur 8–23). Inventeringsrutten optimerades med hänsyn till de ovan nämnda begränsningarna för att få en tillräckligt omfattande översikt över de rastande och födosökande fåglarna i området under dagsljuset på en inventeringsdag. I maj, under flyttningen av arktiska lomfåglar och vattenfåglar i området för den havsbaserade vindkraftsparken, gjordes också ett försök att övervaka eventuell flyttning från en stillastående båt. Med i båten fanns alltid en båtförare och en fågelskådare. Under de flesta av besöken kördes båten också av en erfaren fågelskådare som också deltog i observationen, så att det i praktiken fanns två observatörer.

För flygundersökningen med helikopter skapades en mycket tätare flygbana för den havsbaserade vindkraftsparken med en "kam" på cirka två kilometer. Hela området för den havsbaserade vindkraftsparken och energiöverföringsrutterna flögs på en enda dag. Helikoptern flög på en höjd av cirka 50 m och med en hastighet av cirka 100 km/h. Den totala längden på flygvägen som täckte det havsbaserade vindkraftsområdet och kabelstråken var cirka 495 km. Vid behov avvek man från den planerade flygvägen, sänkte höjden och saktade ner hastigheten för att kunna identifiera de fåglar som observerades. På våren, under isiga perioder, gjordes också ytterligare svängar vid punkter där det fanns råkar på rutten. Helikoptern flögs av en erfaren fågelskådare, så det fanns i praktiken två observatörer för flygräkningarna.

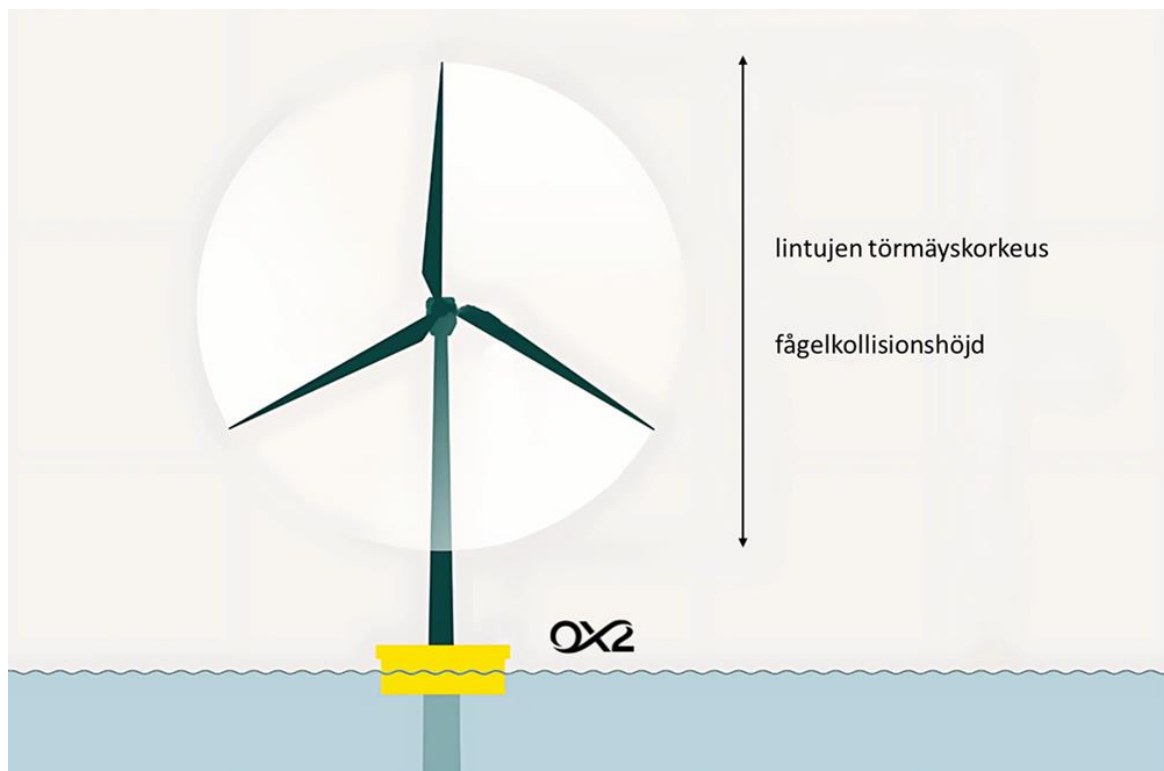


Figur 8-23. Rutter för båt- och helikopterundersökningar i Halla vindkraftsområde. Helikopterrutten (en flygning under våren 2023) är den rutt som registrerades under flygningen. Båtrutten är den planerade rutten som eftersträvs vid varje besök. Den östligaste rutten har förlängts utanför vindparksområdet för att passera genom Merikalla naturreservat.

Beräkningarna gjordes vid tillräckligt svaga vindförhållanden för att kunna utföras över hela vindkraftsområdet och för att väderförhållandena inte skulle förändras avsevärt under beräkningsdagen. I synnerhet för båträkningar är våghöjd och vågriktning de viktigaste faktorerna som påverkar räkningarna, eftersom de påverkar fåglarnas synlighet mellan vågorna och båtens hastighet och stabilitet under räkningarna.

Räkningarna genomfördes genom att fåglarna observerades från en båt/helikopter och deras placeringar och rörelser registrerades. Under båträkningarna gjordes också stopp för att observera fåglarna vid behov. För observerade fåglar registrerades tid på dygnet, observationsplats (båtens position i koordinater), art/artgrupp, antal, fågelns position och riktning i förhållande till observationsplatsen, om fågeln flög eller var stilla i vattnet, jagade etc. Flyghöjden för de observerade fåglarna registrerades också för kategorierna 0 m (=inga fåglar), 1-10 m, 10-20 m, 20-50 m, 50-400 m och över 400 m. Höjdkategorierna 20-50 m och 50-400 m

klassificeras i bedömningen som fåglarnas potentiella kollisionshöjd (Figur 8-24). Den totala höjden på de kraftverk som planeras för projektet kommer inte att överstiga 370 m. Registreringen gjordes på en surfplatta i programvaran för geografisk information.



Figur 8-24. Fågelkollisionshöjden är den höjd över havet där fåglar potentiellt kan kollidera med roterande blad. I verkligheten kommer bladet att svepa cirka 30 m över havet, men i konsekvensbedömningen har konsekvenshöjden klassificerats som 20–400 m, i enlighet med försiktighetsprincipen.

Områden med överföringsvägar för energi

En undersökning av rastande och födosökande fåglar i området för energiöverföringssträckningarna genomfördes mellan 2021 och 2023. I områdena kring sträckningarna undersöktes rastande flyttfåglar samt födosöksflygande häckande fåglars f läge och riktning. Befintliga data från fågelräkningar på öar i området användes som baslinje för undersökningarna (*Antti Below / Metsähallitus, skriftlig kommunikation 2022*). Uppgifterna användes för att identifiera de mest sannolika häckningsöarna och grottorna (närmast energiöverföringsrutterna och med det högsta antalet arter och par), dit observationerna koncentrerades.



Figur 8-25. Vid båtträkningarna gjordes observationerna från båtens däck med hjälp av en kikare. Alla observerade fågelarter registrerades på en surfplatta (här fäst vid båtens fönster). Förhållandena var i bästa fall helt lugna, men vid vissa besök försvårade vågorna (max 0,5 m) i viss mån observationerna och särskilt upptäckten av simmande fåglar. © Harri Taavetti, FCG.

Tabell 8–4. Väderförhållanden vid den havsbaserade vindkraftsparken och på energiöverföringsrutterna under besöken.

Observationsstation: vågbojen i Bottenhavet											
År	Månad		KL	Signifikant våghöjd (m)	Vågens riktning (grad)	År	Månad		KL	Signifikant våghöjd (m)	Vågens riktning (grad)
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 Nuvarande status

Särskilt på våren är kusten vid Bottniska viken och Bottenhavet en av de viktigaste flyttruterna för många fågelarter som häckar i Finland och övriga Nordeuropa samt på den arktiska tundran (t.ex. *Toivanen m.fl. 2014*). Den rådande uppfattningen är att flyttningen till största delen följer kusten och att antalet individer minskar snabbt ut mot yttre havet och inåt land.

På hösten är flyttstråken i Bottenviken inte lika tydliga som på våren. Under vissa omständigheter, t.ex. vid östlig vind, kan arter också passera genom vindkraftsparksområdet.

Under undersökningarna 2021–2023 observerades totalt 3 863 fågelindivider och 42 arter i området för havsbaserade vindkraftsparker. De allra flesta av dessa, 2 634 individer, observerades under vårflyttningsbesöken (Tabell 8–5). Även om våren var den bästa tiden för besök visar resultatet tydligt att antalet fåglar i den havsbaserade vindkraftsparken är högst under vårflyttningsperioden. Antalet fåglar som observerades under våren (maj) 2022 var klart högre än under våren 2023, delvis på grund av variationen mellan åren; vårflyttningen 2023 var i allmänhet lägre i antal individer i Bottniska viken än 2022 (*H. Taavetti, personliga observationer*), delvis på grund av flyttningens intensitet under observationsdagarna. Resultaten av observationerna visar dock att det finns en variation mellan åren när det gäller de fåglar som flyttar genom projektområdet. Variationen mellan höstarna 2021 och 2022 var mindre, och ett lågt antal fåglar observerades i projektområdet under båda höstarna.

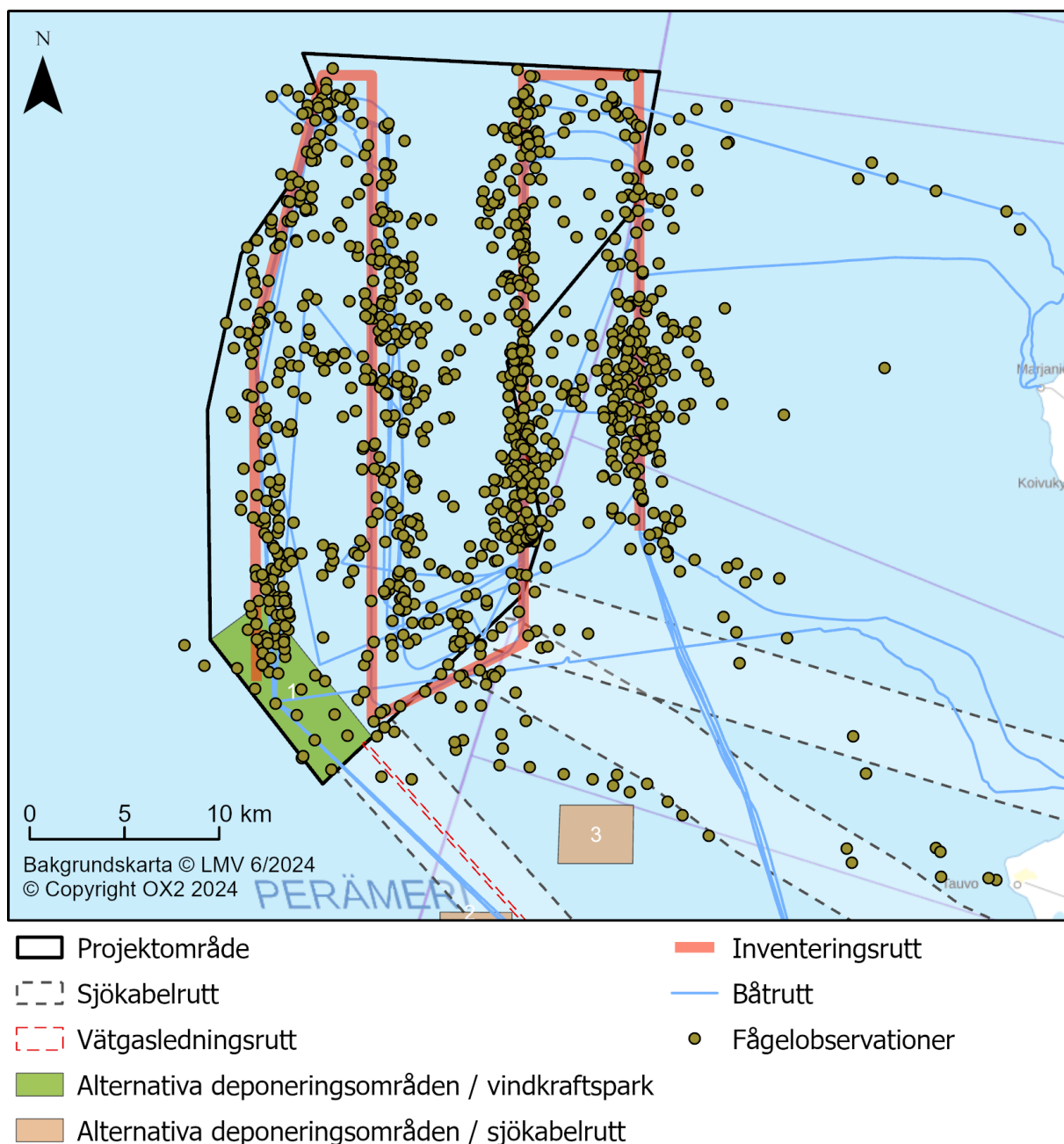
Tabell 8–5. Sammanfattande tabell över alla fåglar som observerades i undersökningarna av projektområdet 2021–2023. Vår = maj, Sommar = juni, juli och augusti, Höst = september och oktober.

Arter	Totalt	Höst 2021	Vår 2022	Sommar 2022	Höst 2022	Vår 2023
Alfågel	78	11	48		3	16
Sillgrissla	1		1			
Ejder	6		4			2
Bläsand	20	5			15	
Ladusvala	8		1			7
Grågås	4		0			4
Gråtrut	244	18	63	105	15	43
Storskrake	43	4	20	10	6	3
Svan	1		1			
Strandpipare	1		1			
Smålom	66		36	26	3	1
Vadare	11					11
Fisk/silvertärna	286		181	76		29
Fiskmåås	95	20	11	51	11	3
Fisktärna	12		11			1

Arter	Totalt	Höst 2021	Vår 2022	Sommar 2022	Höst 2022	Vår 2023
Gulärla	1					1
Storlom	352		210	66	5	71
Lommar	659	10	502	63	9	75
Knölsvan	7		7			
Silvertärna	143		86	11		46
Mindre strand-pipare	1		1			
Måsfåglar	214	17	75	101	5	16
Strandskata	5		5			
Kustlabb	36		11	20		5
Havstrut	9		5	1	3	
Storskarv	8		5		3	
Sjöorre	119	12	60		9	37
Skrattmåås	6		6			
Småspov	1			1		
Småfågerarter	30		10			20
Dvärgmåås	7		5			2
Svärta	122	8	58	27	6	23
Sandlöpare	2		2			
Tobisgrissla	49	12	4	21	8	4
Tordmule	280	42	98	54	69	17
Alkor	71	4	30	26	10	1
Östersjötrut	257		68	182	1	6
Gräsand	2		2			
Vadarfåglar	1		1			
Kärrensäppa	11		0			11
Kricka	1		0			1
Knipa	10			4		6
Tornseglare	1		1			
Småskrake	54		22	15	3	14
Vigg	3		3			
Bläsgås	1		1			
Gråsiska	3		0			3

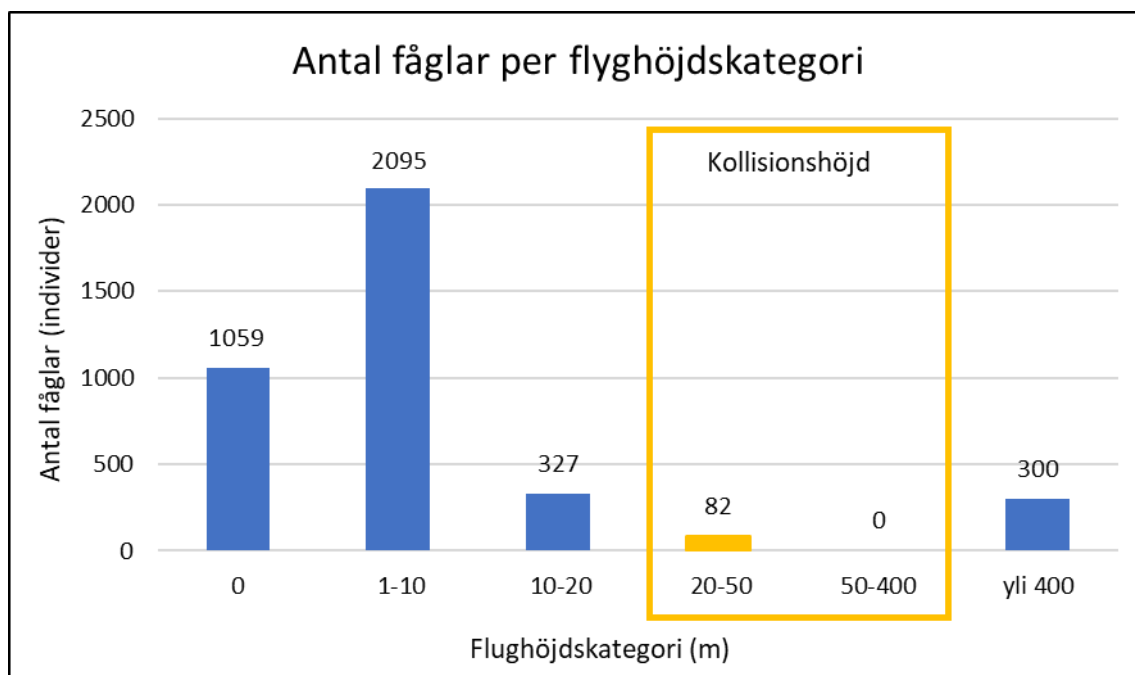
Arter	Totalt	Höst 2021	Vår 2022	Sommar 2022	Höst 2022	Vår 2023
Sjöfåglar	512	10	309	19	23	151
Smalnäbbad simsnäppa	7		7			
Grönsiska	1		0			1
Sädesärta	1		1			
Totalt	3863	173	1973	879	207	631

De fåglar som observerades under både flytt- (vår och höst) och sommarundersökningarna var ganska jämnt fördelade över den havsbaserade vindkraftsparken och de undersökta rutterna, utan några urskiljbara områden med högre antal fåglar som skilde sig från det omgivande havsområdet. I viss utsträckning observerades att den genomsnittliga fågeltätheten var något högre i den allra sydligaste och östra delen av vindkraftsområdet än i resten av vindkraftsområdet. Ett något högre antal fåglar registrerades också i Merikalla Natura-område öster om den havsbaserade vindkraftsparken, som är grundare än det havsbaserade vindkraftsområdet, men skillnaden var inte signifikant (Figur 8–26).



Figur 8-26. Sammanfattande karta över alla fågelobservationer som registrerats i undersökningarna av Halla havsbaserade vindkraftspark som genomfördes mellan 2021 och 2023 och exempel på flyttvägar. Den röda linjen visar den planerade undersökningsrutten, de tunna blå linjerna visar de rutter som togs med båt. Några raka linjer/vinklar i rutten beror på att spårningsenheten hackar.

Totalt observerades 2 804 flygande fåglar (Figur 8-27). Endast 2,9 % (82 individer) av fåglarna observerades flyga på påverkanshöjd (20–400 m), varav alla observerades på höjder mellan 20 och 50 m. Inga fåglar observerades således på höjder mellan 50 och 400 m. Observationerna tyder på att både flyttfåglar och andra fåglar under förhållanden på öppet hav huvudsakligen flyger på låga höjder nära ytan. Måsar var den enda artgrupp där individer regelbundet observerades flyga på högre höjder, även om majoriteten av dem flög under kollisionshöjden. En trolig flock sjöorrar (300 individer) observerades flyga genom vindkraftsområdet på en höjd långt över 400 m, dvs. över kollisionshöjden.



Figur 8-27. Diagram över flyghöjderna för alla observerade fåglar ($n=3863$ individer). Höjdkategorierna 20–50 m och 50–400 m klassificeras som kollisionshöjder (markerade i diagrammet med gula staplar och gul kontur) som en försiktighetsåtgärd. Inga fåglar observerades i höjdskategorin 50–400 m.

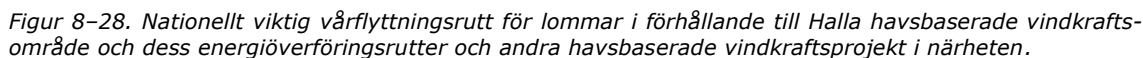
Fågelundersökningarna av det havsbaserade vindkraftsprojektet Tyrsky (OX2) i Bottenhavets exklusiva ekonomiska zon, som genomfördes samtidigt och ofta under flera på varandra följande dagar som de havsbaserade vindkraftsprojekten Halla och Laine i Bottenhavet, visade för år 2023 en betydande skillnad i antalet fåglar som rastar under flyttningen jämfört med antalet fåglar i Bottenviken. Upp till 20 000 vilande sjöorrar räknades i södra delen av Kvarken, liksom tusentals ejdrar och svärter. När man rörde sig norrut mot Bottenviken och till norra delarna av Kvarken försvann de lokala fåglarna praktiskt taget helt. Tidigare under våren berodde detta främst på att Bottenviken fortfarande var åtminstone delvis fruset, men fenomenet kunde fortfarande observeras när hela Bottenviken var isfri. Observationerna tyder på att arktiska vattenfåglar samlas söder om Kvarken för att invänta gynnsamma flyttningsstrålar och förhållanden, och när de väl inleder sin flyttning stannar de knappast i Bottenviksområdet.

Även när det gäller det stora antalet arktiska sjöfåglar som rastar i Bottenhavet var det tydligt att praktiskt taget alla observerades inom 20 km från kusten i områden där vattendjupet inte överstiger 20 meter. Arktiska vattenfåglar observerades inte mer i Tyrskys projektområde i den ekonomiska zonen än i Hallaområdet.

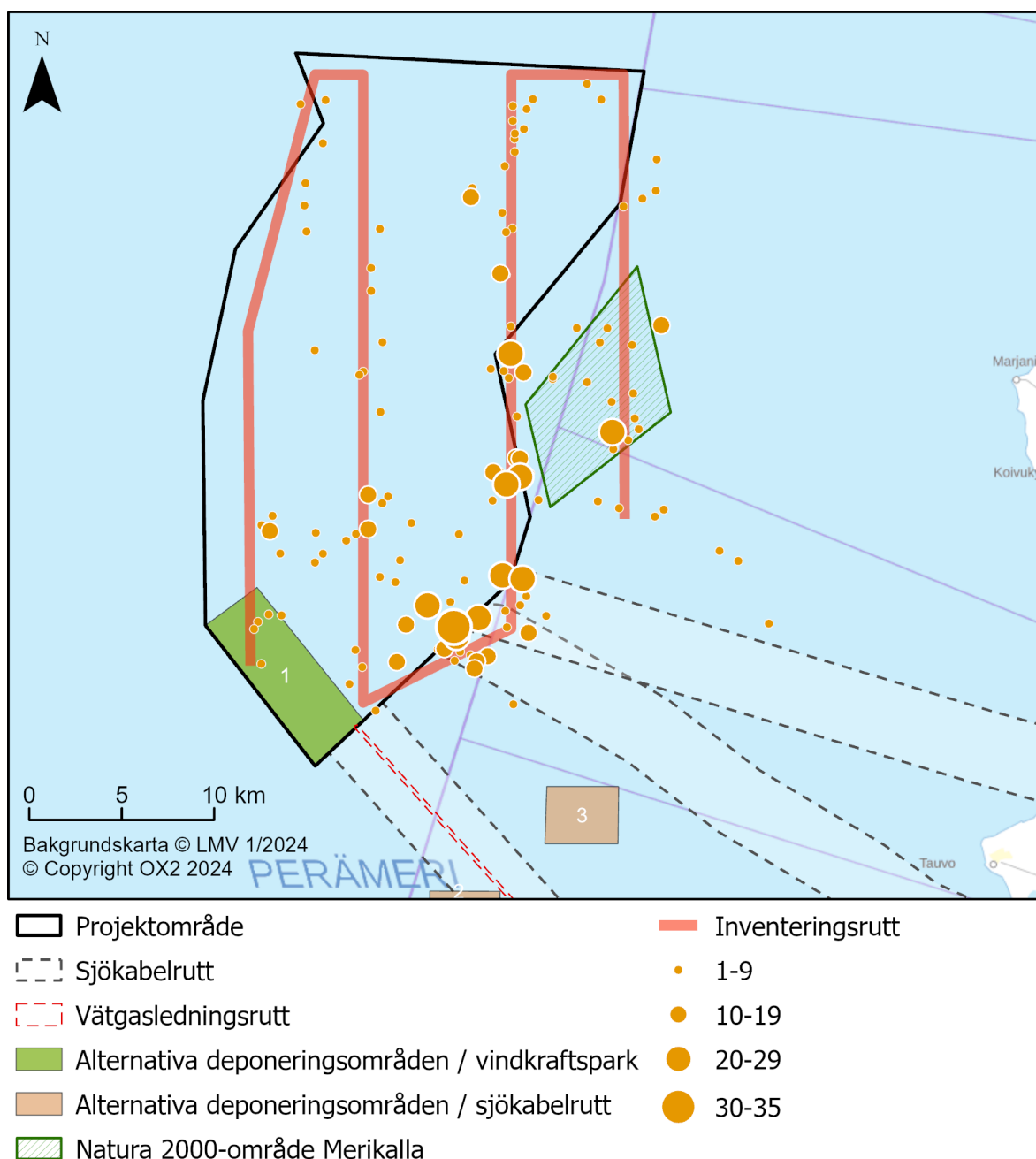
Nedan följer en analys art för art av de viktigaste observationerna och de arter som är mest relevanta för den havsbaserade vindkraftsparkens påverkan. Andra arter än de som anges nedan observerades endast som enstaka individer och diskuteras inte separat.

Lommar (storlom & smålom)

Projektets energiöverföringsrutter ligger på den nationellt viktiga vårflyttningsruten för lommar (Toivanen m.fl. 2023) (Figur 8-28).



Även om den havsbaserade vindkraftsparken ligger utanför den utpekade nationellt viktiga migrationsrutten har undersökningar visat att det sker en betydande migration av lommar i området kring vindkraftsparken och dess omgivningar (Figur 8–29). Totalt 1 077 lommar observerades under undersökningarna, vilket är mer än dubbelt så många som antalet lommar som observerades i området för den havsbaserade vindkraftsparken Laine längre söderut i Bottenhavet (413 individer). Nästan alla arter som identifierades var storlommar, och endast 65 individer av smålom identifierades. Befintlig information (t.ex. *wpd Finland Oy 2009*) tyder också på att smålommens huvudsakliga migrationsrutt ligger närmare kusten än storlommens.



Figur 8–29. Översiktskarta över de lommar som observerades under vårflyttningen under undersökningarna. Nästan alla observerade lommar flyttade mot nordost nära vattenytan. Kartan visar tydligt att lommaras observerade flyttning var koncentrerad till den södra delen av projekt- och undersökningsområdet, och att merparten av deras nordostliga flyttning skedde från den östra sidan av vindkraftsparken.

Resultaten av undersökningarna i Halla och Laine samt befintliga uppgifter (Artportalen 2024, wpd Finland Oy 2009) visar att lommaras flyttstråk i stort sett är koncentrerat till de södra delarna av Bottniska viken, på den svenska sidan, ända till Bottniska viken. Från Kvarken fortsätter flyttningen rakt över Yttre havet i en bred front mot Finland och från den västra sidan av Karlö och Ulkokrunn till kusten vid Ii-Simo och därifrån inåt landet. Halla vindkraftsområde ligger delvis längs denna rutt. Detta bekräftades också under undersökningarna, då flockar av storlommar observerades migrera genom det havsbaserade vindkraftsområdet under alla besök i maj 2022. Migrationen var något koncentrerad till den södra delen av MPA,

med flockar som huvudsakligen migrerade mot nordost, vilket stöder ovanstående bedömning av platsen för lommens migrationsrutt.

82 % av de observerade lommarna observerades i maj, dvs. under vårflyttningen, flyttade genom vindkraftsparken eller vilade under flyttningen. Av de 897 lommar som observerades under flyttningen befanns endast 13 individer i fyra flockar flyga i höjdistervallet 20–50 m, dvs. på potentiell kollisionshöjd. Med dessa enstaka undantag flög således alla observerade lommar under kollisionshöjden, till stor del nära ytan, dvs. under 10 meter. Även om samma trend observerades för arktiska vattenfåglar är detta ett av de viktigaste resultaten av fågelundersökningarna när man bedömer påverkan på fåglar. Observationen skiljer sig också markant från lommarnas migration nära kusten, eftersom flockar som migrerar nära kusten vanligtvis flyger på 20–50 meters höjd. När de når fastlandet stiger flockar av lommar vanligtvis till hundratal meter. På öppet hav, där det inte finns några hinder i sikte, flyttar flockarna därför i allmänhet nära ytan.

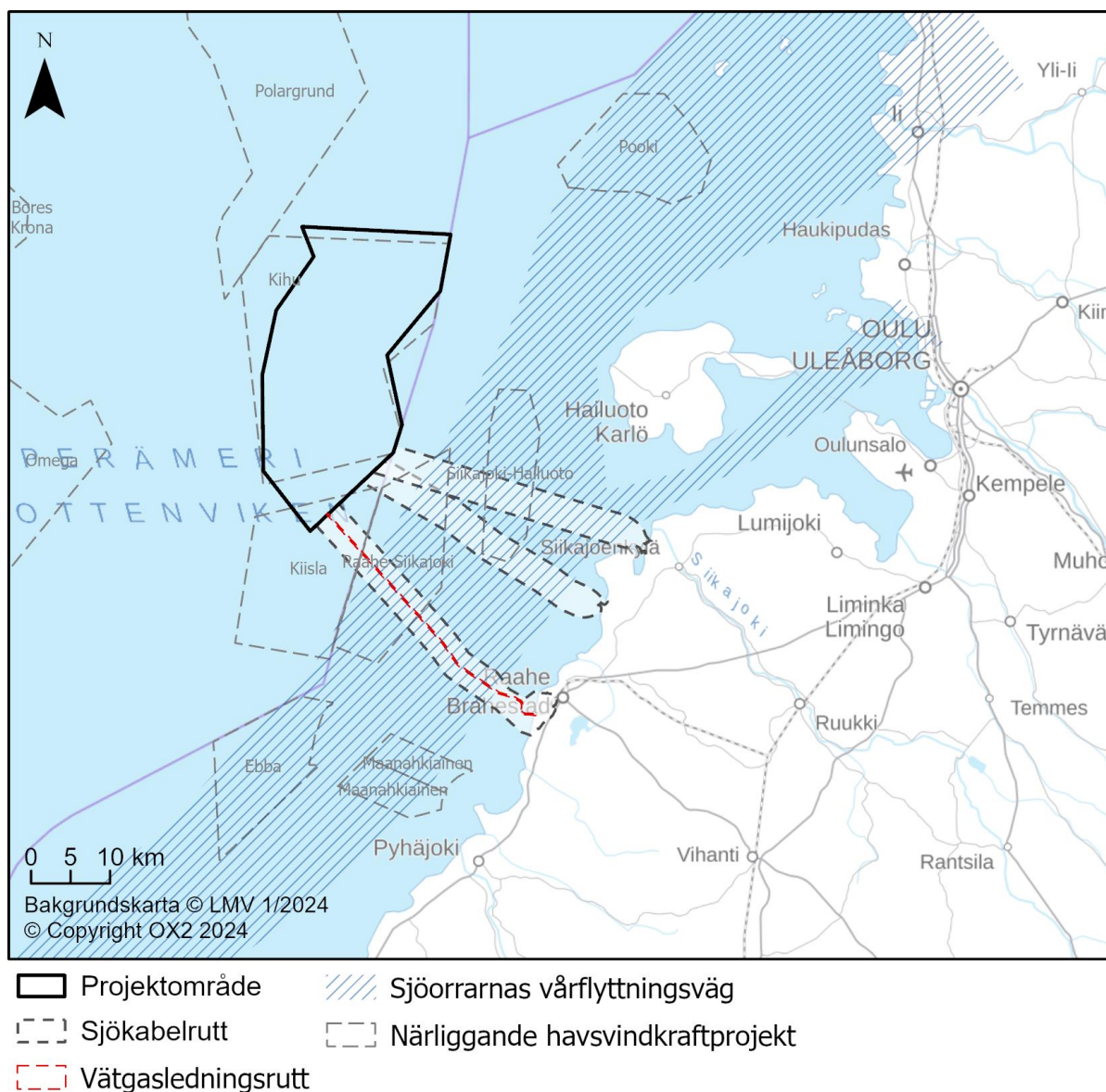
Det fanns en betydande skillnad i den observerade migrationen av lommar mellan vårarna 2022 och 2023. Under 2022 flyttade ett stort antal lommar genom området för havsbaserade vindkraftsparker, men under 2023 observerades endast 77 lommar flytta. Detta kan ha påverkats av flera faktorer. "Lommens vår" 2023 i Bottniska viken var generellt trög, vilket innebär att färre lommar helt enkelt flyttade genom Bottniska viken än vanligt. Detta är ett fenomen som är allmänt känt på lång sikt, även om orsaken inte är entydigt känd. Det är möjligt att en större del av lommarna på grund av förhållandena i Östersjöområdet under flyttningen styrs till finska viken, som de flesta lommar som flyttar genom Finland i vilket fall som helst flyttar genom. Vindriktningen har också ett betydande lokalt inflytande på var flytteruttern går. Det är möjligt att flockarna flyttade närmare den svenska kusten, och i så fall kan de inte upptäckas från Halla vindkraftspark. Tillfälligheter kan också spela en roll, t.ex. sammanföll övervakningsbesöken 2023 med perioder med låg migration av lommar.

Under sommarperioden (juni-augusti 2022) observerades totalt 158 individer och små flockar av icke-häckande lommar. Flockar av lommar samlas vanligtvis på havs- och sjöstränder före höstflyttningen, men detta verkar inte vara ett betydande fenomen i Halla havsbaserade vindkraftspark.

Höstflyttningen och rastningen av lommar i Halla vindkraftsområde var också nästan obefintlig, och endast 22 lommar observerades rasta i området.

Arktiska sjöfåglar (sjöorre, svärta, alfågel)

Projektets energiöverföringsrutter ligger på en vårflyttningsrutt av nationell betydelse för sjöorren och andra arktiska vattenfåglar (*Toivanen m.fl. 2023*) (Figur 8–30).



Figur 8–30. Nationellt viktiga vårflyttningsrutter för sjöorrar och andra arktiska vattenfåglar i förhållande till den havsbaserade vindkraftsparken Halla och dess energiöverföringsrutter och andra havsbaserade vindkraftsprojekt i närheten.

Totalt 967 sjöfåglar observerades i området för havsbaserade vindkraftsparker under undersökningarna 2021–2023. Några av de oidentifierade sjöfåglarna kan också omfatta arter som inte är nämnda i rubriken. Detta är betydligt lägre än antalet sjöfåglar (6 579 individer) som observerades i området för den havsbaserade vindkraftsparken Laine under motsvarande undersökningar.

Enligt befintliga uppgifter (t.ex. *Artportalen 2024*, *wpd Finland Oy 2009*) följer vattenfågel-flockar, till skillnad från lommar, i viss utsträckning någon av de två kustlinjerna på den svenska eller finska sidan när de fortsätter norrut från Kvarken. De flyttar alltså inte direkt genom havet i samma utsträckning som lommar. På den finska sidan, i de norra delarna av Bottenhavet, flyttar arktiska vattenfåglar på båda sidor om Karlö, varefter vissa fortsätter mot nordost inåt land, medan andra fortsätter norrut längs kustlinjen mot ändan av Bottenviken. Således kommer vattenfåglar som flyttar till den finska sidan i stor utsträckning att kringgå Halla vindkraftsområde på östra sidan, vilket framgår av kartan ovan. Detta observerades också i praktiken under ett fältbesök på kvällen den 19 maj 2022. I Bottenviken är flyttningen

av vattenfåglar vanligtvis livligast på kvällen. Vattenfåglar migrerar tidigt på kvällen och fortsätter sin migration under natten. På kvällen den 19 maj, på grund av utmanande isförhållanden utanför Brahestads kust, närmade man sig området för havsbaserad vindkraft från Marjaniemi i Karlö, där det förekom en ganska kraftig migration av vattenfåglar (främst sjöorrar) strax väster om Marjaniemis spets. Mer än 12 000 flyttande sjöorrar observerades under kvällen och ett par tusen individer sågs när man lämnade hamnen med båten. Västerut tog de flyttande flockarna praktiskt taget slut, även om flyttningen fortsatte i hög takt väster om Marjaniemi, med endast en flock på cirka 300 individer och några enstaka små flockar som observerades i området för själva vindkraftsparken till havs.

Under ett fältbesök vid Laine vindkraftspark (norr om Kvarken) kvällen innan, den 18 maj 2022, observerades en kraftig migration av vattenfåglar, varav en stor del på den svenska sidan, långt väster om Laine vindkraftspark. Totalt observerades 4 797 individer under denna enda kväll, vilket var mer än 70 % av det totala antalet vattenfåglar som observerades i Laine-undersökningen.

En viktig och slående observation var, precis som i fallet med lommarna, den låga flyghöjden hos de flockar av vattenfåglar som flyttade genom Halla vindkraftsområde. Av de observerade vattenfåglarna, med undantag för den flock på 300 sjöorrar som redan nämnts, flög alla observerade vattenfåglar under kollisionshöjden, d.v.s. praktiskt taget på havsnivå. Liksom lommar flyger flockar av flyttande vattenfåglar närmare kusten och särskilt över fastlandet ofta på flera hundra meters höjd, men på öppet hav observerades de huvudsakligen flyga på låga nivåer nära vattenytan.

Under sommaren observerades inga arktiska vattenfåglar i området för havsbaserade vindkraftsparker.

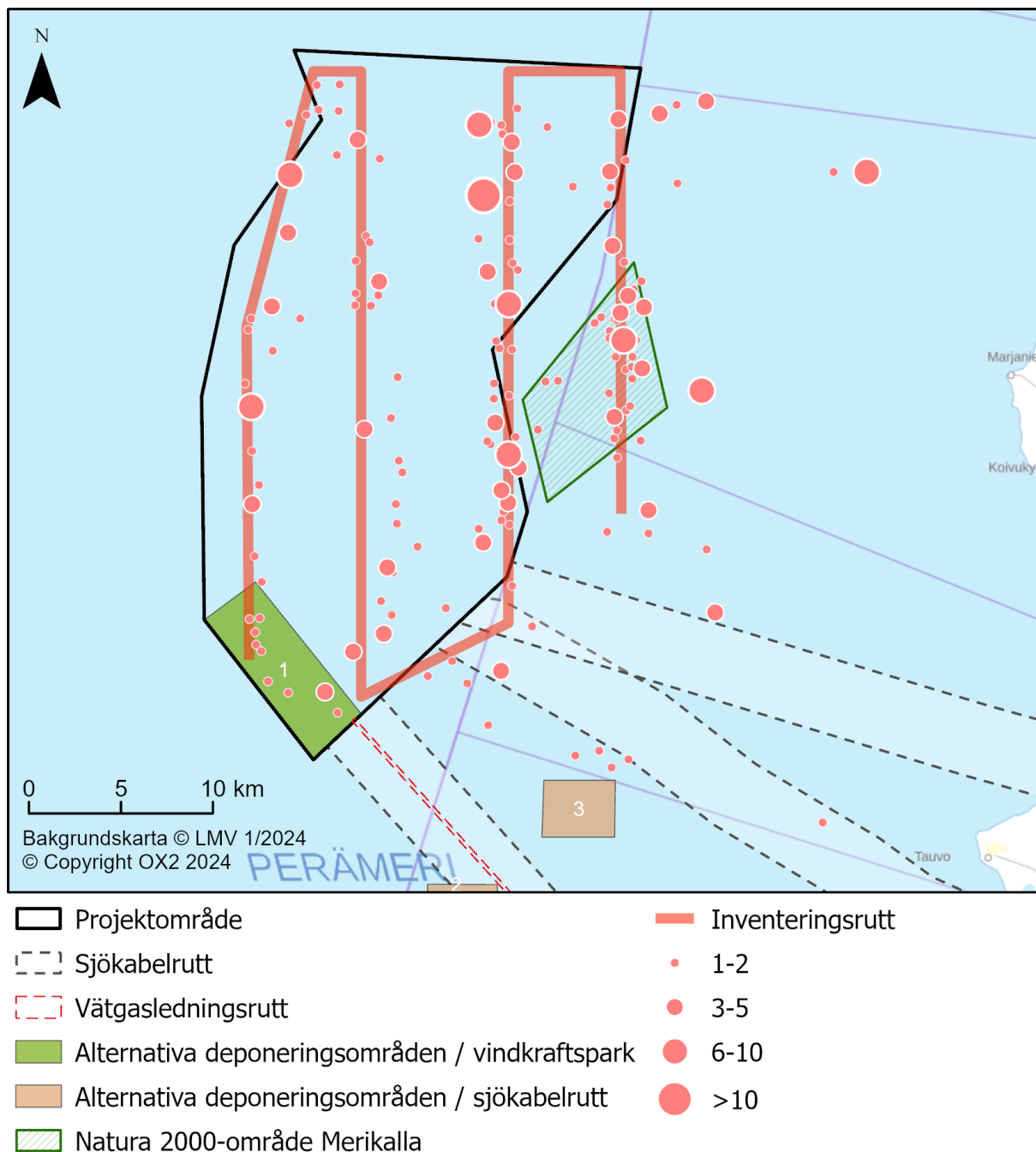
Även under hösten var arktiska vattenfåglar nästan obefintliga i området kring vindkraftsparken. 15 sjöorrar, 6 svärtor och 3 alfåglar observerades.

Alkor

Den överlägset vanligaste fågeln som söker föda i Halla havsbaserade vindkraftsområde är tordmule (Figur 8–31). Sammanlagt observerades 350 tordmular, vilket kan anses vara ett betydande antal. I maj observerades totalt cirka 146 tordmular, som tolkas som vårflyttare. Totalt 80 individer observerades under sommaren, vilka tolkades som antingen icke-häckande eller födosökande individer från häckningskolonier vid kusten. På den finska sidan är den närmaste och mest betydande häckningskolonin till Halla vindkraftsområde Krunne i Ii, där det finns cirka 450 par häckande tordmular i fyra kolonier (2019 års situation) (*H. Tuohimaa/ Metsähalitus, skriftlig kommunikation*).

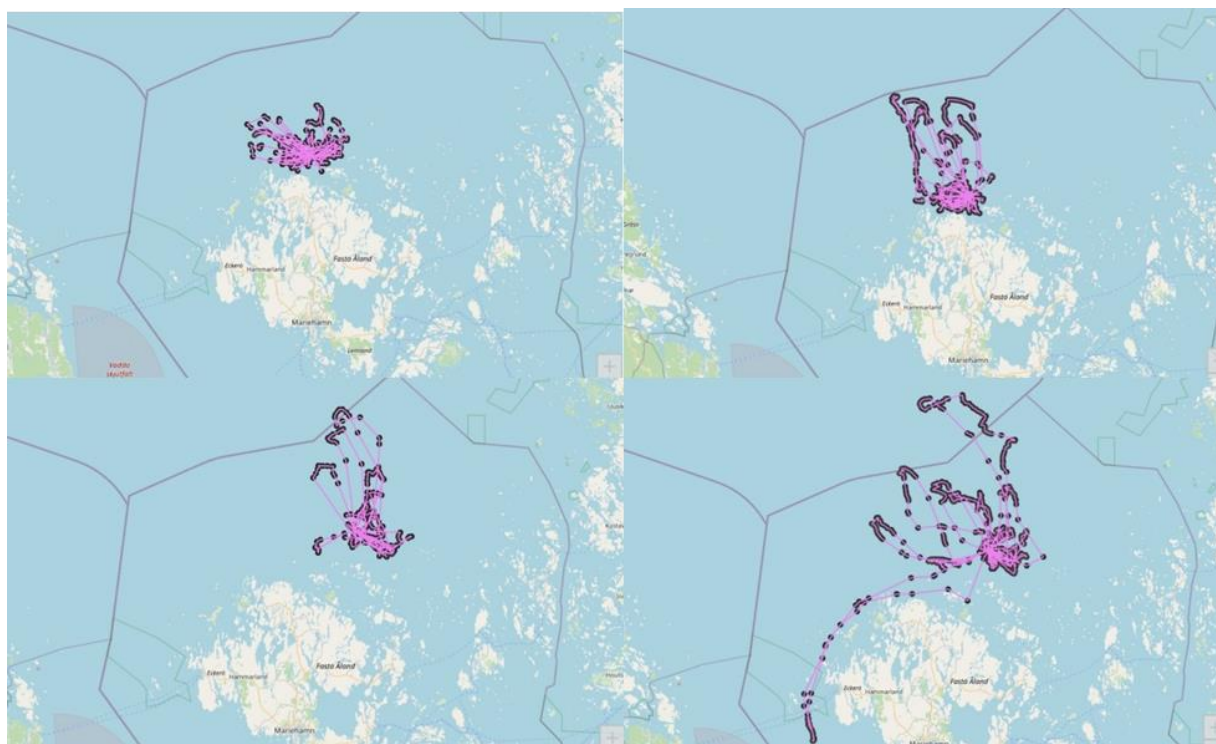
Alkor observerades vid nästan alla besök under vårflyttningen, sommaren och hösten. Det högsta antalet individer noterades i slutet av maj, då som mest 71 alkor observerades under en dag/ett besök. Även den 31 juli observerades 46 alkor, inklusive en unge som hade lämnat boet med modern och gett sig ut till havs. Även under senhösten gjordes fortfarande observationer av alkor: 49 den 20 oktober och 45 den 27 oktober. De nämnda siffrorna inkluderar ospecificerat antal tordmule/sillgrissla.

Alkor observerades vid nästan alla besök under vårflyttningen samt under sommaren och hösten. Det högsta antalet individer noterades i slutet av maj, då som mest 71 alkor observerades under en enda dag/besök. Även den 31 juli observerades 46 alkor, inklusive en unge som hade lämnat boet med mamman och gett sig ut till havs. Även under senhösten gjordes fortfarande observationer av alkor: 49 den 20 oktober och 45 den 27 oktober. De nämnda siffrorna inkluderar ospecificerat antal tordmule/sillgrissla.



Figur 8-31. Alkor som observerades under undersökningarna. Observationerna av alkor var ganska jämnt fördelade över hela projekt- och undersökningsområdet.

I en satellitövervakning av födosökningsflockar som utfördes av Avescapes Ltd år 2023 för OX2 Noatun Nord -projektet norr om Åland konstaterades att flockarna med alkor huvudsakligen födosökte inom några kilometer från häckningskolonin, men att enskilda födosökningsflygningar sträckte sig över avstånd på flera tiotals kilometer (Figur 8-32 och Figur 8-24). Det är därför möjligt att det förutom Krunni även kan anlända alkor till Halla vindkraftsområde från häckningskolonier på den svenska sidan.



Figur 8-32. Sammanfattning av satellitspårningen av alkor i Noatun Nord -projektet. Av spårningsdata kan man dra slutsatsen att majoriteten av rörelserna sker i närheten av häckningskolonin, men enskilda flygningar kan sträcka sig långt från häckningskolonin. Häckningskolonin och märkningsplatsen är belägna norr om Åland på ön Norrskäret. Figurs: Avescapes Oy.

Av de andra alkor observerades 49 tobisgrissla och en sydvästlig sillgrissla, som är sällsynt i Bottenhavet. 21 av tobisgrissla observerades på sommaren och tolkas som antingen icke-häckande fåglar eller individer från någon av häckningsplatserna vid kusten eller på öarna på födosöksflygning.

Det är typiskt för alkor att de i stort sett alltid flyger lågt, nära havsytan.

Sjöfåglar

I detta sammanhang omfattar "andra sjöfåglar" andfåglar, gäss, svanar och storskarv, av vilka 149 observerades i området för havsbaserade vindkraftsparker. Av dessa var den enda individ som flög i vindkraftsområdet på konsekvenshöjd (20–50 m) bläsgås, som flög sydost genom vindkraftsområdet under observationer av vårflyttning i maj. Övriga flög antingen under kollisionshöjden eller observerades simmande. Av de övriga gässen observerades endast en flock på fyra gäss i maj 2023. Det bör dock noteras att undersökningarna inleddes först i maj, när gässens flyttning i stort sett redan var över.

Majoriteten av de "andra sjöfåglar" som observerades var skrakar (storskrake & småskrake), av vilka totalt 97 noterades. Observationerna var ganska jämnt fördelade från vår till höst. I maj och sommar rör hanar, icke häckande och i häckningen misslyckade individer på sig i stor utsträckning och höstflyttningen sker i öppet hav till ett litet antal.

Mycket få andra arter observerades. Antalet andra vattenfåglar kan anses vara ganska lågt, med tanke på att dessa siffror är uppdelade mellan flytt- och sommarobservationer.

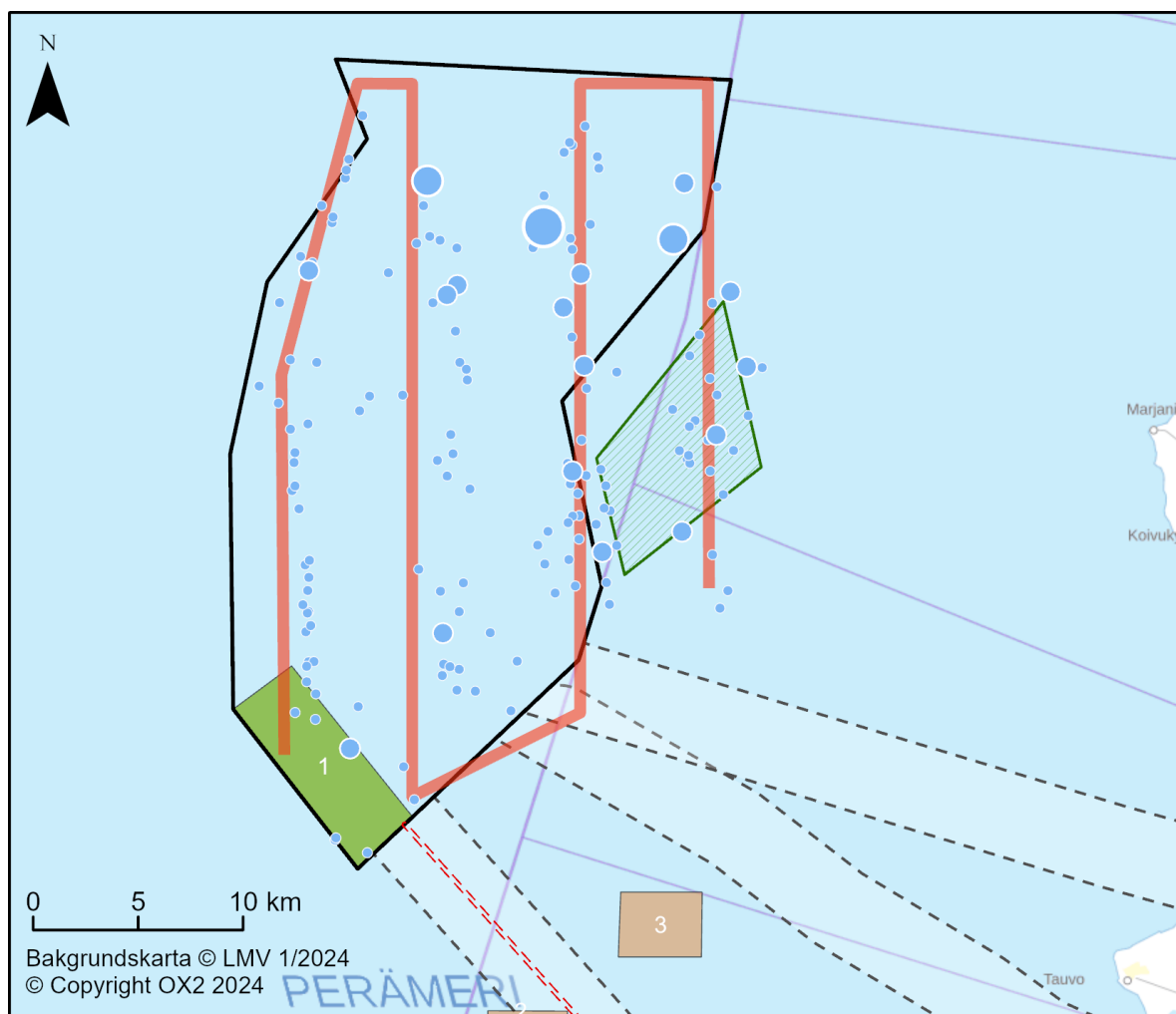
Måsar, trutar och tärnor

Totalt observerades 832 måsar i området för havsbaserade vindkraftverk. Av de måsar som identifierades till sina arter observerades 257 östersjötrutar, 244 gråtrutar och 95 fiskmåsar. Endast ett fåtal andra måsararter noterades (havstrut, skrattmåsa och dvärgmåsa). Dessutom observerades en tretåig måsa, som är en sällsynt flyttfågel i Finland.

Cirka 8,1% av de observerade måsarna flög på kollisionshöjd (20–50 m) medan de övriga flög lågt under kollisionshöjd eller observerades simma. Som grupp av arter var måsar därför i genomsnitt den högst flygande arten, dvs. majoriteten av alla fåglar som observerades flyga på kollisionshöjd var måsar.

Förekomsten av måsar var ganska jämnt fördelad både tidsmässigt under hela undersökningsperioden och rumsligt över hela vindkraftsområdet och dess omgivning. Observationerna tyder på att måsar finns i projektområdet under flyttperioderna och att projektområdet också är viktigt som häcknings- och födosöksområde för måsar. Vid tidpunkten för undersökningarna observerades tydligen små flockar av måsar här och där, som samlade närliggande måsar i täta flockar på upp till några dussin individer. En stor flock måsar följde också en trålare som fiskade i utkanten av vindkraftsparken. I övrigt observerades måsar sporadiskt och jämnt fördelade, med generellt låga antal i hela vindparksområdet.

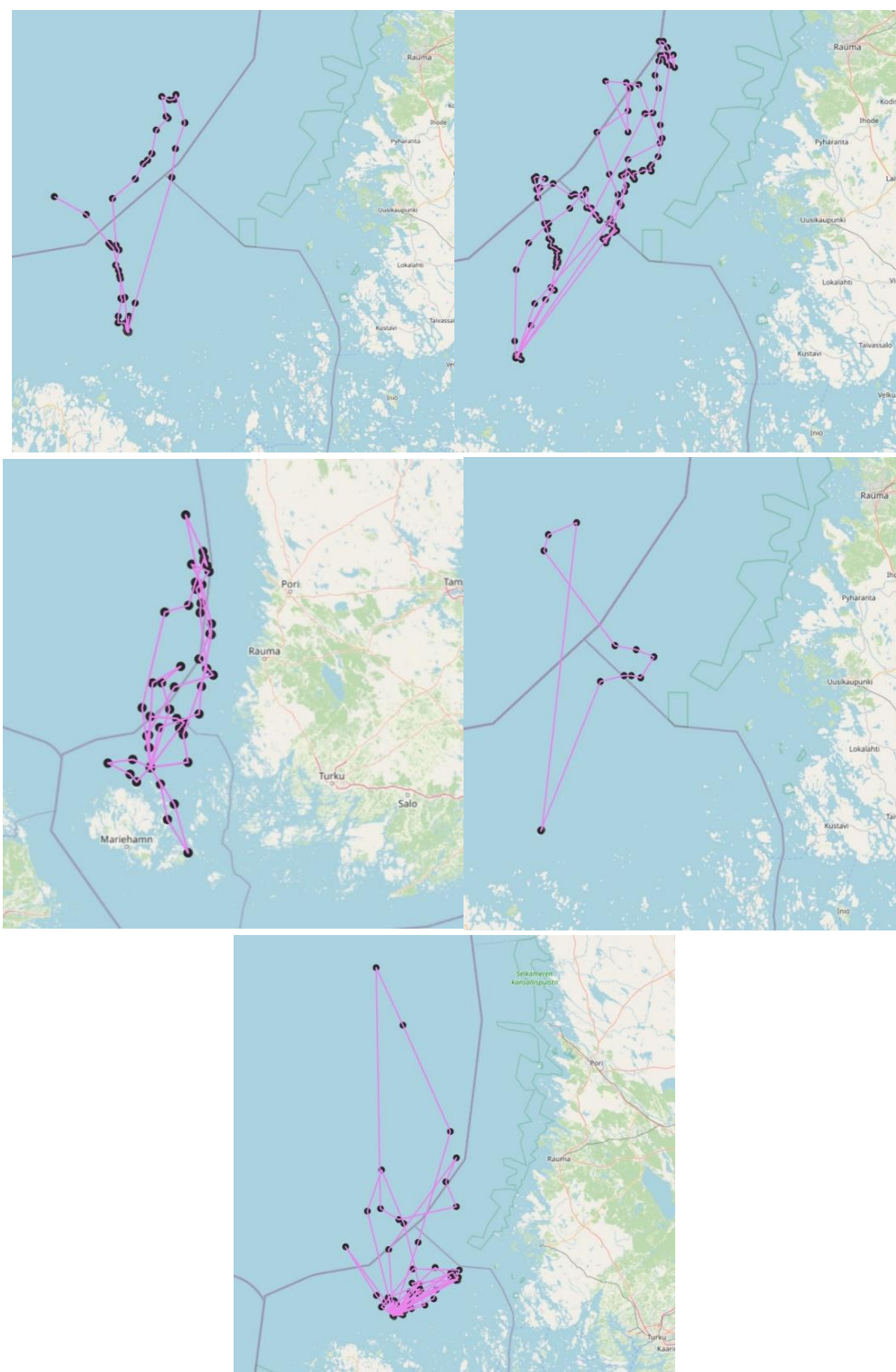
Antalet östersjötrutar som observerats i området kan anses vara betydande. Östersjötruten är klassificerad som akut hotad (EN) (*Hyvärinen m.fl. 2019*). De högsta dagliga totalsiffrorna (dvs. antalet östersjötrutar som observerades i området för havsbaserade vindkraftverk per besök) var 61 (25 juni) och 68 (14 augusti) individer. Den sistnämnda dagen observerades även några klara ungfåglar, dvs. ungfåglar som just lärt sig flyga följde efter sina mödrar. Undersökningarna visade inte i vilken riktning östersjötrutar hade kommit in i havsbaserade vindkraftsparken och inte heller i vilken riktning de hade lämnat den. De närmaste häckningskolonierna för östersjötrutar till Halla havsbaserade vindkraftspark ligger på Krunni och närliggande öar i Ii, där totalt cirka 100 par häckar (122 par 2008 och 88 par 2019) (*H. Tuohimaa / Metsähallitus, skriftlig kommunikation*). Östersjötrutar häckar också vid kusten och i skärgården Brahestad-Pyhäjoki, men färre än i skärgården i Ii. Avståndet från det närmaste hörnet av den havsbaserade vindkraftsparken till Krunnies skärgård är cirka 40 km, och till öarna utanför Brahestad där östersjötrutar häckar (Jyry, Kallanriutta) är avståndet minst 30 km. Det exakta antalet häckande par på den svenska sidan är inte känt, men kolonier finns längs hela Bottenvikens norra kust. Antalet par är sannolikt högre på den svenska sidan än i Finland för den norra delen av Bottenviken (*Länsstyrelserna 2020*). De närmaste möjliga häckningsplatserna på den svenska sidan är öarna Malören och Sandskär (Sanskeri) i norr, cirka 40 km från den norra kanten av Halla havsbaserade vindkraftspark. I nordväst är avståndet till de yttersta öarna i Luleå skärgård cirka 60 km.



- | | |
|---|---|
|  Projektområde |  Inventeringsrutt |
|  Sjøkabelrutt |  1-2 |
|  Vätgasledningsrutt |  3-5 |
|  Alternativa deponeringsområden / vindkraftspark |  6-10 |
|  Alternativa deponeringsområden / sjøkabelrutt |  11-25 |
|  Natura 2000-område Merikalla | |

Figur 8-334. Östersjötrutar som observerades under undersökningarna av Halla havsbaserade vindkraftspark. Observationerna var ganska jämnt fördelade över hela projekt- och undersökningsområdet, men de största flockarna/ansamlingarna var något koncentrerade till den norra delen av området.

I en satellitundersökning av östersjötrutar som utfördes av Avescapes Ltd år 2023 för OX2 Noatun Nord -projektet norr om Åland konstaterades att östersjötrutars födosöksflygningar sträckte sig upp till 150 km från häckningskolonin. Under övervakningen fungerade sändarna för de fem sändarfåglarna tillräckligt bra för att producera rörelsekartor (Figur 8-34). Födosöksflygningarna sträckte sig ungefär 50–150 km från häckningskolonin och var huvudsakligen riktade mot Bottenhavets öppna hav.



Figur 8-345. En sammanfattning av satellitspårningen av östersjötrutar som utfördes i Noatun Nord - projektet. Spårningsdata visar att majoriteten av förflyttningarna sker till havs och kan sträcka sig upp till 150 km från häckningskolonin. Häckningskolonin och märkningsplatsen ligger på ön Norrskäret, norr om Åland. Bilder: Avescapes Oy.

I en uppföljande studie av Juvaste m.fl. (2017) födde satellitmärkta östersjötrutar längs Karleby- och Nykarlebykusten främst på fastlandet och på pälsfarmer långt inåt landet. I den här undersökningen sträckte sig födosöksflygningarna över 60 km från häckningskolonin. Den genomsnittliga längden på födosöksflygningarna varierade från 11,2 km till 34,9 km (n=5).

Baserat på resultaten av den ovan nämnda övervakningen kan Hallans havsbaserade vindkraftspark, som ligger 30–40 km från Brahestads skärgård, Ii skärgård och Malörens och Sandskärs skärgård på den svenska sidan, och mer än 60 km från Luleå skärgård, mycket väl vara en del av östersjötrutar födosöksområden för alla dessa områden när det gäller flygavstånd. Det finns inga motsvarande satellitdata om riktningen på födosöksflygningarna från de svenska häckningskolonierna, men man kan anta att östersjötrutar anländer till de finska och svenska ekonomiska zonerna för att födosöka även därifrån.

Totalt observerades 441 individer i området kring Halla havsbaserade vindkraftspark. I denna rapport behandlas fisktärna och silvertärna tillsammans, men majoriteten av de tärnor som identifierades till art var silvertärna. Alla observerade tärnor flög på låga höjder på 1–10 eller 10–20 m och var jämnt fördelade över hela vindkraftsområdet under våren och sommaren.

Rovfåglar

Havsörnen (*Haliaeetus albicilla*) häckar i Haparanda-Sansker, cirka 10 km från utredningsområdet för Polargrund Offshore-projektet. Enligt samrådsdokumentet för Polargrund Offshore är det möjligt att enskilda rovfåglar kan befinna sig i studieområdet under flyttningen, men det bedöms att dessa individer sannolikt har avvikit från sin normala flygväg (wpd 2022).

Under både vår- och höstflyttningen följer de flesta **rovfåglar** strandlinjen så länge som möjligt och flyger över vattnet endast när det är nödvändigt. Fåglar föredrar att korsa vatten där överfarten är så kort som möjligt eller där det finns öar som förkortar flygsträckorna över öppet vatten. Enligt wpd (2022) är det således möjligt att genom att studera kartan hitta de kortaste vattenvägarna för hökfåglar och uppskatta var de föredrar att flyga (Figur 8–35). I detta fall antas den huvudsakliga flyttvägen för rovfåglar mellan Sverige och Finland gå genom Ålands havsområde eller där Bottenvikens smalaste del är, dvs. i norra delen av Kvarken nära Umeå. Denna uppfattning bekräftas också av rapporterna Koncentrationer av hotade termikflyttande fåglar i Fennoskandia (Hansson 2019) (Koncentrationer av utrotningshotade termikflyttfåglar i Fennoskandien) och Flaskhalsar för flyttande rovfåglar i Fennoskandia (Flaskhalsar för flyttande rovfåglar i Fennoskandia) (Hansson 2020).

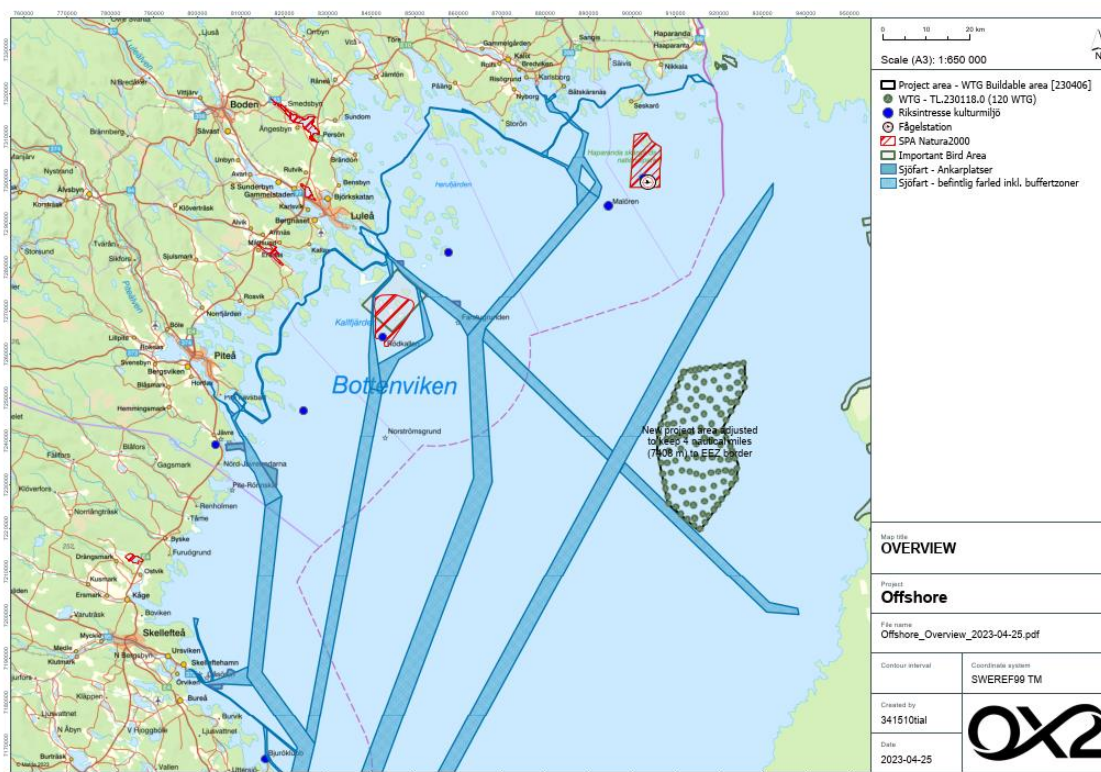


Figur 8–356. Förmodade huvudsakliga flyttvägar för rovfåglar, uppskattade från kartundersökningar (röda pilar). Den blå prickade pilen anger en möjlig flyttväg inom studieområdet, som i princip skulle utgöra den längsta vägen över öppet vatten jämfört med de huvudsakliga flyttvägarna. (wpd 2022)

De närmaste platserna med högt ornitologiskt värde (SPA Natura 2000-områden och IBA), fågelstationer och andra skyddade områden på den svenska sidan visas i följande figur (Figur 8–36).

De närmaste Natura 2000-områdena med högt ornitologiskt värde och IBA-områdena ligger på ett avstånd av cirka 44 km från Halla-området. Det närmaste skyddade området till projektområdet är Haparanda skärgårds Natura 2000-område (SPA) och nationalpark, som ligger på ett avstånd av 44 km. Sandskär är den största ön i Haparanda nationalpark. Haparanda nationalpark ligger på den svenska sidan, ungefär på samma linje som Perämeri nationalpark. Haparanda skärgårds nationalpark inrättades 1995 för att skydda den unika skärgårdsnaturen i norra delen av Bottniska viken och omfattar en yta på 6 000 hektar, varav 800 hektar är land. Landet har stigit med så mycket som 85 centimeter på 100 år, så historiskt sett är ön mycket ung. Nationalparken är 60 kvadratkilometer stor. Syftet med nationalparken är att bevara det unika skärgårdslandskapet som Haparanda skärgård utgör. Längs stränderna simmar småskrake, vigg, bergand, stjärtand. På områden finns också vadare som grönbena, större strandpipare och gluttsnäppa. De ostliga arterna lundsångare och dvärgsparv har häckat här. På de yttersta skären finns trutar, tämnor, skratmåsar, dvärgmåsar, roskarlar, gäss och änder. (NOF 2024)

Ön Rödkallen-Sörespen ligger 67 km från Halla och ingår i Natura-nätverket och är klassad som ett IBA-område. Trots att ön Rödkallen-Sörespen bara är några hektar stor innehåller den många viktiga livsmiljöer, bland annat häckningsplatser för fåglar. Flera fågelarter häckar på ön, bland annat *Artemisia campestris bottnica* och *Moehringia laterifolia*.



Figur 8–367. På den svenska sidan de närmaste platserna med högt ornitologiskt värde (SPA Natura 2000-områden och IBA), fågelstationer och andra skyddade områden (OX2 2023).

8.4.7 Skyddade områden

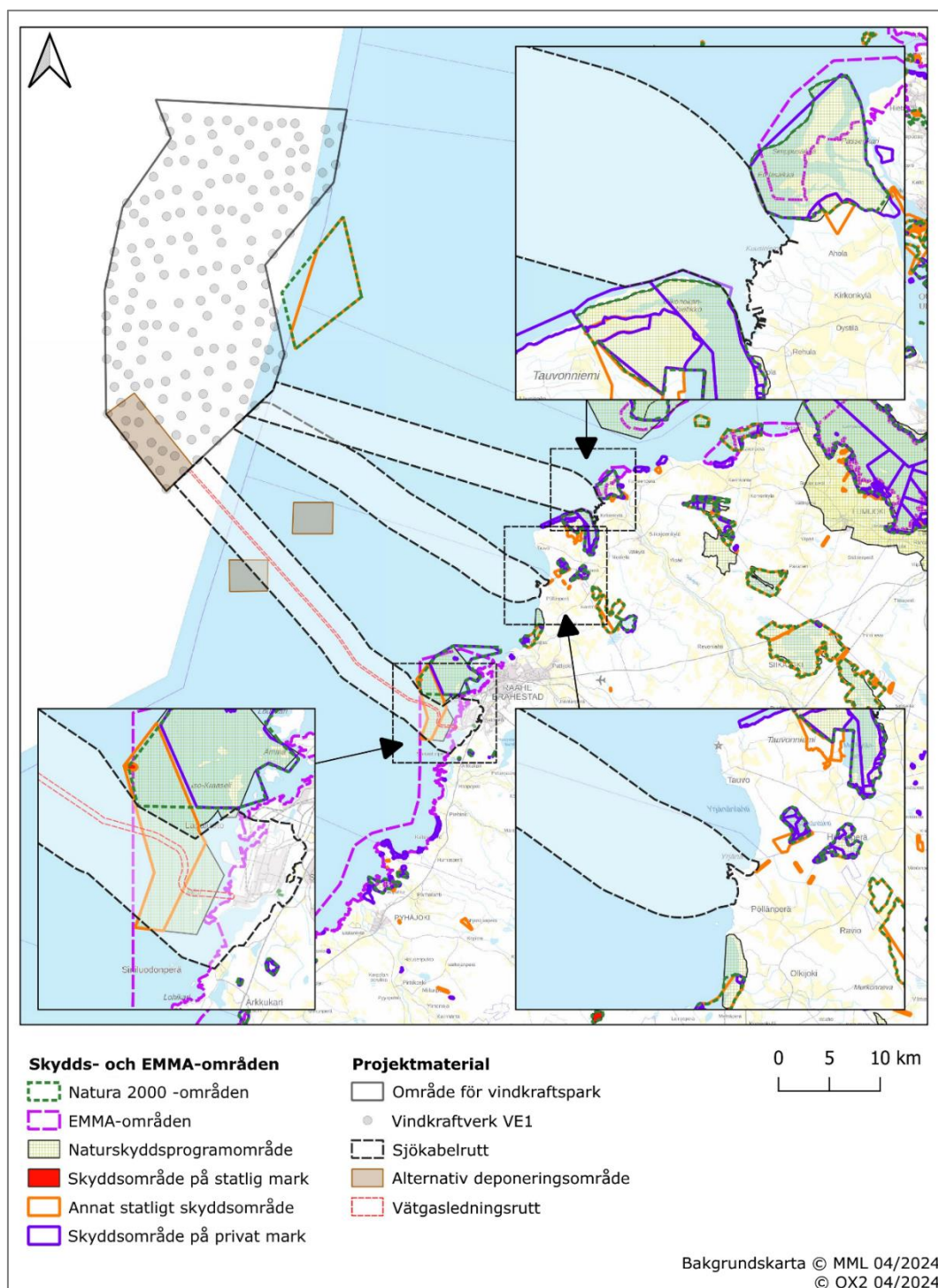
8.4.7.1 Finska sidan

Öster om den havsbaserade vindkraftparken, cirka en kilometer från både VE1 och VE2, ligger Natura 2000-området Merikalla. Områdets läge visas i figur 8–37.

Den havsbaserade vindkraftparken ligger cirka 1 km från det marina skyddsområdet Merikalla Helcom, vars djup varierar mellan 7 och 26 m (Figur 8–37). Cirka 55 % av området består av sandbankar, som bedöms vara representativa för undervattenssandbankar. Havsbottenfaunan är sparsam och består av typiska arter för sandbankar i Bottniska viken, t.ex. ishavsgråsugga (*Saduria entomon*), rundmaskar (*Nematoda* sp.) och virvelmaskar (*Turbellaria* sp.). Sanden flyttas lätt av strömmar, så makrofytvegetation finns inte i området. (Helcom 2019)

Platsen har valts ut för skydd på grundval av följande kriterier (Helcom 2019):

- Sällsynta arter eller livsmiljöer
- God representativitet
- Marina värden
- Skydd av livsmiljötyper i bilaga I till habitatdirektivet
- Skydd av livsmiljöer för arter i bilaga II till habitatdirektivet



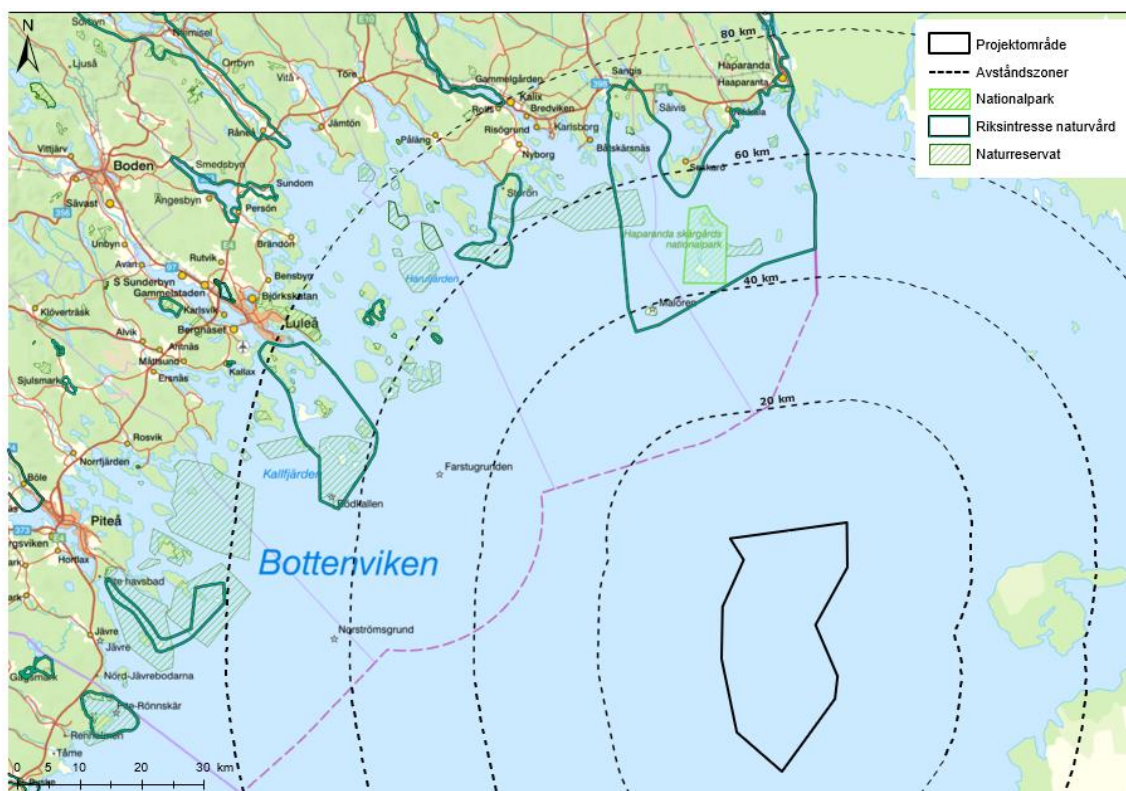
Figur 8-378. Skyddade områden och EMMA områden på den finska sidan.

8.4.7.2 Svenska sidan

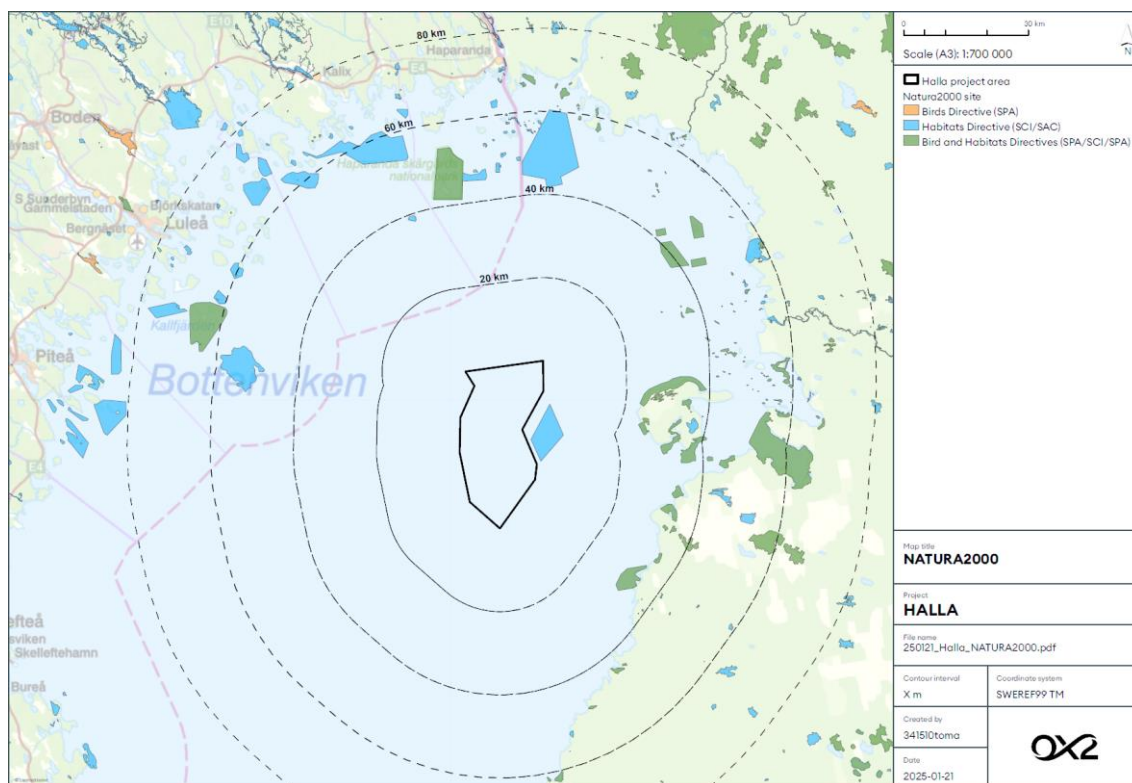
Inom analysområdet finns ett stort antal skyddade naturområden såsom naturreservat, riksintresseområden för naturvård, Natura 2000-områden samt en nationalpark (Haparanda skärgårds nationalpark), se Figur 5 i bilaga 2 för utbredning av riksintresseområden för naturvård, nationalpark samt naturreservat.

Figuren (Figur 8–38, Figur 8–39) visar de Natura 2000-områden som ligger närmast Hallas projektområde. Det Natura 2000-område som ligger närmast Hallas havsbaserade vindkraftspark på den svenska sidan, Malören (SE0820724; SCI), ligger cirka 40 km norrut. Natura 2000-området Marakallen (SE0820751; SCI) ligger mindre än 50 km västerut. På den svenska sidan ligger det närmaste Natura 2000-området som är klassificerat enligt fågeldirektivet, Haparanda-Sandskär (SE0820108; SPA; även en nationalpark), cirka 44 km norr om Halla-området. Dessutom ligger Rödkallen-SörÄspen (SE0820035; SPA) 67 km väster om Halla-området. På grund av de långa avstånden förväntas ingen miljöpåverkan ske i de närmaste Natura 2000-områdena som nämns ovan, och det har inte ansetts nödvändigt att genomföra en Natura 2000-bedömning.

Föreslagen vindpark ligger cirka 40–45 kilometer från den utpekade nationalparken, Haparanda skärgårds nationalpark. Haparanda skärgårds nationalpark består av flera öar i Bottenviken. Området är stort och syftet med nationalparken är att bevara det unika skärgårdslandskapet som Haparanda skärgård utgör. Den största ön i nationalparken är Haparanda Sandskär. Sandskär har varierande naturtyper, allt från långa sandstränder till aspurskog med flertal sällsynta växter. Seskar-Furö är också en del av Haparanda skärgårds nationalpark och innehar skogsmiljöer som domineras av tall med stränder med större sanddyner.



Figur 8–389. Karta som visar skyddade områden för natur inom analysområdet. Källa: Naturvårdsverket (2024) skyddade områden: nationalpark, naturreservat samt riksintresse för naturvård. Bakgrundskarta Topografisk webbkarta Visning, översiktlig © Lantmäteriet. (AFRY Sverige 2024)



Figur 8-39. Natura 2000-områden närmast Hallas projektområde.

8.4.8 Jord och berggrund

Jordmånen och berggrunden i den havsbaserade vindkraftsparken, energiöverföringsrutterna och deponeringsområdena till havs har undersökts utifrån befintliga data samt genom lodning och provtagning.

Offentliga data är bland annat de som finns tillgängliga i Geologiska forskningscentralens elektroniska datatjänst (GTKa, GTKb). Andra elektroniska data (t.ex. *Östersjön.fi* 2024) och data från MKB-projekt i närheten (*Sito Oy* 2016, 2017, *Rajakiiri Oy* 2010, *WSP Environmental* 2010, *Pohjan Voima Oy* 2010, *Morenia Oy & FCG Planeko Oy* 2009) har också använts. Dessutom har resultaten från sonderingar som utfördes av Geologiska forskningscentralen i augusti 2021 på kabelsträckningarna (*Sanila* 2021) och geofysiska undersökningar som utfördes av Arctia Meritaito Oy 2022 (*COWI* 2023) använts. En konceptuell geologisk modell av det havsbaserade vindkraftsområdet har också utvecklats baserat på Arctias sonderingar från 2022 (*COWI* 2023).

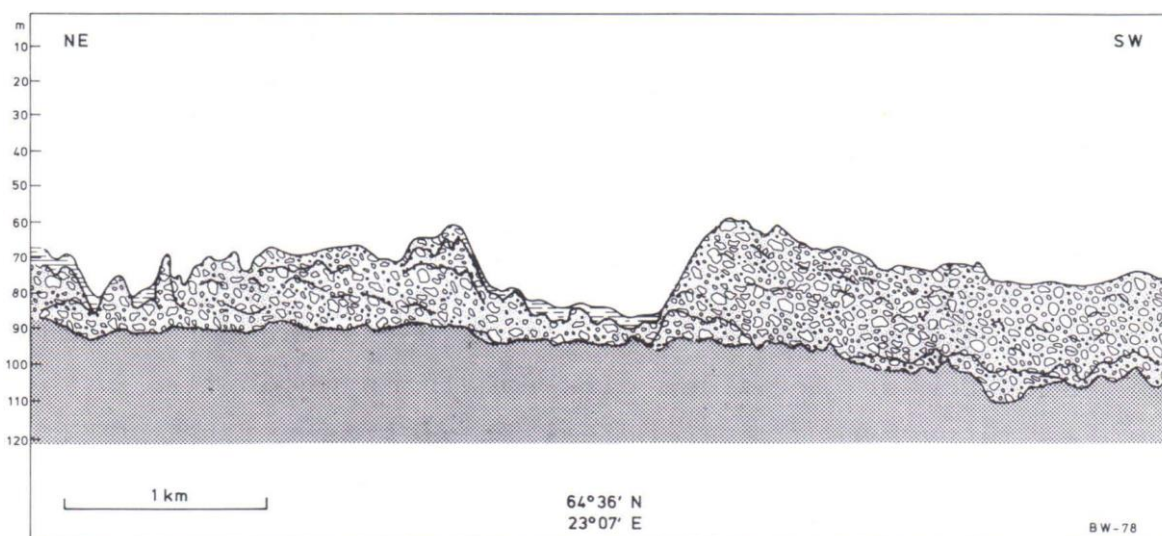
Separata studier för att undersöka bland annat bottenförhållanden, sedimentkvalitet och fysiska egenskaper har utförts av Luode Consulting Oy under 2022 och 2023 (*Lindfors ym.* 2023a, 2024).

Bottenvikens kust är låg och platt; den svagt sluttande profilen fortsätter ut i havet, som är ganska grunt under långa sträckor. Bottenvikens kust kan inte tydligt delas in i yttre, centrala och inre öar. Kustlinjen är öppen: det finns få grunda öar och de är utspridda från varandra. Den yttre skärgården består huvudsakligen av morän, med en blandning av block, sten och grus. Det finns stora områden med sand på botten. Bottenvikens hav saknar nästan helt de klippformationer som är typiska för södra Bottniska vikens södra delar och Skärgårdshavet. Den norra delen av Bottenviken kännetecknas av omfattande sandavlagringar som ackumulerats av glaciärfloder. Med tiden har vågorna transporterat sanden till nya områden, och formen och storleken på många sandöar förändras ständigt. Flodmynningar är rika på finkornigt material som transporteras av floder. Gamla flodbäddar på havsbotten bidrar till

undervattenslandskapet. De yttersta områdena har en relativt platt botten, vilket är resultatet av sedimentära stenlager på havsbotten (*Leppänen ym. 2012*).

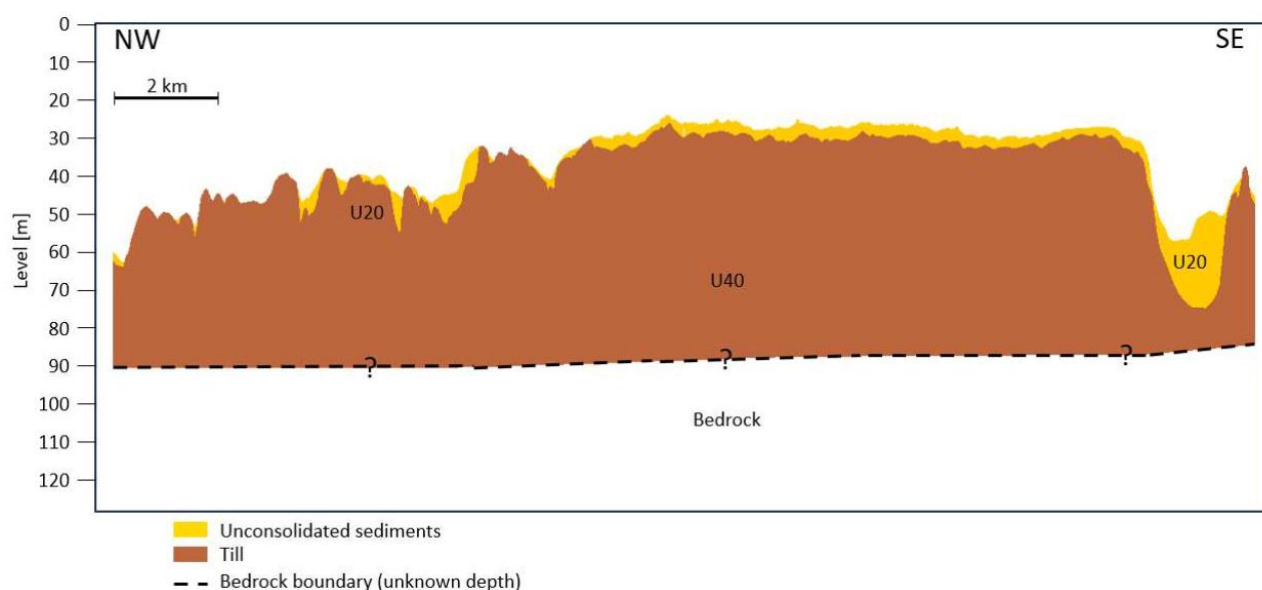
Landhöjningen är ett betydande fenomen i Bottenvikens område. Landhöjningen orsakas av att jordskorpan, som har tryckts ned under inlandsisen, återgår till ett isostatiskt jämviktsstillstånd (glacial isostas). Under de senaste 3000 åren har landhöjningen varit ungefär en meter per århundrade. Exempelvis har Karlö höjt sig ur havet under en period på cirka två tusen år (*Taipale ja Saarnisto 1991*). Den globala uppvärmningen fortsätter. Landhöjningen bidrar också till erosion, transport och deposition av sediment (*Leppänen ym. 2012*).

I Bottenhavet är det vanligt att berggrunden (sedimentärt berg) överlagras av kristallint berg. Det verkar som om de lager som liknar Muhosformationen på sina ställen täcks av kvartära och eventuellt äldre lager som är upp till flera tiotals meter tjocka. Seismiska reflektionsmätningar har avslöjat en ca 20–30 m tjock mantel, tolkad som morän, som täcker berggrunden i de centrala och norra delarna av Bottenviken (Figur 8–40). Särskilt i norra delen av Bottenviken finns det många kilformade sydostvända åsar och krön. Typiska är också de ofta tiotals meter djupa, grotliknande, sydostvända kanalerna. Den nordväst-sydostliga orienteringen understryks av parallelliteten mellan de mest intensiva sprickorna i berggrunden och den huvudsakliga smältriktningen i glaciärerna. Den postglaciala skiktningen tenderar att jämna ut ojämnheter på botten av Bottenviken, utom i den allra djupaste delen. Differentiell skiktning förekommer också i samband med stim och andra långsträckta formationer (*Ignatius ym. 1980*).



Figur 8–40. En ritning av det tjocka "kvartära" skiktet som i allmänhet täcker botten av Bottenhavet baserat på akustisk reflektionsljudsondering (*Ignatius ym. 1980*).

Den konceptuella geologiska modellen (*COWI 2023*) för det havsbaserade vindkraftsområdet visas i figuren nedan (Figur 8–41).



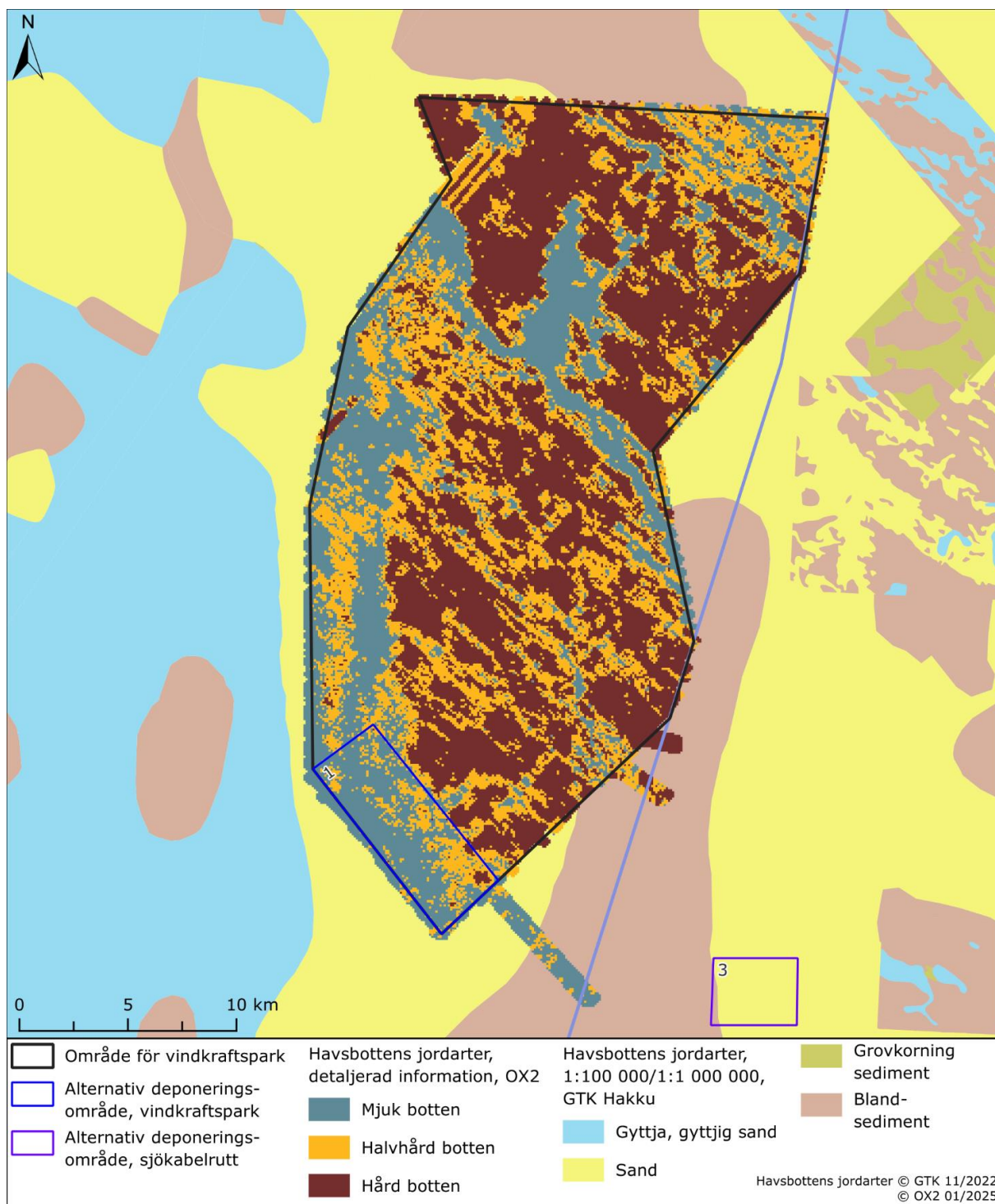
Figur 8-41. Konceptuell geologisk modell av platsen för den havsbaserade vindkraftsparken. The conceptual geological model for the site (COWI 2023).

8.4.8.1 Jordmån på havsbotten

Finska sidan

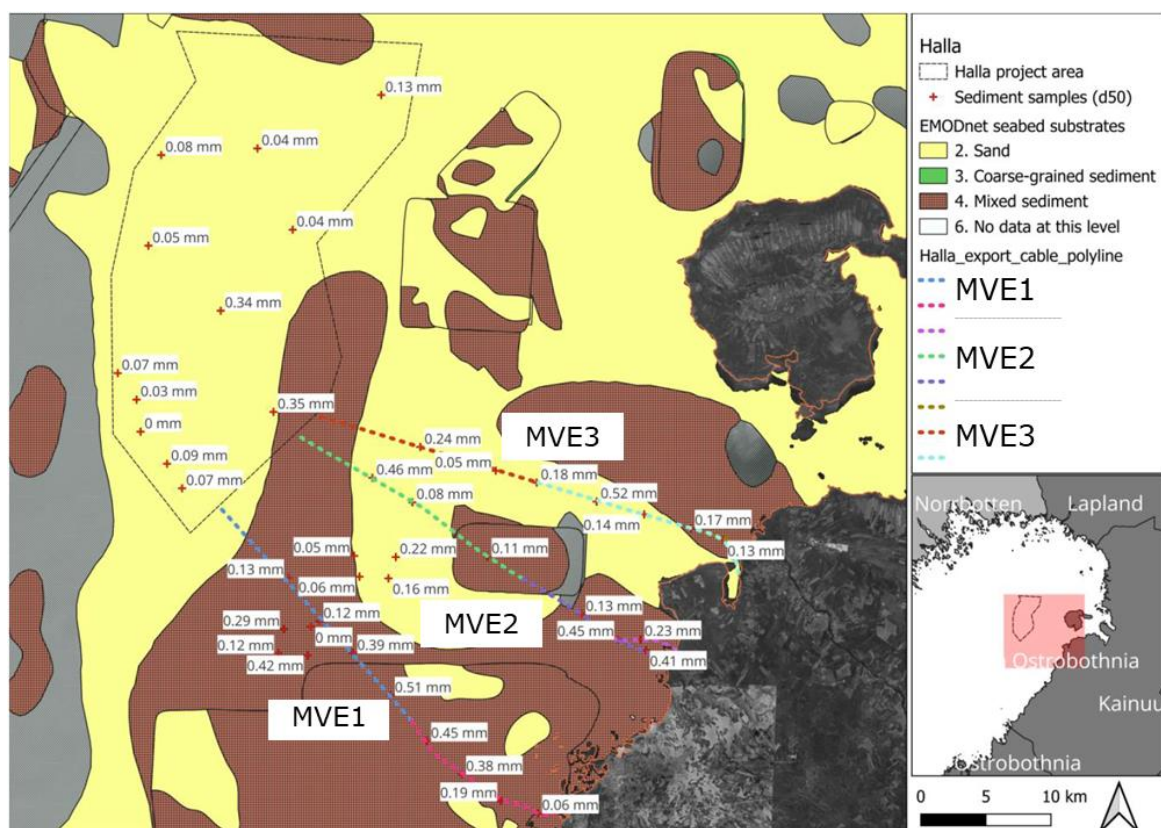
Till följd av varierande processer kan på havsbotten exponeras lager av olika ålder, allt från glaciala sediment till nyare sediment till unga, nyligen avsatta silt- eller erosionssandlager. Som ett resultat är den rumsliga fördelningen av olika bottenkvaliteter mycket ojämn. Erosionen, transporten och deponeringen av material på havsbotten varierar både i tid och rum. Depositionen är sällan kontinuerlig, inte ens i djuphavsbassänger, och är inte exakt densamma överallt (Leppänen m.fl. 2012).

Enligt den allmänna kartan (1:1 000 000) består havsbotten i den havsbaserade vindkraftsparken huvudsakligen av sand (GTKa). Den bifogade figuren (Figur 8-42) visar jordtyperna på havsbotten baserat på Arctia Meritaito Ltd:s sonderingar 2022 av området för den havsbaserade vindkraftsparken (COWI 2023). Den visar att jordarten i vindkraftsområdet huvudsakligen är grov till halvgrov, med slät (mjuk) i de västra och sydvästra delarna. Den grova jorden definieras som möjlig morän och den släta (mjuka) jorden som lera, silt eller sand, medan den halvgrova jorden är en blandning av de två. Sonderingsanalysen är en preliminär uppskattning av jordtyperna. Sammansättningen av havsbottenjordarna i vindkraftsområdet kommer att bekräftas och förfinas i den fortsatta planeringen av projektet, t.ex. genom lokal provtagning och geotekniska undersökningar. Enligt jordartskartan (GTK) är grovkorniga sediment grövre än finsand, dvs. med en kornstorlek > 0,06 mm, medan finkorniga sediment har en kornstorlek på mindre än 0,06 mm (GTKc 2024).



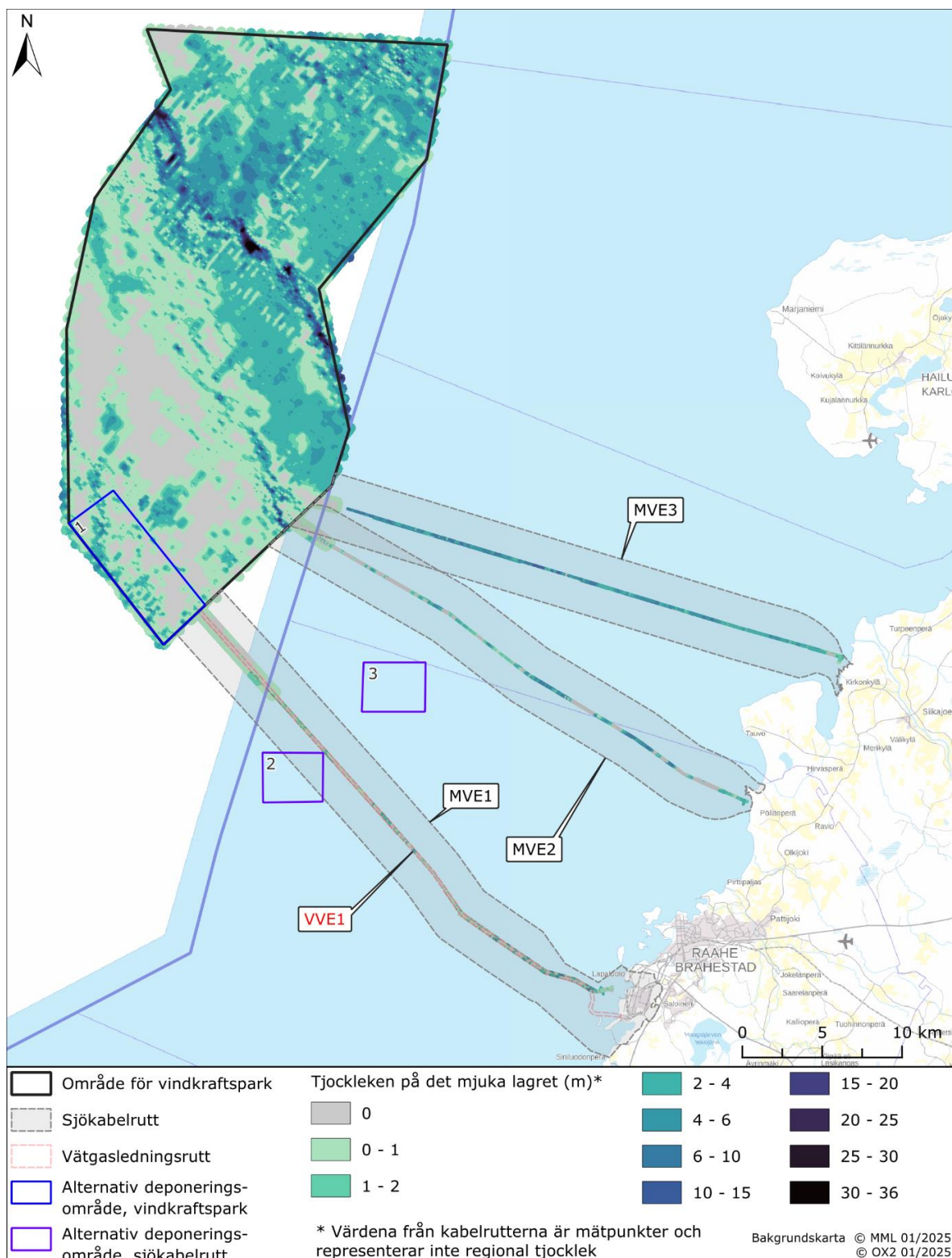
Figur 8-42. Jordarterna på havsbotten i vindkraftsparksområdet har fastställts utifrån Arctiasonderingarna av COWI (COWI 2023). Jordarterna i närheten av vindkraftsparken visas på grundval av offentliga data från GTK (GTK 2023a).

I modelleringen av sedimentspridning (Niras 2023a, bilaga 3) visas kornstorleken (d_{50}) för sedimentproverna i den bifogade figuren (Figur 8-43). Till exempel har sand en kornstorlek på 0,2–2 mm, finsand 0,2–0,06 mm, silt 0,06–0,002 mm och lera <0,002 mm. Jordtypen bestäms av den huvudsakliga jordtyp där kornstorleken som motsvarar en permeabilitetskoeficient på 50 i kornstorlekskurvan finns.



Figur 8-43. Jordtyper på havsbotten och sedimentprover (Niras 2023, bilaga 3).

Tjockleken på de mjuka lagren i området för den havsbaserade vindkraftsparken och kraftöverföringsledningarna samt vätgasrörssträckningen visas i de bifogade figurerna (Figur 8-44 och Figur 8-45).



Figur 8-44. Tjockleken på det mjuka lagret i området för vindkraftsparken och energiöverföringssträckningarna. (Sanila 2021, COVI 2023)

Geologiska forskningscentralen utförde i augusti 2021 sonderingar i anslutning till Halla-projektet i de områden där energiöverföringsrutterna huvudsakligen ligger på finskt territorialvatten (Sanila 2021). På sträckan MVE1 består havsbotten huvudsakligen av morän med ett tunt lager lera. Lerlagren innehåller varierande mängder sand och tunna sandlager (från några cm

till två meter) är vanligast ovanpå sedimentet. I MVE2 består botten huvudsakligen av ett upp till tiotals meter tjockt moränlager, med en ytsammansättning som liknar den i MVE1. I MVE3 kunde ytsedimentet endast klassificeras som lera. Lerlagrets tjocklek varierade från några meter till tio meter. Under leran finns en morän (lagertjocklek ca 10 m).

Berggrund

I havsområdena, såsom Bottenhavet och Bottenviken, täcker sedimentära bergarter den prekambrisk berggrunden. De hör till de yngsta bergarterna i Finland och är av meso- och neoproterozoisk ålder. Sedimentära bergarter har en topografisk/formutjämnande effekt på havsbotten. I allmänhet kan man säga att havsbotten är mer uppsprucken och varierad i området med kristallin berggrund än i området med sedimentär berggrund (*Leppänen m.fl. 2012*).

I den centrala delen av Bottenhavet är berggrunden (sedimentär berggrund) i allmänhet överlagrad av kristallin berggrund. Det finns ingen karta över berggrunden i området för havsbaseerade vindkraftsparker. Enligt den allmänna berggrundskartan (1:200 000, GTK 2024a) består berggrunden omedelbart öster om vindkraftsparken av sandsten och runt omkring av klappersten från den s.k. Muhosformationen. Enligt bergartskartan över den fennoskandiska skölden (GTK 2024b) är berggrunden i vindkraftsparken av samma bergart som på områdets östra sida, dvs. sandsten. Den fasta berggrunden (sedimentär bergart) i området för havsbaseerade vindkraftverk är troligen flera tiotals meter djup och inte exponerad.

Utöver dessa bergarter består berggrunden i områdena för sjökabelrutterna av kristallint berg nära kusten. I sträckningsalternativen (MVE1 till MVE3) består berggrunden huvudsakligen av biotit-paragnejs, med intermediär tuff i delar av MVE1 och mycket lite felsisk tuff i delar av MVE3.

Enligt de sonderingar som utfördes av Geologiska forskningscentralen i augusti 2021 (*Sanila 2021*) var berggrunden inte exponerad på någon av sträckorna. På sträckan MVE1 låg berget på flera ställen endast några meter under havsbotten, på sträckan MVE2 var berget täckt av ett tjockt jordlager (morän), på sträckan MVE3 var berget övervägande på mer än 10 m djup.

8.4.8.2 Sedimentföroreningar

Allmän information

I områden med sedimentation på havsbotten är de silt- och leravlagringar som har ackumulerats under de senaste hundra åren i nuvarande Östersjön de mest framträdande. Organiska avlagringar spelar en viktig roll för sedimentens geokemi, inklusive ackumuleringen av skadliga ämnen på havsbotten och den interna belastningen av havet. Bottenaktiviteter, såsom grävning, kan störa sediment som avsatts på havsbotten (*Leppänen m.fl. 2012*).

Den genomsnittliga sedimentationshastigheten i Bottenviken är 500 g/m²/a. På samma sätt är den årliga ackumuleringen mätt från ytan (0–2 cm) av sediment i Bottenhavet 3,5 mm/a (*Mattila m.fl. 2006*). I Bottniska viken kan sedimentationsmiljöerna grovt delas in i två typer. Områden som är djupare än 60 m är huvudsakligen depositionsmiljöer och områden som är grundare än 60 m är huvudsakligen erosionsmiljöer eller spridningsmiljöer/sedimentationsmiljöer (*Leivuori och Niemistö 1993*).

Bottens (vatten)förhållanden är sura i målområdet (*Lindfors m.fl. 2023*, bilaga 2 i den nationella MKB-rapporten). I de sura bottenarna i Bottenhavet och Bottenviken är det viktigt för eutrofieringen av Östersjön att järnoxider binder både fosfor och spårämnen i sedimentet (*Kujansuu 2014*).

Den industriella utvecklingen i Bottniska vikens avrinningsområde började främst efter andra världskriget. Industriutsläpp sker främst i sedimentets ytskikt, men lokalt kan koncentrationer

även hittas djupare beroende på sedimentationsförhållandena i området (konsumtion/re-deposition) eller mänskliga aktiviteter (muddring).

Havsområdet utanför Uleåborg och Brahestad förorenas av reningsverk för avloppsvatten från tätbebyggelse, industrianläggningar, kraftverk och hamnområden. Utöver punktkällorna förorenas kustvattnet av flodvatten och direkta utsläpp från kustområden samt nedfall från luften. Det finns och har funnits punktkällor för föroreningar runt Bottenhavet, vilket har påverkat t.ex. metallkoncentrationerna i sediment.

Skadliga ämnen i sediment från Bottenviken

Enligt undersökningar (*Leivuori ja Niemistö 1993*) är halterna av arsenik, kvicksilver och kadmium i sediment i Bottenviken två till fyra gånger högre än i Bottenhavet. Koncentrationerna av alla metaller är något högre i de djupare bassängerna (>60 m) i Bottenviken och Bottenhavet. Detta antas bero på de specifika egenskaperna hos sedimentationen i Bottniska viken, där det finns omfattande erosions- och icke-depositionella områden längs kusten, dvs. områden där ingen sedimentation sker, från vilka naturliga och industriella metallbelastningar transporteras till djupvattnet. Ytskiktet (<1 cm) av sedimentet i Bottenviken innehöll 59 mg/kg arsenik.

I olika studier har de genomsnittliga arsenikkoncentrationerna i ytsedimenten i Bottenviken varierat mellan 109 och 239 mg/kg. I andra havsområden är koncentrationerna följande: Bottenhavet 35–63 mg/kg, Finska viken 14–16 mg/kg och egentliga Östersjön 15–23 mg/kg. De höga arsenikkoncentrationerna i ett visst område har därför inte alltid antropogent ursprung. Jordmaterial kan härröra från arsenikrika sediment som är tusentals år gamla och som har utsatts för erosion, till exempel till följd av landhöjning och förändringar i riktningen på strömmar nära botten (*Loukola-Ruskeeniemi och Lahermo 2004, Leivuori och Vallius 2004*).

Sedimentundersökningar under 2022 och 2023

Under 2022–2023 genomförde Luode Consulting Oy en studie om koncentrationen av föroreningar i sediment och deras lämplighet för deponering i områdena för den havsbaserade vindkraftsparken och energiöverföringsrutterna (*Lindfors m.fl. 2023, 2024; bilaga 2 och 5 i den nationella MKB-rapporten*). Sedimentprover togs 2022 från totalt 42 provtagningsplatser med en Van Veen-provtagare från ytskiktet. Bottenkvaliteten på platsen bestod huvudsakligen av sand och hård lera, och därför togs inga djupare prover. Under 2023 utfördes ytterligare sedimentprovtagning på tre platser (totalt 14 provtagningspunkter).

Resultat av undersökningen 2022

Resultaten från sedimentprover tagna på 42 platser (punkt 1–42, Figur 8–45) visade att sedimenten i området huvudsakligen var lätt förorenade. För metaller överskreds det lägsta gränsvärdet på 2 för nickel i prov HSED-16 (64 mg/kg), medan något förhöjda koncentrationer av koppar (76 mg/kg) och kadmium (0,58 mg/kg) också detekterades. De förhöjda halterna vid HSED-16 misstänktes bero på fartygstrafik, eftersom provtagningspunkten var belägen i farleden.

För TBT, en organisk tennförening, observerades något förhöjda värden vid två provtagningspunkter. Värdena låg dock kvar på nivå 1A, vilket motsvarar något förhöjda koncentrationer, och utsläpp till havs kräver inga särskilda åtgärder.

Inga analytiska PCB:er detekterades i halter över kvantifieringsgränsen. För PAH:er uppmättes koncentrationer över nivå 1A vid fyra provtagningsplatser. De förhöjda värdena berodde på naftalen. För petroleumkolväten detekterades inga överskridanden.

För dioxiner och furaner var alla prover i kategori 1B och är därför lämpliga för dumpning i både bra och tillfredsställande marina deponeringsområden.

Tabellen nedan (Tabell 8–6) visar de vägledande koncentrationnivåer som ska användas för att rikta provtagningen och bedöma lämpligheten av muddermassor för deponering. Den fullständiga tabellen finns i muddrings- och deponeringstrukturen (*Ympäristöministeriö 2015*).

Resultat av 2023 års studie

Under 2023 togs prover på sedimentkvaliteten vid totalt 14 punkter, vilket var ett tillägg till provtagningen 2022. Provtagningspunkterna var belägna runt den förorenade punkten HSED-16 som identifierades i undersökningen 2022 och även längs resten av transportleden (punkterna 43–56, Figur 8–45). För metaller och organotiner låg alla koncentrationer kvar på nivå 1 i 2023 års provtagning. Vid provtagningen 2022 vid HSED-16 översteg de normaliserade nickelkoncentrationerna nivå 2 och kopparkoncentrationerna låg på nivå 1C.

8.4.8.3 Sedimentens lämplighet för muddring och deponering

I Finland finns det för närvarande inga riktlinjer eller tröskelvärden för bedömning av förorening, miljö- och hälsorisker och behovet av sanering av sediment. Det saknas också reglering av förorenade sediment, inklusive skyldigheter och ansvar för sanering och återställande. (*Häkkinen m.fl. 2022*)

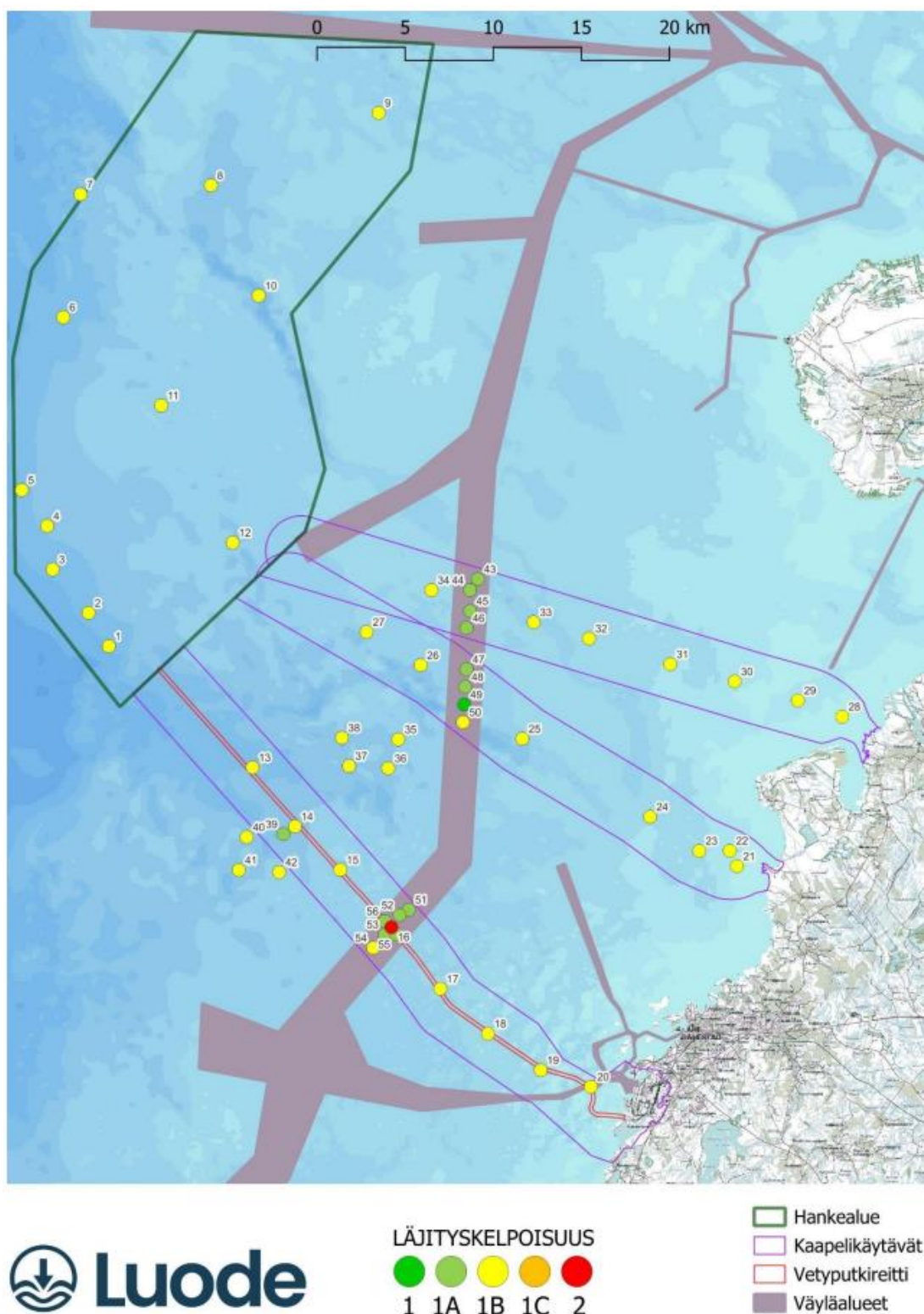
Enligt riktlinjerna för muddring och deponering (*Ympäristöministeriö 2015*) måste de skadliga ämnen som finns i muddermassor beaktas vid bedömningen av om massorna är lämpliga för deponering. Som stöd för bedömningen har koncentrationnivåerna 1, 1A, 1B, 1C och 2 definierats för sediment. Bedömningen av deponins lämplighet jämförs med deponins lämplighet. Koncentrationnivåerna är definierade på ett sådant sätt att de är oberoende av mängden muddermassor. Frågan om hur mycket muddermassor med en viss lämplighet för deponering som kan deponeras på en viss deponi kommer att behandlas i samband med tillståndsprövningen för deponering. Föroreningskoncentrationerna och mängderna i de deponerade massorna bör dock användas som utgångspunkt för utformningen av övervakningen. Om en stor mängd muddermassor som innehåller vissa föroreningar (i koncentrationnivå 1B eller 1C) deponeras på en deponi är det motiverat att ta hänsyn till detta när övervakningsskyldigheterna fastställs.

I miljöministeriets vägledning (*Ympäristöministeriö 2015*) anses sediment vara ofarliga om koncentrationerna är lägre än nivå 1 i riktlinjerna för muddring och deponering. Sådant slam är lämpligt att deponera som sådant, till exempel i ett vattendrag, och är inte skadligt för den marina miljön. Sediment på nivå 2 är mycket förorenat eller förorenat och kräver separat behandling vid deponering. Gråzonen mellan nivå 1 och 2 har i den senaste vägledningen delats upp i delområden (1A, 1B, 1C) för att möjliggöra en mer exakt bedömning av slammets skadlighet och det eventuella behovet av separat behandling. Om koncentrationnivån < 1A motsvarar sedimentet det naturliga tillståndet; om koncentrationnivån < 1B har föroreningen ingen effekt på lämpligheten för deponering; om koncentrationnivån < 1C kan sedimentet deponeras i både de så kallade goda och tillfredsställande deponeringsområdena; om koncentrationnivån > 2 är sedimentet generellt olämpligt för deponering.

Tabell 8-6. Indikativa koncentrationsnivåer 1, 1A, 1B, 1C och 2 för riktad provtagning och bedömning av muddermassornas lämplighet för deponering (extrakt). Alla koncentrationer är normaliserade (Ympäristöministeriö 2015).

Ämne	Koncentrationsnivå				
	1	1A	1B	1C	2
Metaller och halvmetaller	mg/kg torr substans				
*kvicksilver (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
*krom (Cr)	<65	65-270			>270
*koppär (Cu)	<35	35-50	50-70	70-90	>90
*bly (Pb)	<40	40-80	80-100	100-200	>200
*nickel (Ni)	<45	45-50	50-60		>60
*zink (Zn)	<170	170-360	360-500		>500
*arsenik (As)	<15	15-50	50-70		>70
Petroleumkolväten C10-C40	mg/kg torr substans				
	<100	100-300	300-1500		>1500
Tennorganiska föreningar	µg/kg torr substans				
Tributyltenn	<5	5-30	30-100	100-150	>150
Tributyltenn	<2	2-10	10-20	20-30	>30
Dioxiner och furaner	ng WHO-TEQ/kg torr substans				
(PCDD och PCDF)	<5	5-10	10-30	30-60	>60

Sammanfattningsvis visar sedimentundersökningarna 2022 och 2023 att sedimenten från den havsbaserade vindkraftsparken är lämpliga för marin sedimentering. Sedimenten i energiöverföringsrutternas är också marint sedimenterbara, med undantag för massorna från punkt HSED-16. Punkt HSED-16 ligger i farleden och de undersökningar som utförts visar att föroreningen är mycket lokal och att mängden förorenade massor är mycket låg och inte förväntas ha någon inverkan på lämpligheten för havsbaserad deponering av massorna från energiöverföringsrutternas MVE1/VVE1. Detta kommer att verifieras, om nödvändigt, under vattentillståndsfasen. Figuren nedan (Figur 8-45) visar den övergripande lämpligheten för bortskaffande av sediment baserat på provtagningen 2022-2023 (*Lindfors m.fl. 2023 och Lindfors m.fl. 2024*, bilaga 2 och bilaga 5 i den nationella MKB-rapporten).



Figur 8-45. Sedimentens övergripande lämplighet för deponier baserat på provtagning 2022-23 (Lindfors m.fl. 2024). Hankealue = Område för vindkraftspark, Kaapelikäytävät = Sjökabellrutt, Vetyputkireitti = Vätgasrörsrutt, Väyläalueet = Farledsområden, Läjäytyskelpoisuus = Lämplighet för deponi.

8.4.8.4 Deponeringsområden och flöden

Muddringsmassorna från vindkraftsparken ska dumpas i ett område i det sydsydvästra hörnet av kraftverksområdet (deponeringsområde nr 1 för vindkraftsparken; kapitel 1, Figur 1-1).

Det finns två alternativa platser för massorna från energiöverföringsrutterna (södra deponeringsområdet nr 2, norra deponeringsområdet nr 3; kapitel 1, Figur 1–1). Platserna för deponeringsanläggningarna anges i kapitlet 1 förutom figur 8–44.

Den aktuella statusen för strömmarna och vattenkvaliteten i området för havsbaserade vindkraftsparker bedömdes genom att installera kontinuerlig övervakningsutrustning på tre platser (Lindfors m.fl. 2023, bilaga 2 i den nationella MKB-rapporten). Mätstationerna var belägna i de planerade deponeringsområdena: Halla 1 låg i vindkraftsparkens deponeringsområde nr 1, Halla 2 i det södra deponeringsområdet nr 2 och Halla 3 i det norra deponeringsområdet nr 3. Flödesmätningarna vid alla tre mätstationerna visade att flödeshastigheterna var likartade, men att hastigheterna vid Halla 2 var lägre än vid de andra. De dominerande flödesriktningarna för de högre flödena var sydväst vid stationerna Halla 1 och 3 samt sydväst-nordväst vid Halla 2. Flödesbanorna i 2, 5 och 15 m-lagren visar att flödesriktningarna följde varandra väl. Tabellen nedan (Tabell 8–7) visar de maximala flödeshastigheterna, de genomsnittliga flödeshastigheterna per mätplats och jämför resultaten med de icke-bindande kriterierna för val av bra och tillfredsställande deponeringsplatser enligt finska miljöförvaltningens riktlinjer för muddring och deponering av sediment 2015.

Enligt riktlinjerna för muddring och dumpning av sediment är en bra dumpningsplats en plats där risken för att det dumpade materialet transporteras är låg. Resuspenderade sediment och dumpade sediment som utsätts för vågkrafter kommer huvudsakligen att transporteras längs de huvudsakliga flödesriktningarna nära botten och bottenfördjupningen. Vid en tillfredsställande deponeringsplats är risken för sedimenttransport måttlig. Platsens substrattyp är sedimentations- eller sedimentationstransportsubstrat. Topografi, skydd, vattendjup och flödesförhållanden och -hastigheter är sådana att en viss grad av drift av det dumpade materialet är möjlig från tid till annan.

Tabell 8-7. Flödeshastigheter och preliminär lämplighet för sjöbrytning på en skala från grön (bra), gul (ganska bra), röd (dålig) (Lindfors m.fl. 2022). Mittausasema = Mätstation, Havaintojen lukumäärä = Antal observationer, Maksimi virtausnopeus pohjalla = Maximal flödeshastighet vid botten, Keskimääräinen virtausnopeus pohjalla = Genomsnittlig flödeshastighet vid botten, Hyvä läjityspaikka, virtausnopeus > 10 cm/s harvakseltaan = Bra deponeringsplats, flödeshastighet > 10 cm/s sällan, Tyydyttävä läjityspaikka, virtausnopeus > 15 cm/s harvakseltaan = Tillfredsställande deponeringsplats, flödeshastighet > 15 cm/s sällan, x cm/s havainnoista = x cm/s av observationerna, %-osuus kaikista = %-andel av alla.

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 %

Resultaten visar att av de tre undersökta områdena skulle Halla 2 vara det mest lämpliga området för marin sedimentering och Halla 3 skulle vara tillfredsställande. Halla 1 är det område som är minst lämpligt för havssedimentering. Sedimentproverna från framför allt Halla 2 visade att bottenkvaliteten i området bestod av hårda sand- och lermassor, vilket innebär att dumpning av massorna i detta område inte skulle förvärra situationen. I alla områden låg dock

flödeshastigheterna tillfälligt över rekommendationen för en tillfredsställande dumpningsplats, men den genomsnittliga flödeshastigheten låg under tröskelvärdet.

Svenska sidan

Havsbottnen på den svenska sidan av havet vid Halla består huvudsakligen av både fin och grov sand, grus, sten och lite lera, enligt SHE:s karta (SGU 2020).

8.5 Landskapstyper

Skärgårdens landskap kännetecknas av flacka öar som bildar grupper omgivna av vida fjärdar. Från fastlandet till det yttersta skäret, Malören, är det cirka 3 mil. I Piteå, Luleå och Kalix skärgårdar sträcker sig de flesta öarna från nordväst till sydost, medan Haparanda skärgård löper från norr till söder. Karaktären på skärgårdens öar varierar även från innerskärgårdens mer slutna och skogbeksädda öar till ytterskärgårdens karga landskap med klapperstensfält. Inom Haparanda skärgård återfinns flacka öar med sandstränder. Mer utpräglade jordbrukslandskap finns på några av de större öarna. Skogsbruket har haft en betydande inverkan på de större skogbeksädda öarna och det finns öar som är nästan helt kalavverkade.

Inom analysområdet finns ett varierat skärgårdslandskap med allt ifrån ytterskärgårdens kala klapperstensöar till granskogbeksädda stora öar närmast kusten. Typiskt är det mycket flacka landskapet, där öarna på en jämn höjd, har höjt sig över vattenytan och som bär på spår av fiske, säljakt samt i viss utsträckning av bete.

Haparanda, Kalix, Luleå och Piteå kommuner genomförde år 2008 en gemensam vindkraftutredning för Norrbottens kust och skärgård. Inom utredningen har ett flertal landskapstyper identifierats och beskrivits utifrån den övergripande landskapsanalysen som tagits fram inom utredningen. Dessa är skogslandskap, odlingslandskap, älvdalar och mynningar, innerskärgården och kusten samt ytterskärgården. Inom gällande rapport har landskapstyperna Innerskärgård och kusten samt Ytterskärgård, identifierats att ligga inom analysområdet.

Landskapstypen Innerskärgården och kust kännetecknas av ett flackt skärgårdslandskap med smala halvöar som sträcker sig ut i Bottenviken i nordväst-sydöstlig riktning samt större skogbeksädda öar närmast kusten. Innerskärgården ligger relativt skyddad från havet och är inte i lika hög grad som ytterskärgården påverkad av havets svallning. Havet är grunt och skärgårdens utseende förändras ständigt på grund av landhöjningen. Öarna är samlade i grupper som omges av vida fjärdar. Skärgårdens ljusförhållanden med sommarens ljusa nätter och vinterns mörka dagar med tjocka isar är karaktäristiskt för området.

Några öar har bofast befolkning. Flera av öarna har en tidig bosättningshistoria och på sin tid ett relativt välutvecklat jordbruk. På de stora öarna utanför Luleå finns de tydligaste spåren av det jordbruk som en gång förekommit i skärgården. Längs kusten ligger fritidshusbebyggelse som ett pärlband. Bebyggelsen har utblickar ut mot de närmaste öarna i innerskärgården och är av såväl äldre som modernare byggnadstradition.

Landskapstypen Ytterskärgården kännetecknas av låga öar starkt påverkade av havets vågor och det öppna havet. Den omfattande havsytan utanför skärgården är mycket distinkt, med få landmärken för navigering. Öarna utanför Piteå och Luleå är främst kala och täckta av klapperstenar. De mindre öarna består av sparsam vegetation, men tall och björk växer där marken tillåter. Tidigare var marken mestadels täckt av sand, men numera finns även gräs och mossor. Ytterskärgården utanför Kalix och Haparanda präglas av mycket låga öar med sandstränder som ger associationer till mer tropiska hav. Fiskelägen och gamla maritima lämningar är vanliga särskilt i ytterskärgården. På öarna finns spår efter forntida säljägare och fiskare. De karaktäristiska rödmålade fiskestugorna och sjöbodarna längs stränderna är

typiska inslag på öarna, med historiska kapell. Sjömärken och båkar är vanliga inslag i ytterskärgården och vittnar om sista utposten innan öppet hav.

8.6 Kulturmiljö

8.6.1 Beskrivning

Inom analysområdet finns ett varierat landskap med särpräglade kulturmiljöer i skärgården. Dessa visar havets betydelse för kust- och skärgårdsbefolkningen i takt med att öar och fastland stigit ur havet. Skärgården har haft en central roll för kustbefolkningen under lång tid och historiska lämningar efter boplatser, jakt och fiske visar att Norrbottens kustlandskap befolkades efter istidens slut. Fiske, säljakt och jordbruk var länge de främsta näringarna i Norrbottens skärgård. På vårvintern jagade man säl ute på isen och på sommaren var fisket efter strömming viktigt. I innerskärgården har jordbruksbygder med fiske och säljakt funnits sedan medeltiden och under 1600-talet började mindre jordbruksbyar etableras även på öarna.

Kulturmiljöerna i Norrbottens skärgård är nära förknippade med fiske och säljakt. Förre var basen för fisket med fiskelägen runt om i skärgården. Ett femtiotal välbevarade fiskelägen med rödmålade hus utgör det tydligaste avtrycket av fiskets betydelse. De fungerade som säsongsbetonade övernattningsplatser då man fiskade i närliggande vatten.

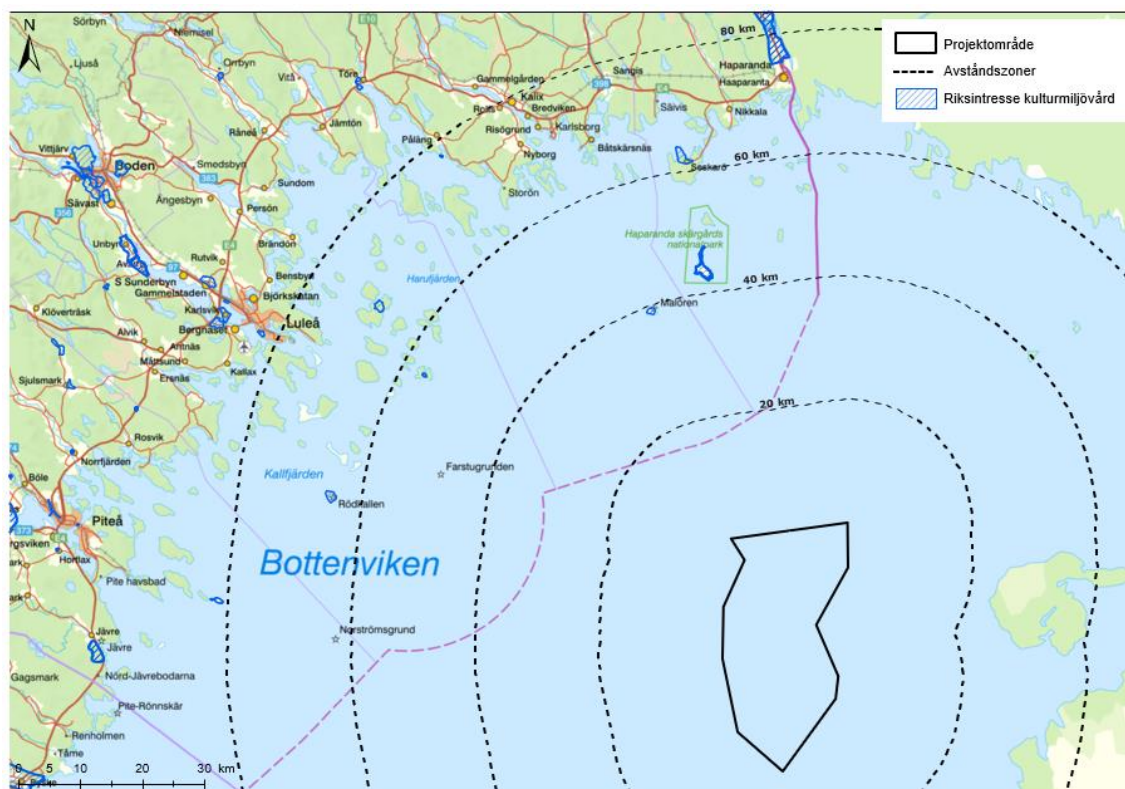
Förutom fiskelägen med bevarade sjöbodar och båthus, finns andra lämningar från fisk- och säljakt i skärgården från medeltid till nästan nutid. Inom analysområdet finns lämningar såsom tomtningar och husgrunder, omfattande system av gistgårdar där fisken torkades samt labyrinter och kompassrosor. Norrbottens skärgård är ett av de mest labyrinttäta områdena i landet. Labyrinterna utgörs främst av stenar lagt i ett mönster. Människor gick igenom labyrinterna som en rit för god fiskelycka och skydd mot havets möjliga faror.

Öarna vid Haparanda skärgård är exempel på miljöer med högt kulturhistoriskt värde inom analysområdet. Kulturmiljöerna uppvisar en större mängd fornlämningar förknippade med fiske och säljakt samt välbevarade fiskelägen som visar på fiskets och säljaktens stora betydelse för försörjning och ekonomi i Norrbotten under lång tid.

I skärgården återfinns sjömärken som fyror, båkar, labyrinter och andra rester av det tidigare nätverket av farleder som ledde till byar och städer. Dessa historiska spår är viktiga kulturella och maritima arv som berättar om områdets rika historia och dess nära band till havet. Fyror och båkar i ytterskärgården vittnar om de sista utposterna innan öppet hav och flertal fyrmiljöer är skyddade. Inom analysområdet återfinns statliga byggnadsminnen såsom Malörens fyrplats, cirka 40 kilometer från föreslagen vindpark. Malören med sin fyr, kapell och gamla bebyggelse ligger allra ytterst i Norrbottens skärgård. Fyren från år 1850 ger tillsammans med kyrkan från år 1770 en säregen silhuett åt Malören.

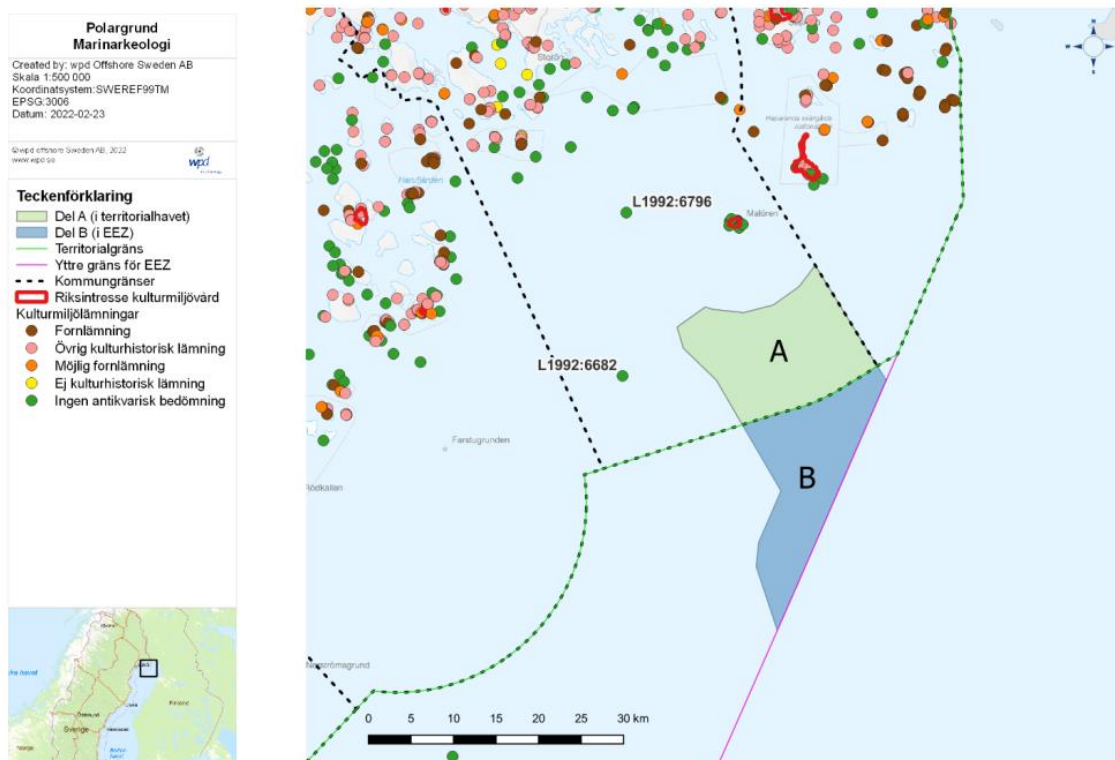
8.6.2 Skyddade områden

Inom analysområdet finns ett antal skyddade kulturmiljöer, såsom riksintresseområden för kulturmiljövård samt ett flertal fornlämningar och statliga byggnadsminnen. Se Figur 8-46 för utbredning av riksintresseområden för kulturmiljövård.



Figur 8-46. Karta som visar riksintresseområden för kulturmiljövård. Källa: Riksantikvarieämbetet. Bakgrundskarta Topografisk webbkarta Visning, översiktlig © Lantmäteriet. (AFRY Sverige 2024)

Det finns inga kända marinarkeologiska platser i det svenska havsområdet nära Halla (Figur 8-47) (wpd 2022). På den svenska sidan finns två relativt närbelägna lämningar i havet, som inte har antikvariskt bedömts. Den ena (L1992:6796) är belägen cirka 14,5 km nordväst och den andra (L1992:6682) cirka 8 km sydväst om undersökningsområdet Polargrund Offshore (wpd 2022). Lämningarna är resterna av ett fartyg/båt. Strax utanför Malur och Sansker finns det andra lämningar som inte har utvärderats ytterligare.



Figur 8-47. Områden av riksintresse för kulturmiljövården och kulturhistoriska lämningar i närheten av forskningsområdet Polargrund Offshore (Riksantikvarieämbetet, 2021) (wpd 2022).

8.7 Rekreation och friluftsliv

8.7.1 Beskrivning

Landskapet inom analysområdet utgörs till stor del av inre och yttre skärgårdsmiljöer med kust och havsområden. Skärgårdsmiljöer är generellt viktiga rekreation och friluftsliv, då de bär på värdefulla natur, kultur och friluftsvärden att besöka eller uppleva. Norrbottens kuster och stränder inom analysområdet är relativt oexploaterade (speciellt ytterskärgården) vilket innebär att det finns områden med kvalitéer som tystnad, orördhet och ostördhet. Många av kustbyarna har även traditionellt haft sina fiskelägen i den yttre skärgården. Innerskärgården är i regel mer brukad för rekreation och friluftsliv då den är mer tillgänglig och inte kräver tillgång till båt eller annat transportmedel. På grund av detta innehar även innerskärgården fler målpunkter för rörligt friluftsliv som bryggor, farleder, uthyrningsstugor, campingområden och uppmärksatta skoterleder.

Friluftaktiviteter varierar beroende på årstid och avstånd till kusten. Under sommartid, när solen är uppe under dygnets flesta timmar nyttjas skärgården för båtliv (fritidsbåtar, segling, kanot, kajakpaddling), bad, strandliv och vindsurfing längsmed sandstränderna. Även fritidsfiske med handredskap, promenader och vandring, bär och svampplockning, jakt och fågel-skådning är populära aktiviteter. Vandringsleder och naturstigar finns till exempel på öarna Småskär och Kluntarna i innerskärgården vid Luleå.

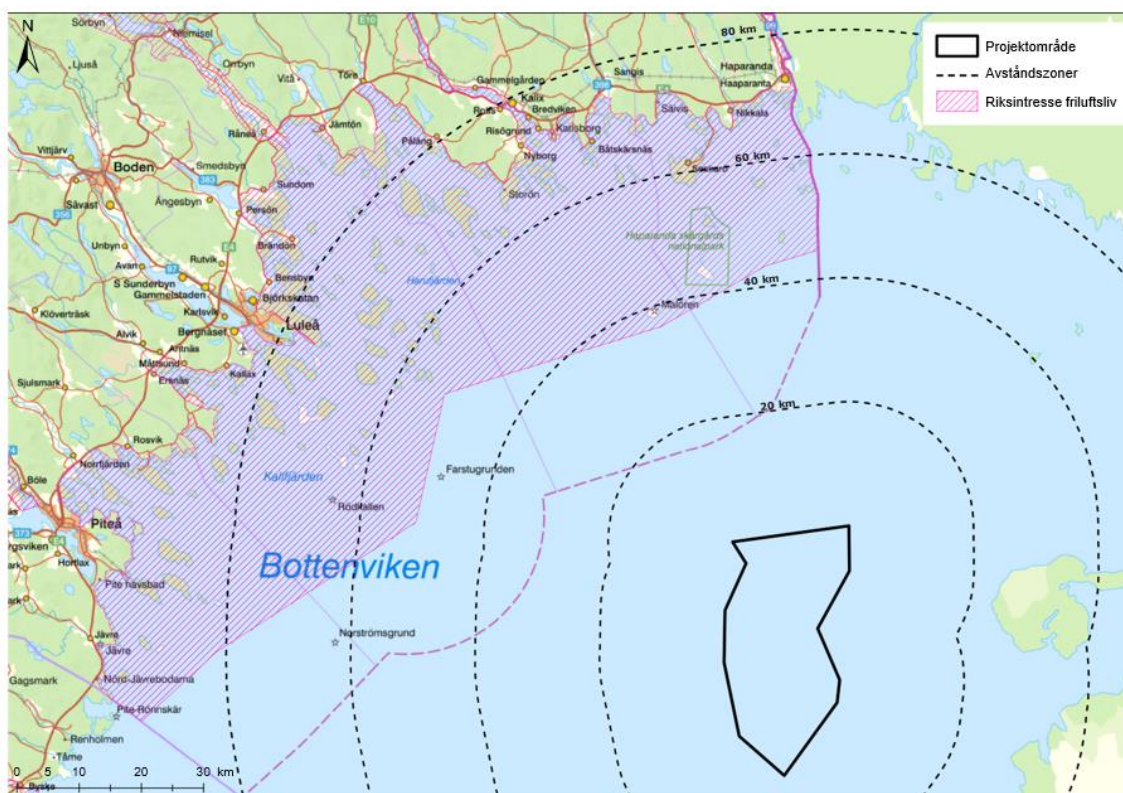
Under vintertid, när dagsljuset är mer begränsat förekommer aktiviteter så- som hundspann, pimpelfiske, skoteråkning, skidåkning, skridskoåkning och skärmflygning. Inom vissa områden i innerskärgården nära tätorter görs upplagade isbanor som kan användas för bland annat skidåkning, skridskoåkning, åkning med spark och promenader.

Inom analysområdet ligger även nationalparken Haparanda skärgård nationalpark, som är tillgänglig med båt. Nationalparken består av ett antal öar varav den största heter Sandskär och det finns en hamn i fiskeläget Kumpula. Sand och sanddyner täcker stora delar av ön och den besöks bland annat för sin naturstig, sandstränder och möjlighet till fågelskådning. På Sandskär finns det även övernattningsstugor och tältplatser.

8.7.2 Skyddade områden

Inom analysområdet finns det ett riksintresse för rörligt friluftsliv, som regleras enligt Miljöbalken kap 4. 2 §. Detta område är Norrbottens skärgård. Inom dessa områden skall "turismens och friluftslivets, främst det rörliga friluftslivets, intressen särskilt beaktas vid bedömningen av tillåtligheten av exploateringsföretag eller andra ingrepp i miljön. Riksintresset för rörligt friluftsliv gällande Norrbottens skärgård sträcker sig från Bondöfjärden söder om Piteå till riksgränsen mot Finland i nordöst.

Inom analysområdet även finns två riksintressen för friluftsliv som regleras enligt Miljöbalken 3 kap. 6 §. Det ena är riksintresse för Friluftsliv: Norrbottens kust och skärgård. Syftet med riksintresset är att skydda och bevara den variationsrika miljön inom skärgården. Denna har stort värde då den ger goda förutsättningar för ostört friluftsliv och kan nyttjas för en mängd olika friluftaktiviteter. Det andra är riksintresse för Friluftsliv: Torne-Muonio älvdal. Syftet med riksintresset är bland annat att skydda och bevara älvdalens miljö och dess omgivningar som nyttjas för flertalet friluftaktiviteter.



Figur 8-48. Karta som visar riksintresseområdena för friluftsliv. Källa: Naturvårdsverket (2024) skyddade områden: riksintresse för friluftsliv enligt 3 kap Miljöbalken. Bakgrundskarta Topografisk webbkarta Visning, översiktlig © Lantmäteriet (AFRY Sverige 2024).

8.8 Luftkvalitet

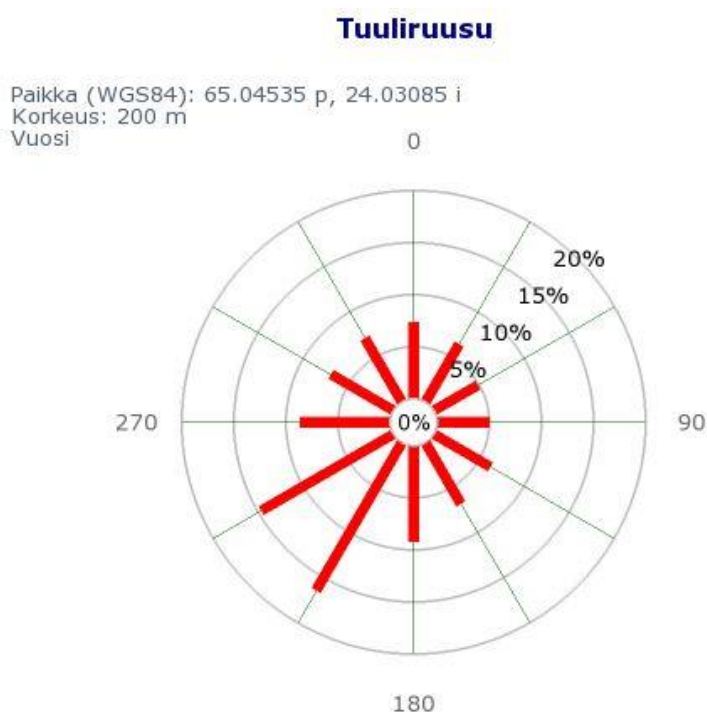
Luftkvaliteten är mestadels god på öppet hav. Svaveldirektivet, som trädde i kraft 2015 och sänkte gränsen för svavelhalten i bränslen som används i Östersjön från 1 % till 0,1 % (Norden

2013), har minskat utsläppen från fartyg på öppet hav. Luftkvaliteten i projektområdet kommer sannolikt att vara bättre än på land på grund av havets utspädande effekt, så de observerade värden som används återspeglar inte helt den faktiska situationen.

8.9 Klimat

Området för Halla havsbaserade vindkraftspark ligger i den centrala boreala klimatzonen (*Ilmatieteen laitos 2023a*). Medeltemperaturen i Uleåborgsregionen år 2022 var cirka 3,7 °C, vilket är 0,7 °C över genomsnittet för referensperioden 1991–2020. Årsnederbörden samma år var 565 mm, vilket är cirka 1 % över genomsnittet för referensperioden (*Ilmatieteen laitos 2023a*).

Den förhärskande vindriktningen i området för den havsbaserade vindkraftsparken Halla är från sydväst (Figur 8-49). Den genomsnittliga vindhastigheten på 100 m är ca 9,1 m/s och på 200 m ca 9,8 m/s. (*Tuuliatlas 2023*)



Figur 8-49. Relativa andelen vind från olika riktningar i projektområdet på 200 m höjd (*Tuuliatlas 2023*).
Tuuliruusu = Vindros, Paikka = Läge, p = norr, i = öster, Korkeus = Höjd, Vuosi = År.

8.9.1 Internationella, nationella och regionala klimatmål

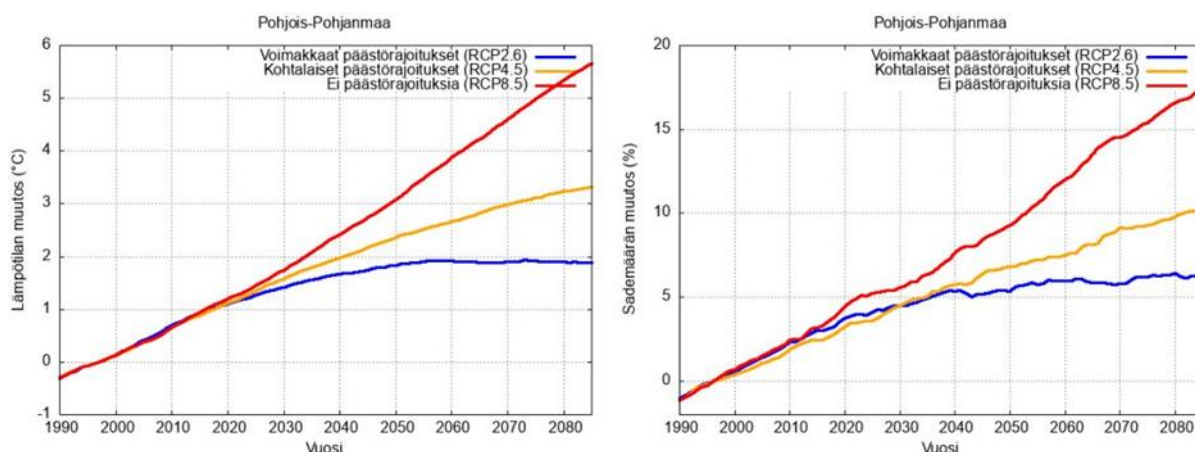
EU:s klimatpolitik styr EU:s kollektiva och nationella politiska insatser för att mildra klimatförändringarna och anpassa sig till dem. EU har åtagit sig att minska utsläppen av växthusgaser med minst 55% under 1990 års nivåer till 2030 och EU strävar efter att vara klimatneutralt inom sitt område 2050. När det gäller förnybar energi siktar EU på att 32 % av energiförbrukningen ska komma från förnybar energi 2030. (*Ympäristöministeriö 2023a*)

Den nationella reviderade klimatlagen (423/2022) trädde i kraft den 1 juli 2022. Enligt den nya klimatlagen ska utsläppen av växthusgaser minska med minst 60 procent fram till 2030, med minst 80 procent fram till 2040 och med minst 90 procent fram till 2050 jämfört med 1990. Dessutom sätter lagen upp ett mål om att Finland ska vara koldioxidneutralt senast 2035 och koldioxidnegativt kort därefter. Lagen har utvidgats till att omfatta markanvändningssektorn och ett mål för att förbättra sankor har lagts till. (*Ympäristöministeriö 2023b*)

Norra Österbottens landskap i Finland har en klimafärdplan för 2030. I färdplanen fastställs regionens mål att främja bioekonomi, cirkulär ekonomi och hållbar energiproduktion, minska utsläppen från transporter, utveckla kolbindningen i jordbruket, främja klimatsmart markanvändning, bevara skogarnas och torvmarkernas kolsänkor och bedriva ett brett samarbete för att begränsa klimatförändringarna och anpassa sig till dem. När det gäller hållbar energiproduktion med låga koldioxidutsläpp är ett av målen att främja produktionen av förnybar energi, inklusive vindkraft. (*Pohjois-Pohjanmaan liitto 2021*)

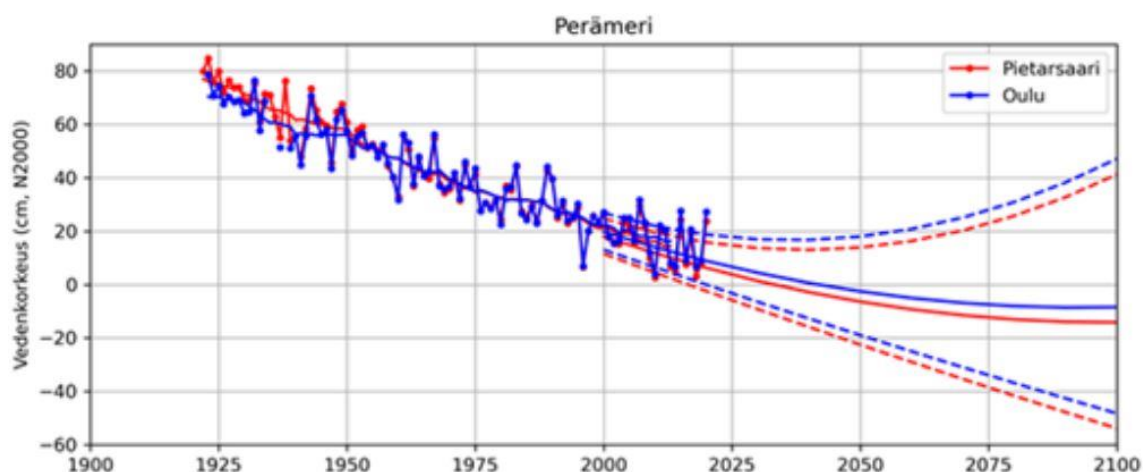
8.9.2 Allmänna prognoser för effekterna av klimatförändringarna

Klimatet i Norra Österbotten förväntas bli varmare med cirka 2,0–5,7 °C och nederbörden förväntas öka med 6–17 % under innevarande århundrade jämfört med perioden 1981–2010 (Figur 8–50). Uppvärmningen beror på de globala utsläppstrender för växthusgaser som prognostiseras i RCP-scenarierna. I RPC2.6-scenariot börjar utsläppen minska kraftigt redan efter 2020 och är nära noll i slutet av seklet. I RCP4.5-scenariot ökar utsläppen inledningsvis något, men börjar minska runt 2040. I scenariot RCP8.5 fortsätter utsläppen av växthusgaser att öka snabbt i framtiden. (*Ilmasto-opas 2022*) Konsekvenserna till havs kan skilja sig från konsekvenserna på land.



Figur 8–50. Beräknade förändringar i årlig medeltemperatur och nederbörd för olika utsläppsbanor för växthusgaser i Österbotten fram till 2085. Förändringen jämförs med perioden 1981–2010. (*Ilmasto-opas 2022*) Pohjois-Pohjanmaa = Norra Österbotten, Lämpötilan muutos = Temperaturförändring, Sademäärän muutos = Förändring i nederbörd, Vuosi = År, Voimakkaat päästörajoitukset = Strikta utsläppsgränser, Kohtalaiset päästörajoitukset = Måttliga utsläppsgränser, Ei päästörajoituksia = Inga utsläppsgränser.

Havsnivån i Bottenviken har sjunkit med cirka 70 cm under det senaste århundradet på grund av landhöjningen, men minskningstakten har avtagit under påverkan av den globala havsnivåhöjningen (Figur 8–51). I scenarier kring RPC2.6 och RPC4.5 skulle minskningen fortsätta fram till slutet av seklet, då höjden skulle vara cirka 20–60 cm lägre än idag. I det högsta scenariot, RPC8.5, skulle havsnivån stiga med cirka 30 cm från dagens nivåer. (*Gregow m.fl. 2021*)



Figur 8-51. Havsnivån i Bottenviken och beräknad förändring av havsnivån under olika klimatscenarier. (Gregow m.fl. 2021). Perämeri = Bottenviken, Vedenkorkeus = Vattenstånd, Pietarsaari = Jakobstad, Oulu = Uleåborg.

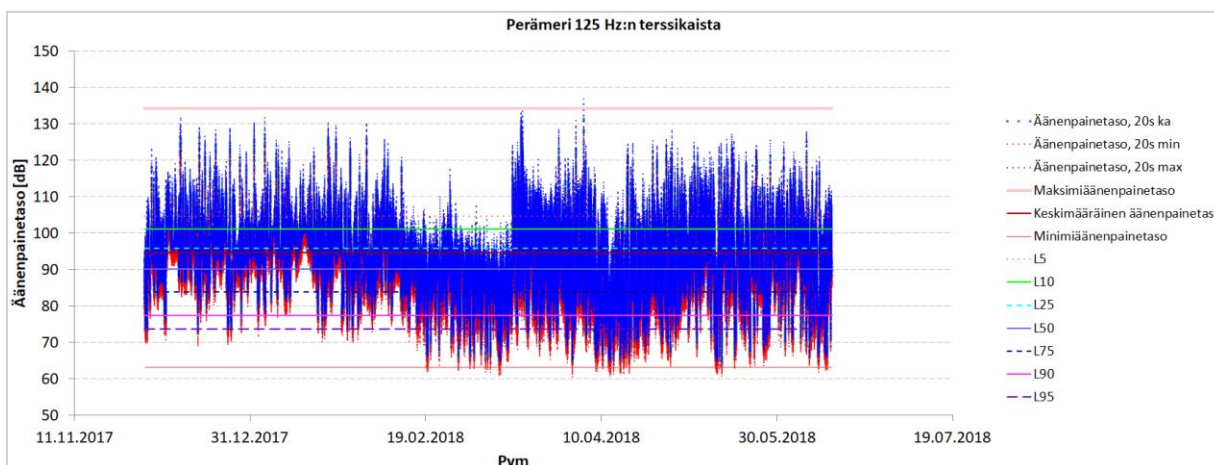
8.10 Buller och vibrationer

Det nuvarande tillståndet för det marina miljöbullret i vattnet i projektområdet och dess närhet, inklusive på den svenska sidan, består huvudsakligen av buller från lastfartyg, fiskefartyg (även om kommersiellt fiske är begränsat i området) och andra tillfälliga fartyg under deras arbetstid.

Östersjöns undervattensljudlandskap har studerats inom ramen för BIAS-projektet (*The Baltic Sea Information on the Acoustic Sounscape*). Projektet har genomfört mätningar av undervattensljud i olika delar av Östersjön. Mätningarna har visat att vindstyrkan och den resulterande våghöjden är den viktigaste faktorn för bakgrundsbullret i Östersjön (Sairanen 2014). Sjöfarten bidrar också till bakgrundsbullret under vattnet. Fartygsbuller på långt avstånd är alltid närvarande i Östersjöns bakgrundsbuller, särskilt vid låga frekvenser (63 Hz och 125 Hz, Sairanen 2014). Ljudtrycksnivåerna från fartyg inom en radie av fem kilometer överstiger ljudtrycksnivåerna för bakgrundsbuller. (Liikennevirasto 2018)

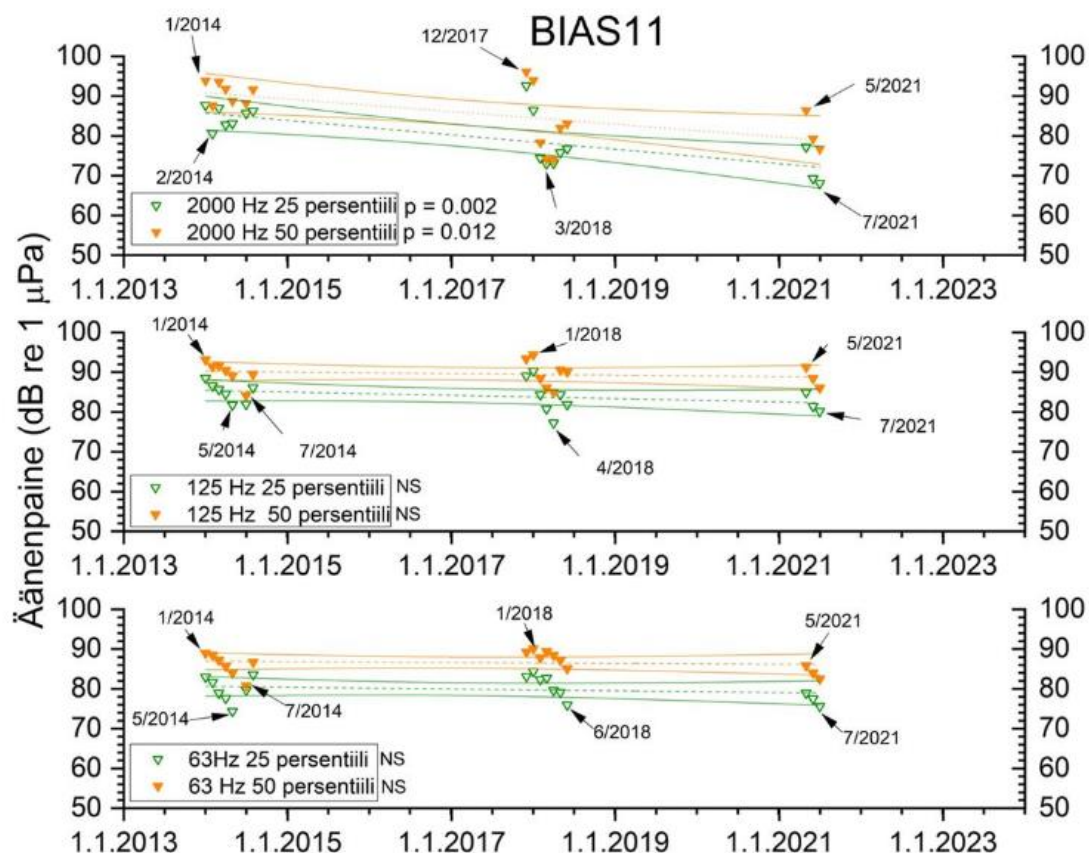
Till skillnad från andra hav fryser Östersjön också delvis på vintern och ljudtrycksnivåerna under vattnet är lägre under den isfria perioden eftersom vinden inte kan påverka bakgrundsljudet. Även människors fritidsaktiviteter och det buller som uppstår minskar på vintern och når sin topp på sommaren (Pajala m.fl. 2016, Sairanen 2014).

I BIAS-projektet finns det en undervattensmät punkt utrustad med en hydrofon i Bottenhavet. Baserat på mätresultaten är området mycket varierande när det gäller ljudnivåer (se figur 8-52).



Figur 8-52. Ljudnivåvariation för hela datasetet för mätpunkten i Bottenviken vid 125 Hz tersebandsfrekvens (Suomen ympäristökeskus 2019). Perämeri 125 Hz:n terassikaista = Bottenviken 125 Hz tersband, Äänenpainetaso [dB] = Ljudtrycksnivå [dB], Pvm = Datum, Äänenpainetaso 20s ka = Ljudtrycksnivå 20 s medel, Äänenpainetaso 20s min = Ljudtrycksnivå 20 s min, Äänenpainetaso 20s max = Ljudtrycksnivå 20 s max, Maksimiäänepainetaso = Maximal ljudtrycksnivå, Keskimääräinen äänenpainetaso = Genomsnittlig ljudtrycksnivå, Minimiäänepainetaso = Minimal ljudtrycksnivå.

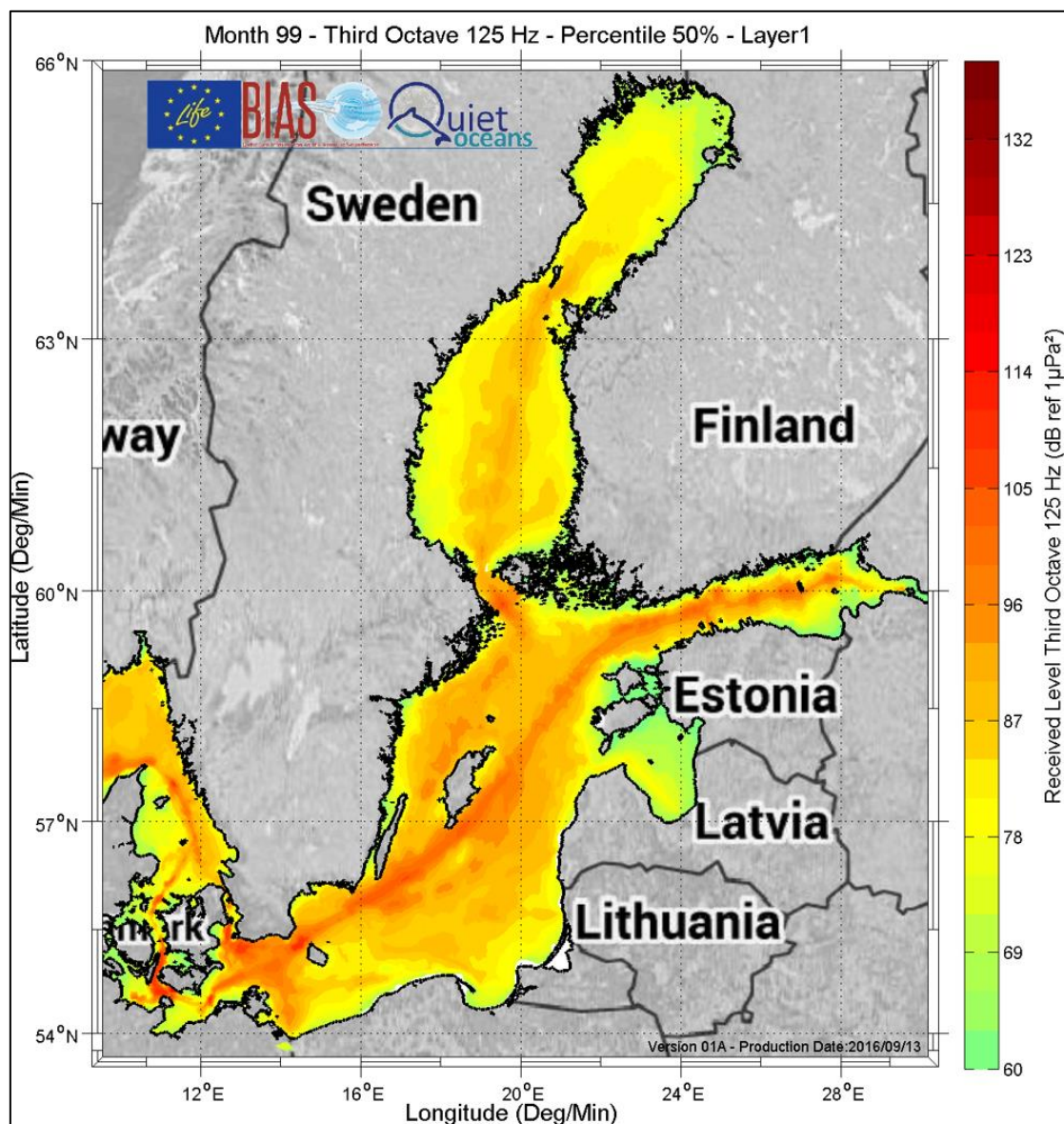
Under 2021 uppmättes ljudnivåer under vatten vid en genomsnittlig nivå på 90 dB (50 % percentil) vid eller under mätpunkten, med en liten variation i frekvens. Vid den högre frekvensen 2000 Hz har de uppmätta ljudnivåerna minskat med cirka 5 dB sedan 2014, medan nivåerna vid de andra uppmätta frekvenserna har varit nästan oförändrade (Figur 8-53).



Figur 8-53. Intensitet för undervattensbuller i Bottenviken 2014–2021 (Itameri.fi 2023). Äänenpaine = Ljudtryck, Persentiili = Percentil.

För undervattensbuller har Kvarken och Bottenviken också modellerats i BIAS-projektet (BIAS 2016) för olika frekvenser.

Enligt resultaten från modelleringen av undervattensbuller är Bottenviksområdet mindre förorenat än Kvarken eller Finska viken. Modelleringsresultaten är dock ca 5–10 dB lägre än mätresultaten vid 125 Hz i Bottenhavet (Figur 8-54). Modelleringsresultaten inkluderar dock inte det naturliga bakgrundsbruset av undervattensbuller, utan endast undervattensbuller från fartyg.



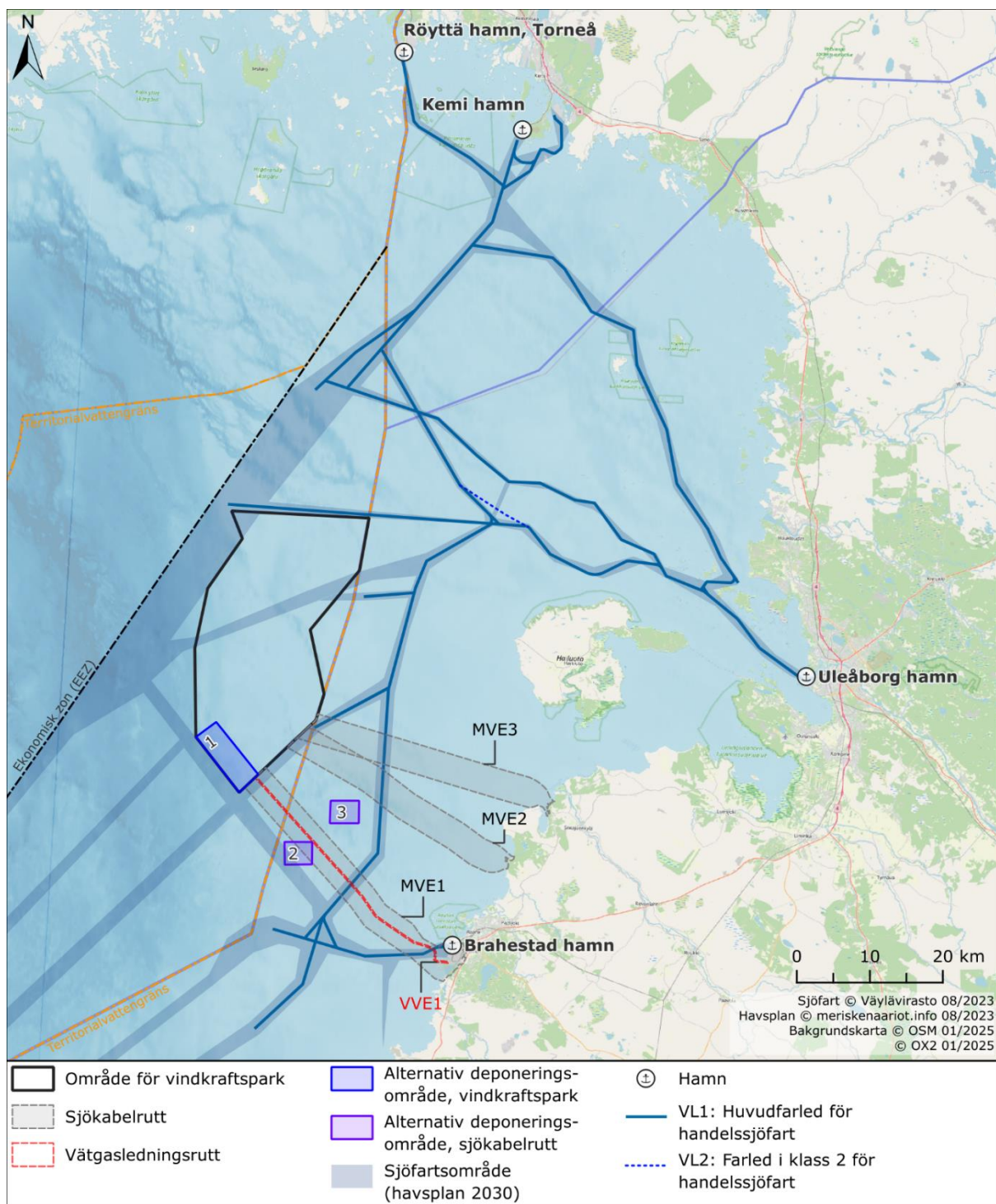
Figur 8-54. Modellering av undervattensbuller 125Hz tersika med 50% persistens för hela Östersjön (BIAS 2014).

8.11 Sjötransport

8.11.1 Hamnar

8.11.1.1 Finska sidan

Sjöfarten spelar en viktig roll för Finlands utrikeshandel och godstransporter, eftersom över 90 % av utrikeshandeln sker sjövägen (Traficom & Väylävirasto 2023). Enligt Finlands havsplan 2030 är sjötransporterna i Bottenviken-regionen av central betydelse för transporterna, tillgängligheten och konkurrenskraften för regionens industri. I regionen finns betydande metall-, skogsbruks- och kemiindustrier som betjänas av sjötransporter. På grund av de grunda kustvattnen är sjövägarna till hamnarna avgörande (Pohjanmaan liitto m.fl. 2020). Tre internationellt viktiga hamnar i Europeiska unionens TEN-T-nätverk (Trans European Transport Network) ligger i projektets centrala influensområde: Uleåborg, Brahestad och Kemi. Det finns också en viktig hamn i Torneå. Hamnarnas lägen visas i figuren (Figur 8-55).



produktionsanläggning i Brahestad, vars export- och importbehov tillgodoses av hamnen, bland annat. (*Brahestadn Satama Oy 2023*)

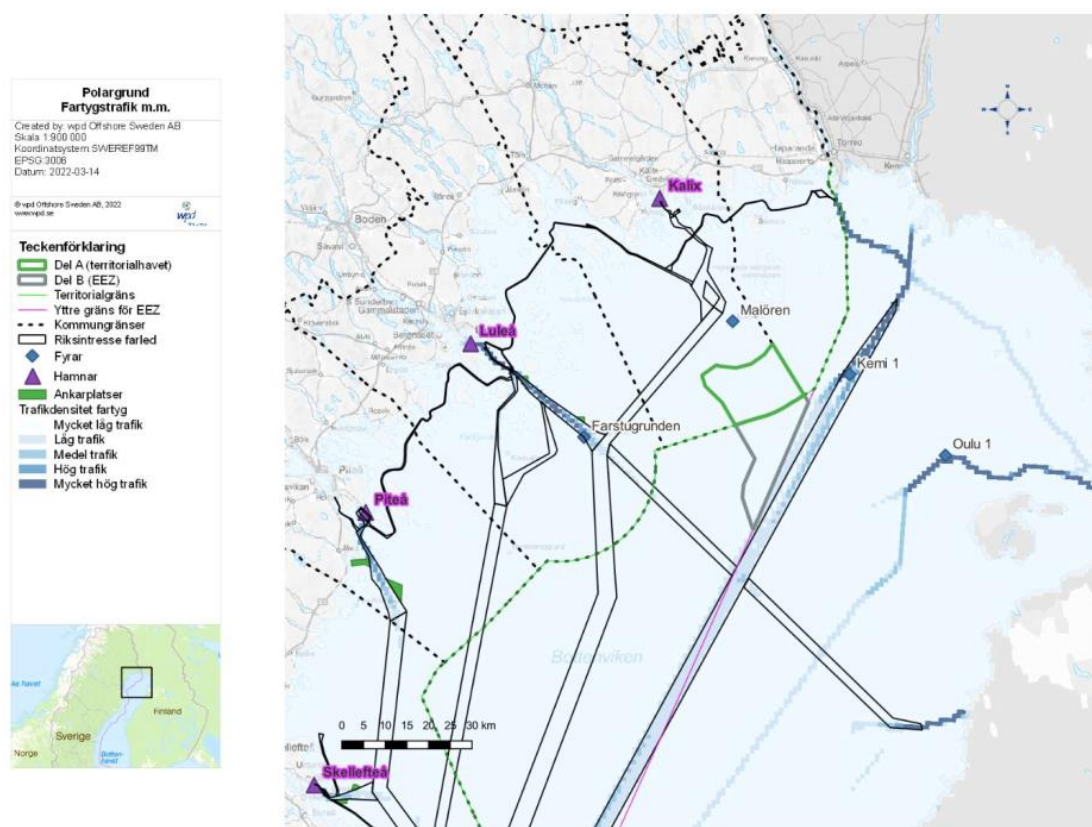
Kemis hamn består av tre delar: Ajos hamn, Veitsiluoto hamn och oljehamnen, som är en del av Ajos hamn. Under de senaste åren har hamnen haft en årlig volym på cirka 340–440 fartyg. Genom Ajos passerar bl.a. containrar, skogsindustriprodukter och olika bulkprodukter. Hamnen byggs ut för att kunna ta emot Metsä Fibres bioproduktfabrik som ska byggas i Kemi och stå klar 2023. Sjövägen som leder till hamnen fördjupas till 12 meter från nuvarande 10 meter. Via oljehamnen kommer olja och kemiska produkter att importeras. Hamnen i Veitsiluoto har främst betjänat importtransporter från Stora Enso:s fabrik i Veitsiluoto, men fabriken stängdes hösten 2021. (*Kemin Satama Oy 2023*)

Röyttä hamn i Torneå har cirka 500 fartyg per år. Stål och ferrokrom står för den största delen av hamnens export. Återvunnet stål, koks, kalkstensprodukter och naturgas utgör huvuddelen av importen. Den största användaren av hamnen är Outokumpu Corporations intilliggande stålverk i Torneå. (*Oy M. Rauanheimo Ab 2023*)

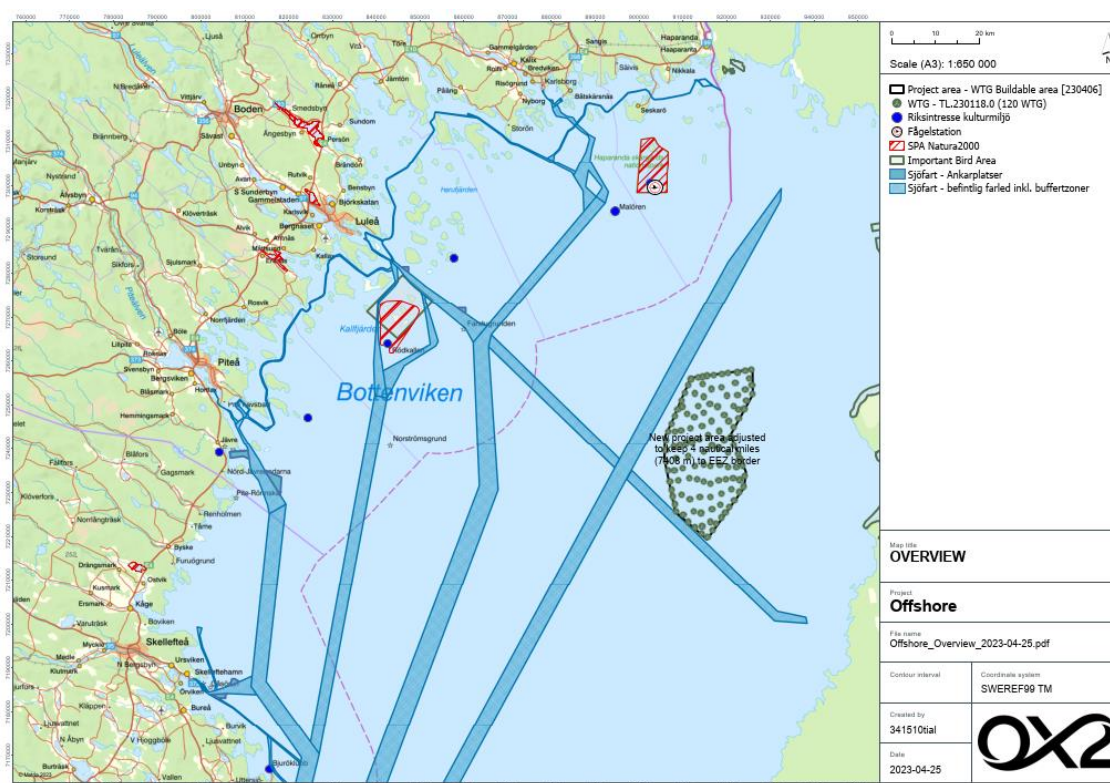
8.11.1.2 Svenska sidan

Figuren (Figur 8–56) visar de större hamnarna i närområdet. Kalix hamn ligger ca 40 km nordväst om studieområdet och är den nordligaste djuphamnen i Östersjön. Hamnen har ca 80 besök per år och den största kunden är Billerud Korsnäs AB. Kalix Industrihotell förvaltar och utvecklar hamnområdet och farlederna och har sjötrafik året runt. Hamnkajens längd är 140 meter och farledens djup är 8,5 meter (Kalix Industrihotell AB, u.d.). Luleå hamn är belägen ca 50 km väster om studieområdet och är en allmän hamn (TEN-T A). Hamnen är öppen för cirka 600 fartyg per år. Det är den femte största hamnen i Sverige och används bland annat som bulkhamn. Hamnen är öppen året runt och består av sex sektioner (Luleå Hamn AB, 2019).

I Haparanda och på flera öar i skärgården finns mindre hamnar eller mindre naturhamnar för båtar. Dessutom finns det farledsområden och ankarplatser i havsområdet (Figur 8–57). Inga farleder passerar genom studieområdena Polargrund Offshore eller Halla. I närheten av studieområdet Polargrund Offshore finns dock farleder av nationell betydelse. AIS-data om trafiktätheten i området indikerar också att det finns en hög nivå av vattenburen trafik i havsområdet (Figur 8–56).



Figur 8-56. Sjötrafik, fyrar, ankarplatser och hamnar i det svenska havsområdet (Trafikverket, 2021; HELCOM, 2016). (wpd 2022)



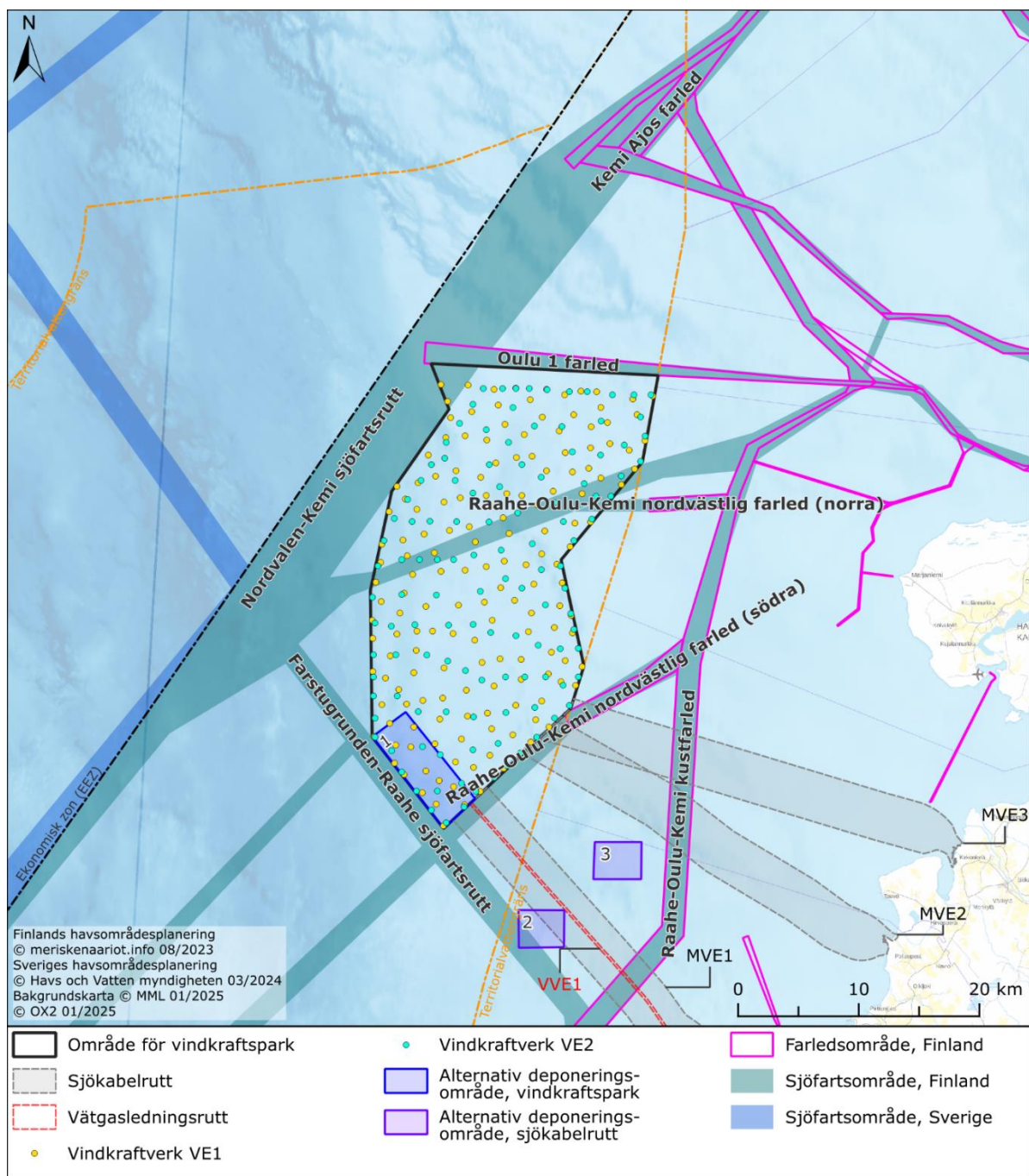
Figur 8-57. Sjöfartsområden och ankarplatser på den svenska sidan. (OX2 2023)

8.11.2 Vattenvägar och sjötrafikområden till havs

Vattenvägar är oavbrutna rutter på vattnet som markeras och underhålls på land eller på en karta mellan sina slutpunkter. När man talar om farleder avses vanligtvis hela farledsområdet, vilket är det område som avgränsas av farledens begränsningslinjer (*Traficom 2021a*). Farleder delas in i sex olika kategorier beroende på deras avsedda användning. Farledskategori 1 och 2 är farleder för kommersiell sjöfart. Farledskategori 3 avser låga vattenvägar för kommersiell trafik, som främst är byggda för annan kommersiell trafik än handelssjöfart. Farledskategorierna 4 till 6 är farleder för båtliv. (*Traficom 2021b*)

Det finns också vatten utanför de officiella farledsområdena. AIS-data som följer sjötrafikens rörelser kan användas för att urskilja livliga och viktiga sjötrafikområden utanför farlederna (nedan sjötrafikrutter) (*Traficom & Väylävirasto 2023*) Sådana viktiga sjötrafikrutter identifieras i Finlands havsplan som sjötrafikområden som är viktiga som en del av den nuvarande och framtida sjötrafiken. (*Pohjanmaan liitto ym. 2020*).

Sjövägarna och farlederna i närheten av vindkraftsparken och sjökablarna visas i figurerna (Figur 8–58, Figur 8–59).



Figur 8-58. Karta över sjövägar och farleder i närheten av den havsbaserade vindkraftsparken Halla samt sjökablarna och vätgasrören.

Kustfarleden Brahestad-Oulu-Kemi (VL 1, djup 8–10 m) ligger cirka 8 km öster om vindkrafts-området, öster om Farledsverkets farled, och går i nord-sydlig riktning. Sjökabelrutten alternativ MVE1 och vätgasrörssträckningen VVE1 korsar kuststräckningen utanför Brahestad (Figur 8-60). Alternativen MVE2 och MVE3 korsar kustkanalen utanför Siikajoki (figur 8-62). (Väylävirasto 2024a)

Det finns två sjövägar från kustkanalen mot vindkraftsparken: den södra sträckningen av Brahestad-Oulu-Kemi Northwest Passage (VL 1, djup 10 m), som slutar vid vindkraftsparkens sydöstra hörn, och den norra sträckningen av Brahestad-Oulu-Kemi Northwest Passage (VL 1, djup 10 m), som slutar vid vindkraftsparkens västra kant på ett avstånd av cirka 3 km. De

nordvästra vägarna används som alternativa rutter till Uleåborgs hamn. MVE3 korsar den sydliga sträckningen av den nordvästra vägen (Figur 8–62). (*Väylävirasto 2024a*)

Norr om Halla vindkraftspark ligger farleden Oulu 1 (VL 1, djup 10 m) som leder till Uleåborgs hamn, och vindkraftsparken ligger intill farleden (Figur 8–58). (*Väylävirasto 2024a*).

Norra Uleåborgssundet (VL 1, djup 12,5 m) leder också till Uleåborgs hamn, som ligger på norra och nordöstra sidan av Halla, på ett avstånd av cirka 16 km (*Väylävirasto 2024a*).

Kemi Ajos kanal (VL 1, djup 12 m) som leder till hamnarna i Kemi och Torneå slutar cirka 16,5 km norr om vindkraftsområdet (Figur 8–58). (*Väylävirasto 2024a*).

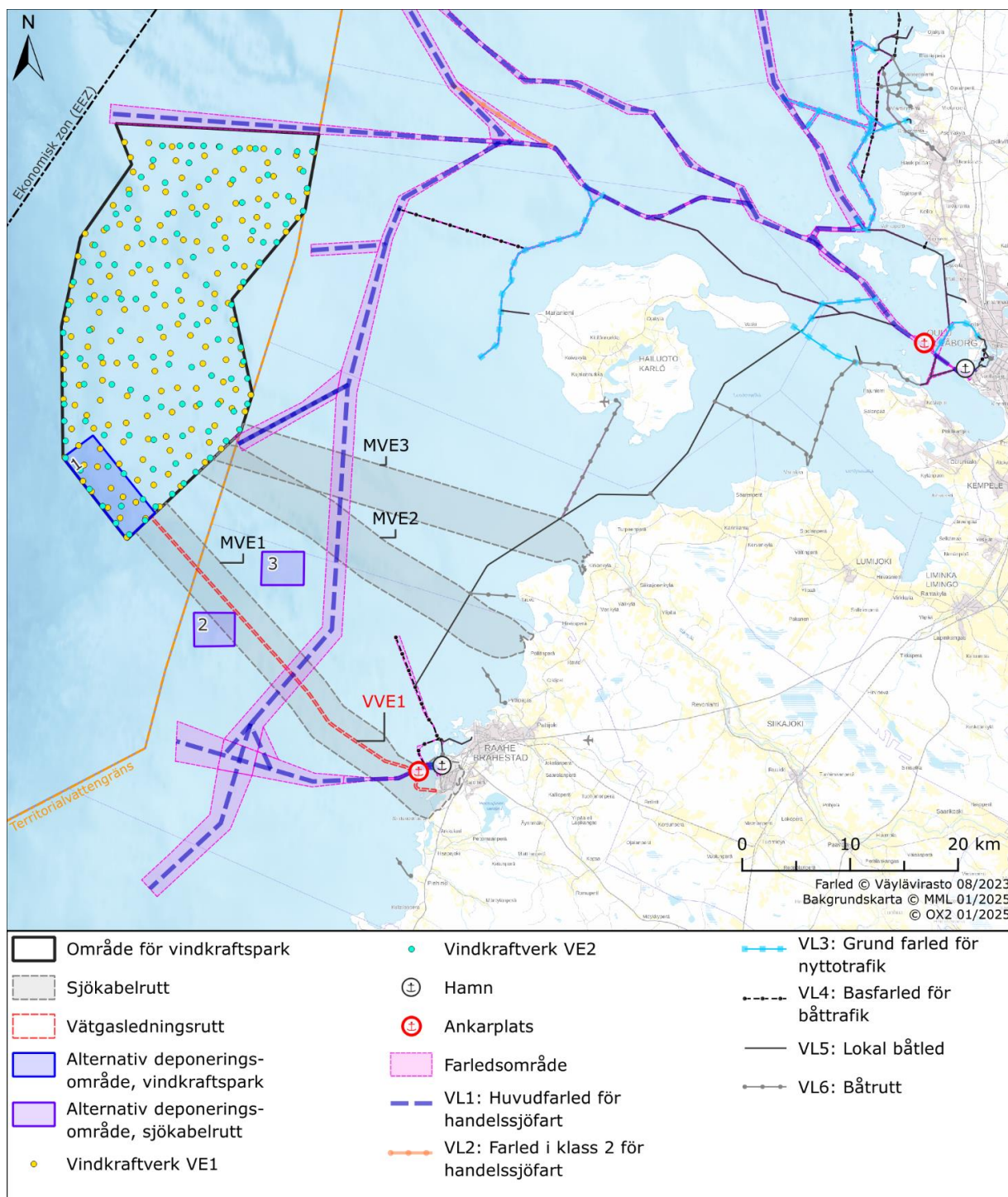
Brahestad-sundet (VL 1, djup 10 m) leder till Brahestad hamn, som ligger cirka 19 km från gränsen till den havsbaserade vindkraftsparken. Sjökabelrutten alternativ MVE1 och vätgasrörssträckningen VVE1 korsar farleden framför Brahestads hamn (Figur 8–61). (*Väylävirasto 2024a*)

Flera viktiga sjöfartsrutter kan identifieras i närheten av projektområdet. Till exempel är sjöfartsrutten Nordvalen - Kemi, som passerar vindkraftsparken i väster, och sjöfartsrutten Farstugunden - Brahestad, som passerar vindkraftsparken i sydväst, de kortaste sjöfartsrutterna mellan de två punkterna (Figur 8–58). (*Sweco 2023a*, bilaga 5)

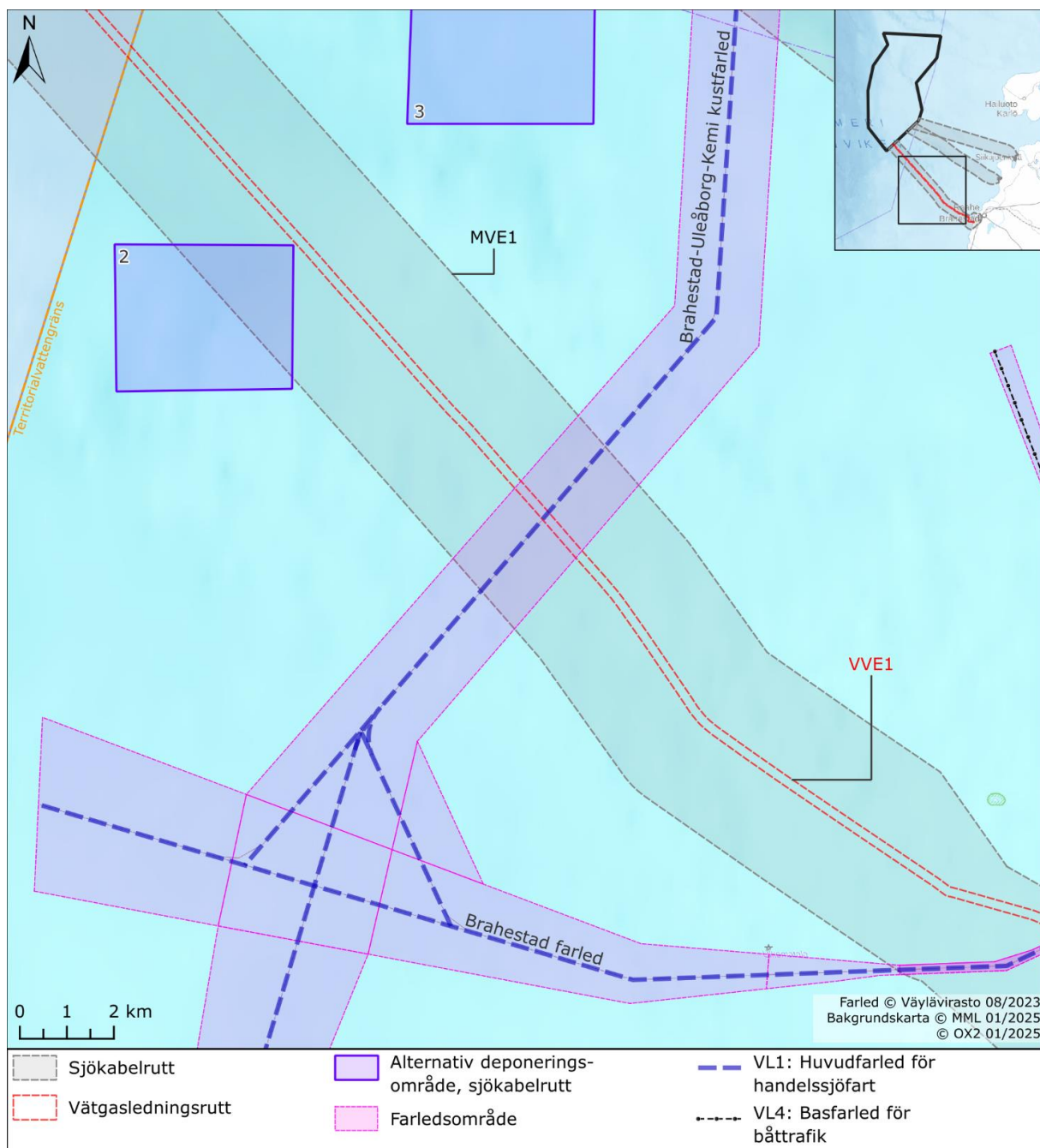
Sjötrafiken kommer också att fortsätta utanför de farledsområden som avslutas. Den nordliga sträckningen av Nordvästpassagen Brahestad-Oulu-Kemi, vars slutpunkt ligger mitt i vindkraftsområdets västra kant, är ett utmanande mål. Förlängningen av farleden till Nordvalen-Kemi sjöfartsled passerar genom Halla vindkraftsområde (Figur 8–58). (*Pohjanmaan liitto ym. 2020*)

Baserat på AIS- och Traficom-data går en inofficiell lotsled genom Halla vindkraftsområde när havsis förekommer. Den används som ett djupassurerat område för lotsning av fartyg med de största djupgåendena. Detta är dock inte en etablerad förbindelse och visas därför inte på officiella sjökort. (*Sweco 2023a*, bilaga 5)

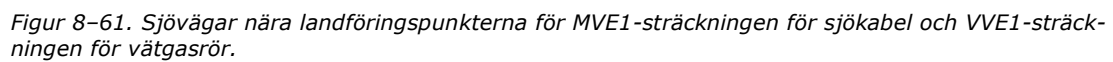
Utöver de kommersiella sjöfartsrutterna finns det flera grunda vattenvägar för båttrafik utanför Karlö och fastlandet. Alternativen för sjökabelrutten MVE2 och MVE3 korsar Siikajoki-kanalen (VL 5, djup 1,7 m) utanför Siikajoki (Figur 8–63). (*Väylävirasto 2024a*)

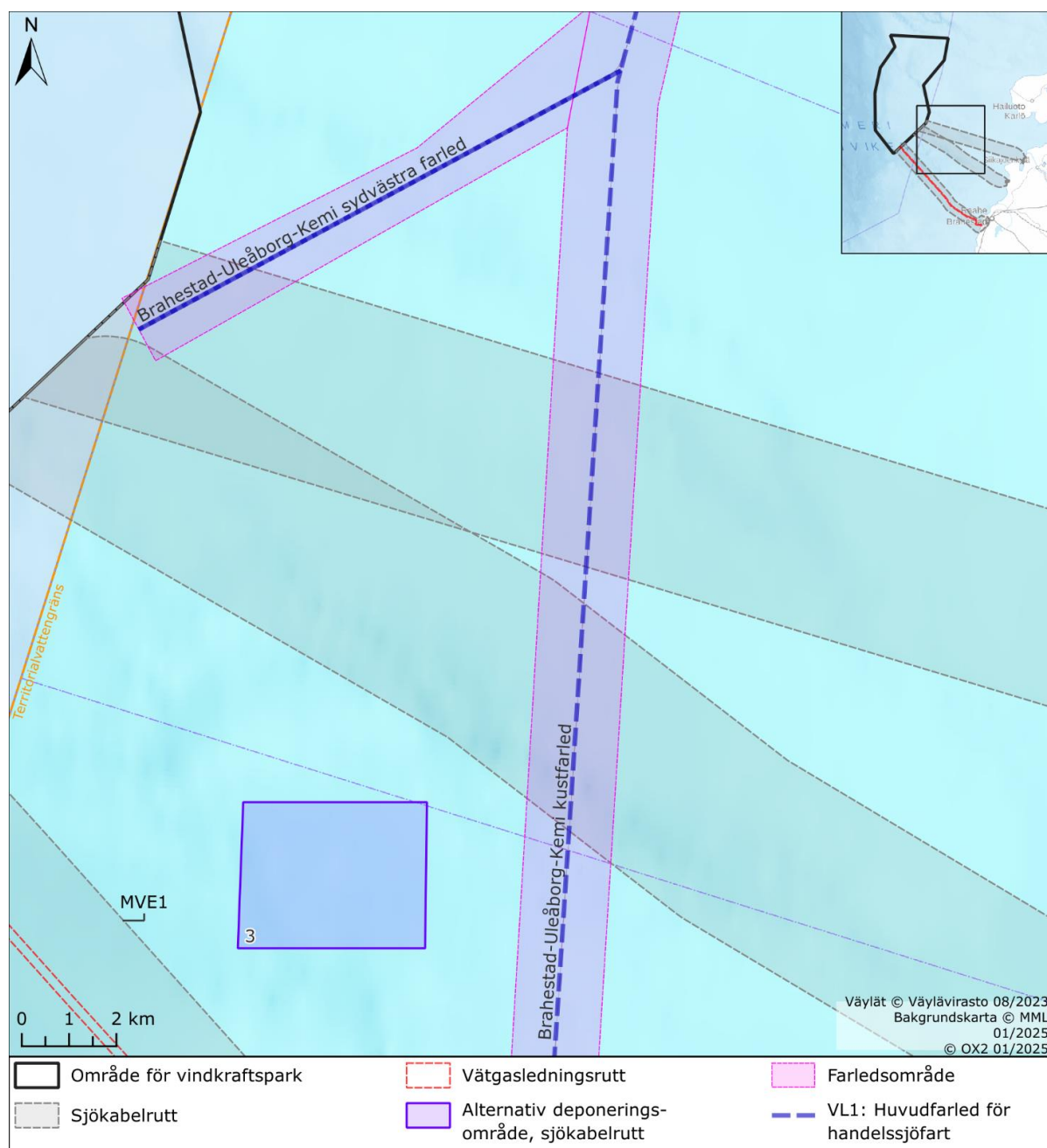


Figur 8–59. Officiella farleder i närheten av Halla projektområde.

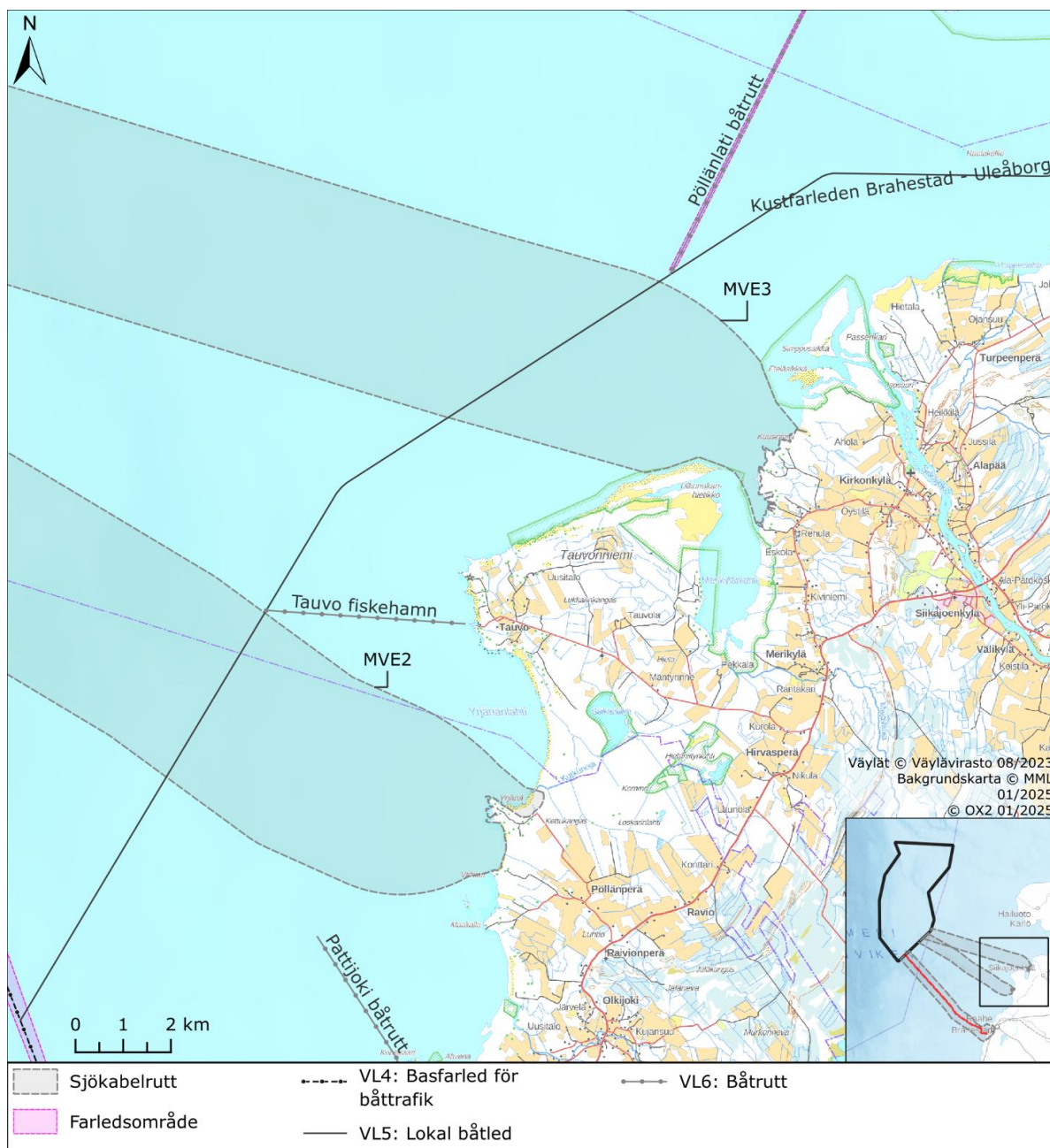


Figur 8-60. Farleder nära MVE1-sträckningen för sjökabel och VVE1-sträckningen för vätgasrör.





Figur 8-62. Farleder nära undervattenskabelsträckningarna MVE2 och MVE3.



Figur 8-63. Sjövägar nära MVE2- och MVE3-landningsplatserna för sjökabelrutterna.

Det finns inga skyddshamnar i eller i närheten av projektområdet.

8.11.3 Andra närliggande havsbaserade vindkraftsprojekt

Flera andra havsbaserade vindkraftsparker planeras i Bottenviksområdet i närheten av Halla havsbaserade vindkraftspark. De visas i figuren (Figur 8-64).

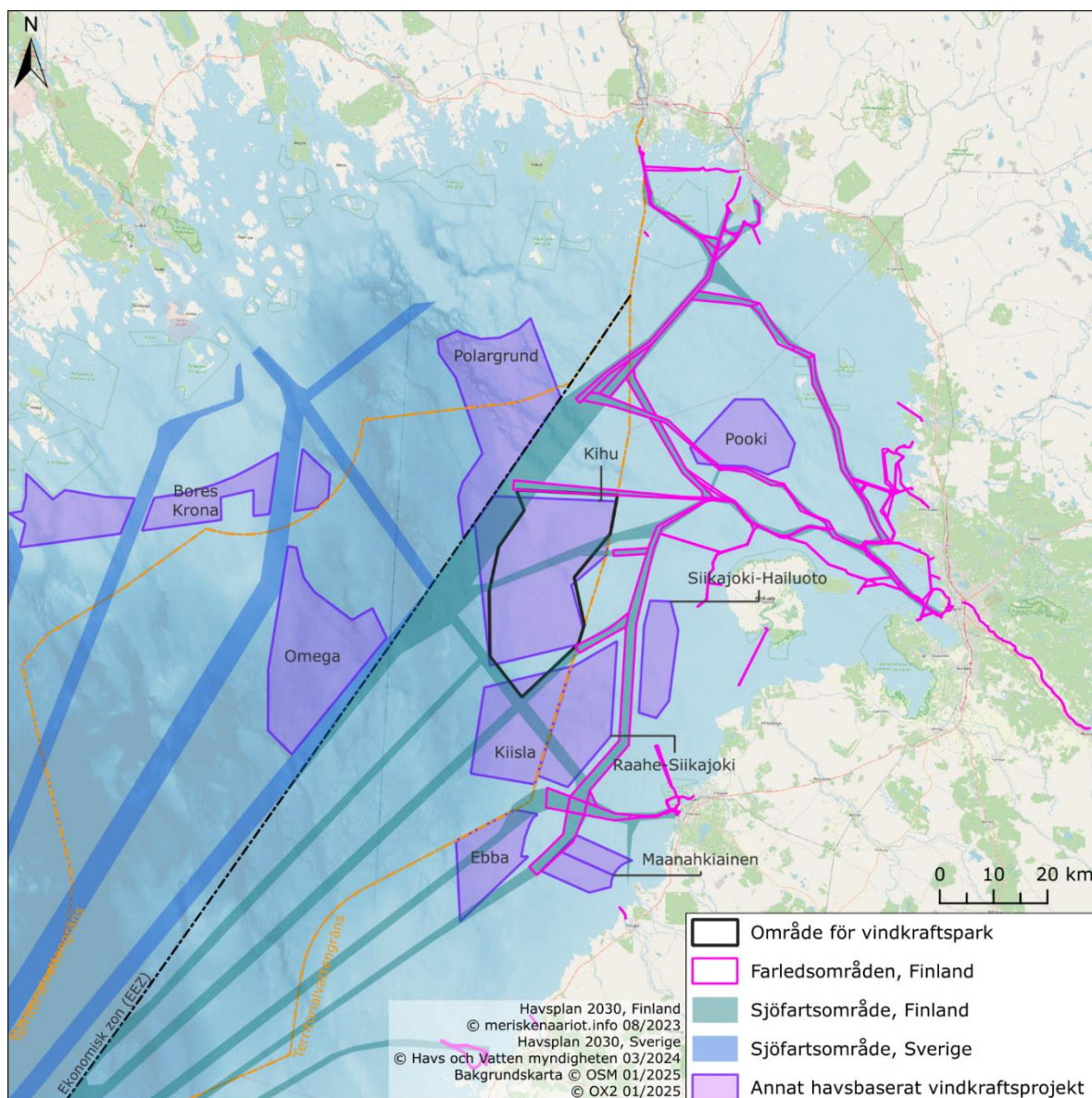
En annan havsbaserad vindkraftspark, Kihu av Suomen Hyötytuuli Oy, planeras på samma plats i den finska ekonomiska zonen som Halla. Båda projekten kan inte förverkligas, eftersom de är alternativa projekt och endast ett av dem kan beviljas rätten att utnyttja platsen. Suomen Hyötytuuli Oy:s Kiisla-projekt ligger delvis överlappande med Hallas södra del i Finlands ekonomiska zon och har inte fått regeringens godkännande för prospekteringsverksamhet

(beslut TEM/2024/58 av den 23 maj 2024). Båda projekten kan därför inte genomföras som sådana och vindkraftsområdena skulle behöva modifieras.

På Finlands territorialvatten, cirka 2,3 km sydost om Halla vindkraftsområde, finns vindkraftsområdet Brahestad-Siikajoki, som Forststyrelsen auktionerar ut. Ett annat vindkraftsområde som ska auktioneras ut av Forststyrelsen, Siikajoki-Karlö, ligger cirka 11 km öster om Halla vindkraftsområde. Planeringen av dessa projekt är dock fortfarande i ett tidigt skede, eftersom utvecklingarna inte har valts och därför är till exempel kraftverkens layout inte tillgänglig.

Den närmaste havsbaserade vindkraftsparken som planeras på den svenska sidan av den ekonomiska zonen är Skyborn Renewables AB:s Polargrund, som ligger cirka 2,8 km nordväst om Halla vindkraftspark i projekteringsalternativ VE1. Ett annat havsbaserat vindkraftsprojekt som är relevant för Halla i den svenska ekonomiska zonen, Omega av Statkraft AS, planeras på ett avstånd av cirka 19 km sydväst om Halla havsbaserade vindkraftspark.

Övriga planerade projekt förväntas inte ha någon betydande påverkan på Halla. Bores Krona, på svenskt territorialvatten, är beläget cirka 33 km väster om Halla. Skyborn Renewables Oy:s Pooki på finskt vatten ligger cirka 16 km nordost om Halla, Metsähallitus Ebba, som ska auktioneras ut, cirka 21 km söder om Halla och Rajakiiri Oy:s Maanahkiainen cirka 27 km sydväst om Halla.



Figur 8–64. Kända havsbaserade vindkraftsprojekt i Bottenviken och deras placering.

8.11.4 Havsis

Den havsbaserade vindkraftsparken ligger i ett område i Bottenviken där havsis förekommer varje år. I Östersjön förekommer is i form av fast is och drivis. Fastis är is som ligger stilla och är fäst vid öar, rev och grund. Vanligtvis förekommer den i skärgården och längs kusten, där vattendjupet ofta är mindre än 20 meter. Ute på öppet hav är havsisen drivis, som rör sig under påverkan av strömmar och vind. I Östersjön finns det inga permanenta starka havsströmmar, så isens rörelser orsakas främst av vindar. Drivisens rörelse gör att istäcket bryts upp i isflak, som kan vara flera kilometer i diameter. Den drivande isens rörelser orsakar råkar och packis. Råkar bildas när drivisen rör sig utåt från fastisens kant eller från kanten av den frusna drivisen. Vid kraftiga vindar kan råkarnas bredd öka med upp till 10–30 km per dag. I Bottenviken bildas vanligtvis en storskalig råk, en så kallad halvmåne, på våren som sträcker sig från den svenska kusten utanför Luleå, via Kemis fyr och Merikallat, till Brahestad och till och med Karleby. Återigen uppstår packis när en rörlig drivis stöter på ett hinder, till exempel kanten av en fastis. I detta fall byggs isen upp, dvs. den packas. Vid låglänta områden förankras den stillastående isen i botten och kan bli upp till tio meter hög i det synliga ytområdet.

Även i centrala havsområden förekommer packis, där slingrande packis bildas genom att isflak pressas mot varandra och avbrutna isstycken ansamlas över och under vattenytan. Den synliga delen av flytande packis är vanligtvis 0,5–1,5 m hög. (*Ilmatieteen laitos 2022b*)

Rörelsen av stora havsisfält är ett typiskt fenomen i Östersjön. Ett sammanpressande istäcke kan skada marina konstruktioner som fyrar och havsbaserade vindkraftverk, eller fartyg som fastnat i isen. I Östersjön är stagnationszoner och slambälten de största hindren för vintersjöfarten. Kraftfulla, isförstärkta fartyg kan bryta igenom mer än en halv meter platt is, men de kan inte navigera i tjock packis eller slask utan hjälp av isbrytare. Kompressionen av isen gör också navigeringen svår. Den starka kompressionen av isen kan till och med vara farlig för handelsfartyg och försena dem i upp till flera dagar. (*Ilmatieteen laitos 2022b*)

Havsisen påverkar de rutter som används för sjötrafiken. I vintersjöfarten i Bottniska viken styrs fartygstrafiken gemensamt av Finland och Sverige längs enklare rutter, oberoende av avgångs- och destinationshamn (*Traficom & Väylävirasto 2023*). Vid vintersjöfart är det därför inte nödvändigtvis möjligt att följa den mest direkta rutten, utan den bästa rutten måste sökas i den rörliga ismassan. Under olika vintrar kan därför sjöfartsrutterna skilja sig avsevärt och ofta skilja sig från isfria rutter. Isbrytare styr ofta trafiken i Bottenhavet och bestämmer vilka rutter som ska följas. Att avvika från de rutter som isbrytarna har fastställt är riskabelt och kan leda till långa väntetider vid isproppar. Att använda de mest optimala rutterna i isiga förhållanden är en nyckelfaktor för att upprätthålla en smidig och utsläppssnål sjöfart på vintern. Finlands farledsverk har till uppgift att ge isbrytarassistans till fartyg som anlöper finska hamnar när det behövs och de lokala isförhållandena avgör behovet av isbrytning. Traficom fastställer den isklass som krävs för de fartyg som trafikerar. De finska isbrytarna assisterar endast fartyg som uppfyller de krav som ställs för vintersjöfart på basen av isklassbeteckningen. (*Sweco 2023a*, bilaga 5)

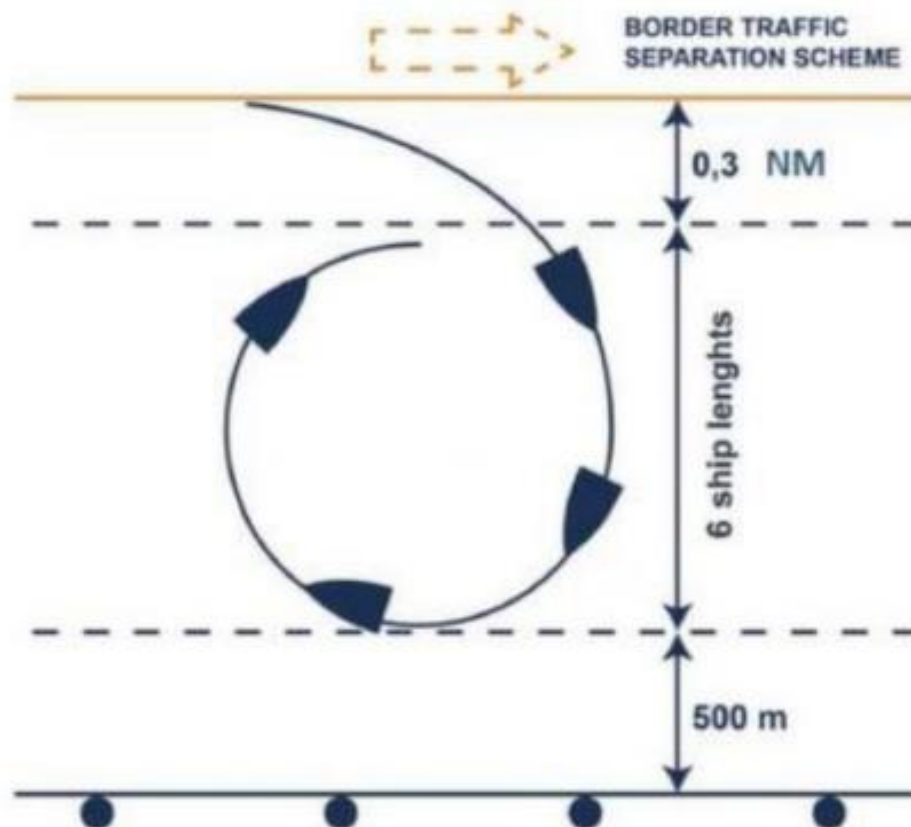
8.11.5 Säkerhetsavstånd för havsbaserade vindkraftsdparker från sjötrafik

I princip väljs säkerhetsavståndet mellan havsbaserade vindkraftverk och sjötrafik från fall till fall, beroende på faktorer som vindkraftsparkens läge, geografiska överväganden och fartygstrafiken i området (*Sweco 2023b*, bilaga 6). I Finland finns det till exempel för närvarande ingen lagstiftning som anger ett minsta avstånd mellan vindkraftverk och sjötrafik. Transport- och kommunikationsverket (Traficom) har gett anvisningar om att vindkraftverk inte bör planeras inom 1,5 km från farledskantlinjer, ankringsområden eller sjöfartsskyddsområden för att garantera säkerhet och ostörd navigering. I den ekonomiska zonen bör avståndet mellan ruttsystemen, navigationsområdena till havs och farledsinloppen och vindkraftsparkerna till havs vara mellan 1 och 2 eller 1 och 3 nautiska mil (cirka 1,9 till 5,6 km), beroende på vad som är lämpligt. I områden som är kända för att vara utmanande för vinternavigering kan dock behovet av skyddsavstånd vara större än ovanstående rekommendationer. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Det finns olika nationella riktlinjer för säkerhetsavstånd för havsbaserade vindkraftsparker, och den stora internationella organisationen för vattenvägar och hamnar, PIANC (*The World Association for Waterborne Transport Infrastructure*), har också tagit fram egna rekommendationer för säkerhetsavstånd för havsbaserad vindkraft inom sjöfarten. PIANC:s konceptplan ger en konservativ säkerhetsrekommendation för avståndet mellan vindkraftverk och fartyg under isfria förhållanden. Konceptplanens rekommendation är följande: avståndet från fartyget till vindkraftsparken bör vara sådant att fartyget kan utföra en fullständig 360 graders undvikande manöver (sväng). Det uppskattas att ett sådant avstånd kan uppnås med en längd på 5 fartyg. För att lämna utrymme för störningar uppskattas svängavståndet konservativt till cirka 6 fartygslängder. Dessutom kan en säkerhetszon på upp till 500 m definieras för vindkraftsparken, där fartyget inte bör hamna. För att säkerställa ett säkert undvikande av andra fartyg i närheten läggs ett avstånd på 0,3 nautiska mil till på styrbordssidan av

säkerhetsavståndet. För fartygets vänstra sida krävs ingen motsvarande ökning. Detta säkerhetsavstånd rekommenderas mellan vindkraftsparken och närmaste trafiksepareringssystem (TSS), där det är tydligt var avståndet kan mätas. (Sweco 2023a, bilaga 5)

Följande figur (Figur 8–65) illustrerar PIANC:s konceptuella design för säkerhetsavståndet mellan routingsystemet och vindkraftsparken.



Figur 8–65. Säkerhetsavstånd mellan ruttallokeringsystemet och den havsbaserade vindkraftsparken enligt PIANC:s konceptplan (360° sväng åt höger) (Sweco 2023a, bilaga 5).

Den detaljerade utformning som rekommenderas av PIANC kan dock göra det möjligt att minska säkerhetsavståndet efter en grundlig marin riskanalys. Riskbedömningen för navigering och dess bilagor för Halla vindkraftsområde syftar till att tillhandahålla en sådan detaljerad utformning. (Sweco 2023b, bilaga 6)

Internationella rekommendationer om säkerhetsavstånd för sjöfart och havsbaserad vindkraft är inte tillämpliga på Finland som sådant, eftersom kust- och vinterförhållandena i Finland skiljer sig avsevärt från de områden där havsbaserade vindkraftsparker vanligtvis byggs över hela världen. Till exempel finns det för närvarande inget ruttsystem på plats i Bottenhavet. Ett ruttdelningssystem skulle vara ett säkert sätt att organisera sjötrafiken i ett område där vindkraftsparkerna ligger på båda sidor om ett livligt trafikerat sjötrafikområde. Isförhållandena utgör dock en utmaning för ruttdelningssystemet eftersom de har en stor inverkan på de livskraftiga sjöfartsrutterna. Det är typiskt för de finska ruttfördelningssystemen att de tillfälligt tas ur bruk på myndigheternas order när isförhållandena kräver det. (Traficom & Väylävirasto 2023)

8.11.6 Maritima radar- och positioneringssystem samt trådlösa kommunikationsnät

Varje handelsfartyg är utrustat med ett radarsystem som används för navigering och observation av föremål runt fartyget. Fartygsradarn, som fungerar utan störningar, bidrar till sjösäkerheten. Vindkraftsparker på båda sidor om farleden eller vindkraftverk nära farleden kan orsaka oförutsägbara radarreflektioner som hindrar sjöfartsradarnas funktion. Vindkraftverk som ligger i korsningen mellan farleder eller sjötrafikområden kan dessutom orsaka skugg effekter som försämrar synligheten för fartygs navigationsradar till den intilliggande farleden eller trafikområdet. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Syftet med Vessel Traffic Service (VTS) är att övervaka och kontrollera sjötrafiken och se till att den är säker och flyter smidigt (*Fintraffic 2024*). VTS:ens primära detektionsmedel är radar och den måste ha fri sikt över sitt kontrollområde. Alla finska farleder omfattas av trafikövervakningen. En vindkraftspark eller ett vindkraftverk kan orsaka att VTS-radarn får en blind fläck eller falska reflektionssignaler, vilket kan försvåra radarövervakningen och göra det svårare att upptäcka och lokalisera fartyg. I princip bör befintliga VTS-radarn och deras strukturer inte flyttas. Vid behov måste radarsynligheten ökas på grund av att ett vindkraftverk eller en vindkraftspark byggs. I så fall ska den nya radarstationen placeras så att trafikledaren har fri sikt över hela övervakningssektorn. VTS-radarn används också för att övervaka isförhållanden och isrörelser i kust- och farledsområden. Denna tillgång får inte störas av vindkraftverk. Om vintersjöfarten i området eller dess organisation i området skulle påverkas av den byggda vindkraftsparken, kommer tillägget av kameror och/eller radar som är lämpliga för övervakning av issituationen och isrörelser till vindkraftsparkens strukturer att förbättra den övergripande övervakningen av issituationen och den snabba fördelningen av isbrytarassistansbehov i området. Vindkraftsparker som ligger nära områden med sjötrafik kommer att öka behovet av radarövervakning och kontroll, och ett bredare radarnätverk kommer att ha potential att avsevärt förbättra säkerheten och smidigheten i sjötrafiken. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Vindkraftverk kan också påverka satellitpositioneringen av fartyg, dvs. GNSS-system (*Global Navigation Satellite System*), genom att reflektera satellitsignaler genom vindkraftverken, vilket leder till felaktig positionering av det fartyg som använder systemet. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Enligt internationella avtal ska varje kuststat ha en kustradiostation som ansvarar för radiokommunikation för sjösäkerhet. Turku Radio är Finlands nationella kustradiostation som ansvarar för radiotrafiken för sjösäkerhet i Finland på de VHF-kanaler som den använder. Vindkraftsparkens konstruktioner kan påverka utbredningen av VHF-vågor och orsaka störningar. Om en vindkraftspark orsakar störningar eller olägenheter för sjöfartens trådlösa kommunikationsnät, ska störningarna kompenseras genom att basstationer placeras i området så att de störningar eller olägenheter som vindkraftsparken orsakar för de trådlösa kommunikationsnäten elimineras. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

En tillförlitlig drift av radarsystem är en viktig del av upprätthållandet av den övergripande sjösäkerheten. Vindkraftsparkernas inverkan på driften av radar, radionavigationsutrustning, radioutrustning som är viktig för maritima trådlösa kommunikationsnätverk, navigering och trafikledning måste bedömas i samband med vindkraftsparksprojektet (*Traficom & Väylävirasto 2023*). För att identifiera potentiella konsekvenser genomförde konsultföretaget Sweco AB en rapport om radarkonsekvensbedömning för Halla havsbaserade vindkraftspark som en del av projektets riskbedömning.

8.11.7 Nuvarande situation och drivkrafter för förändring inom sjötransporter

Konsultföretaget Sweco AB har undersökt sjötrafiken i närheten av projektområdet Halla under 2022 med hjälp av data från det automatiska identifieringssystemet (AIS). Med hjälp av AIS-

data undersöktes mängden sjötrafik i området, var i området de befann sig och vilken typ av fartyg som trafikerade området. Uppgifterna visualiserades med hjälp av värmekartor. Havsis-månaderna definierades som januari, februari, mars, april och maj 2022.

AIS-data för 2022 har beaktats eftersom de ger en aktuell bild av sjötrafiken i Bottenhavsområdet. Under den isfria perioden är de rutter som används av sjötrafiken relativt stabila när det gäller farleder och fartygsrutter, men små skillnader kan fortfarande observeras mellan åren. För vintersjöfarten, när havsis förekommer, finns det däremot mycket stora skillnader mellan åren i de rutter som sjöfarten använder på grund av isförhållandena. När man granskar AIS-data bör man därför ägna särskild uppmärksamhet åt fartygens antal och typ, vilket ger en bra bild under ett enda år. Däremot kan man dra mindre konsekventa slutsatser när det gäller rutter, särskilt under perioder med havsis. De rutter som används av sjötrafiken kommer att förändras om havsbaserade vindkraftsparker byggs. Därför är antalet och typen av fartyg den relevanta faktorn att ta hänsyn till, snarare än de rutter som används.

Tabellen nedan (Tabell 8–8) visar statistik för 2022 över fördelningen av fartygstyper, medellängd och maxlängd för fartyg (98,5% konfidensintervall) under månader utan havsis och under havsis-månader för farlederna nära Halla vindkraftsområde.

Tabell 8–8. Fördelning av fartygstyper och -längder i farlederna i närheten av vindkraftsområdet under isfria och havsismånader 2022. Fartyg med en andel på mindre än 2 % visas inte i tabellen (Sweco 2023a, bilaga 5).

Shipping area/Fairway	Vessel type	Mean (m)	98,5 (m) percentile	Vessel type	Mean (m)	98,5 (m) percentile
	Months with sea ice			Months with no sea ice		
Raahe – Oulu – Kemi - Tornio	Cargo/Ro-Ro (61%) Cargo/Tanker, Hazardous goods (22%) Assisting and Safety Vessels (16%)	130	193	Cargo/Ro-Ro (64%) Cargo/Tanker, Hazardous goods (31%) Assisting and Safety Vessels (3%)	134	242
Raahe – Oulu – Kemi - Tornio NW North	Cargo/Ro-Ro (56%) Cargo/Tanker, Hazardous goods (26%) Assisting and Safety Vessels (17%)	132	193	Cargo/Ro-Ro (72%) Cargo/Tanker, Hazardous goods (27%)	149	201
Raahe – Oulu – Kemi - Tornio NW South	Cargo/Ro-Ro (63%) Assisting and Safety Vessels (17%) Cargo/Tanker, Hazardous goods (17%) Passenger (3%)	123	195	Cargo/Ro-Ro (62%) Cargo/Tanker, Hazardous goods (37,5%)	137	242
Nordvalen – Kemi/Tornio	Cargo/Ro-Ro (73%) Cargo/Tanker, Hazardous goods (10%) Assisting and Safety Vessels (9,5%)	118	190	Cargo/Ro-Ro (87%) Cargo/Tanker, Hazardous goods (10%) Assisting and Safety Vessels (2%)	124	191
Oulu 1	Assisting and Safety Vessels (41%) Cargo/Ro-Ro (33%) Cargo/Tanker, Hazardous goods (26%)	123	176	Cargo/Ro-Ro (83%) Assisting and Safety Vessels (17%)	126	180
Farstugrunden - Raahe	Assisting and Safety Vessels (55%) Cargo/Ro-Ro (45%)	142	226	Cargo/Ro-Ro (58%) Assisting and Safety Vessels (38%) Cargo/Tanker, Hazardous goods (4%)	143	187
Pilotage Route	Cargo/Ro-Ro (79%) Cargo/Tanker, Hazardous goods (10%) Assisting and Safety Vessels (10%)	124	193	-	-	-

I vattenvägarna i närheten av projektområdet bestod fartygstrafiken till största delen av olika last- och ro-ro-fartyg, tankfartyg samt olika assistans- och säkerhetsfartyg (isbrytare, lotsbåtar och bogserbåtar). Fördelningen av fartygstrafiken är en bra illustration av handelssjöfartens betydelse i regionen.

Sjötrafikvolymerna i Bottenhavet är i genomsnitt ganska låga jämfört med till exempel andra Östersjöregioner. I tabellen nedan (Tabell 8–9) sammanfattas det totala antalet passager i närheten av vindkraftsområdet år 2022 och den genomsnittliga dagliga trafikvolymen. I

tabellen är siffrorna uppdelade på havsismånader och isfria månader. Siffrorna kan ändras något om den genomsnittliga sjötrafiken beräknades från en annan tvärsnittspunkt.

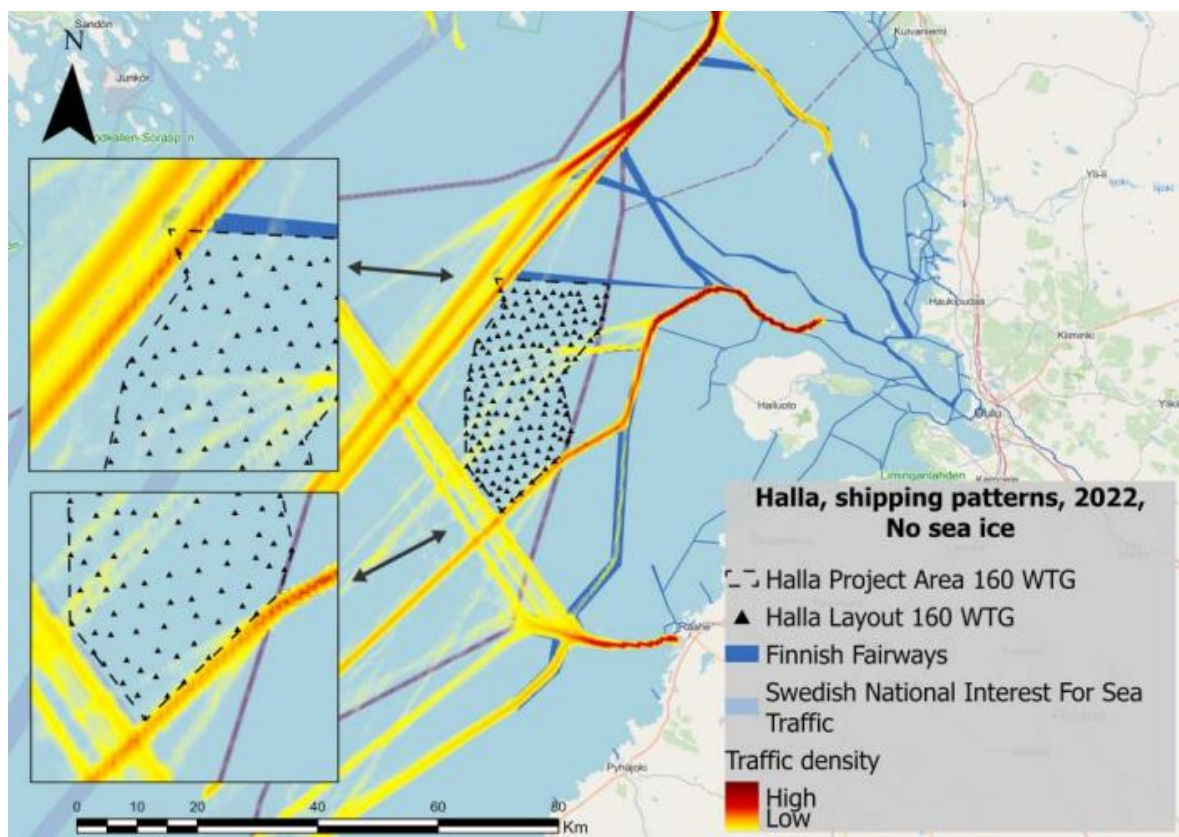
Tabell 8–9. Antal sjötransporter per år och genomsnittligt antal fartyg per dag för 2022 på sjövägarna i närheten av projektområdet. Den dagliga siffran är baserad på genomsnittlig trafik och är därför inte exakt. Dessutom gäller siffrorna för en tvärsektion/ett körfält. Siffrorna kan därför variera i ett tvärsnitt (Sweco 2023a, bilaga 5).

Route	Transits in total	Average transits per day ²	Transits in total	Average transits per day ³
	Months with sea ice		Months without sea ice	
Raahe – Oulu – Kemi – Tornio	237	1,6	421	2,0
Raahe – Oulu – Kemi – Tornio NW North	152	1,0	123	0,6
Raahe – Oulu – Kemi – Tornio NW South	30	0,2	248	1,2
Nordvalen – Kemi/Tornio	226	1,8	595	2,8
Oulu 1	27	0,2	6	0,03
Farstugrunden – Raahe	55	0,4	142	0,7
Pilotage route	330	2,2	-	-

² 151 från början av dagen.

³ 214 från början av dagen.

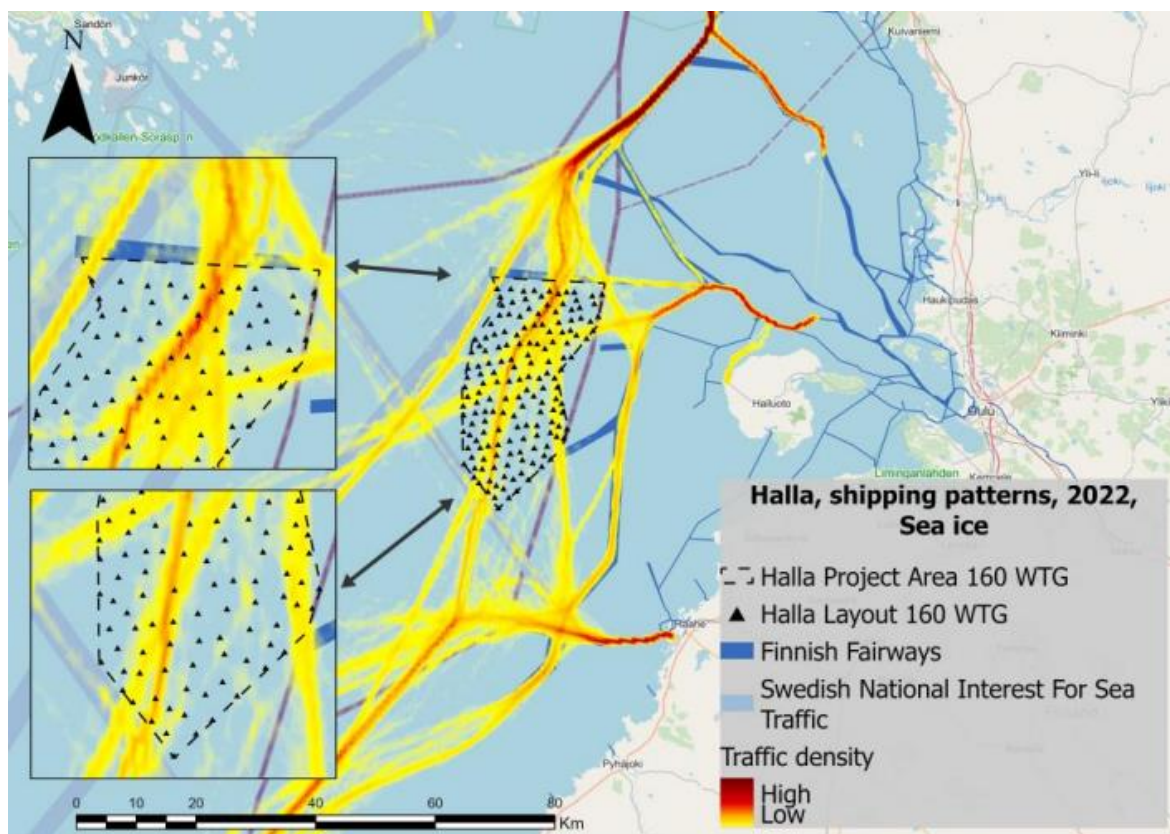
Under de isfria månaderna (juni-december) var Nordvalen-Kemi sjöväg nordväst om Halla vindkraftspark den överlägset mest trafikerade rutten för fartygstrafiken. Andra viktiga rutter under den isfria perioden var den södra sträckningen av den nordvästra passagen Brahestad-Oulu-Kemi och Farstugrunden-Brahestad. Fartygstrafiken i regionen under de isfria månaderna 2022 illustreras på en värmekarta baserad på AIS-data i den bifogade figuren (Figur 8–66).



Figur 8-66. Värmekarta över de ruttor som används av sjötrafiken runt Halla under den isfria perioden 2022 (juni-december). Hög trafikdensitet i rött och låg trafikdensitet i gult på kartan. (Sweco 2023a, bilaga 5)

Av figuren ovan (Figur 8-66) framgår att sjötrafiken under den isfria perioden var relativt väl fördelad i de markerade farlederna och fartygsstråken. Under den isfria perioden kan fartygstrafiken använda de kortaste möjliga rutterna, vilket förklarar de högre volymerna på de föredragna rutterna. En betydande del av fartygstrafiken passerade mycket nära kanten av Halla vindkraftspark. Fartygstrafiken klart innanför vindkraftsområdet var mindre frekvent och bestod huvudsakligen av trafik på den norra sträckningen av den nordvästra rutten Brahestad-Oulu-Kemi.

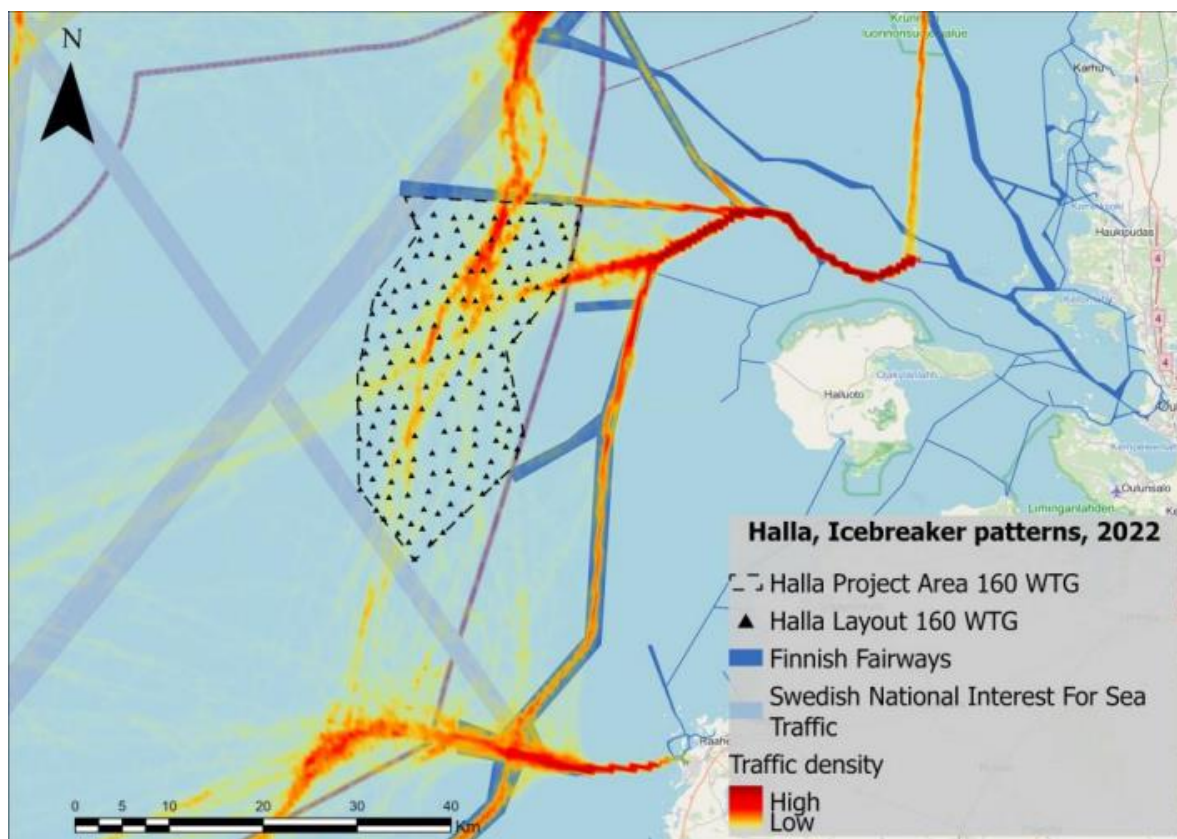
Havsisen har en betydande inverkan på de ruttor som används för sjötrafik. Fartygen måste följa de trafikrestriktioner och ruttregler som fastställs av Farledsverket, annars har de inte rätt till isbrytarassistans (utom i nödsituationer). Påverkan på rutterna är också tydligt märkbar i det aktuella området under havsismånaderna (januari-maj). Fartygstrafiken i området under havsismånaderna 2022 illustreras av en värmekarta baserad på AIS-data i den bifogade figuren (Figur 8-67).



Figur 8-67. Termisk karta över de ruttor som används av sjöfarten i närheten av Halla under havsisförelkomst 2022 (januari-maj). Hög trafikdensitet i rött och låg trafikdensitet i gult på kartan (Sweco 2023a, bilaga 5).

Figur 8-67 visar att år 2022, när det finns havsis, är sjötrafiken mycket mer utspridd och följer inte längre farledernas och fartygslinjernas läge lika väl.

Under havsismånaderna minskade trafiktätheten på havsrutten Nordvalen - Kemi, havsrutten Farstugrunden - Brahestad och den södra sträckningen av nordvästpassagen Brahestad - Uleåborg - Kemi betydligt jämfört med den havsisfria perioden. I Halla vindkraftsområde var trafiktätheten återigen betydligt högre under de isfria månaderna. Detta kan förklaras genom att undersöka isbrytarnas rörelser i närheten av Halla under havsismånaderna (Figur 8-68). Totalt 11 olika typer av isbrytare var verksamma i området under 2022. Isbrytarnas rörelser och fartygstrafiken under havsis visualiserar en informell sonderingsrutt som används som ett djupsäkert område för sonderingsfartyg med större djupgående. Den nordliga sträckningen av Brahestad-Oulu-Kemis nordvästra passage blev också viktigare under havsismånaderna.



Figur 8-68. Värmekarta över isbrytarrutter runt Halla under förekomst av havsis 2022 (januari-maj). Hög trafikdensitet i rött och låg trafikdensitet i gult på kartan (Sweco 2023a, bilaga 5).

Baserat på AIS-data är det tydligt att en del sjötrafik kommer att behöva hitta en ny rutt efter att vindkraftsparken har etablerats. Förutom det faktum att kommersiella fartyg inte är tillåtna i vindkraftsparkens område gäller en rekommendation om valt skyddsavstånd (t.ex. PIANC) för kanten av vindkraftsparkens område. Baserat på AIS-data för 2022 skedde 706 passager inom vindkraftsparkens gräns under havsisförhållanden och 519 passager under havsisfria förhållanden. Med hänsyn till rekommendationerna om individuella skyddsavstånd enligt PIANC:s riktlinjer passerade 781 fartyg under havsis och 790 fartyg under den isfria perioden. År 2022 skulle dessa fartyg alltså ha behövt ta en annan rutt om Halla redan hade varit etablerat. (Sweco 2023a, bilaga 5)

Förutom de nuvarande fartygstafikrörelserna måste hänsyn tas till framtida sjötrafikprognoser i området. Traficom har tagit fram prognoser för sjötrafiken fram till 2060. Enligt denna prognos kommer den totala volymen av den finska sjötrafiken att vara ca 9% högre år 2060 än den är idag. Tillväxten väntas vara stabil fram till 2035, varefter den väntas accelerera. Den totala importen väntas åter bli cirka 19 % högre. Importen väntas dock öka betydligt under de kommande åren i takt med att den ryska inlandsimporten ersätts av import från andra länder. Därefter väntas dock importen falla, bl.a. till följd av minskad import av råolja. Det finns dock betydande osäkerheter i de antaganden som ligger till grund för transportprognoserna på grund av stora förändringar i den operativa miljön. (Traficom 2022)

Det finns flera orsaker till ökningen av andelen trafik och större fartyg. Till exempel djupet i det nya Uleåborgssundet och fördjupningen av Ajos-kanalen i Kemi möjliggör större fartyg. Behovet av sjötransporter till Ajos hamn kommer att öka betydligt när Metsä Groups nya anläggning för bioprodukter färdigställs. Denna förändring kan dock också komma att återspeglas i en ökning av fartygens storlek snarare än i antalet fartyg. Etableringen av den havsbaserade vindkraftsparken Halla skulle leda till vissa förändringar i trafiken i området. Möjliga scenarier

skulle kunna innebära att mer trafik skulle koncentreras till sjöfartsrutten Nordvalen - Kemi och till den södra sträckningen av den nordvästra rutten Brahestad - Uleåborg - Kemi. Med hänsyn till ovanstående information är det möjligt att storleken på fartygen runt Halla havsbaserade vindkraftspark kommer att öka, men inte antalet. Det är dock osäkert om den förväntade ökningen av transporter kommer att leda till ett större antal fartyg eller till en ökning av storleken och vikten på själva fartygen. (Sweco 2023a, bilaga 5)

Även andra planerade havsbaserade vindkraftsprojekt (Figur 8–64) har potentiell påverkan på sjötrafiken i närheten av Halla. Av de projekt som kommit längre i planeringsprocessen är det framför allt Omega och Polargrund på den svenska sidan som förväntas påverka Halla. Den havsbaserade vindkraftsparken Omega planeras cirka 19 km sydväst om den havsbaserade vindkraftsparken Halla. Liksom Halla ligger den nära sjötrafikleden Nordvalen-Kemi och det är möjligt att den kan leda till att sjötrafiken flyttas närmare den havsbaserade vindkraftsparken Halla. För närvarande måste trafik som passerar genom Omega-området välja Nordvalen-Kemi-sjöfartsvägen, vilket ökar trafiken i området. Etableringen av de båda havsbaserade vindkraftsparkerna förväntas därför leda till vissa kumulativa effekter och trafiken förväntas förskjutas något längre mot. (Sweco 2023a, bilaga 5)

Den havsbaserade vindkraftsparken Polargrund planeras cirka 2,8 km nordväst om den havsbaserade vindkraftsparken Halla enligt projektalternativ VE1. Det kortaste avståndet mellan Halla vindkraftsområde och turbinerna i Polargrunds projektområde är cirka 4 725 meter. I Halla-projektets alternativ VE2 är avståndet till Polargrund cirka 7200 meter. Sjövägen Nordvalen-Kemi ligger mellan vindkraftsparkerna Halla och Polargrund och är den mest trafikerade vägen i området (1–3 fartyg per dag i genomsnitt). Etableringen av de havsbaserade vindkraftsparkerna Halla och Polargrund förväntas leda till högre trafiktäthet, eftersom trafik som för närvarande passerar genom det havsbaserade vindkraftsområdet kommer att behöva byta till sjövägen och hålla ett säkert avstånd från de havsbaserade vindkraftsparkerna. Det antas därför att etableringen av de båda havsbaserade vindkraftsparkerna kommer att leda till kumulativa effekter på trafiken. Detta kan också leda till att trafiken flyttas närmare Halla vindkraftspark. En ökning av trafiken med ett eller två fartyg per dag på sjövägen Nordvalen-Kemi förväntas till följd av förändringen. (Sweco 2023a, bilaga 5)

8.12 Luftfart

8.12.1 Finska sidan

Den havsbaserade vindkraftsparken ligger på ett avstånd av cirka 60 km från Uleåborgs flygplats, så vindkraftsparken sträcker sig inte in i flygplatsens höjdbegränsningsområde. Kemi-Torneå flygplats ligger cirka 70 km bort och vindkraftsparken ligger inte heller inom flygplatsens höjdbegränsningsområde. (Traficom 2023)

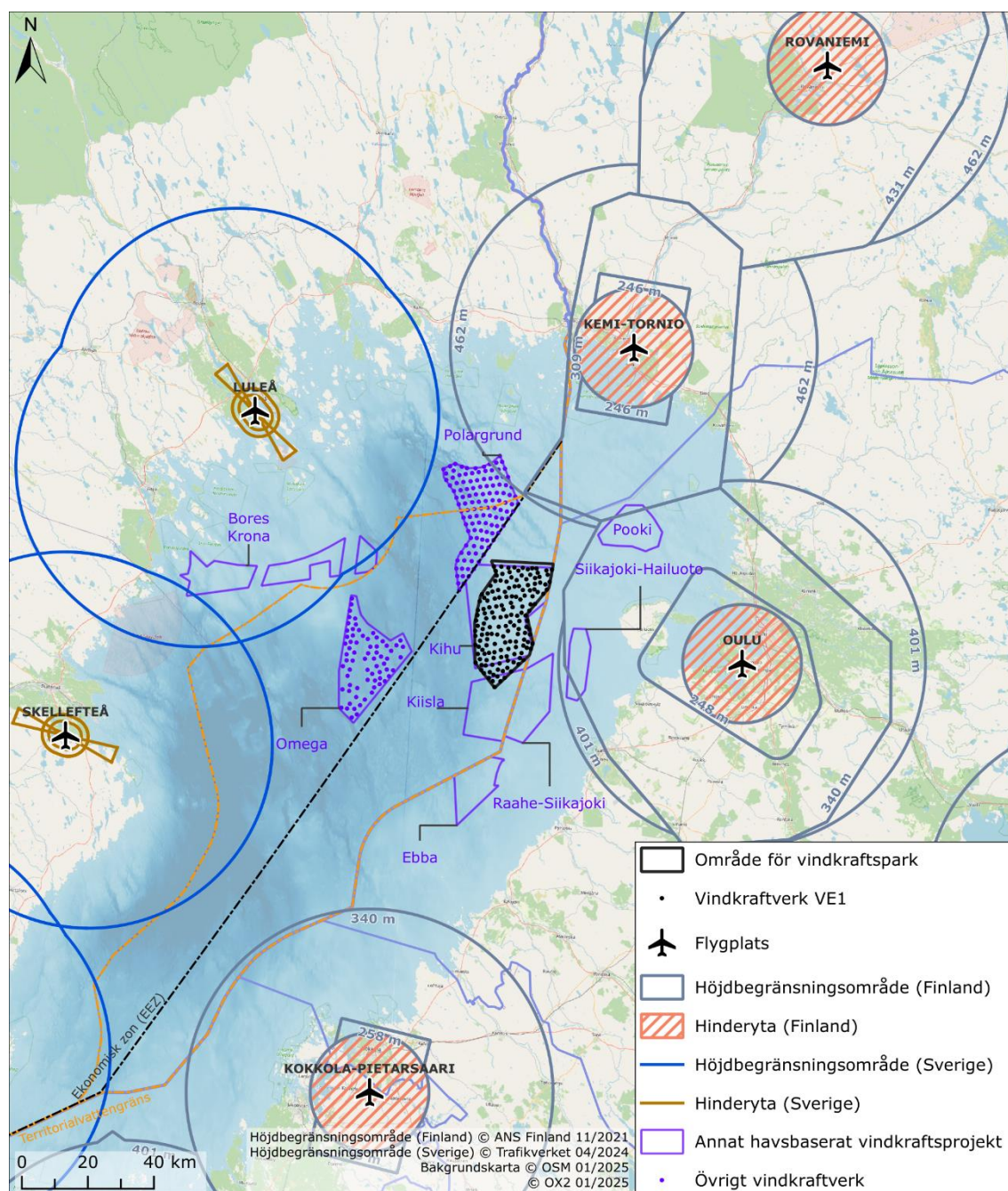
Den närmaste okontrollerade flygplatsen ligger i Pölo i Karlö, cirka 32 km från den havsbaserade vindkraftsparken, och den näst närmaste flygplatsen ligger i Brahestad-Pattijoki, cirka 42 km bort.

Begränsade luftrumszoner är R-zon (restricted area), P-zon (prohibited area), förbuds zoner för flygfotografering enligt territorialövervakningslagen och UAS-luftrumszoner som förbjuder eller begränsar. R-zoner upprättas för att skydda försvarsmaktens verksamhet, P-zoner upprättas för att skydda viktiga myndighets- eller industriområden. Områden med flygfotograferingsförbud skyddar försvarsmaktens verksamhet. En del av Finlands luftrum är reserverat som områden begränsade för försvaret (R-områden, Traficom 2023) och dessa områden är belägna ovanför Finlands territorialvatten och exklusiva ekonomiska zoner. Områdena aktiveras när användningen av dem kräver det. Det är obligatoriskt att skaffa tillstånd för att flyga i R-områden.

Vindkraftsparkens läge i förhållande till höjdbegränsningszonerna för de närmaste flygplatserna visas i figuren nedan (Figur 8–69). Platsen för den havsbaserade vindkraftsparken Halla ligger inte i en zon med höjdrestriktioner.

8.12.2 Svenska sidan

Den närmaste större flygplatsen är Luleå flygplats, vars MSA-område ligger i kontakt med den västra delen av Polargrunds studieområde i Kalix. Luleå flygplats ligger cirka 52 km väster om Polargrunds projektområde (Figur 8–69). Det finns för närvarande inga flygplatser i drift i Kalix och Haparanda kommuner. (wpd 2022)



Figur 8–69. Begränsningszoner för flyghöjd. (ANS Finland 2021)

9 Bedömning av gränsöverskridande konsekvenser

Sammanfattningen av den gränsöverskridande konsekvensbedömningen presenteras i detta dokument i enlighet med den vägledning som tillhandahålls av kontaktmyndigheten. Konsekvensbedömningarna har baserats på EU:s vägledning: "Vägledning om tillämpningen av förfarandet för miljökonsekvensbedömning för storskaliga gränsöverskridande projekt" (*Euroopan unioni 2024*). Projektets övergripande gränsöverskridande påverkan, både direkt och indirekt, har bedömts med hjälp av denna vägledning. De övergripande konsekvensbedömningarna har använt kvantitativa och kvalitativa bedömningar som härrör från de olika aspekterna av bedömningen för att ge en övergripande förståelse av projektets gränsöverskridande konsekvenser.

I följande avsnitt bedöms de potentiella gränsöverskridande konsekvenserna på olika miljöaspekter av projektet, med fokus på de sannolikt mest betydande konsekvenserna. Den metod som använts och de uppgifter som samlats in för konsekvensbedömningen beskrivs också kortfattat. De viktigaste studierna för vilka gränsöverskridande konsekvenser har bedömts ingår också i bilagorna.

I följande stycken specificeras dessutom de typer av synergier som vart och ett av de andra kända aktiva projekten kan ha med Halla-projektet. När det gäller kumulativa effekter är de viktigaste effekterna som ska bedömas grumlighet under byggtiden, undervattensbuller och störningar i området och därmed effekter på det marina livet samt effekter på sjötrafiken och rekreationsrörelser i området. Under driften kommer den huvudsakliga påverkan att vara på landskap, djurliv, fiske och rekreationsanvändning av området. I synnerhet har bredare konsekvenser bedömts, såsom konsekvenser för landskap och fågelliv. I konsekvensbedömningen har man bedömt hur projekten i närområdet ökar eller minskar varandras påverkan. Den har också bedömt hur potentiella konsekvenser kan mildras.

I bedömningen har man utnyttjat information från projekten i närheten, utredningar och konsekvensbedömningar. Även undersökningar som gjorts i samband med regional planering har använts.

Konsekvensbedömningen har gjorts av ett team bestående av finska och svenska experter. Experterna finns listade i början av detta dokument under "MKB-arbetsgruppen".

9.1 Havsområdesplan

Det havsbaserade vindkraftsprojektet Halla uppfyller de strategiska målen i havsområdesplanen för området (t.ex. energiproduktion) och de olika verksamheterna i området är förenliga med varandra. Den havsbaserade vindkraftsparken och de tillhörande energiöverföringsruterna till fastlandet kan orsaka påverkan under byggtiden, inklusive påverkan på sjötrafik, fiske och kortvariga störningar av fritidsaktiviteter. Havsområdena Norra Bottenhavet, Kvarken och Bottenhavet har utsetts över och runt projektområdet i sydvästlig-nordostlig riktning. I Halla-projektets alternativ VE2 har området för den havsbaserade vindkraftsparken minskats från det nordvästra hörnet för att undvika sjötrafikområdet.

Havsområdesplanens roll i Finland är strategisk och vägledande, den är inte en del av planeringssystemet för markanvändning och har inga rättsliga effekter.

Halla-projektet förväntas inte hindra genomförandet av de strategiska målen i den svenska havsområdesplanen på den svenska sidan och andra aktiviteter i havsområdet, såsom sjötrafiksområdena, är förenliga med planerna för Halla-projektet. Planeringen av havsbaserade vindkraftsprojekt kommer att ske i nära samarbete med sjötrafikmyndigheten, även på internationell nivå, och eventuella negativa effekter på exempelvis tillgängligheten till havsområden kommer att förebyggas, t.ex. genom tillräckliga säkerhetsavstånd.

9.2 Landskap och kulturmiljö

SLUTSATSER:

Landskap

- Landskapskonsekvenserna av den havsbaserade vindkraftsparken Halla är omfattande, men den havsbaserade vindkraftsparken är också belägen långt från fastlandet. Landskapskonsekvenserna är mest uttalade inom eller i omedelbar närhet av vindkraftsparken.
- Vindkraftsparken är planerad cirka 40 km från Norrbottenkustens ytterskärgård och cirka 60 km från större delen av innerskärgården och kustremsan. Vindkraftsparken kommer att kunna ses i horisonten i de varmare delarna av Övre Nordsjön och när observatören söker sig mot horisonten kommer vindkraftsparken att märkas i vissa områden. Det kan konstateras att det är det stora avståndet som uppstår mellan landskapet och vindkraftsparken som får betydelse för graden av förändring.
- Varken sjökabelalternativen eller vätgasrören kommer att ha någon påverkan på landskapsbilden.

Kulturarv under vatten

- Det finns inga kända arkeologiska lämningar eller andra kulturarvsplatser i området för den havsbaserade vindkraftsparken Halla. Information om förekomsten av fornlämningar i området kommer att klargöras i den marinarkeologiska inventeringen som utförs innan byggskedet.
- Det kommer inte att finnas någon direkt eller indirekt påverkan på undervattenslämningar på den svenska sidan.

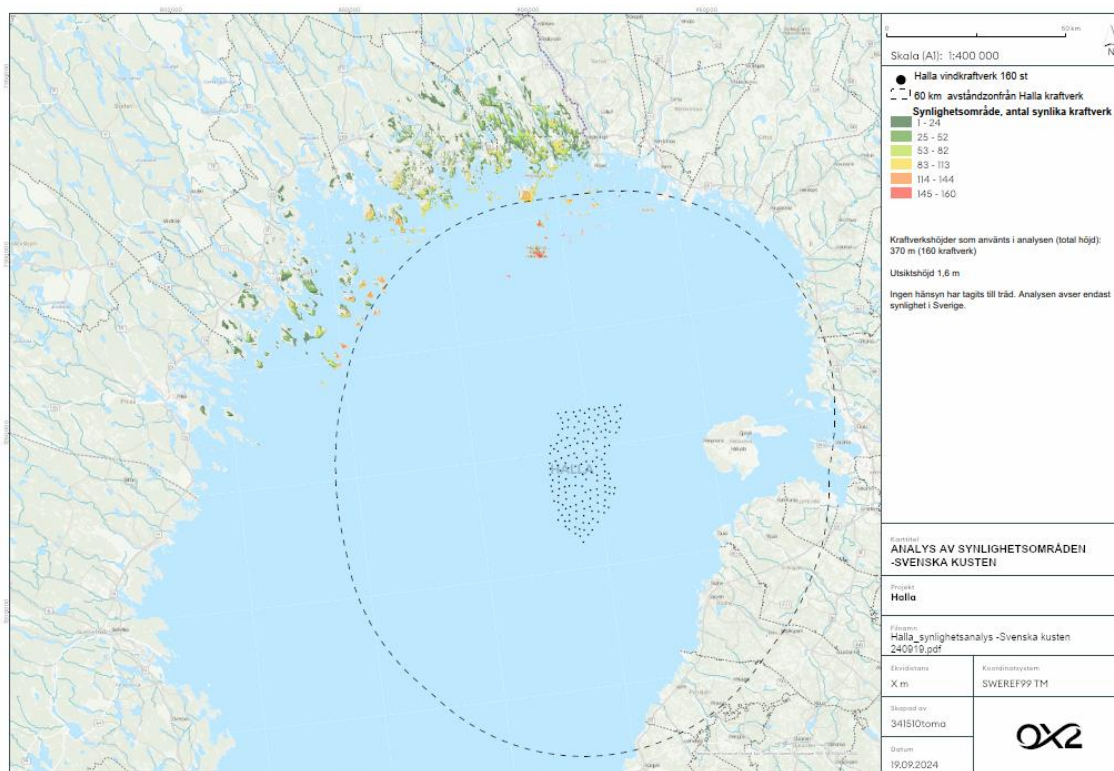
9.2.1 Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder

Bedömningen av påverkan på landskap och kulturmiljö på den svenska sidan baseras på projektets preliminära utformning, kart- och flygbildsundersökningar, fältbesök på olika platser på den svenska sidan samt befintliga studier.

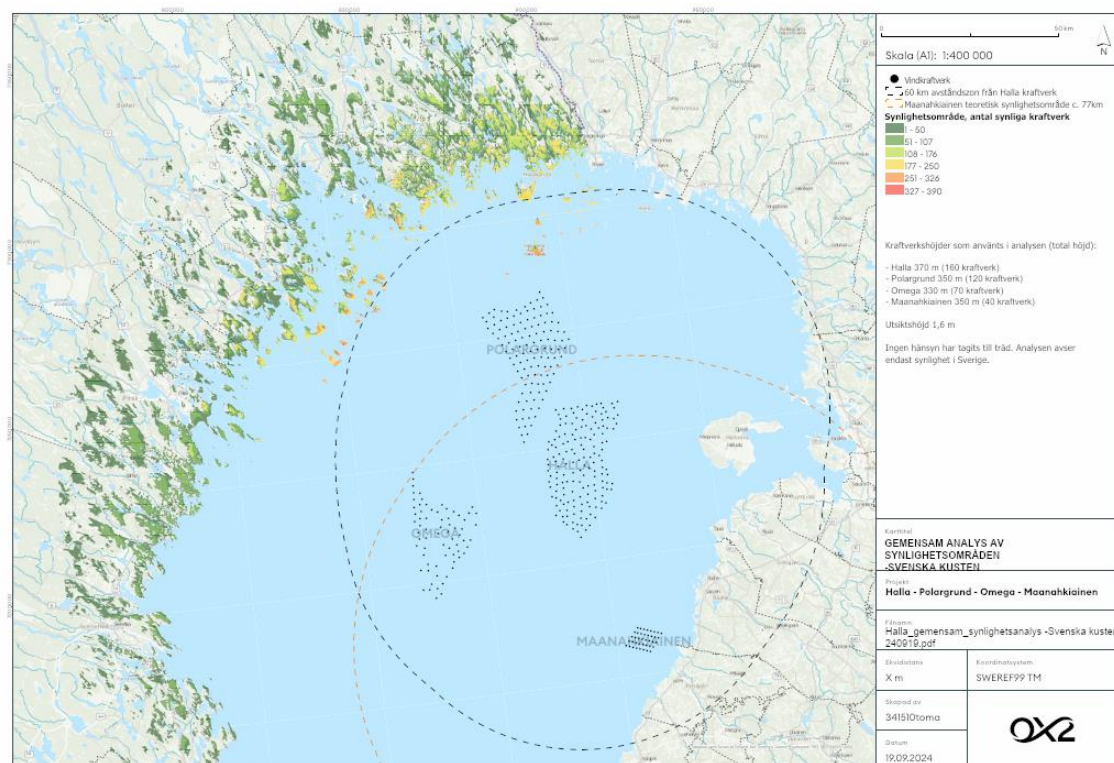
Bedömningen ger en översikt över påverkans lokalisering, karaktär och betydelse. För att vara så objektiv som möjligt görs inga personliga tolkningar av landskapsvärden som t.ex. landskapets "skönhet". Samverkan med andra projekt och planer beskrivs också i ord och illustreras med hjälp av datormodeller.

För detta projekt har området med betydande landskapspåverkan definierats som 35 km för den havsbaserade vindkraftsparken, vilket kan betraktas som ett teoretiskt område med maximal synlighet (Figur 8–3). Även om turbinerna kan vara synliga bortom detta avstånd (en enda bladspets kan vara synlig upp till ett avstånd på cirka 70 km under goda siktförhållanden), är den visuella påverkan bortom detta avstånd inte längre betydande när det gäller landskapsvärden eller karaktären hos olika typer av miljöer.

För konsekvensbedömningen har en siktanalys (Figur 9–2) genomförts för att identifiera de områden på den svenska sidan som har en siktlinje till kraftverken (AFRY Sverige 2024). Landskapspåverkan har också illustrerats med realistiska vyer från den svenska sidan. Landskapsbedömningen för den svenska sidan presenteras i en separat bilaga 2, som innehåller den metodologiska beskrivningen, konsekvensbedömningen, observationsfotografierna och bilderna av vykortsanalyserna i mer detalj.



Figur 9-1. Utdrag ur siktanalysen av Halla vindkraftsprojekts vy mot Sverige. Se Bilaga 2 för en mer detaljerad bild (OX2 2024).



Figur 9-2. Utdrag från siktanalysen av vindkraftsprojektet Halla i Sverige och de kumulativa effekterna av Halla (FI), Polargrund (SWE), Omega (SWE) och Maanahkiainen (FI) i Sverige. Se Bilaga 2 för en mer detaljerad bild (OX2 2024).

Syftet med siktanalysen är att ge en teoretisk bild av synligheten för vindkraftsprojektet Halla i dess omgivning. För det havsbaserade vindkraftsprojektet Halla har en separat siktanalys tagits fram för det internationella samrådet om projektets synlighet mot Sverige. Två siktanalyser genomfördes, en för enbart Halla-projektet och en för de kumulativa effekterna, där inte bara Halla havsbaserade vindkraftsprojekt i Finland utan även Maanahkiainen i Finland samt Polargrund och Omega i Sverige beaktades. Projektens layouter och de totala höjder som använts i modelleringen visas i modelleringsfigurerna (bilaga 2). De projekt som ingår i modellen valdes ut baserat på deras utvecklingsskede och teoretiska synlighet på den svenska sidan i förhållande till Halla-projektet. Projekt som inte är under aktiv utveckling eller som inte bildar gemensamma vyer med Halla från svensk sida har inte inkluderats i analysen.

Analysen har genomförts med hjälp av den geografiska informationsprogramvaran ArcGIS. Analysen har inte tagit hänsyn till trädskiktets täckande effekt, dvs. den har genomförts utifrån principen om maximal effekt. Den totala höjden på kraftverken i Halla är den maximala höjden i MKB-förfarandet, dvs. 370 m, och i analysen bildas utsiktsområdet även om endast en del av kraftverket är synligt. Utsiktsplatsens höjd är 1,6 meter och den höjdmodell som används är Lantmäteriets nationella höjdmodell 50 meters data. Den maximala upplösningen för analysen är 100 km. Analysen är utformad för att illustrera synligheten för projekt på land, så att havets synlighet inte beaktas, även om kraftverk är synliga där. Modelleringen förutsätter klart väder, då kraftverkens synlighet är som störst.

Analyserna av synlighetszonerna visar att Halla havsbaserade vindkraftsprojekt främst kommer att skapa synlighet för den nordvästra delen av den svenska sidan av Bottenhavskusten. Projektet är synligt från Luleå och öarna utanför kusten samt Kalix och Haparandas kuster. Utsikten minskar ju längre in i landet man kommer.

Modelleringen av kumulativa effekter visar att Polargrund- och Omega-projekten närmare den svenska kusten kommer att orsaka ytterligare synlighet inåt land, liksom projekten längre söderut på Bottenhavets västkust. Maanahkiainen-projektet i finskt territorialvatten är inte synligt vid den svenska kusten, så dess teoretiska utsiktsområde visas på kartan.

En marin arkeologisk inventering av projektområdet, sjökabelrutten, vätgasrörssträckningen och deponeringsområdena kommer att genomföras när detaljerade planer för kraftverksplatserna och sjökabelrutterna finns tillgängliga, dvs. förmodligen före vattentillståndsfasen. Detta kommer att ge mer exakt information om antikviteter och andra kulturarvsplatser i området. Den potentiella påverkan på kända kulturarvsplatser kommer att bedömas på grundval av de påverkansmekanismer som uppstår vid anläggning och drift av vindkraftsparken.

9.2.2 Konsekvensbedömning

Under driften kommer projektet att ha en direkt påverkan på landskapet på grund av vindkraftverkens konstruktioner. Under byggskedet kommer landskapspåverkan främst att påverka själva projektområdena. De höga kranarna kan dock också vara synliga över ett större område, men deras påverkan kommer att vara tillfällig. När driftsfasen inleds kommer vindkraftverken att vara synliga över ett stort område på grund av sin storlek och placering. Utsikt mot projektområdet kommer även att finnas från öppna kustområden på den svenska sidan. Utsikten från omgivningen mot vindkraftverken hindras av byggnader, konstruktioner och framför allt vegetation. I t.ex. bebyggda områden och skogsområden finns det vanligtvis många element av denna typ som avbryter långa siktaxlar.

Sjökablar eller vätgasrör som leder till den finska kusten kommer inte att ha någon landskapspåverkan under anläggning eller drift.

Följande är en sammanfattning av rapporten om bedömningen av landskapspåverkan på den svenska sidan (AFRY Sverige 2024). Illustrationsbilder finns i bilaga 2.

9.2.3 Samlad bedömning

Nedan beskrivs landskapets känslighet inom analysområdet samt den samlade bedömningen gällande de gränsöverskridande effekterna som den havsbaserade vindkraftsparken Halla bedöms medföra på landskapsbilden på den svenska sidan.

9.2.3.1 Landskapets känslighet

Analysområdet bedöms vara känsligt mot flertal framträdande höga vertikala objekt som vindkraftverk som bryter horisontlinjen. Verken kan framträda tydligt i det flacka och låglänta skärgårdslandskapet och därav påverka flertal utblickar mot en obruten horisont. De vida utblickarna gör emellertid att trafiken på sjöfartens farleder framträder tydligt, vilket från vissa platser kan dra ner vindkraftens dominans något.

Skärgården bjuder på höga natur- och kulturvärden som uppskattas för rekreation och friluftsliv. I jämförelse med sydligare skärgårdar är Norrbottens skärgård tyst, orörd och relativt obebodd. Ostördheten i skärgården kännetecknas bl a av få tecken på mänsklig aktivitet likväl som tysta områden. Det är färre människor som vistas i ytterskärgården och från fastlandet är vindkraften svår att se, men landskapsbilden i ytterskärgården är i sig mer känslig för vindkraft. Detta eftersom det är få andra element som bryter av det öppna havet. Denna del av skärgården är minst påverkad av sentida mänsklig verksamhet.

I skärgården förekommer natur- och kulturmiljöer med låg förändringstakt, där upplevelsen i högre eller lägre grad kommer att påverkas av synliga vindkraftsetableringar. Exempel på detta är öarna i Haparanda skärgårds nationalpark med äldre fiskelägen. Moderna strukturer som vindkraftverk kan upplevas kontrastera mot den befintliga karaktären i fråga om ålderdomlighet, vilket påverkar det befintliga uttrycket av en orörd skärgårdsmiljö. Vindkraftverk kan även konkurrera med traditionella landmärken såsom fyrar i området, vilket kan påverka orientering och upplevelsen av landskapet.

9.2.3.2 Vindkraftsparkens visuella påverkan

Vindkraftsparken är planerad cirka 40 km från Norrbottenkustens ytterskärgård och cirka 60 km från större delen av innerskärgården och kustremsan. Vindkraftsparken kommer kunna skönjas vid horisonten i de närmare delarna av ytterskärgården och söker betraktaren horisonten kommer vindkraftsparken att noteras i vissa väderlekar. Det kan konstateras att det är det stora avståndet som uppstår mellan landskapsbilden och vindkraftsparken som blir avgörande för grad av förändring. Se avsnitt 4.1.1 i bilaga 2 gällande avståndets påverkan på vindparkens synbarhet.

Från större delarna av innerskärgården och kustremsan såsom vid fotopunkt Frevisören, är det tydligt att avståndet bidrar till att större delarna av parken döljs bakom horisonten. Den visuella påverkan blir försumbar till mycket liten inom dessa områden där avstånd till vindkraftsparken samt skogbeklädda öar kan dölja utblickar mot horisonten. Som redovisas i det kumulativa fotot för fotopunkt Frevisören är det parker på närmare avstånd från strandlinjen som kan skönjas.

Från de yttre delarna av skärgården som innefattar Haparanda skärgårds nationalpark kan vindkraftverken skönjas längs en koncentrerad del av horisonten men upptar ej hela horisontlinjen. I utblickar i andra väderstreck kommer vindkraftsparken ej att synas. I svenska Riksantikvarieämbetets rapport "Sveriges kust- och skärgårdslandskap: kulturhistoriska karaktärsdrag och känslighet för vindkraft" (*Riksantikvarieämbetet 2003*), hänvisar man att ett generellt hänsynsavstånd om cirka 1,5 mil bör hållas från de yttre öarna, vindpark Halla ligger från Sandskär på ett avstånd på cirka 40 km.

I ytterskärgården återfinns miljöer och ett landskap med obrutna utblickar mot horisonten. I utblickar där parken kan skönjas vid goda siktförhållanden som vid fotopunkt Sandskär strand, kan verken upplevas stå i kontrast mot miljön runtomkring. Dock påverkar avståndet till vindkraftverken upplevelsen av vindkraftverkens dominans i detta landskap, vilket minskar den möjliga kontrastverkan.

Vindkraftsparkens visuella påverkan med under nattetid har illustrerats med fast rött ljus. Dessa kan skönjas inom ytterskärgårdszonerna men kommer längre in mot kusten döljas bakom horisonten och ej medföra visuell påverkan. Där hinderbelysningen kan skönjas vid goda siktförhållanden upplevs ljuspunkterna mycket små i en koncentrerad grupp.

9.2.3.3 Kumulativa effekter

För att stödja bedömningen av de kumulativa effekterna genomfördes en landskapsanalys där Polargrund- och Omega-projekten beaktades. Modelleringsbilderna från analysen presenteras i bilaga 2. Dessutom skapades illustrationsbilder med hänsyn till projekten Halla, Polargrund och Omega, vilka också presenteras i bilaga 2.

Andra aktörer för vindkraftsparker agerar också inom området. Fotomontage för kumulativ effekt har tagits fram för fotopunkt Frevisören. Det är i ytterskärgårdens zoner som en kumulativ effekt främst kan uppstå om ett större antal vindparker förändrar upplevelsen av landskapet som finns där idag med vida utblickar mot horisonten i en miljö som upplevs relativt orörd och naturlig. Vindkraftsparker som planeras inom svenska gränsen (om de får tillstånd och byggs), närmare fotopunkten, kommer med största sannolikhet uppfattas tydligare än Hallas vindkraftverk som då hamnar bakom dessa.

Sammanfattningsvis har det större avståndet en mildrande påverkan på den förändring som kan uppstå i landskapsbilden av planerad vindkraftspark. Det är främst i Norrbottenkustens ytterskärgårdszoner som vindkraftverken kan skönjas i goda siktförhållanden. Närmare in mot kusten och innerskärgård minskar effekten av den visuella påverkan.

9.3 Havsmiljö, biota, marina däggdjur och fladdermöss

SLUTSATSER:

- Baserat på den vattendragsmodellering som utförts kommer den fasta belastningen på vattnet från byggandet av vindkraftverkens fundament och installationen av sjökablar och/eller vätgasrör inom vindkraftsparken, dvs. sedimentationseffekten, huvudsakligen att stanna inom vindkraftsparksområdet, med undantag för deponin.
- Enligt modelleringen kommer de sediment som frigörs under utgrävnings- och dumpningsarbetena huvudsakligen att stanna kvar inom vindkraftsparken, men i båda alternativen kommer sediment också att transporteras utanför vindkraftsparksområdet, särskilt från deponeringsområdet, upp till några kilometer bort, och därmed kan mindre gränsoverskridande konsekvenser uppstå.
- Potentiella föroreningar som är bundna till sediment kan också släppas ut i vattnet, men de sedimentanalyser som genomförts tyder på att föroreningskoncentrationerna i vindkraftsområdet oftast var låga och därför förväntas inte mer än mycket små negativa gränsoverskridande konsekvenser.
- Under driftfasen är påverkan relaterad till förändringar i strömmar, vågbildning och istäcke inom vindkraftsområdet, både från modifieringen av vindkraftverkens botten och från turbinstrukturerna, och sträcker sig inte till den svenska sidan.
- Det kommer också att finnas mindre lokala värme- och saltbelastningar från vätgasproduktion i närheten av vindkraftverken eller, i fallet med centraliserad vätgasproduktion, i närheten av elektrolysörer på den finska sidan.

- Vindförlusterna från vindkraftsparkerna har vidare effekter på havsströmmar, skiktning, temperatur och transport av ämnen utanför den havsbaserade vindkraftsparken ända upp till Sverige. De hydrodynamiska förändringar som främst orsakas av Halla vindkraftspark bedömdes vara små baserat på modelleringen, även om det kan finnas en tydlig lokal påverkan på skiktningen söder om vindkraftsparken på den finska sidan.
- Vindkraftsparkens konsekvenser för naturtyper och vattenlevande organismer under byggtiden bedömdes som måttligt negativa i båda alternativen (VE1 och VE2). Vindkraftsparkens område är stort och utrotningshotade bottnar för vitmärlor-sötvattenmärlor har påträffats i området. Vandrande bottendjur kan flytta till mer gynnsamma områden. Det finns ingen vattenvegetation i vindkraftsparkens djupvatten och undersökningarna visade inte på några bottenlevande organismer som var fästa vid vindkraftsparkens hårda bottnar. De högre höjder som finns i området är därför rev främst på grund av deras geologiska egenskaper. Anläggandet av den havsbaserade vindkraftsparken förväntas inte ha någon negativ inverkan på den gynnsamma bevarandestatusen för livsmiljön i Finland eller Sverige. Byggandet av vindkraftsparker kan dock leda till att rev försvinner i Finland, och ytterligare undersökningar bör genomföras under den fortsatta utvecklingen av projektet för att bättre kunna bedöma hur hänsyn ska tas till revhabitat.
- Under driften av vindkraftsparken kan vindkraftverkens fundament och eventuella kabelskydd (stenblock) skapa nya livsmiljöer för arter på hårbotten. Det kan dock ta flera år innan dessa nya livsmiljöer är helt koloniserade. Förändringar i strömmar kan öka sedimentationen i vindparksområdet, men effekterna på livsmiljöer och bottenfauna bedömdes vara små och begränsade till den finska sidan.
- Salt- och värmebelastningen från vätgasproduktionen är så låg att den inte har någon inverkan på bottenfauna eller livsmiljöer.
- Den elektromagnetiska strålningens påverkan från sjökablarna på bottenfaunan bedöms vara högst försumbar och begränsad till den finska sidan.
- Projektets påverkan på marina däggdjur (undanträngning på grund av buller) kommer huvudsakligen att ske under byggtiden och det finns ingen betydande skillnad mellan projektalternativen. Påverkan är tillfällig och övergående och kan mildras genom bullerdämpande åtgärder (bubbelgardin, användning av skrämmare). Fladdermöss kommer inte att påverkas under byggandet av vindkraftsparken.
- I området för den havsbaserade vindkraftsparken är fladdermössens migration över havet sannolikt mycket låg och förväntas inte utgöra någon betydande risk för kollision under vare sig VE1 eller VE2. Fladdermössens huvudsakliga migrationsrutt går söderut och följer öarna i Skärgårdshavet eller Kvarnen. Den totala gränsöverskridande påverkan på faunan bedömdes som försumbar för den havsbaserade vindkraftsparken.
- Påverkan vid avveckling liknar den under byggtiden.

9.3.1 Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder

Omfattningen och betydelsen av potentiella gränsöverskridande miljöeffekter varierar beroende på effekternas art och miljöförhållandena.

Exempelvis har **omfattningen av grumling och spridning av suspenderade ämnen och näringsämnen** från muddring och deponering undersökts genom modellering av vattenkvalitet i bedömningsskedet (*Niras 2023, bilaga 3*). Potentiell gränsöverskridande påverkan under driften har också bedömts (t.ex. undervattensbuller, förändringar i ytströmmar, termisk belastning och salthalt från vätgasproduktion, inklusive decentraliserad och centraliserad vätgasproduktion). Flödesförändringar som orsakas av fundamenten till havsbaserade vindkraftsparker har bedömts genom modellering av flödena i närheten av projektområdet under befintliga förhållanden och med strukturerna.

Även om intresseområdet för modelleringen inte direkt har sträckt sig till den svenska sidan har modelleringen gett vägledande information om hur långt bort under anläggning och drift

som påverkan kan sträcka sig i olika riktningar, baserat på strömmarna. All modellering har utförts enligt den typ av kraftverk och fundament som har störst potentiell påverkan för att fånga upp den maximala påverkan av projektet. Den fullständiga modelleringen bifogas detta dokument (bilaga 3).

Direkt påverkan i närheten av den havsbaserade vindkraftsparken och sjökablarna omfattar förändringar av den **bentiska biotan** på grund av muddring av havsbotten och placering av stenmaterial. Direkta förändringar av havsbotten kommer att påverka ett område av varierande storlek beroende på vilken typ av fundament som väljs, men kommer att begränsas till Finland. Indirekta effekter, såsom tillfällig grumling, kommer att spridas över ett större område beroende på bland annat muddringsplatsernas läge, bottenkvaliteten och vattenströmmarna. Spridningen av fasta partiklar i miljön från muddring beror framför allt på sedimentets partikelstorlek, där finare material lättare driver med vattnet och sprids över ett större område, medan grövre material sedimenterar snabbare i närheten av arbetsområdet.

Under anläggningsfasen orsakas belastningarna av resuspension av havsbottensediment från anläggningsarbetena och suspension av finsediment i det eventuella stenmaterial som används för anläggningsarbetet. Byggmaterialet kan också innehålla lösliga ämnen, t.ex. kväverester från sprängämnen. Fundamenten byggs av stenkross, stenmaterial, stål eller betong som transporteras från andra ställen. Det material som används för konstruktionen kommer sannolikt att vara neutralt, dvs. det kommer att ha en låg vittringshastighet och kommer inte att läcka ut betydande mängder skadliga ämnen eller näringsämnen i vattnet.

Muddring kommer att leda till att sedimentet återsuspenderas och därmed förorenas med sediment och näringsämnen. Sedimenten kan innehålla fosfor och kväve, syreförbrukande material samt organiska och oorganiska föroreningar.

Spridningen av sedimentresuspension, finsediment och näringsämnen (kväve och fosfor) under byggtiden har uppskattats baserat på modellering av vattenkvalitet. Belastningsnivåerna för muddring, dumpning och fyllning har uppskattats utifrån mängden material som ska muddras, substratets kvalitet och de arbetsmetoder som används, följt av en beräknad transportbedömning med hjälp av transportmodellering.

De muddringsmängder, muddringsmetoder, sedimentkoncentrationer av näringsämnen och föroreningar samt deponeringsplatser som krävs som indata för modelleringen har identifierats i ett stegvist tillvägagångssätt, först på en allmän nivå under MKB-förfarandet och sedan förfinas det ytterligare under vattentillståndsfasen.

För att stödja konsekvensbedömningen har provtagning av sediment och bottenlevande organismer genomförts under 2022 och 2023.

Projektets påverkan **på marin fauna och flora** har bedömts med avseende på potentiell gränsöverskridande påverkan baserat på uppgifter som fanns tillgängliga vid tidpunkten för projektets konstruktion och bedömningen av vattendragspåverkan, samt på erfarenheter från andra liknande projekt. Granskningen och bedömningen av projektets påverkan har fokuserat på fleråriga samhällen som anses vara viktiga för naturvärden och biologisk mångfald. Projektområdets undervattensnatur har bedömts utifrån befintliga data och fältundersökningar som genomfördes 2022 och 2023. Mer detaljerade naturundersökningar under vattnet har inriktats på de mest värdefulla områdena med störst biologisk mångfald, som ligger på grundare områden. Undersökningarna har omfattat kartläggning av hotade växtarter, främst genom vadning, vid landföringsplatserna för kabelsträckningarna och vätgasrörna, samt dropvideo och dykundersökningar av grunda undervattensmiljöer i de områden som påverkas av sträckningarna. I området för havsbaserade vindkraftsparker har dropvideo, dykning och benthisk provtagning för arter på mjukbotten använts.

Vindkraftsparkernas fundament kommer att skapa nya livsmiljöer för arter på hårbotten. Det tar dock många år att kolonisera dessa bottenar och den potentiella ökningen av mångfalden i ett annars ganska enformigt djuphavsområde beror på många faktorer, bland annat arterna/saliniteten i området, typen av fundament och det material som används för beklädnad.

Under bedömningen av konsekvenserna för **marina däggdjur** granskades befintlig information om planeringsområdets och dess omgivnings betydelse som fortplantnings- och förekomstområde för gråsäl och östersjösäl (t.ex. sälräkningar av det finska naturresursinstitutet "LUKE"). Säl övervakades också under de fågelundersökningar som utfördes och alla observerade säl registrerades i GIS. Befintlig information om säl har också kompletterats genom kontakt med en expert från LUKE.

Som stöd för konsekvensbedömningen har 3D-modellering av undervattensbullerutbredning (*Niras 2023b*, bilaga 4) utförts för att bedöma bullerpåverkan på fisk och marina däggdjur under byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken och från fartygstrafik under byggandet och driften (underhåll) av den havsbaserade vindkraftsparken. Bullerpåverkan från byggandet av energiöverföringsrutterna behandlades inte specifikt i bullermodelleringen och har uppskattats på expertbasis.

Bedömningen av påverkan på marina däggdjur utfördes av en expert på marina däggdjur, deras livsmiljö och beteende.

För **fladdermöss** undersöktes befintliga data från både Finland och Sverige och användes som grund för bedömningen av gränsöverskridande påverkan i expertbedömningen.

9.3.2 Påverkan under byggtiden

9.3.2.1 Havsbaserade vindkraftsparken

Påverkan på vattenkvaliteten

Installationen av vindkraftverkens fundament, elstationer, transformatorer och överföringskablar och/eller vätgasrör kommer att kräva grundläggningsarbete och deponering, vilket kommer att leda till att sediment blandas med vatten, vilket kommer att synas som grumlighet. Anläggningen av fundament kan också kräva småskalig utgrävning, och sprängningarna som krävs för detta kommer att leda till lokal grumlighet och mycket låga kvävebelastningar på vattnet från sprängämnen. Konsekvenserna av eventuella utvinningsaktiviteter kommer dock att vara begränsade jämfört med muddring och deponering.

I modellresultaten betraktades den grumlighet som orsakas av muddring och deponering som varaktigheten av ökningen av koncentrationen av fasta ämnen under beräkningsperioden, men ökningen av koncentrationen är inte nödvändigtvis kontinuerlig. En nivå på 10 mg/l är högre än den normala bakgrundsvariationen i området och representerar uppenbar grumlighet. En nivå på 100 mg/l innebär en betydande grumlighet.

När det gäller gravitationsfundament är effekterna av grumling som orsakas av installationen av vindkraftverk störst på grund av modifieringen av havsbotten. Denna typ av fundament har använts i den hydrologiska modelleringen i enlighet med principen om maximal påverkan. Andra typer av fundament (pålar, fackverk eller hybrid) bedömdes ha mindre påverkan. Mängden massa som måste grävas ut och jämnas ut i vindkraftsområdet, och därmed mängden som frigörs i vattnet, är av samma storleksordning för både VE1 och VE2. Även om VE2 har ett mindre antal turbiner är turbinerna större och därmed även deras fotavtryck. Volymen av förberedelse av havsbotten för installation av överföringskablar och elstationer är lägre. Sammantaget har modelleringen uppskattat att byggandet av vindkraftsparken endast kommer att ta en öppen säsong, vilket sannolikt är en överskattning.

Modelleringen tyder på att sediment som frigörs under utgrävning och deponering huvudsakligen kommer att stanna inom vindkraftsparken, men att sediment i båda scenarierna, särskilt från deponeringsområdet, även kommer att transporteras utanför vindkraftsparksområdet, några kilometer bort, och därmed kan mindre gränsöverskridande påverkan uppstå.

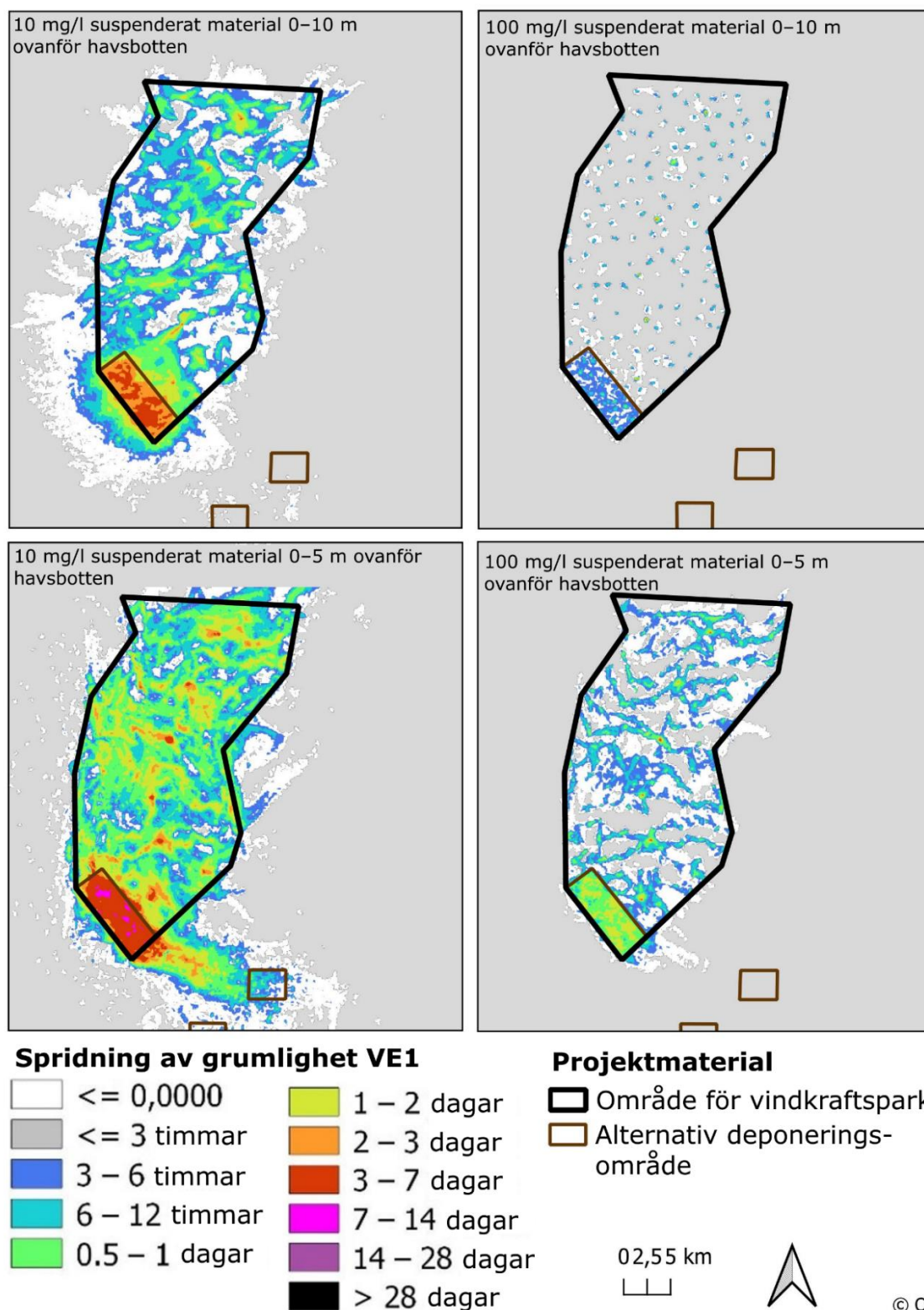
För suspenderade ämnen visas områdena och varaktigheten för ökning över 10 mg/l och 100 mg/l i vattenskiten nära ytan och nära botten i figur 9-3 (VE1) och figur 9-4 (VE2). Ytterligare bilder finns i modellrapporten (bilaga 3). En daglig ökning av koncentrationen av fasta partiklar på 100 mg/l i vattenmassan uppnås endast i vindkraftsområdet vid deponin. Totalt sett sker en kortvarig (6 h) koncentrationsökning på 100 mg/l i vattenpelaren över ett område på ca 10–50 km² och mycket mer omfattande nära botten, över ett område på ca 120–130 km² (Tabell 9-1). Koncentrationseffekter ≥ 10 mg/l är vanligare och sprids över ett mycket större område, inklusive vindkraftsparkens gränser. I deponeringsområdet når koncentrationerna av fasta partiklar i vattnet nivåer på 10 mg/l eller mer under sju dagar. Den största grumligheten finns i den sydöstra delen av vindkraftsområdet, nära deponiområdet, nära botten. Totalt förekommer kortvariga förhöjningar på 10 mg/l över ett område på ca 300 km² vid ytan och ca 600 km² vid botten (Tabell 9-1). Om byggnadsarbetena sträcker sig över mer än ett år blir den årliga belastningen av fasta partiklar och sediment lägre än vad som beräknats i modellen. Även om arbetena skulle ta flera år totalt, skulle ingen bearbetning av havsbotten på en enskild plats äga rum under mer än ett år och därför skulle det inte finnas någon betydande flerårig kumulativ påverkan.

I vindparksområdet består sedimentets ytskikt huvudsakligen av mjuka finkorniga jordarter, och sedimentbundet material kan frigöras under bearbetning av havsbotten och vid deponeeringen. Koncentrationerna av näringsämnen kan öka i vattnet under arbetena, särskilt fosfor som vanligtvis är bundet till de fasta partiklarna. Endast en liten del av näringsämnena beräknas dock vara i en form som är direkt användbar för primärproducenter, och grumlighet minskar också mängden ljus i vattnet, så eutrofieringseffekterna av muddring är i allmänhet låga, även för gränsöverskridande effekter. Potentiella föroreningar som är bundna till sediment kan också släppas ut i vattnet, men baserat på de sedimentstudier som utförts var föroreningskoncentrationerna i vindparksområdet oftast låga och därför förväntas inte mer än mycket små negativa gränsöverskridande effekter. Vissa något förhöjda halter av organotiner, dioxiner och furaner samt PAH:er påträffades, men massorna i området bedömdes vara fullt sjövärdiga (Luode 2023, bilaga 2 och bilaga 5 i den nationella MKB-rapporten).

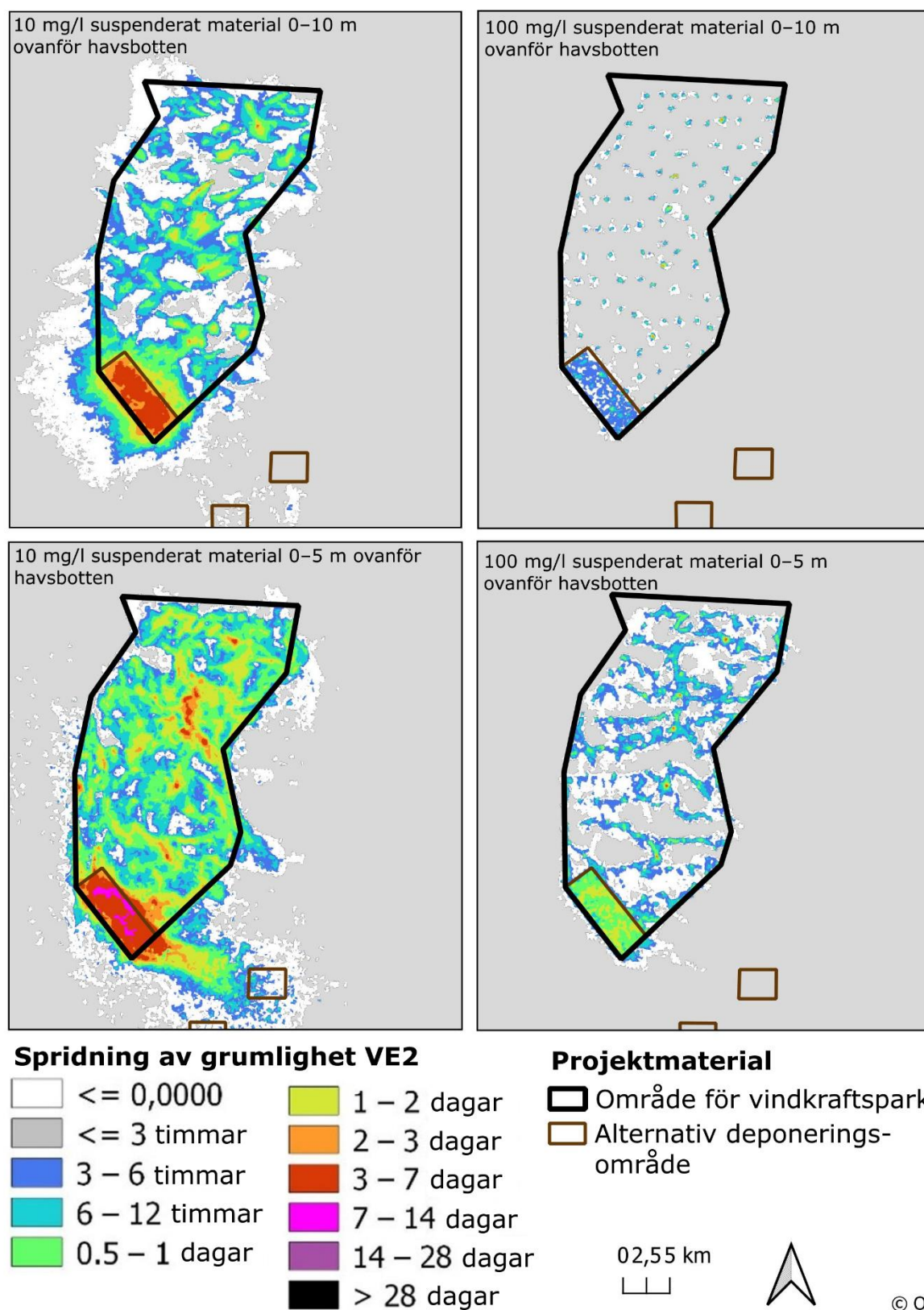
Tabell 9-1: Grumlingens intensitet (10/100 mg/l), varaktighet (6h/2d) och utbredning (km²) (Niras 2023).

	VE1				VE2			
	10 mg/l		100 mg/l		10 mg/l		100 mg/l	
varaktighet	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
botten + 5 m	620	63	132	0,4	568	67	117	0,5

Effekterna och områdena av sedimentering är något högre i VE1 än i VE2, men det finns ingen betydande skillnad mellan de två alternativen under anläggningsfasen.



Figur 9–3. VE1: Varaktighet för sedimentkoncentration ≥ 10 mg/l (vänster) och ≥ 100 mg/l (höger) vid de översta 10 m (överst) och de nedersta 5 m (nederst) av vattenpelaren (Niras 2023). Obs: Figuren visar den maximala varaktigheten för påverkan om alla anläggningsarbeten utfördes under en enda säsong med öppet vatten.



Figur 9-4. VE2: Varaktighet för sedimentkoncentration ≥ 10 mg/l (vänster) och ≥ 100 mg/l (höger) vid de översta 10 m (överst) och de nedersta 5 m (nederst) av vattenpelaren (Niras 2023). Obs: Figuren visar den maximala varaktigheten för påverkan om alla anläggningsarbeten utförs under en enda säsong med öppet vatten.

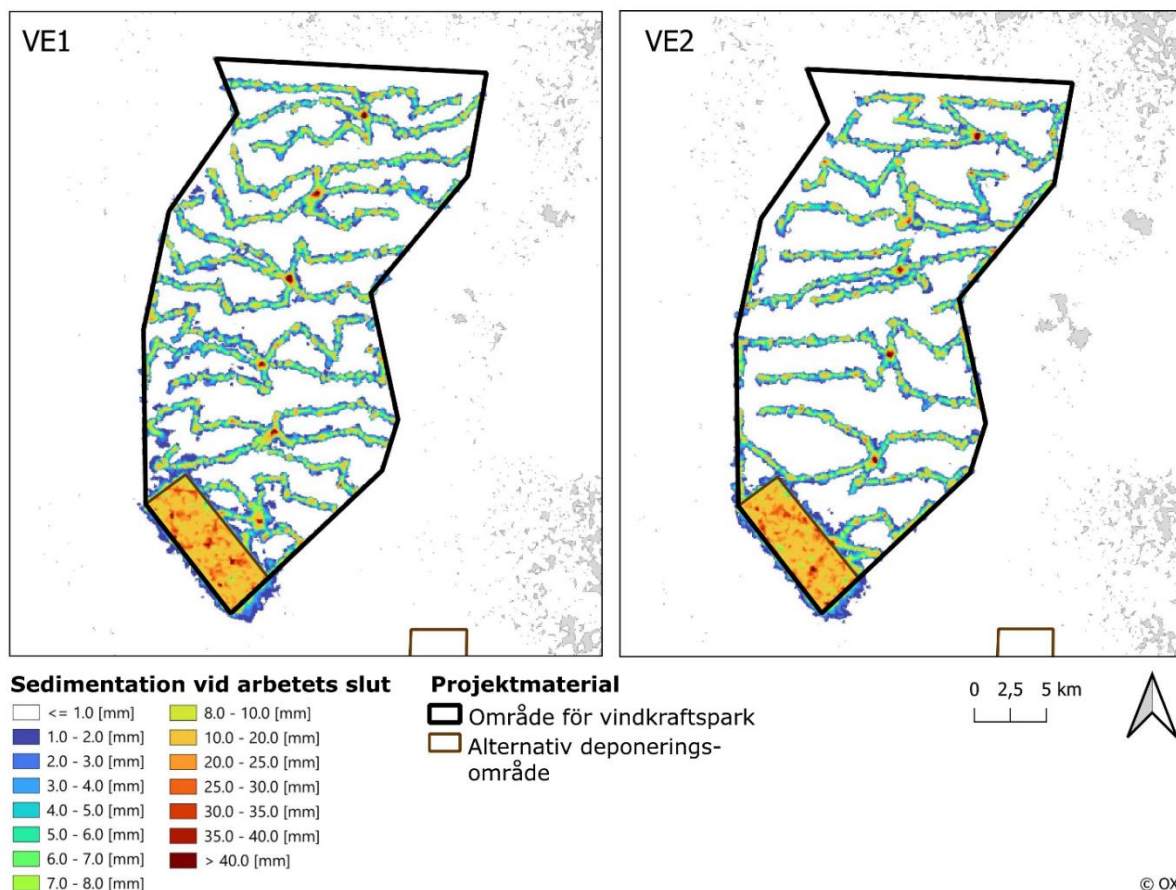
Ökad sedimentering

Vid muddring och deponering sjunker sedimentpartiklar som blandats med vatten tillbaka till botten. Ju finare sedimentet är och ju starkare strömmarna är, desto längre transporteras och deponeras sedimentet.

Enligt vattenmodelleringen kommer sediment som förflyttas vid utgrävning och deponering av vindkraftverk att ackumuleras till en tjocklek av mer än 1 mm i närheten av anslutningskab-larna och elstationerna samt i och runt deponeringsområdet. Totalt sett tyder modelleringen på att sedimentation på mer än 1 mm sträcker sig över ett område på cirka 200 km². Inom vindkraftsparken sker ca 4 cm sedimentation runt elstationerna och ca 1 cm längs med anslutningskablarna. Sedimentationen kommer att vara störst i och omkring deponiområdet där muddermassorna kommer att placeras. I detta område beräknas ett minst ca 1 cm tjockt sedimentlager bildas genom återsedimentering och på många ställen, totalt ca 0,5 km², är sedimentlagret ca 2,5–5,0 cm tjockt. Som mest skulle ett sedimentlager på 10 cm bildas i deponiområdet och i närheten av elstationerna, på en yta av 0,01 km².

EMODnet Geology projektet (EMODnet 2024) har publicerat uppgifter om sedimentationshastigheter i europeiska havsområden. För Bottenhavet baseras uppgifterna huvudsakligen på GTK-data för 2021, inklusive deponeringshistoriken för antropogena radionuklider (137Cs). I och runt projektområdet varierar sedimentationen i det yttre havet mellan 0,1 och 0,8 cm/år. Enligt Mattila et al (2006) är sedimentackumulationen i Bottenhavet 3,5 mm/år (0,35 cm). Sedimentationen är störst på de djupare ackumulationsbäddarna. I ett begränsat område där den modellerade sedimentationen under anläggningsfasen överstiger 10–80 mm skulle detta alltså ungefär motsvara en tiofaldig ökning av den årliga sedimentationshastigheten på grund av anläggningsarbeten, även om anläggningsperioden på enskilda platser är betydligt kortare.

Precis som med sedimentering är sedimenteringseffekten något lägre i alternativ VE2, men det finns ingen betydande skillnad mellan de två alternativen. Till exempel är skillnaden mellan alternativen endast 0,1 ha för en sedimentationsyta på 1 cm. De gränsöverskridande effekterna när det gäller sedimentation bedöms vara mycket låga.



Figur 9–5. Sedimentation (mm) i vindparksområdet (VE1 till vänster och VE2 till höger) (Niras 2023).

Påverkan på undervattenshabitat och biota

Anläggandet av en havsbaserad vindkraftspark kommer att leda till förlust av havsbotten, så att bottenfaunan åtminstone tillfälligt försvinner i området för vindkraftverkens fundament och i de områden där sjökablar kommer att läggas eller grävas ned eller där deponiområden kommer att anläggas. Förlusten av havsbotten under vindkraftverkens fundament kommer att vara cirka 0,25 km², med ytterligare störning eller modifiering av havsbotten upp till maximalt cirka 1 km² för kablar och 3 km² för deponi. I området för den havsbaserade vindkraftsparken är den maximala uppskattade ytan för modifiering av havsbotten som krävs för fundament, elstationer och sjökablar 0,8% av den totala ytan. Trots de stora ytorna bedömdes påverkan på den bentiska faunan vara försumbar, även om den starkt hotade livsmiljötypen för vitmärksötvattensmärkla finns i området. Mer rörliga arter kan söka sig till mer gynnsamma områden. Förlust av havsbotten diskuteras också i kapitel 9.3.3. Direkt förlust av havsbotten sker endast på den finska sidan. Arter kan också förväntas återvända till deponeringsområdena över tid.

Påverkan på bentiska ryggradslösa vattendjur och vattenvegetation kan uppstå till följd av ökade fasta partiklar i vattenpelaren och ökad sedimentation. Påverkan från muddring och kabeldragning är dock inte permanent för biota, utan av tillfällig karaktär. Bottenfaunan i deponeringsområdena är huvudsakligen förstörd eller undanträngd, men kan återvända till området när aktiviteten har upphört och situationen har stabiliserats. Området för havsbaserade

vindkraftsparker är huvudsakligen tillräckligt djupt för att vara olämpligt för vattenväxter och makroalger, och undersökningar av området har inte identifierat någon vattenvegetation.

Med undantag för den del av botten som upptas av kraftverk och kablar återhämtar sig bottenfaunan relativt snabbt från störningar under anläggningsarbetet. Återhämtning av bottenfauna efter t.ex. muddring har i allmänhet visat sig ta 1–3 år (Vehanen m.fl. 2010), även om återhämtningen kan vara långsammare i djupare och mer stabila bottenar än i grundare, dynamiska områden. Även när bottenfaunan återvänder till området kan det ske förändringar i förhållandet mellan arternas förekomst, särskilt om kvaliteten på botten i området förändras, t.ex. runt kraftverk. Stationära djur som livnär sig genom filtrering, t.ex. musslor, men som inte finns i projektområdet, kommer att påverkas mest av ökad sedimentation. Slamsnäckan, som är en mycket vanlig art i projektområdet, förväntas inte drabbas av ökad sedimentation utan snarare gynnas på bekostnad av känsligare arter, men detta förväntas inte ha någon betydande inverkan på det låga och glesa bentiska samhället i projektområdet. Den totala skadan på bottenfaunan från grumlighet och ökad sedimentation bedömdes dock vara låg och mycket låg för gränsöverskridande påverkan, utan några betydande skillnader mellan projekalternativen.

Drop video -undersökningar i projektområdet för den havsbaserade vindkraftsparken visade ingen tillväxt av fastsittande alger eller bentiska organismer på stenytor. På grund av områdets djup (hela området är mer än 10 m djupt) förväntas inte den havsbaserade vindkraftsparken innehålla mångsidiga revområden, eftersom reven i Bottenhavet är som mest mångsidiga på 2–5 m djup. De sten- och blockhällar som ligger högre än havsbotten och som omger den havsbaserade vindkraftsparken är därför rev, främst på grund av sina geologiska egenskaper, och har inte något större naturvärde jämfört med grunda rev.

Sedimentationen sträcker sig inte in i Natura 2000-området Merikalla på den finska sidan och inte heller in i skyddade områden på den svenska sidan. Sedimentation från anläggningsarbetet kan spridas från den havsbaserade vindkraftsparken till ett mycket begränsat område inom Natura 2000-området Merikalla i VE1. Sedimentkoncentrationen kommer att vara 10 mg/l på 0–5 m över havsbotten och på 10–20 m djup, med en maximal varaktighet på sex timmar. I VE2 varar grumlingen i Natura 2000-området i mindre än tre timmar på ett mycket begränsat område. Om anläggningsarbetet sträcker sig över mer än ett år kommer den årliga belastningen av sediment och fasta partiklar att vara mindre än så. Även om arbetena skulle ta flera år totalt, skulle inga byggaktiviteter relaterade till bottenbearbetning på en enskild plats äga rum under mer än ett år. Om belastningen av fasta partiklar sprids över flera år kan det ha en mer skadlig effekt på potentiellt lekande fisk än om belastningen sprids över ett enda år. Detta förväntas dock inte vara fallet. Den totala påverkan av sedimentation och grumlighet på Natura 2000-området Merikalla bedömdes som försumbar.

Effekter på marina däggdjur och fladdermöss

Två arter av marina däggdjur finns i havsområdet för den föreslagna havsbaserade vindkraftsparken: östersjövikare och gråsäl. Tumlare förekommer inte i Bottenhavet. Studier av hur havsbaserade vindkraftsparker påverkar marina däggdjur i södra Östersjön har visat att de är anpassade till vindkraftsparkernas strukturer, men att de störs av anläggningsarbeten och ökad mänsklig aktivitet (Dietz m.fl. 2000, 2003; Tougaard m.fl. 2004). Det finns inga studier av vindkraftsparkernas effekter på vikare (Vehanen m.fl. 2010). Buller anses vara den mest betydande störningen för marina däggdjur, som använder hörsel och ljud på en mängd olika sätt för predation, navigering och kommunikation (Madsen m.fl. 2006; Nehls m.fl. 2007; Richardson m.fl. 1995). Negativa effekter kan vara att en ljudkälla drar till sig eller stöter bort ljud, att ljud blandas, att marina däggdjurs egna ljud maskeras eller att hörseln skadas

permanent (*Vehanen m.fl. 2010*). De mest kritiska effekterna anses vara de som påverkar områden (vilo-, häcknings- och födosöksområden) eller perioder (t.ex. fortplantning och häckning) som är viktiga för de marina däggdjurens livscykel (*Vehanen m.fl. 2010*).

Den huvudsakliga påverkan på marina däggdjur kommer att ske under anläggningsarbetet. Påverkan under anläggningsarbetet kommer att vara tillfällig och övergående och pågå under hela anläggningsfasen. Buller under anläggningsarbetet (t.ex. pålning) har större påverkan på marina däggdjur än buller under driften (*Madsen m.fl. 2006; Tsouvalas 2020; Mooney m.fl. 2020; Han & Choi 2022*). Hörselskador kan uppstå om bullernivåerna överstiger 180 dB (re 1 μ Pa) och bullernivåer över 140 dB (re 1 μ Pa) upplevs som störande (*Nehls m.fl. 2007*). Olika tekniska lösningar kan dock användas för att påverka bullernivåerna och därmed minska påverkan på marina däggdjur (*Nehls m.fl. 2007*). Åtgärder för att minska påverkan på marina däggdjur diskuteras längre fram i detta kapitel, och potentiella kumulativa effekter med andra närliggande projekt diskuteras också längre fram i detta kapitel.

Effekterna av undervattensbuller på marina däggdjur har beaktats i en separat bilaga 4 (*Niras 2023b*) och i kapitel 9.11, och en sammanfattning av resultaten presenteras här.

Modelleringsresultaten visar att sälar på avstånd på mindre än 100 m och 275 m från pålningsplatsen, när pålningen utförs med ett bullerdämpningssystem med dubbla bubbelgardiner och med en mjuk start- och boostfas, kan utsättas för permanent hörselskada och tillfällig hörselskada på dessa avstånd (bilaga 4). På grund av de mycket korta påverkansavstånden är risken för hörselskador på sälar nästan försumbar, eftersom det är mycket osannolikt att marina däggdjur kommer att befinna sig mycket nära platsen under anläggningsarbetena.

Som en försiktighetsåtgärd antas det att sälar kommer att reagera på undervattensbuller från pålningsarbetet på samma avstånd som tumlare (19,1 km i den aktuella modelleringen). Både österjövikare och gråsälar kan förekomma i Halla-projektområdet. Det närmaste landstigningsområdet för östersjövikare ligger dock minst 20 km från vindkraftsparken på den finska sidan och anses inte vara ett särskilt viktigt födosöksområde för någon av arterna. Lekande vikare och gråsälar kan förekomma i projektområdet, men de förekommer endast på våren mellan mars och april när det finns tillräckligt med istäcke. Det förväntas inte att det kommer att vara möjligt att installera fundament under perioder då havsis har bildats i projektområdet och därför kommer ingen störning av sälar att ske. Om anläggningsarbetena äger rum under sälarnas valpningsperiod beräknas dock anläggningsarbetena ha en störande effekt på sälarna, som även kan sträcka sig till den svenska sidan. Anläggningsarbetena kommer inte att ske samtidigt i hela området för havsbaserade vindkraftsparker, utan kommer sannolikt att ske under ett antal år och koncentreras till ett specifikt område i taget. Detta kommer att lämna områden för sälar i det stora havsområdet, inklusive på den svenska sidan, där kalvning kan ske ostört, men å andra sidan kommer varaktigheten av påverkan att förlängas över flera år. Störningseffekten bedöms vara liten och negativ på både den finska och den svenska sidan.

Beteendemässiga reaktioner på undervattensbuller kan variera från små förändringar i aktivitetsnivå till flyktreaktioner där individer undviker området helt och hållet. Sälarnas känslighet för beteendeeffekter bedömdes som måttlig, eftersom det förväntas att sälarna i viss utsträckning kommer att undvika det påverkade området. Den totala teoretiska varaktigheten för installation av fundamentpålar är cirka 5,5 månader (intensivt arbete), med antagande om ett fundament per dag utan pauser och 6 timmars pålning per dag. Som nämnts ovan är dock den totala installationstiden för fundamenten mer än 5 månader. Varaktigheten av den tillfälliga habitatförlusten och de bestående beteendemässiga undvikandena anses dock vara kortvarig för båda arterna, eftersom sälarna kan återvända till området efter installationen av fundamenten.

Storleken och omfattningen av påverkan från pålningsbuller bedömdes vara något negativ på både den finska och den svenska sidan eftersom det är en liten andel av det totala sälhabitatet och påverkan är tillfällig, dvs. även om påverkansavstånden är relativt långa (19,1 km) är sannolikheten för att beteendemässiga undvikande reaktioner uppstår låg. Sammantaget bedömdes konsekvenserna av undervattensbuller från pålning i projektområdet för Halla havsbaserade vindkraftspark vara försumbara för sälar, utan någon gränsöverskridande påverkan på sälpopulationer på kort eller lång sikt.

Utöver byggandet av vindkraftverkens fundament kommer byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken att omfatta byggandet av interna kabeldragningar/vätgasrör och havsbaserade elstationer, och kommer därför sannolikt att omfatta utgrävning av havsbotten, vilket kommer att generera undervattensbuller. Bullret från undervattensgruvdrift är kortvarigt och pulserande, men ofta mycket intensivt och bredbandigt. Muddring och sprängning med vattentryck, som krävs för installation av undervattenskablar/vätgasrör, beräknas ha betydligt lägre bullemnivåer än utgrävning.

Undervattensmuddring och sprängning kan orsaka ljudtrycksnivåer som är skadliga för tumlare och sälar. Baserat på undervattensmodellering i andra projekt och en rapport till farledsmyndigheten tyder modelleringen på att exponeringsavståndet för tillfällig hörselnedsättning vid undervattensgruvdrift kan vara cirka 1,5 km för tumlare och sälar och cirka 0,5 km för permanent hörselnedsättning (*Meriläinen & Lindfors 2018*).

Bullerutbredningen påverkas av vattendjupet, salthalten och temperaturen i vattnet i området och den stratifiering som uppstår. Dessutom påverkar ljudets frekvens och förhållandena på havsbotten och havsytan ljudets reflektion och absorption. Förutom bullrets intensitet påverkas bullrets skadlighet av exponeringstid, fördelning av ljudenergi över olika frekvenser, bullrets kvalitet och arternas individuella känslighet för buller.

Maximala flyktavstånd vid undervattenssprängningar kan vara upp till cirka 14 km för både tumlare och sälar. De genomsnittliga exponeringsavstånden för sprängning är mindre än ovanstående (*Meriläinen & Lindfors 2018*).

Samtantaget bedömdes störningen av marina däggdjur under anläggningsarbetet vara relativt låg, även när det gäller gränsöverskridande påverkan, eftersom det redan finns befintliga störningar och aktiviteter som genererar undervattensbuller (t.ex. sjöfart) i Halla-projektområdet och på den svenska sidan av havet, och det är osannolikt att det finns gott om marina däggdjur i området.

Om byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken skulle innebära sprängning under vatten skulle detta kräva ytterligare planering och, om nödvändigt, modellering under vattentillståndsfasen. Ytterligare planering bör säkerställa att lämpliga avskräckande medel används för att hålla marina däggdjur tillräckligt långt borta från anläggningen. Lämpliga ljudämpningsmetoder, t.ex. bubbelgardiner, bör också användas i samband med de mest bullriga arbetsfaserna för att effektivt dämpa spridningen av undervattensbuller och därmed minska påverkan. Påverkan under byggtiden kommer att vara tillfällig och övergående till sin natur, även om den beräknas pågå under flera öppetvattenssäsonger.

Det fartygsbuller som uppstår i samband med anläggningsarbetet kommer sannolikt att påverka sälar och deras beteende, vilket kan sträcka sig till den svenska sidan. Det kan till exempel orsaka förändringar i deras födosökmönster i närheten av fartyg (*Richardson m.fl. 1995, Wisniewska m.fl. 2016*). Sälarnas känslighet för fartygsbuller bedömdes dock vara låg eftersom effekten på beteendet är begränsad och mycket kortlivad. Området för den havsbaserade vindkraftsparken Halla eller det angränsande området på den svenska sidan har inte bedömts vara ett viktigt födosöksområde för östersjövikare eller gråsäl, och undvikande

reaktioner förväntas endast i fartygens omedelbara närhet. Storleken och omfattningen av påverkan från fartygsbuller bedömdes därför vara liten negativ för gränsöverskridande effekter. I konsekvensbedömningen måste man också ta hänsyn till att projektområdet ligger intill och överlappar de viktigaste farlederna i Bottniska viken. Den ytterligare påverkan från fartygstrafik i samband med byggnation och underhåll under drift är därför blygsam. Sammantaget bedömdes påverkan av undervattensbuller från fartyg på sälar i projektområdet för Halla havsbaserade vindkraftspark vara försumbar, utan någon kortsiktig eller långsiktig (*Niras 2023b*) påverkan på bestånden, inklusive på den svenska sidan.

Fladdermöss kommer inte att påverkas under anläggningen av vindkraftsparken.

Val och effekter av deponeringsplatser för havsbaserade vindkraftverk

Deponeringsplatserna kommer att väljas så att de uppfyller åtminstone de kriterier för en tillfredsställande deponi som anges i miljöbyråns riktlinjer för muddring och deponering (*Ympäristöministeriö 2015*). I detta fall är flödes hastigheterna på deponierna nära botten vanligtvis låga (i genomsnitt 15 cm/s överskrider endast sällan). På en tillfredsställande deponi är risken för sedimenttransport, d.v.s. resuspension av sediment som redan har sedimenterat, måttlig. På en bra deponi är risken för sedimentation låg. De marina deponierna i Halla-projektområdet har bedömts med avseende på risken för sedimentation enligt Tabell 9–2. Ytterligare mätningar planeras för deponi 1 i vindparksområdet för att identifiera lämpliga delområden av det stora deponiområdet som uppfyller kriterierna för minst tillfredsställande deponering. Det är möjligt att utforma dumpningen av sediment som ska muddras under byggandet av vindkraftsparkerna genom att dumpa sediment i en del av deponeringsområdet, t.ex. den norra delen, under en öppen säsong och i en annan del, t.ex. den södra delen, under den andra öppna säsongen, för att minimera de kumulativa effekterna av dumpning, inklusive gränsöverskridande effekter. I princip kommer alla sediment som muddras under installationen av undervattenskablarna, som huvudsakligen är belägna i finska territorialvatten, att dumpas i andra deponeringsområden (område 2 och 3) än de sediment som härrör från installationen av kraftverken.

Tabell 9–2. Sedimentkvalitet och lämplighet för deponering i deponeringsområdena för Halla-projektet (Miljöministeriet 2015) (för mer information se kapitel 9.5 och bilagorna 2 och 5 i den nationella MKB-rapporten)

Deponeringsområde	Uppfyller kraven för deponi	Bottenkvalitet enligt sedimentprover
2	Bra	Hård botten, enligt LSED-39, 40, 41 och 42 och är lera eller sand och lera.
3	Nöjbart	hård botten, enligt LSED-35, 36, 37 och 38, med lera eller sand och lera.

Konsekvenser av ökad pråmtrafik i samband med byggandet av havsbaserade vindkraftsparker

Fartygens propellerströmmar kan orsaka kontinuerlig grumling (*Koponen & Virtanen 1995, VTT 1996, Oulasvirta & Leinikki 2003*) och bottenerosion (*Rytkönen m.fl. 2000*) i livligt trafikerade farleder och nära hamnar. Eftersom området för havsbaserade vindkraftsparker är ett

djuphavsområde förväntas den ökade fartygstrafiken under byggtiden inte ha någon märkbar inverkan på t.ex. havsbotten, marina däggdjur eller annan marin miljö i området, varken i Finland eller Sverige.

Eventuell radioaktiv förorening av sediment

Radioaktiva ämnen från Tjernobylolyckan var ojämnt fördelade i Östersjön. De radioaktiva ämnen som släpptes ut i luften vid olyckan fördes med luftströmmar och de flesta av dem sköljdes ner av regn. Regnmängden och regnintensiteten varierade i olika områden, vilket gjorde att mängden radioaktivt material som deponerades på land- och havsytan varierade avsevärt. Nästan 40 år har gått sedan Tjernobylolyckan. Även den mest miljörelevanta radionukliden, Cs-137, har redan halverats i aktivitet en gång (Cs-137 har en halveringstid på 30 år). Strålsäkerhetsmyndigheten (*Säteilyturvakeskus 2024*) bedömer att utsläppen av radioaktiva ämnen från sediment inte kan vara tillräckligt höga för att orsaka hälsoeffekter för människor eller biota och att det därför inte finns några gränsöverskridande effekter.

9.3.2.2 Sträckningar för sjökabel/vätgasrör

Påverkan på vattenkvaliteten

För sjökabel- och vätgasrörssträckningarna, som huvudsakligen ligger i finskt territorialvatten, har två möjliga installationsmetoder modellerats. Anläggningen av sjökabel- och vätgasrörssträckningarna förväntas inte ha gränsöverskridande påverkan på den svenska sidan och beskrivs därför i korthet nedan, främst eftersom det är en väsentlig aktivitet för projektet som helhet.

I det andra fallet antas utgrävningen utföras genom tryckpumpning med vatten över hela sträckan, varvid 100 % av sedimentfibrerna släpps ut i vattnet. I det andra fallet muddras de sektioner som är mindre än 15 m djupa och materialet dumpas i deponiområden nära MVE2- och MVE3-rutterna.

Modelleringen visar att kabel- och vätgasrörssträckningarna under byggtiden kommer att uppleva en koncentrationsökning på mer än 100 mg/l på ett maximalt avstånd på cirka 500 m och under en maximal varaktighet på 12 timmar enligt båda de simulerade installationsmetoderna. Den maximala koncentrationen vid byggarbetsplatser är cirka 1 000 mg/l, medan den vid muddrings- och deponeringsplatser kan överstiga 1 000 mg/l. En ökning av fasta partiklar över 10 mg/l inträffar under högst en dag i ytskiktet och nära bottenskiktet med vattentrycksprutningsmetoden. Muddring och deponering beräknas orsaka ökning på mer än 10 mg/l under upp till sju dagar i både yt- och bottenskiktet. Grumlingen är mer uttalad i de grundare delarna nära stranden, där belastningen är fördelad över en mindre vattenvolym i djupriktningen.

Modelleringen tyder på att effekterna av vattentrycksprutning är mindre uttalade än effekterna av muddring under installationsfasen, särskilt på grund av effekterna av dumpning, men också mindre uttalade i de grundare områdena nära stranden. Muddring och deponering leder till koncentrationer på över 10 mg/l, särskilt i bottenskiktet.

I sträckningsalternativ MVE1 är mängden finsediment i närheten av vindkraftsparken högre än i andra kabelsträckningar, vilket resulterar i en högre grumlingseffekt. Den modellerade belastningen är också högre på sträcka MVE1 på grund av det maximala antalet kablar som simuleras att installeras (10), medan antalet kablar på de andra sträckorna är lägre (5). Det finns ingen signifikant skillnad mellan sträckningsalternativen MVE2 och MVE3 och deponeringsområdena när det gäller grumlingseffekter.

Den planerade vätgasrören VVE1 ligger också i korridoren för kabelsträckningen MVE1. Installationen av vätgasrören kommer att ha mindre påverkan än den maximala kabellängden. Om

antalet kablar i sträckning MVE1 är färre än de modellerade 10 kommer dessutom belastnings- och grumlingseffekterna att vara mindre än de modellerade.

Anläggningen av undervattenskablar eller vätgasrör kan också kräva småskalig utvinning, och den sprängning som krävs för detta kommer att leda till lokal grumlighet och mycket låga kvävebelastningar på vatten från sprängämnen. Påverkan från eventuella utvinningsaktiviteter kommer dock att vara begränsad jämfört med muddring och deponering.

9.3.3 Konsekvenser under drift

9.3.3.1 Havsbaserade vindkraftsparken

I området för vindkraftsparken kommer modifieringar och strukturer på botten att orsaka förändringar i de lokala strömningsförhållandena på den finska sidan. Turbinerna kommer också att förändra vindfältet i området, vilket ytterligare påverkar strömmar, vågverkan och vattenblandning över ett större område, vilket förväntas ha mindre påverkan på den svenska sidan.

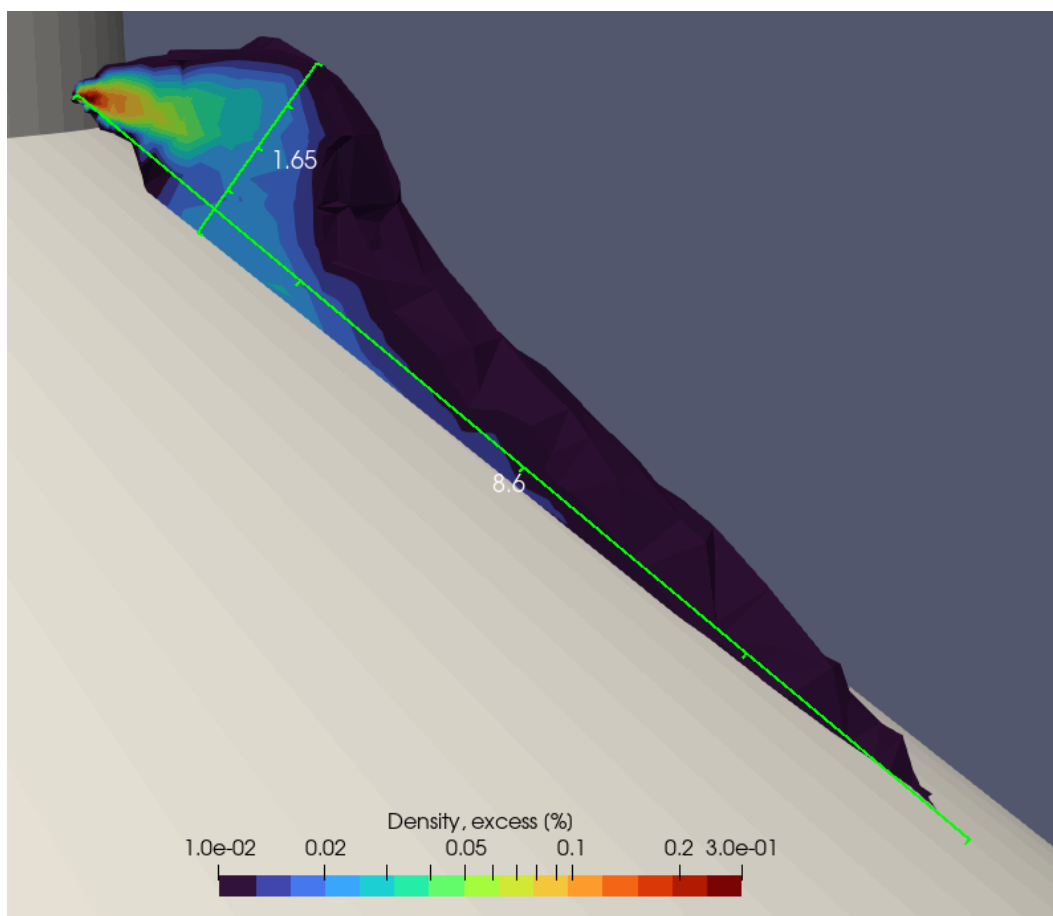
Annan påverkan under drift är främst relaterad till reparationsarbeten och eventuella incidenter och kommer inte att ha någon påverkan på den svenska sidan.

För att undersöka vindkraftsparkens driftspåverkan genomfördes också en mer omfattande vattenmodellering med hänsyn till förändringar i den fysiska miljön (kraftverksstrukturer), förändringar i vindfältet orsakade av vindkraftsparken samt värme- och saltbelastningen från vätgasproduktionen (bilaga 3). Dessutom modellerade Niras (2023b) spridningen av undervattensbuller under drift (bilaga 4). Modelleringen utfördes för både de decentraliserade och centraliserade alternativen för vätgasproduktion.

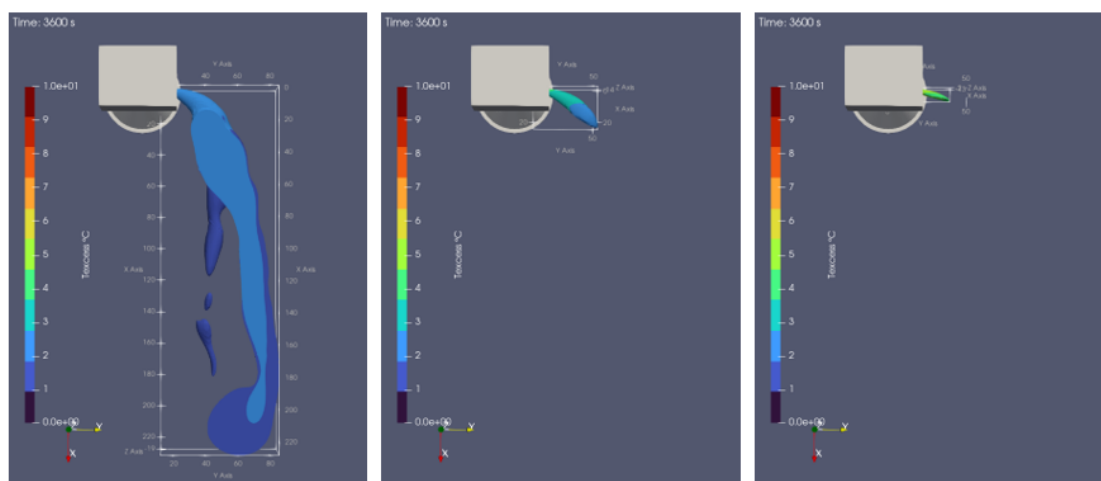
Den potentiella vätgasproduktionen kräver havsvatten och kylning, vilket resulterar i värme- och saltbelastningar på vattnet. Förändringar i temperatur och salthalt uppskattades i modelleringen av vattenkvaliteten (Niras 2023 och 2024). I modelleringen uppskattas salthalten i processavloppsvattnet som genereras av vätgasproduktionen ungefär fördubblas från 2,5 till 5 PSU för decentraliserad vätgasproduktion och fyrdubblas till 10 PSU för centraliserad vätgasproduktion. Samtidigt förväntas vattnet värmas upp med 15 °C.

Effekter av vätgasproduktion

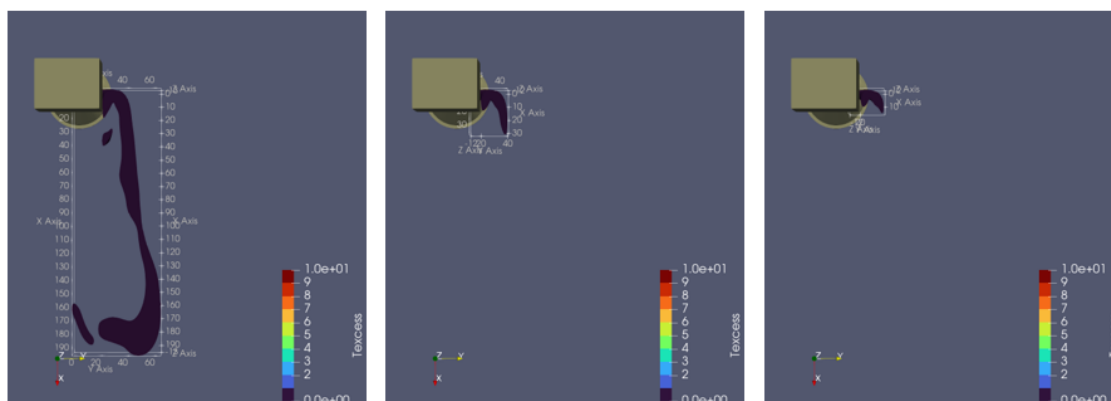
Vätgasproduktionen kommer antingen att vara decentraliserad vid varje kraftverk eller centraliserad till 3–8 havsbaserade elstationer. Modelleringsresultaten för decentraliserad vätgasproduktion visar att det varma och salta vatten som frigörs från elektrolysen kommer att skapa en plym i närheten av varje kraftverk, med en utbredning på cirka 8 m och en densitetsökning på 1 % (Figur 9–6). Förändringen i salthalt är i storleksordningen 0,1 PSU, vilket är obetydligt jämfört med den naturliga variationen. Det finns ingen signifikant skillnad mellan alternativen VE1 och VE2 i detta avseende. Vid en eventuell centraliserad vätgasproduktion skulle påverkan på vattnets temperatur och salthalt i den direkta omgivningen vara större, men modelleringen visar att plymen snabbt späds ut till 0,25–0,5% på ett avstånd av endast några tiotals meter (Figur 9–7). Utspädning till 0,1% och en temperaturhöjning på mindre än 1°C sker på ett avstånd av ca 200 m i ett scenario där vätgasproduktionen är fördelad på tre produktionsstationer (bilaga 3). I den skiktade situationen antas vattenintaget ligga under termoklinen och utloppet ovanför, vilket resulterar i en snabb avkylning av plymen vid ytan. I den stratifierade situationen orsakas endast mindre störningar av termoklinen (figur 9–8). Även vid centraliserad vätgasproduktion skulle påverkan därför förbli väl begränsad till området inom den havsbaserade vindkraftsparken. Modelleringen av vätgasproduktionen utfördes konservativt under konstanta förhållanden, eftersom flödesriktningarna varierar i naturen.



Figur 9-6. Tvärsnitt av en varm och salthaltig vattenplym som genereras av en elektrolysör längs vindkraftverkets fundament (Niras 2023a).



Figur 9-7. Välblandad situation: omfattning av varm och salthaltig plym orsakad av centraliserad vätgasproduktion efter 1 timme vid olika utspädningsnivåer (från vänster till höger 0,1 %, 0,25 % och 0,5 %), vy uppströms. Axlarnas enheter är i meter (bilaga 3, Niras 2023a uppdaterad 2024).

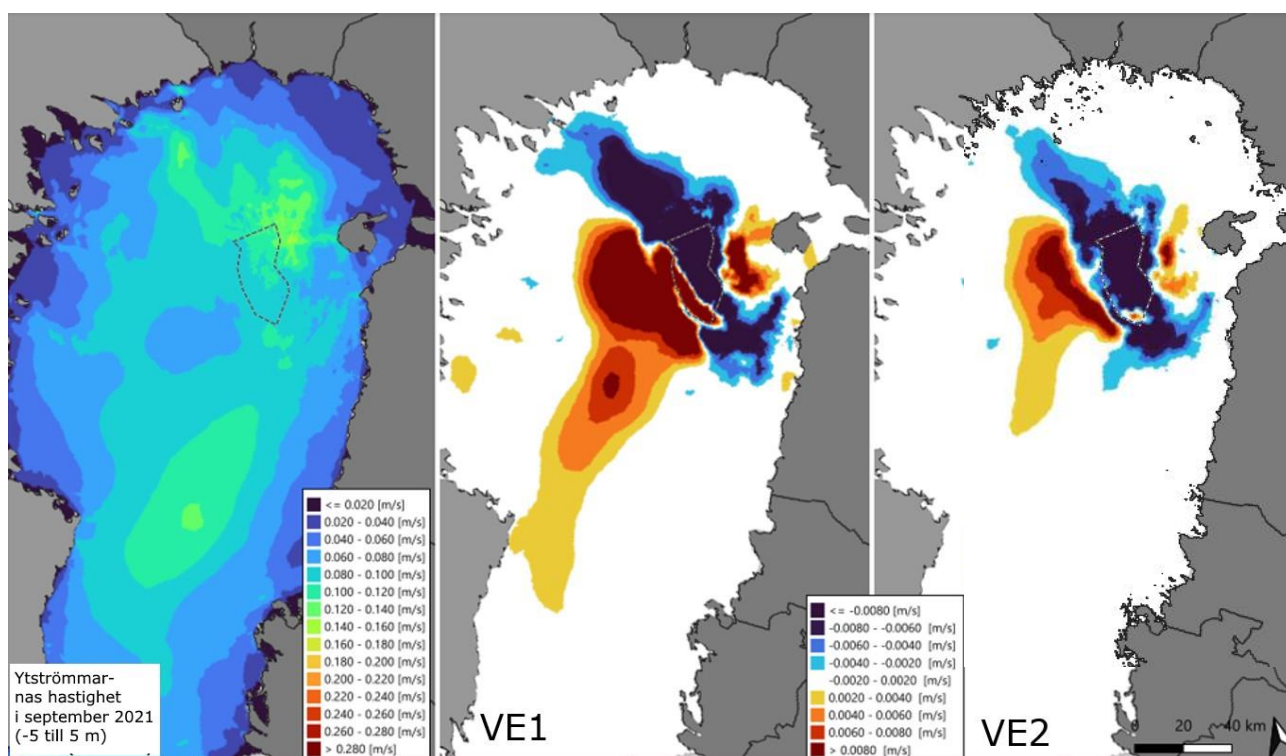


Figur 9–8. Skiktad situation: omfattning av varm och salthaltig plym orsakad av centraliserad vätgasproduktion efter 1 timme vid olika utspädningsnivåer (från vänster till höger 0,1 %, 0,25 % och 0,5 %), vy uppströms. Axlarnas enheter är i meter (bilaga 3, Niras 2023a uppdaterad 2024).

Effekter på strömmar, temperatur och salthalt

Vindkraftsparkens förväntade genomsnittliga påverkan på vindhastigheterna beräknas vara cirka 0,1 m/s 40 km söder och norr om anläggningen och cirka 10 km öster och väster om anläggningen, och sträcker sig in i Sverige. Påverkan är densamma för både alternativ VE1 och VE2. Även om det finns färre kraftverk i alternativ VE2 är de större och har en starkare individuell påverkan på vinden. Förändringen i vinden kommer också att påverka havsströmmarna, eftersom vinden är den viktigaste faktorn som påverkar ytströmmarna, särskilt under säsongen med öppet vatten. Vindkraftsparkens strukturer blockerar också strömmarna lokalt.

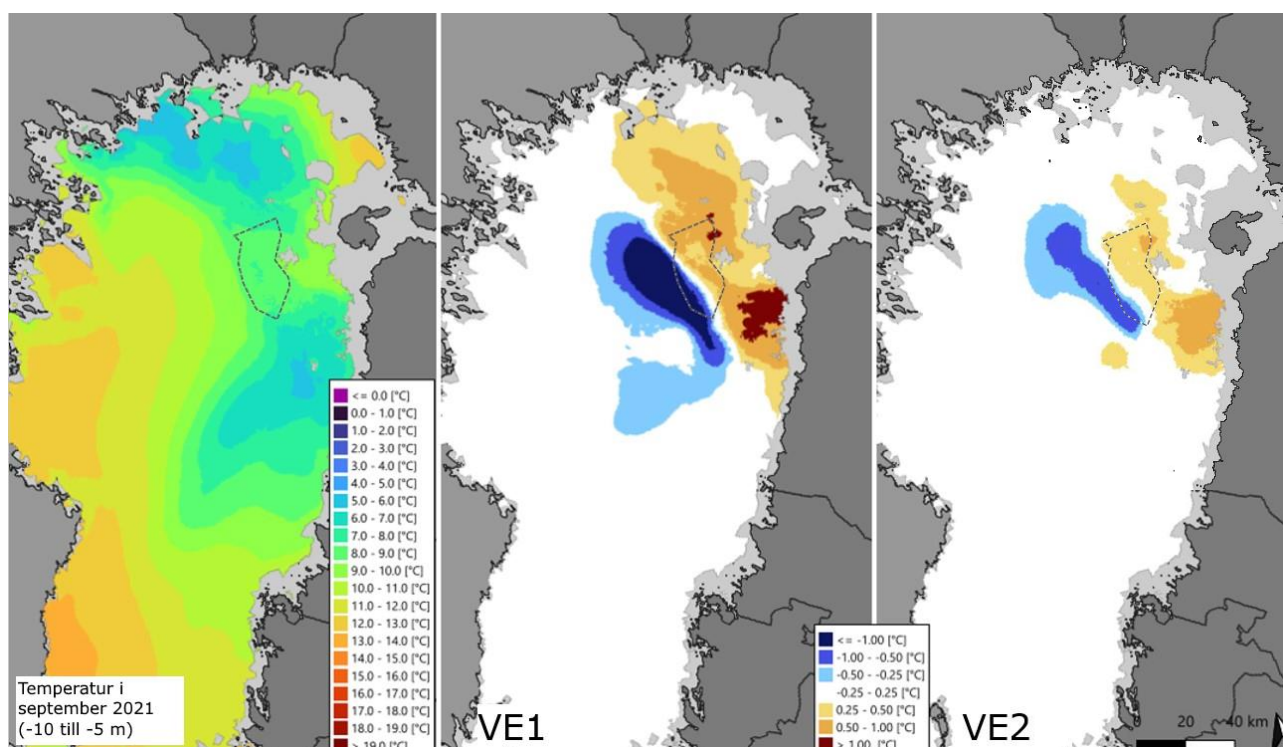
Modelleringen visar att vindkraftsparken kommer att minska ytströmmarna söder och norr om parken med i genomsnitt ca 10% (ca 0,8 cm/s). Minskningen av ytströmmarna är märkbar upp till den svenska kustlinjen. Samtidigt kan en acceleration av flödet observeras öster och särskilt väster om vindkraftsparken. Under VE2 är det område som påverkas av strömningsförändringar något mindre än under VE1. Storleken och omfattningen av effekten minskar med djupet. Påverkan är störst under perioden med öppet vatten, särskilt från juli till september (Figur 9–9). Som mest tyder modelleringen på att den genomsnittliga förändringen i flödes-hastighet per månad kan vara 4–5 cm/s på vissa platser. Även om förändringarna i flödes-hastighet kan vara relativt stora, varierar strömmarna i havsområdet naturligtvis främst med vinden, med maximala hastigheter på några tiotals cm/s.



Figur 9-9. Genomsnittlig vattenflödes hastighet i september (2021) i 0-5 m-skiktet. I mitten, den genomsnittliga flödes hastighets förändringen i september för vindkraftsparksalternativen 15 MW (VE1) och till höger 25 MW (VE2), som representerar situationen med maximal påverkan (Niras 2023).

Flödesförändringar påverkar också vattentemperaturen och skiktningen. Temperaturmodelleringen tar också hänsyn till vätgasproduktionen, men effekterna är mycket lokala i Finland, enligt beskrivningen ovan.

Vindkraftsparkens påverkan på den genomsnittliga årliga vattentemperaturen är huvudsakligen cirka $\pm 0,5$ °C, men något högre på 10-20 m djup, cirka $\pm 1,0$ °C (Figur 9-10). Månadsresultaten visar att de övre vattenlagren värms upp (0,25-0,50°C), medan det på 5-30 m sker en samtidig men rumsligt distinkt uppvärmning och nedkylning, mest uttalad under sommar-månaderna (skillnad $> \pm 1$ °C). Uppvärmningen dominerar under de flesta månader norr om vindkraftsparken, medan avkylning förväntas i området söder om vindkraftsparken. Minskad uppvärmning i den södra delen av vindkraftsparken i juni-september kan orsaka en förskjutning av termoklinen med upp till 10 m mot ytan.



Figur 9–10. Genomsnittlig vattentemperatur i september (2021) i 10–20 m vattensikt. Genomsnittlig temperaturförändring i september för vindkraftsparksalternativen 15 MW (VE1) och 25 MW (VE2) i mitten respektive till höger, vilket illustrerar situationen med maximal påverkan (Niras 2023).

Förändringar i vattenblandningen som orsakas av vindkraftsparken kommer också att påverka vattnets salthalt. Dessutom påverkar det saltare vatten som frigörs från vätgasproduktionen även närheten till kraftverken på den finska sidan.

Modelleringen tyder på att den minskade omblandningen och vätgasproduktionen i genomsnitt kommer att öka vattnets salthalt något i de mellanliggande lagren (10–20 m). I genomsnitt kommer salthalten vid ytan att minska något (0,05 PSU). Situationen varierar från månad till månad, men förändringen i salthalt är för det mesta mycket liten, cirka $\pm 0,1$ PSU och ibland endast mycket lokalt 0,1–0,25 PSU. Jämfört med den naturliga variationen i salthalt är förändringarna små. Påverkan på den svenska sidan bedöms vara mycket liten.

Effekter på istäcket

Det finns få forskningsdata om havsbaserade vindkraftsparkers påverkan på istäcket (Valtion-euvosto 2024). De årliga variationerna i istäcket är också i sig stora, vilket gör bedömningen svår. I olika scenarier kan en havsbaserad vindkraftspark antingen bryta upp den rörliga inlandsisen eller stoppa den från att röra sig, vilket skulle kunna ha en inverkan på den västra kanten av den havsbaserade vindkraftsparken på den svenska sidan.

Havsbaserade vindkraftverk ökar i allmänhet istäckets retentionskrafter i området för vindkraftsparken, och istäckets rörelse kräver därför en högre friktionskraft från vind- och vattenströmmar än utan turbinstrukturer. Å andra sidan bryter vibrationerna från kraftverken också upp isen runt kraftverken. När isen bryts mot kraftverkerna bromsas isens rörelse och is kan också ackumuleras och fastna i vindkraftsområdet, vilket orsakar isrullar och kompression av isfältet, men endast på den finska sidan. Den havsbaserade vindkraftsparken kommer att utformas för att minimera iskrafternas påverkan på kraftverkerna. Iskrafternas inverkan på havsbaserade vindkraftsparker kan minskas genom särskilda strukturer, som kommer att beslutas i ett senare skede av designprocessen.

Vindförändringar orsakade av vindkraftverk har en bredare inverkan på strömmar, vågverkan och omblandning i havsområdet, vilket också påverkar vattentemperaturen enligt beskrivningen i föregående avsnitt och kan även kännas av på den svenska sidan. Modelleringen tyder på att yttemperaturen i vissa delar av havsområdet kommer att öka något, medan den i andra delar kommer att minska. Temperatureffekterna till följd av vindförändringen är huvudsakligen milda, under 1°C på månadsbasis, men förändringen kan försena och bidra till isbildning även på den svenska sidan. Modelleringen tyder på att vätgasproduktionens påverkan på vattentemperaturen, särskilt på ett decentraliserat sätt, skulle vara mycket liten och att påverkan på den svenska sidan också skulle vara mycket liten.

Den havsbaserade vindkraftsparken kommer att ha en regional påverkan på istäcket i havsområdet och dess varaktighet, men intensiteten och omfattningen av påverkan kommer sannolikt att variera från år till år beroende på väderförhållandena. Det långa avståndet mellan enskilda kraftverk (cirka 1,5–2 km) kommer att bidra till att mildra påverkan på istäcket.

Potentiella föroreningar

De viktigaste kemikalierna i samband med driften av vindkraftsparken är oljorna och kylvätskorna i transformatorerna och kraftverken. Vindkraftverken är utrustade med uppsamlingsbrunnar för att förhindra utsläpp av kemikalier i händelse av spill. Små mängder skadliga ämnen eller mikroplaster (t.ex. bisfenol A (BPA)) kan läcka ut i vattnet från havsbaserade vindkraftverk eller deras fundament (*Suomen Tuulivoimayhdistys 2024c*). Vindkraftverken är konstruerade för att klara de naturliga förhållanden som de utsätts för och bladen är täckta med ett mycket slitstarkt polyuretanmaterial. Mycket små mängder dammigt inert material kan frigöras från det översta färglagret på bladspetsens framkant i närheten av kraftverken, där det huvudsakligen kommer att sjunka till botten och mineraliseras, utan någon påverkan på den svenska sidan.

Effekter på djur- och växtliv i vattendrag

Vindkraftsparkernas fundament och eventuella kabelskydd (stenblock) kan skapa nya livsmiljöer för arter på hårbotten och därmed öka den biologiska mångfalden i området. Det kan dock ta flera år innan dessa nya livsmiljöer är helt koloniserade, vilket har observerats i studier av den nuvarande havsbaserade vindkraftsparken i Tahkoluoto i Finland (*KVVY Tutkimus Oy 2020a*).

Arternas förmåga att etablera sig varierar beroende på typ av fundament. Baserat på undersökningsdata från det finska VELMU-projektet (*KVVY Tutkimus Oy 2020a*) är de nedsänkta sluttande eller vertikala ytorna på vindkraftverkens fundament inte helt lämpliga för de ytfixerande arter som finns i Finland, och de stenblock som staplats runt vindkraftverken ersätter inte grundare revområden, eftersom fundamentens erosionsskydd i allmänhet är för djupt för makroalger. Det har dock visat sig att antalet arter av ryggradslösa vattendjur ökar i vindkraftsområden (*Vehanen m.fl. 2010*), men det är osannolikt att så är fallet i de mindre salta förhållandena i norra Östersjön, särskilt i djupare havsområden, där antalet arter redan naturligt är mycket lågt och det finns få fastsittande arter. Av de arter som finns i området är de enda som potentiellt skulle kunna dra nytta av de nya ytorna sötvattenssvampar och polyper.

I området för den havsbaserade vindkraftsparken, både norr och söder om vindkraftsparken, visar modelleringen att flödeshastigheterna på havsbotten minskar i alla alternativ för havsbaserade vindkraftsparker (*Niras 2023*). Förändringens storlek beror på vattendjup och årstid. Den långsammare strömmen kan öka sedimentationen i området och därmed påverka reven och sandbankarna under vatten i området på den finska sidan. Strömmarna kommer att accelerera väster och öster om vindkraftsparken i alla alternativ för havsbaserade vindkraftsparker och förändringens storlek beror på vattendjup och årstid.

Väster om vindkraftsparken modelleras inga rev eller undervattenssandbankar som förekommer i Sverige och de påverkas därför inte av Hallaprojektet. Väster om vindkraftsparken är vattendjupet (50–80 m) sådant att undervattenssandbankar, enligt definitionen av Natura 2000-naturtypen, inte kan förekomma. På parkens östra sida finns undervattenssandbankar och vissa rev. Särskilt på den nordöstra sidan av den havsbaserade vindkraftsparken är vattendjupet grunt och en del av de modellerade bankarna ligger på 3–5 m djup. Särskilt under försommaren är ytvattenflödet i detta område snabbt (12–14 cm/s på vissa ställen) och modellen förutspår att hastigheterna kommer att öka ytterligare ($> 0,8$ cm/s i vissa områden) när vindkraftsparken byggs. Sandbankar under vatten kännetecknas av kontinuerlig rörelse av partiklar och kan röra sig med strömmar. Sandiga undervattenssediment består av material av olika storlekar: sand, grus, kisel och silt. När flödeshastigheten ökar kan strömmen flytta större korn, vilket kan leda till större rörelse av bankarna. Strömmen renar bankarna från potentiell sedimentation, t.ex. från övergödning. Reven i området förväntas inte påverkas negativt av de ökade flödeshastigheterna. Det finns små skillnader i modellering mellan alternativen för havsbaserade vindkraftsparker, men skillnaderna är obetydliga. Flödesförändringar förväntas inte ha någon betydande negativ inverkan på livsmiljöer i Finland eller Sverige och på vissa platser inom parken kan de ha en positiv inverkan. Förändringar i flöden förväntas inte ha någon inverkan på vattenlevande organismer på den svenska sidan.

Salt- och värmebelastningen från decentraliserad och centraliserad vätgasproduktion är så låg att den inte har någon påverkan på bottenfauna eller livsmiljöer på den svenska sidan.

Konsekvenserna av förlust av havsbotten under kraftverks- och elstationsfundament och sammanlänknings diskuterar också i kapitel 9.3.2. Den maximala arean av havsbotten som förloras under kraftverksfundament på den finska sidan är cirka $0,25 \text{ km}^2$. I området för den havsbaserade vindkraftsparken är den maximala uppskattade ytan för bearbetning av botten som krävs för fundament, elstationer och sjökablar 0,8 % av den totala ytan. I takt med att projektutformningen fortskrider kommer mer detaljerad information om habitatspecifika förluster eller störningar att tillhandahållas. För vindkraftsparken är ungefär 70 % hårbotten och 30 % mjukbotten. För energioverföringsruterna på den finska sidan består substratmaterialet av ca 70 % morän och 30 % lera.

I området för den havsbaserade vindkraftsparken observerades bottnar för vitmärla – sötvattenmärla. Fältundersökningarna visade dock att antalet vitmärlor och deras biomassa varierade kraftigt i tid och rum, och eftersom de är rörliga arter kan de flytta till mer gynnsamma områden när kraftverksfundament och andra strukturer tar upp plats på de bottnar de använder. Det område som upptas av kraftverken under drift är mycket litet i förhållande till den tillgängliga bottenytan för vitmärlan. Därför bedömdes påverkan av förlusten av bottnar till följd av anläggandet av undervattenskablar eller vätgasrör på bottnar för vitmärla – sötvattenmärla på den finska sidan vara försumbar och ingen påverkan på motsvarande bottnar på den svenska sidan bedömdes ske.

Det potentiella elektromagnetiska fältet från kablarna kan i princip ha en påverkan på bottenfaunan på den finska sidan, men påverkan förväntas inte sträcka sig till den svenska sidan. Exempelvis har laboratorieförsök visat förändringar i navigeringsförmågan hos tånggråsuggan (*Idotea baltica*), som har visat sig utnyttja magnetfält (Hammar & Wikström 2005), vilka i princip kan störas av strålningen från kablarna. I en uppföljande studie på ryggradslösa djur undersöktes artrikedomen i Kalifornien nära en 35 kV sjökabel med ett magnetfält som sträckte sig upp till en meter från kabeln, och det konstaterades att det inte fanns någon skillnad i djursamhällen längs kabelsträckningen jämfört med samhällen utanför området (Love m.fl. 2017), och därmed sträcker sig inga elektromagnetiska effekter till den svenska sidan. Effekterna på de olika arter av bottenjur som lever i projektområdet har dock inte undersökts, men strålningens påverkan bedömdes vara högst försumbar. Beroende på hur

kablarna installeras kan det ske förändringar i livsmiljön för bottendjur på den finska sidan. Om kablarna täcks med grövre material kan detta skapa en ny vidhäftningsyta för den fastsittande bottenfaunan på den finska sidan.

Effekter på marina däggdjur och fladdermöss

Den gränsöverskridande påverkan på marina däggdjur under driften bedöms bli mindre än under anläggningsarbetet. Den huvudsakliga påverkan under driften kommer att vara det buller och de vibrationer som genereras av verksamheten, vilket sälar kommer att kunna upptäcka från ett avstånd på cirka 100 meter till några kilometer. Buller under drift förväntas inte orsaka hörselskador eller försämrad kommunikation (*Dietz m.fl. 2000, Tougaard m.fl. 2009*) på den svenska sidan. Ljudet från ett vindkraftverk på en kilometers avstånd är likvärdigt med ljudet från ett lastfartyg på 100 kilometers avstånd. (*Madsen m.fl. 2006*) Det finns mer mänsklig aktivitet i närheten av en vindkraftspark, vilket kan skapa störningar för faunan i området (*Vehanen m.fl. 2010*).

Undervattensbuller från havsbaserade vindkraftverk kommer huvudsakligen från två källor: mekaniska vibrationer från maskiner (växellådor etc.) som överförs längs tornet och strålar ut i det omgivande vattnet, och undervattensbuller från underhållsbåtarna i vindkraftsparken. Den havsbaserade vindkraftsparken kan påverka fisk, och därmed marina däggdjur som lever av fisk, både under byggnation och drift. Effekterna av undervattensbuller på marina däggdjur under driften av den havsbaserade vindkraftsparken har beaktats med hjälp av undervattensmodellering i bilaga 4 (*Niras 2023b*). Nedan följer en kort beskrivning baserad på Niras-rapporten (*2023b*) och andra tillgängliga forskningsdata.

Den havsbaserade vindkraftsparken Halla ligger i ett havsområde utan några vilo-, födo- eller fortplantningsplatser som används av sälar, såsom sund eller öar. Sälar som rör sig i eller runt området under säsongen med öppet vatten uppskattades huvudsakligen vara enstaka förbipasserande individer. Sälar kan dock använda området för födande under den istäckta perioden (mars-april, om istäcket är tillräckligt). Östersjöns sälpopulation är starkt koncentrerad till Bottenhavet (80 % av populationen). Eftersom arten potentiellt använder isområdena i vindparksområdet för fortplantning är det möjligt att förändringar i t.ex. isförhållandena i området också kan påverka sälens levnadsförhållanden och i mindre utsträckning även sträcka sig till Sverige. Regionalt sett kan den havsbaserade vindkraftsparken påverka istäcket i havsområdet något och förlänga dess varaktighet. Eftersom båda arterna, gråsäl och östersjövikare, föder på isen och sälarna i synnerhet också vilar och byter päls på isen, kan en potentiellt längre varaktighet av istäcket till och med gynna sälarna. Det bör dock noteras att sälar sannolikt kommer att undvika områden nära havsbaserade vindkraftsparker och att ovanstående fördel därför kan förbli teoretisk. Förutom eventuella förändringar i isförhållandena kan förändringar i vattenflödet förändra livsmiljön, vilket kan påverka marina däggdjur.

Den havsbaserade vindkraftsparken har också en potentiell inverkan på säljakten på grund av den barriäreffekt som den havsbaserade vindkraftsparken har på den finska sidan. Jakt i parker är dock i princip inte förbjuden och tillträdet till parkområdet begränsas främst av säkerhetsskäl endast under parkens byggperiod.

Sälarnas känslighet för undervattensbuller från vindkraftsparker är låg eller obefintlig, baserat på befintlig kunskap om sälarnas beteende i havsbaserade vindkraftsområden. Storleken på och omfattningen av påverkan från driftsbuller bedömdes vara försumbar. Man bör också komma ihåg att det redan finns sjöfartstrafik i projektområdet. Den ytterligare påverkan av undervattensbuller från vindkraftsparker är därför blygsam och de gränsöverskridande effekterna är mycket små. Sammantaget bedömdes konsekvenserna för sälar av undervattensbuller från kraftverken vara försumbara och bullret kommer inte att påverka sälbestånden på kort eller lång sikt på den finska eller svenska sidan.

Klimatförändringarna utgör ett hot mot sälbeståndet eftersom istäcket förväntas minska ytterligare i framtiden, särskilt i de sydligare områden där arten förekommer. Enligt klimatscenerierna finns det gynnsamma isförhållanden för sälarnas fortplantning i de nordligare havsområdena, vilket understryker Bottenhavets betydelse som livsmiljö och fortplantningsområde för arten, särskilt i framtiden. Förutom klimatförändringarna påverkas livskraften hos Östersjöns sälpopulation av ett brett spektrum av mänskliga aktiviteter i dess livsmiljö, liksom förändringar till följd av mänskliga aktiviteter, såsom ökad fartygstrafik, byggnation i marina områden och potentiella utsläpp från aktiviteter som indirekt kan orsaka till exempel ökat buller, kemiska belastningar och övergödning (*Halkka 2020*).

Beräknat utgör det lägre antalet kraftverk i VE2 en lägre kollisionsrisk för fladdermöss jämfört med VE1, men skillnaden är inte signifikant.

En vindkraftspark kan driva mer känsliga djur längre bort från parken. Om fladdermöss flyttar till området kan vindkraftverken utgöra en kollisionsrisk för dem. Ljusen från vindkraftverken, som lockar till sig insekter, kommer att locka till sig fladdermöss för predation. Fladdermöss, liksom de flesta landfåglar, flyttar sannolikt främst genom att undvika stora vattendrag till sista möjliga ögonblick och utnyttja ögrupper. Även om det finns observationer av fladdermöss som anländer från havet längs Satakuntas kust, och som eventuellt flyttar från havet, är det mer sannolikt att fladdermössens huvudsakliga sydvästliga flyttrutt ligger mycket längre söder om den havsbaserade vindkraftsparken i Finland, i Skärgårdshavet eller i Kvarkens skärgård. Det är därför osannolikt att den föreslagna vindkraftsparken kommer att ha någon betydande inverkan på fladdermusdödligheten och därför inte heller någon gränsöverskridande betydande påverkan. Det är möjligt att enskilda fladdermöss, särskilt små fladdermöss, kan migrera över havet från vindkraftsparken och eventuellt också i viss utsträckning attraheras av ljus och kollidera med vindkraftverken, men totalt sett bedömdes effekterna på fladdermöss vara försumbara, inklusive potentiella effekter på den svenska sidan.

9.3.3.2 Sträckningar för sjökabel/vätgasrör

Ingen gränsöverskridande påverkan på den marina miljön på den svenska sidan förväntas från sjökabel- och vätgasrörssträckningarna.

9.3.4 Konskevenser vid avveckling

Vindkraftverken och de havsbaserade elstationerna kommer att avlägsnas helt (fundamenten delvis/lämnas på plats) med liknande metoder som vid installationen, men i omvänd ordning.

Effekterna på vattenkvalitet, botten, vattenvegetation och livsmiljöer kommer därför att vara liknande som under byggtiden. Om fundamenten delvis lämnas kvar på plats blir påverkan mindre eftersom grumligheten i vattnet blir mindre. Fundamenten kan tas bort helt eller delvis. Vid partiell borttagning sker borttagningen till havsbottennivån eller strax under den, medan den återstående delen lämnas kvar på plats. Borttagandet av fundamenten kommer att påverka alla organismer som kan finnas i området. "Reveffekten" i projektområdet bedömdes dock vara försumbar, så rivningen av strukturerna förväntas inte orsaka någon betydande skada. Den potentiella påverkan av nedmonteringen av konstruktionerna på den svenska sidan bedöms vara mycket begränsad.

Sjökablarna kommer att tas bort eller lämnas kvar på plats. Om kablarna måste tas bort är processen i princip densamma som för kabeldragning, men i omvänd ordning. I det här fallet bedöms påverkan på livsmiljöer, vattenvegetation och bentisk biota vara liknande den som uppstår vid installation av rören. Eventuella erosionsskydd kommer sannolikt att sitta kvar eftersom merparten antas ha sjunkit in i havsbotten, så att ta bort dem skulle orsaka mer skada än att låta dem sitta kvar. Om erosionsskyddet lämnas kvar på plats kan biota på

hårdbotten i området bibehållas om erosionsskyddet inte är inbäddat i sedimentet. Borttagandet av sjökablarna kommer inte att ha någon påverkan på den svenska sidan.

Marina däggdjur kommer att påverkas vid avveckling på samma sätt som under byggtiden (exklusive bl.a. pålning), när vindkraftsparkens strukturer och kablar nedmonteras och påverkan på den svenska sidan bedöms vara försumbar.

9.3.5 Projektet genomförs inte VEO

Om vindkraftsparken inte byggs kommer ingen påverkan att ske på vattenkvalitet och havsbotten på den finska eller svenska sidan. Statusen för livsmiljöer, vattenvegetation, bottenfauna och marina däggdjur kommer att förbli som den är idag och kommer att utvecklas över tid till följd av andra mänskligt orsakade förändringar såsom klimatförändringar, övergödning och vägbyggen.

9.3.6 Konsekvenser för vatten- och havsförvaltningens målsättningar

I detta kapitel diskuteras projektets konsekvenser under bygg- och driftsfasen i förhållande till målen för Finlands vattenförvaltning och havsförvaltningsplan.

Vattenförvaltningen omfattar kustvattenförekomster som sträcker sig från den yttre gränsen för de inre territorialvatten och en nautisk mil mot havet. Projektets kabelsträckningar påverkar vattenförekomsterna Brahestad-Karlö i Bottenvikens yttre kustvatten och vattenförekomsterna utanför Brahestad (MVE1) och Olkijoki-Siikajoki-Säärenperä (MVE2 och MVE3) i Bottenvikens inre kustvatten. Alla dessa vattenförekomster har klassificerats som att de har en tillfredsställande ekologisk status, med målet att uppnå god status senast 2027.

Projektet kommer främst att påverka vattenförekomsterna under anläggningsfasen, när kablar och/eller vätgasrör installeras, varvid botten bearbetas och sediment sprids i vattenmiljön, grumlar vattnet samt sedimenterar i nya områden. Dessutom sprids näringsämnen och små mängder förorenande ämnen med sedimentet. Ändringarna kan öka eutrofieringen och igenslamningen av botten och minska siktdjupet i vattenförekomsterna lokalt, men effekterna under byggtiden kommer att vara tillfälliga och förväntas inte försämra vattenförekomsternas nuvarande tillfredsställande ekologiska status utöver den nuvarande statusen eller förhindra uppnåendet av god målstatus. Sedimenten i området har inte visat sig innehålla betydande nivåer av föroreningar och byggandet av projektet förväntas inte ha någon negativ inverkan på den kemiska statusen i kustvattenförekomsterna.

Långsiktiga förändringar av vattenförekomsterna kommer främst att bero på att berggrunden i kabelsträckningarna försvinner. Förlusten av berggrunden kommer att försämra den hydro-morfologiska statusen för kustvattenförekomsterna något. Preliminära beräkningar visar dock att kabelsträckningarna inte kommer att medföra någon betydande ökning av andelen förändrad botten, med en maximal ökning på 0,15% i vattenförekomsten utanför Brahestads kust, vilket innebär att den totala ökningen blir 2,82%. Preliminära planer för deponeringsområden ligger utanför vattenförekomsterna som omfattas av vattenförvaltningen. Under driften kommer påverkan också att nå kustvattenförekomster genom vindinducerade förändringar i flöde och blandning, vilket enligt modelleringen till stor del skulle mildras längre bort från parken. Vidare förväntas projektet inte försämra den ekologiska statusen för kushabitaten i området eller förhindra att målet om god status uppnås under driftperioden. Under driften förväntas vindkraftverken inte läcka betydande mängder föroreningar till vattnet och projektet förväntas inte försämra den kemiska statusen i kustvattenförekomsterna.

Projektområdet omfattas också av den finska havsförvaltningsplanen i sin helhet, dess mål för god status och separata miljömål (fastställda för 2018–2024) (SYKE 2019). Huvudteman för miljömålen för den andra perioden av havsförvaltningsplanen är bland annat minskning av

näringsbelastningen, minskning av belastningen av skadliga ämnen, minskning av nedskräpningen, förhindrande av spridningen av skadliga invasiva arter, hållbar användning av marina resurser samt naturskydd och restaurering (SYKE 2019).

I havsförvaltningsplaneringen bedöms den marina miljöns goda status med hjälp av 11 deskriptorer och tillhörande indikatorer. Av målen och åtgärderna i vatten- och havsförvaltningsplanen är de som är mest relevanta för projektet och projektområdet sannolikt de som fokuserar på att minska näringsföroreningar och nedskräpning samt förbättra havsbottnens integritet och livsmiljöernas tillstånd. I följande tabell granskas tillståndet för den marina miljön och projektets påverkan på deskriptorerna. Ingen av de nedan bedömda effekterna sträcker sig till den svenska sidan.

Tabell 9–3. Projektets inverkan på deskriptorer för god marin miljöstatus som definieras i den marina förvaltningsplanen (Korpinen m.fl. 2018).

Deskriptorer för god marin miljöstatus		
Deskriptor	Förklaring	Aktuell status 2018 och beräknad uppnåelse av god status samt projektets påverkan på statusvariabler
Marin biologisk mångfald	Livsmiljöernas kvalitet och förekomst samt arternas utbredning och antal återspeglar de rådande fysiografiska, geografiska och klimatmässiga förhållandena.	God status har inte uppnåtts i alla områden. Bottenlevande habitat med god status finns främst i Bottniska viken, där den antropogena belastningen är låg och vattnet nära botten är surt. Djur- och växtplanktonsamhällena i de öppna havsområdena i Bottenhavet och Kvarken är också i gott skick. Bland de marina däggdjuren har populationen av östersjövikare ökat i Bottniska viken, men reproduktionen är dålig. Tumlare förekommer endast sporadiskt och statusen är inte god i Finlands havsområden. Havsöringsbeståndets status är mycket dålig i alla havsområden, och även Bottenvikens vandringsfiskbestånd bedöms vara dåligt. Sjöfåglarna i Bottenhavet bedöms vara i gott status. Av alla de livsmiljöer som listas i bilaga I till habitatdirektivet är det endast typen "Öar och skär i yttre skärgården" som bedöms som gynnsam, vilket motsvarar god miljöstatus för havsförvaltningen. För de övriga är bevarandestatusen ogynnsam och trenden är i de flesta fall nedåtgående. Hotade öppna sjögräsängar förekommer i kustområdet för alla kabelsträckningar. Strandområdena är omfattande, så det kan vara möjligt att hitta ett område inom dem där det inte förekommer någon hotad livsmiljö. Om till exempel MVE1 väljs som landstigningsplats på den byggda och djupa stranden framför

Deskriptorer för god marin miljöstatus		
Deskriptor	Förklaring	Aktuell status 2018 och beräknad uppnåelse av god status samt projektets påverkan på statusvariabler
		stålverket i Brahestad är det osannolikt att det blir någon negativ påverkan på livsmiljön. Ett annat möjligt strandområde som inte förväntas ha några negativa effekter på livsmiljötypen är stranden söder om Yrjänäniemi i MVE2, eftersom skyddade kransalgsbottnar observerades norr om halvön. Bland livsmiljöerna i habitatdirektivet förekommer omfattande grunda vikar, kustlaguner, rev och flodmynningar i projektområdet. Dessutom kan sandbankar under vatten förekomma i projektområdet. Den minsta påverkan på livsmiljöer som omfattas av habitatdirektivet skulle uppstå om kablarna installerades inuti MVE2, så att de landstiger på den södra sidan av Yrjänä-udden eller i MVE1. Endast ett vätgasrör skulle behöva installeras, så påverkan av att installera dem skulle vara mindre än att installera flera kablar. Det finns dock rev längs VVE1. Mer detaljerade undersökningar bör genomföras under den fortsatta utvecklingen av projektet för att bättre kunna bedöma hur man ska ta hänsyn till revhabitat. Utrotningshotade växtarter som småsvalting, ishavshästsvans och fyrling förekommer längs kabelsträckningarna. Småsvalting är både en regionalt och nationellt hotad art och dess status har försämrats. Den är en fridlyst art i hela landet. Ishavshästsvansen är en nationellt skyddad art. År 2020 listas fyrlingen som en art av akut bevarandeintresse. I synnerhet MVE3:s strandområde och dess närhet är hemvist för hotade växtarter, men vissa förekomster finns också längs de andra två kabelsträckningarna. Alternativ MVE3 bedömdes ha de största negativa effekterna på hotade växter.
Invasiva arter	Nivåerna av invasiva arter som sprids av mänskliga aktiviteter ligger på nivåer som inte påverkar ekosystemen negativt.	År 2018 var statusen i de flesta fall god i Finlands havsområden och det är möjligt att upprätthålla en god status genom att genomföra befintliga åtgärder. Mellan 2011 och 2016 har dock 12 nya främmande arter introducerats i resten av

Deskriptorer för god marin miljöstatus		
Deskriptor	Förklaring	Aktuell status 2018 och beräknad uppnåelse av god status samt projektets påverkan på statusvariabler
		Östersjön, vilket innebär att statusen är dålig på Östersjönivå. Etablerade invasiva arter i projektområdet inkluderar havsbortsmask, och i området för kabel-/vätgasrörsträckningen MVE1/VVE1 svartmunnad smörbult. Som en aggressiv konkurrent kan den svartmunnade smörbulten gynnas av störningar, bland annat från kabeldragning, men påverkan bedömdes vara lokal och tillfällig. Havsbortsmask kan också gynnas av störningar under anläggningsarbetet. Kraftverksfundamenten i de grundaste områdena kan bland fästade bottendjurarter gynna klubbpolypen, men påverkan bedömdes vara liten för båda arterna eftersom de är relativt väletablerade i Bottenviken.
Kommersiella fiskarter	Populationerna ligger inom säkra biologiska gränser, och ålders- och storleksfördelningen i populationen visar att populationen är i gott skick.	Statusbedömningen 2012 kunde inte bedöma status för kommersiella fiskarter på grund av brist på data. I 2018 års uppdatering av bedömningen fastställdes status för internationellt kvoterade bestånd av sill, skarpsill, torsk, lax och vandringsik per havsområde baserat på deras förekomst och där data finns tillgängliga. För andra kommersiella arter, som huvudsakligen fiskas i kustområden, fastställdes statusen för gös, Bottenvikens vandringsik och abborre. Den nuvarande statusen är god för de viktigaste kommersiella bestånden som sill och skarpsill och för de flesta kommersiella kustbestånden. Undantaget i Bottenviken är beståndet av vandringsik, som anses vara i dålig status. Ett viktigt laxbestånd i Bottniska viken (Simojoki) har inte heller uppnått god status. För de bestånd som är i dåligt skick pågår åtgärder för att uppnå god status under de kommande åren. Projektet kommer inte att ha någon betydande inverkan på kommersiellt utnyttjbara fiskarter. Det kan uppstå tillfälliga negativa effekter i kabeldragningarna på grund av grumlighet och mer långsiktiga effekter om de viktigaste lekområdena inte kan kringgå. Det kommer dock att

Deskriptorer för god marin miljöstatus		
Deskriptor	Förklaring	Aktuell status 2018 och beräknad uppnåelse av god status samt projektets påverkan på statusvariabler
Näringskedja		krävas ytterligare undersökningar av lekområdena. I det större sammanhanget med populationerna av kommersiellt viktiga fiskarter i hela Bottenhavet kommer projektet inte att ha några betydande negativa effekter.
	Alla element, så långt de är kända, förekommer i sin normala mängd och mångfald och på nivåer som säkerställer arternas långsiktiga överflöd och det fullständiga bevarandet av deras reproduktionsförmåga.	I Finlands havsområden är näringskedjans toppredatorer i gott skick, men på lägre nivåer i näringskedjan har eutrofieringen förändrat artsammansättningen. Även om producent- och växtätarsamhällena har störts har näringskedjans funktion inte förändrats och därför kan näringskedjans tillstånd anses vara god. Projektet kommer inte att ha någon betydande påverkan på näringskedjorna, och den mest betydande påverkan, dvs. påverkan på bentiska samhällen på grund av förlust av havsbotten och grumlighet, bedöms vara tillfällig.
Eutrofiering	Den av människan orsakade eutrofieringen, särskilt dess negativa effekter såsom förlust av biologisk mångfald, försämring av ekosystem, skadlig algbloomning och syrebrist på havsbotten, har minimerats.	God status har inte uppnåtts. Den övergripande bedömningen av eutrofieringsstatusen i Finlands kust- och utsjövatten är dålig. I de öppna kustområdena i Bottniska viken är den försämrade statusen en följd av näringsbelastningen och direkta eutrofieringseffekter. Medan alla havsområden har dålig status enligt den övergripande bedömningen av övergödningstatus, uppvisar ett antal öppna och kustnära vatten och deras delavrinningsområden (vattenförekoms-ter) god status för enskilda indikatorer. På kustvattentypnivå uppfyller totalkväve och/eller totalfosfor och siktdjup målvärdena för god status i Kvarkens och Bottenhavets yttre kustvatten. I utsjöområdena var det endast oorganisk fosfor som visade god status bland näringsindikatorerna i Bottenhavet. Målet för god status för växtplankton a-klorofyll uppfylls inte i något kust- eller utsjöområde. Muddring under projektets anläggningsfas kan frigöra näringsämnen från sedimentet, främst fosfor, vilket kan ha en mindre effekt på eutrofieringen av havsområdet och återspeglas i ökad produktion av plankton och sillalger lokalt. Effekten är

Deskriptorer för god marin miljöstatus		
Deskriptor	Förklaring	Aktuell status 2018 och beräknad uppnåelse av god status samt projektets påverkan på statusvariabler
Havsbottnens integritet		dock tillfällig och endast en liten del av den fosfor som är bunden till sedimentet kan användas direkt av basproducenterna och hamnar i det produktiva ytskiktet eller kustzonen.
	Nivån på den direkta eller indirekta påverkan på havsbotten är sådan att ekosystemets struktur och funktioner skyddas och att det inte förekommer någon negativ påverkan på det bentiska ekosystemet.	Statusen under 2018 var i stort sett god och det är möjligt att upprätthålla god status genom att genomföra befintliga och vissa nya åtgärder. Statusen för de omfattande livsmiljöerna på den djupa havsbotten i Bottenhavet är god. Projektet kommer att leda till förlust av havsbotten under fundamenten till kraftverk och elstationer till havs, samt störningar i kabelsträckningsområdet på upp till några tiotals hektar, beroende på alternativ. Beroende på typ av fundament kommer maximalt ca 0,2 km² (0,04%) av vindkraftsparkens yta att gå förlorad. Vindkraftsparkens havsbotten är karg och artfattig, och habitatstatusen bedöms vara god (Habitat i yttre havet, indikatorer för bentiska samhällen i yttre havet). I takt med att projektutformningen fortskrider kommer uppgifterna att förfinas när det gäller habitatspecifika förluster. Ekosystemets struktur kommer inte att störas av förlusten av botten på grund av kraftverksstrukturerna och konstruktionen kommer inte att ha någon betydande inverkan med tanke på de omfattande livsmiljöerna på hela havsbotten i Bottenhavet.
Hydrografiska förändringar	Permanent förändringar av förhållandena påverkar inte de marina ekosystemen negativt	Statusen under 2018 var i stort sett god och det är möjligt att upprätthålla god status genom att genomföra befintliga och vissa nya åtgärder. De hydrografiska förhållandena i närheten av kraftverken påverkas lokalt av vindkraftsparkens strukturer och de låga salthaltiga och termiska belastningarna från vätgasproduktionen. Vindförluster under driften av vindkraftsparken kommer att påverka vattenflöden och vattenblandning över ett stort område, men dessa förändringar bedömdes överlag vara små. Påverkan på ekosystemnivå från hydrografiska förändringar bedömdes vara försumbar.

Deskriptorer för god marin miljöstatus		
Deskriptor	Förklaring	Aktuell status 2018 och beräknad uppnåelse av god status samt projektets påverkan på statusvariabler
Koncentrationer av föroreningar (skadliga och farliga ämnen)	Koncentrationer vid nivåer som inte leder till föroreningseffekter.	God status har inte uppnåtts. Finlands havsområden är i dåligt skick när det gäller halterna av farliga och skadliga ämnen, och halterna av bromerade PBDE överskrider i alla havsområden. För fisk som används som människoföda är statusen dock god. MKN för kvicksilver överskrider på ett fåtal platser, t.ex. på botten av Bottenhavet. Projektet förväntas inte orsaka mer än en mindre påverkan på den marina miljön, främst i samband med muddring under anläggningsfasen. Vindkraftverken har utformats på ett sådant sätt att de inte kommer att läcka eller lösa upp skadliga ämnen i vattenmassan.
Föroreningshalter i fisk	Föroreningsnivåerna överskrider inte de nivåer som fastställs i lagstiftning eller andra relevanta standarder.	Fisk för mänsklig konsumtion är i gott skick när det gäller skadliga ämnen. Människors exponering via kosten har tydligt minskat. Enligt 2016 års resultat utgör dioxinhalterna ingen risk för människor. Koncentrationerna av tungmetaller i havsfisk ligger också under tröskelvärdena. Det är dock fortfarande viktigt att följa rekommendationerna för konsumtion av vild fisk, eftersom variationerna i halterna kan vara stora på grund av fiskens tillväxttakt, ålder och vävnad i den fisk som äts. Projektet kommer inte att leda till förändringar i koncentrationerna av föroreningar i fisk eftersom de muddrade och dumpade sedimenten i allmänhet kommer att ha låga koncentrationer av föroreningar och ingen ackumulering kommer att ske.
Marin nedskräpning	Inte skadligt för kust- och havsmiljön med avseende på dess egenskaper och kvantitet.	På grund av brist på data var det inte möjligt att bedöma situationen 2012. Under 2018 kunde statusen för skräp inte bedömas på grund av att tröskelvärden för god status saknades och att data saknades. Sedan 2012 har skräpet övervakats systematiskt genom insamling av strandskräp (makroskräp (storlek större än 2,5 cm), bottenskräp och mikroskräp i ytvatten (storlek mindre än 5 mm)). Uppgifterna visar tydligt områden med mer skräp och orsakerna till nedskräpningen. Projektet kommer att prioritera användningen av byggmetoder som

Deskriptorer för god marin miljöstatus		
Deskriptor	Förklaring	Aktuell status 2018 och beräknad uppnåelse av god status samt projektets påverkan på statusvariabler
		inte orsakar nedskräpning. Mindre nedskräpning kan förekomma under anläggningsfasen. Nedskräpningen av stränderna kommer att övervakas med hjälp av observationer och allt skräp som hittas kommer att samlas in.
Energi och buller	Inte på en nivå som skulle ha en negativ inverkan på den marina miljön	Under 2018 var det inte möjligt att bedöma statusen på grund av brist på data.

9.3.7 Kumulativa konsekvenser

Baserat på preliminära tidsplaner kan det finnas kumulativa effekter under byggnationen med Polargrund, som byggs samtidigt som Halla. Modelleringen av sedimenttransport och sedimentation visade dock att de fasta partiklarna inte sprids särskilt långt utanför projektområdet för havsbaserad vindkraft, så de kombinerade effekterna på vattenkvaliteten kommer sannolikt att vara mycket begränsade. Det finns inga förutsedda byggrelaterade interaktioner med de andra havsbaserade vindkraftsparkerna, eftersom de ligger längre bort från Polargrund. För vissa av projekten finns det ingen offentligt tillgänglig information om byggdatum, vilket gör det omöjligt att bedöma potentialen för byggrelaterade interaktioner.

Under anläggningsarbetet kommer det att förekomma fler interaktioner med marina däggdjur än under driften, främst på grund av undervattensbuller från anläggningsarbeten, muddring och bottenmodifiering samt sprängningar när flera projekt genomförs samtidigt. Anläggningen av den havsbaserade vindkraftsparken omfattar anläggningsfasen för elöverföringsnätet, eventuell anläggning av vätgasrör och anläggningen av den havsbaserade vindkraftsparken. Av dessa medför byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken i sig mer buller och störningar än byggandet av elöverföringsnätet. Under byggnationen kan påverkan sträcka sig till den svenska sidan och kan synas som att marina däggdjur avskräcks från området.

Under driftsfasen kommer vindkraftsparkerna sannolikt att ha måttliga kumulativa effekter med Polargrund Offshore-projektet på den svenska sidan genom vindförändringar, särskilt om alla andra projekt som planeras för Bottenhavet skulle genomföras, vilket är osannolikt. För Halla visar modelleringen att vindförlusten påverkar ett ganska stort område, som även sträcker sig in i det svenska havsområdet. Vindförlusten visade sig påverka ytströmmarna i havet och ytterligare temperatur, salthalt och skiktning i havsområdet, men dessa förändringar bedöms överlag vara milda. Påverkan på ekosystemnivå från hydrografiska förändringar på den svenska sidan bedöms också vara försumbar.

Förändringar relaterade till vattenblandning kan fortsätta att påverka t.ex. tillgången på näringsämnen och därmed ytterligare påverka växtplankton och andra näringsvävar. För flera vindkraftsparker skulle dessa fenomen sannolikt överlappa varandra och eventuellt vara kumulativa.

Alla projekt i närheten kan ha potentiella driftsmässiga interaktioner med Halla-projektet på marina däggdjur, om de genomförs. Under driften är de kumulativa effekterna på marina däggdjur mindre än under byggtiden. Intensiteten i interaktionerna ökar på grund av närheten till vindkraftsparkerna (i synnerhet Polargrund Offshore, 3 km från projektområdet), vilket

resulterar i ett större område med integrerad påverkan. Under driften är de huvudsakliga kumulativa effekterna relaterade till undervattensbuller och vibrationer från turbinerna och eventuella förändringar i isförhållanden och vattenflöde i området, vilket kan påverka livsmiljön för marina däggdjur.

Enligt wpd (2022) har en preliminär undersökning av förekomsten av fladdermöss genomförts under utarbetandet av samrådsdokumentet för Polargrund Offshore. Syftet var att kartlägga tidigare kända fladdermuspopulationer i området och potentiella migrationsvägar. För den preliminära undersökningen kontaktades två fladdermusforskare som bland annat studerar migrationsbeteendet hos olika fladdermusarter i Sverige och Finland. Dialog har också förts med en tjänsteman från Västerbottens läns landsting som är kunnig om fladdermöss, enligt samrådsunderlaget. Dessutom har dokument från Artportalen, Finlands artdatabank och rapporten om fladdermöss som flyttar över Kvarken granskats.

Fyra av de fladdermusarter som finns i Sverige är klassade som långflyttare och kan migrera minst 1 500 km genom Europa (*Batlife Sweden 2022*). Dessa arter är stor fladdermus (*Nyctalus noctula*), skogsfladdermus (*Nyctalus leisleri*), dvärgfladdermus (*Pipistrellus nathusii*) och schimpansfladdermus (*Vespertilio murinus*), varav skogsfladdermusen är klassad som starkt hotad.

Fladdermöss kan ibland förekomma i havsområden, särskilt under migrationen. Det är dock inte känt i vilken utsträckning området är viktigt som migrationsväg för fladdermöss eller hur många individer som finns i havsområdet. Det antas att fladdermöss föredrar de smalare delarna av havsområdet när de korsar havet.

I närheten av projektområdet för den havsbaserade vindkraftsparken planeras bland annat det havsbaserade vindkraftsprojektet Polargrund på den svenska sidan, som, om det genomförs, kan ha potentiella synergieffekter med den havsbaserade vindkraftsparken Halla, främst för fladdermöss. Det ökade antalet havsbaserade vindkraftverk i området kan öka risken för fladdermuskollisioner, t.ex. under migration eller predation. Det råder dock osäkerhet om fladdermössens migration och förekomst i havsområdet.

Interaktioner efter stängning kommer att likna dem under byggtiden, men sannolikt vara mindre allvarliga. I synnerhet kommer synergier att uppstå om nedmonteringen sker samtidigt på platser i närheten av varandra, i vilket fall det också kan finnas synergier på den svenska sidan.

9.3.8 Osäkerhetsfaktorer i bedömningen

Bedömningen baserades på de uppgifter om havsområdets miljöegenskaper och status som presenteras i tabell 8–1 och modellering av förändringar i grumlighet, sedimentering, temperatur, salthalt och strömmar (*Niras 2023*). En del av uppgifterna har modellerats och modellerna återspeglar inte verkligheten lika exakt som de uppgifter som observeras eller mäts i naturen.

Projektets modellering av flöde och vattenkvalitet användes som en viktig input för att definiera påverkansområdet. Modellering är i bästa fall en förenklad matematisk beskrivning av vattenrörelser och transport av ämnen, och det finns alltid en osäkerhet i modellering. Prestandan hos den modell som användes i projektet testades genom att den kalibrerades till lokala förhållanden med hjälp av befintliga data om bland annat vattennivåer, flöden, temperatur och salthalt. Modelleringen krävde ett antal antaganden om vindkraftverkens utformning, metoderna och belastningarna under byggfasen samt tidsplanen för arbetena. Antagandena gjordes dock i syfte att maximera påverkan och resultaten representerar därför den största möjliga påverkan och går i vissa fall längre än så. Modelleringen kommer att förfinas i senare faser av projektet när mer detaljerade konfigurationer, markundersökningar etc. blir

tillgängliga i takt med att projektet fortskrider. I allmänhet är modellering det bästa sättet att simulera de konkreta effekterna av ett nytt projekt, och trots osäkerheterna ger beräkningen en bra bild av den maximala spridningen av sediment i vattenmassan under byggperioden och av förändringarna i havsområdets hydrodynamik under driften. Vid tolkningen av modellresultaten bör man inte lägga för stor vikt vid enskilda beräkningsresultat, utan syftet med modelleringen som helhet är att hjälpa experterna att dra slutsatser.

Andra modeller som användes var bl.a. GTK:s modell för rev och sandbankar under vatten, SYKE:s modeller för hotade livsmiljöer, GTK:s modell för hårda och mjuka havsbottenar, som användes som underlag för kartläggningen av havsvindparkens undervattensmiljöer och den bottenfauna som är knuten till hårda havsbottenar i området, samt Traficoms marina kartdata, som användes som underlag för kartläggningen av undervattensmiljöerna och bottenfaunan i kabel- och vattenledningsrutterna på de revliknande höjderna.

Användningen av modeller är motiverad eftersom det finns mycket lite befintliga data om t.ex. bottenkvalitet och arter, särskilt i djuphavsområden. VELMU-undersökningarna i projektområdet har främst fokuserat på de grunda områden som har störst betydelse för den biologiska mångfalden. Fältundersökningarna rapporterade inte bara arter utan även bottenkvalitet, vilket gjorde att bedömningen kunde använda mer detaljerade uppgifter om bottenkvalitet än modellen. De insamlade uppgifterna ger tillsammans med VELMU-projektets material en sammanhängande och tillräckligt exakt bild av områdets naturvärden under vattnet. Dessutom användes modellerna för att utreda förändringar i miljön som inte kan studeras med observationsdata, så även här är användningen av modellen motiverad.

Det finns ingen fältverifierad information om förekomsten av rev och undervattenssandbankar i projektområdet. Platsen för undersökningspunkterna bestämdes i förväg utifrån GTK:s hård- och mjukbottenmodell för den havsbaserade vindkraftsparken och Traficoms marina kartdata för kabel- och vätgasrutterna, i syfte att rikta in sig på hårbottenar och potentiella rev i området. Hårda bottenar definieras som jordarter som sträcker sig från grus till stenblock och berghällar, och mjuka bottenar som jordarter som sträcker sig från silt till sand. Utöver den hårda botten utfördes kartläggningen på mjukbotten, särskilt sandbotten, så det finns en viss osäkerhet i modellen för hård och mjuk havsbotten. I området för havsbaserade vindkraftsparker låg 56% av punkterna på hårbotten (hårbotten utgör mer än 50% av det kartlagda området) och 38% på kabel- och vätgasrutter.

Sjökortsdata är också delvis modellerade data, så det är inte säkert att höjden på sjökortet verkligen är en höjd. Resultaten om arter och livsmiljöer från undersökningarna är inte en helt tillförlitlig representation av revarterna i området, eftersom undersökningarna inte utfördes på rev som bekräftats genom fältundersökningar.

Beskrivningarna av livsmiljöerna i Natura omfattar inte reven i Bottenhavet, som skiljer sig mycket från reven i beskrivningen av livsmiljöerna i Natura. Reven i Bottenhavet bör därför läggas till i inventeringen av Natura-habitat med habitatbeskrivningar, där så är lämpligt, för att stödja konsekvensbedömningen, så att alla har en gemensam uppfattning om statusen för de rev som är typiska för Bottenhavet med tanke på deras representativitet och bevarande. Enligt Essi Keskinen, naturvårdsexpert vid Forststyrelsen, är Bottenhavets rev som mest mångfaldiga på 2–5 meters djup, särskilt i närheten av flodmynningar och där det finns olika arter av vattenlevande däggdjur (Keskinen 2024). Denna bedömning grundar sig både på GTK:s modell för rev och på den ovan nämnda beskrivningen av mångfalden av rev i Bottenhavet.

I fortsatta studier av projektet bör potentiella rev lokaliseras med hjälp av ekolodningar. Med hjälp av tvärsnittssonderingar kan man fastställa bottenkvaliteten på de upphöjda områdena och därmed avgöra om det rör sig om rev eller sandbankar samt fastställa hur branta sluttningarna är, så att de inte i själva verket huvudsakligen är flacka. Baserat på

tvärsnittsljudsdata kan dropvideo och dykundersökningar riktas mot revbildande inskränningar för att kartlägga arter och förekomst av exempelvis lek, och därmed bedöma naturvärdena hos dessa rev. Det finns ingen information om livscykeln för den i området vanliga klotalgen, så det är inte möjligt att rekommendera en byggtidpunkt som minimerar negativa effekter på algernas reproduktion (Luontoportti 2024). Klotalgen kan dock leva utan fäste, så de negativa effekterna är inte lika stora som de kan vara för andra algarter.

Till osäkerheterna hör att vindkraftverkens slutliga placeringar inte är exakt kända i detta skede. De slutliga platserna kommer att bestämmas först efter valet av kraftverksdesign, geotekniska studier och mer detaljerad byggplanering.

Det har gjorts en del forskning om hur havsbaserade vindkraftsparker påverkar sälar, men det finns inga omfattande uppgifter tillgängliga. Uppskattningar av sälarnas antal och säsongsmässiga migrationsdata är ungefärliga och kan innehålla felaktigheter. Mängden befintliga forskningsdata är begränsad.

Det har inte gjorts några studier av fladdermössens förflyttningar över havet i området, så förekomsten av fladdermöss kan varken uteslutas eller verifieras. Enskilda fladdermöss kan migrera över havet från Halla havsbaserade vindkraftspark. Eftersom fladdermössens huvudsakliga migrationsrutter följer ölinjerna i Skärgårdshavet är det dock osannolikt att det skulle förekomma betydande migration av fladdermöss genom vindkraftsområdet mot bakgrund av nuvarande kunskap.

9.3.9 Förebyggande och begränsning av konsekvenser

Påverkan på vattenkvalitet och sediment under anläggningsfasen kan minskas genom noggrann utformning av kraftverksplatser och kabel- och/eller vätgasrösrutten. Valet av arbetsmetoder kommer också att ha en betydande inverkan på behovet av modifiering av botten och mängden sediment som sprids. Exempelvis har användning av vattentryckssprutning för installation av kabel- och vätgasrör mindre sedimentation och sedimentationseffekter än muddring och deponering. Valet av verktyg beror delvis på bl.a. bottenförhållandena, vilket innebär att de inte är helt fria att välja. Under anläggningsarbetet kan silt- eller bubbelgardiner användas för att förhindra spridning av fasta partiklar, särskilt i känsliga områden. Under driften kontrolleras vindkraftverkens skick regelbundet och till exempel repareras bladen om ytskiktet är slitet. Detta bidrar till att förhindra urlakning av ämnen från kraftverksmaterialen.

Negativ påverkan på marina däggdjur bedöms främst bero på undervattensbuller, som kan mildras genom tekniska lösningar under byggnationen, särskilt under byggperioden. Dämpningseffekten, som vanligtvis är cirka 10–20 dB, beror på vilken teknik som väljs (*Meriläinen 2019, Koschinski & Lüdemann 2013*). Bullerreducerande åtgärder omfattar dämpning av farligt högt buller under sprängningsarbeten för att minska risken för fysiska hörselskador hos marina däggdjur (och fiskar) och användning av avskräckande medel, som kan testas före bullriga arbeten. En gradvis ökning av bullernivåerna kan också eftersträvas, vilket kommer att ha en avskräckande effekt på marina däggdjur. En annan vanligt förekommande metod är bubbelgardinen (figur 9–11), som används särskilt vid pålning och sprängning. En bubbelgardin bildas genom att tryckluft släpps ut från botten genom en perforerad slang som är förankrad och viktad så att den stannar kvar på botten. Luft och vatten har olika akustiska impedanser och när en ljudvåg stöter på luftbubblor fungerar de som en tryckavlastning på grund av den stora skillnaden i impedans. Bubblor har också en resonansfrekvens som absorberar ljud. Effekten av bubbelgardiner kan förstärkas genom att skapa bubblor av olika storlek och öka luftflödet. (*Meriläinen 2019, Koschinski & Lüdemann 2013*.)



Figur 9–11. Bubbelgardin (Foto: Meriläinen 2019).

Vindkraftverkens belysning bör använda ljus med lägsta möjliga UV-spektrum, vilket lockar insekter och därmed fladdermöss till närheten av vindkraftverken.

9.4 Fiskar och fiske

SLUTSATSER:

- Området för den havsbaserade vindkraftsparken Halla och det angränsande havsområdet på den svenska sidan är glest bestående av pelagiska stimfiskar, vandringsfiskar som passerar genom området och bottenlevande fiskar. Baserat på tillgängliga data finns det inga betydande lekområden för kommersiellt viktiga fiskarter, botten består till stor del av ofruktbar sand och sten. Fisket i området för vindkraftsparken och på den svenska sidan i närheten är mycket begränsat.
- Grumling, undervattensbuller och ökad fartygstrafik från byggnationen av kraftverken och dumpning av muddermassor kan orsaka förflyttning av fisk, inklusive lax, eller förändringar i vandringsvägar, vilka är tillfälliga. Med tanke på vindkraftsparkens omfattning bedömdes påverkan på fisk som liten negativ för gränsöverskridande påverkan. Dessutom kommer det att uppstå en negativ påverkan på grund av ökad sedimentering, som dock inte kommer att hota kommersiellt viktiga fiskarter eller deras potentiella lekområden på den finska eller svenska sidan. De habitat- och bottenstudier som genomförts tyder på att inte ens de grundaste delarna av vindparksområdet är särskilt varierade när det gäller marint liv eller fiskhabitat.

- Sedimentkoncentrationerna är låga och det finns ingen risk för ackumulering av föroreningar på den finska eller svenska sidan från muddring, deponering eller kabelinstallation.
- Buller under byggtiden beräknades ha en måttlig påverkan med byggalternativet pålning av fundamenten och användning av begränsande metoder (dubbel bubbelgardin). För de andra grundläggningsalternativen skulle påverkan vara på högst samma nivå utan användning av begränsningsmetoder. Gränsöverskridande kumulativ påverkan kan uppstå om anläggningsarbeten utförs i flera projektområden för havsbaserad vindkraft samtidigt.
- Buller-, flimmer- och skuggeffekter på fiske, inklusive laxfiskar, samt driftseffekter från elektromagnetisk strålning är försumbara och kommer att finnas på den finska sidan. Påverkan från salthalt och värmebelastning från vattenuttag beräknades vara begränsad till den finska sidan.
- Av de negativa effekterna under driften av vindkraftsparken bedömdes den mest betydande vara allmän förändring av fiskhabitat och förlust av botten. Turbinerna kommer att placeras ut över ett stort område i den havsbaserade vindkraftsparken på ett så glest sätt att de sannolikt inte kommer att ha någon fysisk barriäreffekt på vandringsfiskars eller andra fiskarters rörelser eller beteende, eftersom de kan undvika kraftverksstrukturerna. De rutters som fiskarna använder kan dock potentiellt förändras, särskilt till följd av den kombinerade effekten av flera projekt, som kan ha gränsöverskridande effekter.
- Även om trålning kan bli svårare till följd av vindkraftsparken bedömdes den negativa påverkan på fisket under driften av vindkraftsparken vara försumbar, med hänsyn till annan påverkan än förhindrande av fiske (t.ex. buller, habitatförändring och deras påverkan på fiskfångster). Det kommersiella fisket i det aktuella havsområdet är mycket begränsat.

9.4.1 Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder

Projektets effekter på fisket och det kommersiella fisket har bedömts genom expertbedömningar, intervjuer och separata studier. Faktorer som påverkar fisken och fisket i området kan vara kraftverksstrukturer, grumligt vatten, förändringar i fiskens beteende eller utvandring på grund av vattenkvalitet, flödesförändringar eller buller samt effekter på fiskens lek. Rörelse-restriktioner under byggnation och drift (inklusive bottentrålning och ankringsförbud) kan också påverka fisket.

För det kommersiella fisket i området har fiskeområdena, antalet fiskare, fångstdata och fiskeansträngning fastställts utifrån ICES relevanta statistiska system.

En **intervju med** yrkesfiskare som fiskar i området har gett mer detaljerad information om fiskarter och lekområden, vandringsfisk och deras vandringsvägar, hotade arter och kommersiellt viktiga fiskarter i Finland. Informationen har i tillämpliga delar kompletterats med information om fritidsfiske som erhållits genom en enkät bland invånarna. Dessutom har information om yrkesfisket på den svenska sidan inhämtats från offentliga källor.

De separata fiskeundersökningarna har inkluderat nätfiske och habitatundersökningar under sommaren 2022 och 2023.

Fiskutplantering i området har undersökts och data från befintliga märkningsundersökningar för vandringsfisk har erhållits från Naturresursinstitutet.

Baserat på resultaten av ovanstående bedömningar och undersökningar har en sammanfattning utarbetats för att bedöma biotopens anpassning till de nya förhållandena och de potentiella permanenta effekterna på fiskbestånden i havsområdet och fiskets lönsamhet. Det påverkansområde som beaktas är projektområdet och det uppskattade spridningsområdet för grumlighet under byggfasen.

9.4.2 Konsekvensbedömning

9.4.3 Konsekvenser under byggtiden

Påverkan under byggandet av fundamenten för vindkraftverken och installationen av sjökablarna kan jämföras med påverkan från muddringsprojektet. Utgrävningen, övertäckningen och utjämningen av botten, installationen av sjökablar och dumpningen av muddermassor kommer att leda till att fasta partiklar frigörs i vattenfasen, vilket orsakar grumlighet och ökad sedimentation. I allmänhet är sedimentationen lokal och kortvarig och sedimentets kvalitet (t.ex. kornstorlek) är också viktig, medan omfattningen av påverkan påverkas av kvaliteten på havsbotten i deponeringsområdet, strömmarna nära havsbotten, arbetsmetoden och tidpunkten för dumpningen. Anläggningsarbetena kommer också att orsaka undervattensbuller och andra störningar, och kan frigöra föroreningar och näringsämnen från sedimentet. Ovanstående kommer också att påverka fisket. Projektets olika faser och omfattning beskrivs mer i detalj i den tekniska beskrivningen av projektet i kapitel 5 och 6.

9.4.3.1 Bearbetning av botten och vattengrumlighet samt ökad sedimentation

Anläggandet av vindkraftsparken och kablarna samt dumpningen av massorna kommer att förstöra bottenlivet i anläggningsområdena, vilket kan påverka bottenfiskar som livnär sig på bottenlevande organismer. Bottenfaunan förväntas återvända till deponeringsområdena eller kabeldikeområdena snabbt efter att dumpningen eller dikningen har upphört, så effekten på fiskens näringskedja i detta avseende kommer att vara tillfällig. Fiskar kan också dö eller skadas fysiskt om de av misstag fastnar under massorna som bearbetas eller flyttas, men risken bedöms vara låg eftersom fiskarna sannolikt har rymt innan dess. Flykt av fisk i närheten av byggarbetsplatser bedömdes kunna inträffa på grund av grumligt vatten under byggtiden och ökat undervattensbuller, men detta skulle vara tillfälligt.

Vattengrumling från muddring och deponering kan minska predationseffektiviteten hos rovfiskar. Fasta partiklar som driver och sedimenterar kan direkt täcka rom och minska yngelproduktionen samt orsaka påväxt på fiskeredskap. Det kan också ha en indirekt effekt genom att störa fiskens naturliga livsmiljö och bottenvegetation, både på botten och genom att täcka potentiella lekområden. Dessutom kan grumlighet stöta bort fisk och fisklarver. Nykläckta yngel är känsliga för förhöjda halter av fasta ämnen, och grumlighet kan också minska predationen på ynglen. Höga halter av fasta partiklar kan också orsaka dödlighet hos yngel. Art-specifika tröskelvärden för utvandring har föreslagits, från 3 till 1 000 mg/l, vanligare 10 till 20 mg/l. Data tyder på att effekterna av koncentrationer på 10 mg/l främst är koncentrerade till de känsligaste arterna och till rom och yngel (*Keller m.fl. 2006* och *Engel & Sorensen 2001*, i *Vehanen m.fl. 2010*). Även om det finns skillnader i känslighet mellan arter och deras livsstadier tyder studier på att effekterna vid maximala koncentrationer på 100 mg/l är försumbara om effekten av 100 mg/l varar mindre än 14 dagar, och under korta perioder (timmar) kan många arter tolerera koncentrationer på upp till 1000 mg/l fasta ämnen. Planktonätande fiskar verkar vara de känsligaste arterna och sill har t.ex. visat sig undvika koncentrationer på upp till 3 mg/l. För sill är de känsligaste livsstadier larvstadiet, medan ägget är mer motståndskraftigt mot grumling och sedimentering. Yngel kan drabbas av fysiologiska effekter vid koncentrationer så låga som 100 mg/l om koncentrationen upprätthålls under en sammanhängande dag (*Karlsson m.fl. 2020*).

Fiskflykt är vanligtvis tillfällig, men när levnadsförhållandena förändras mycket kan den också vara permanent, eftersom det finns skillnader i tolerans mellan olika fiskarter och åldersstadiet. Forskningsresultaten om effekterna av muddring och dumpning på fisk har dock varit motsägelsefulla och även svåra att verifiera på vissa platser. Bland annat i en svensk övervakningsstudie av muddring för vindkraftverk konstaterades inga negativa effekter på fiskesamhällen, med liknande antal arter mellan referensområdet och det påverkade området (60 m

och 200 m från muddringsplatsen) (*Hammar m.fl. 2008*). Undersökningar med nät som genomfördes under byggandet av det operativa havsbaserade vindkraftsprojektet vid Tahkoluoto i Björneborg visade att fiskar i viss utsträckning flyttade från arbetsområdena, men att antalet fiskar återgick till nivåerna före byggandet efter att byggandet avslutats. Observationer tyder på att byggprojektet och dess olika faser kan ha fördrivit lax från projektområdet och dess närhet, men ingen liknande effekt observerades för öring och sik baserat på fångstdata (*Ojala 2019*). Koncentrationen av fasta partiklar under byggfasen av den svenska Lillgrunds vindkraftspark var 10 mg/l, men ingen effekt på förekomsten av fisk och yngel observerades (*Bergström m.fl. 2012*).

Enligt modelleringen (*Niras 2023, bilaga 3*) kommer sediment som frigörs vid **anläggningsarbetena** (muddring, deponering) att transporteras upp till några kilometer från vindkraftsparken (se även kapitel 9.3.2.1). De högsta koncentrationerna under arbetet observeras vid deponeringsområdet, där koncentrationer på 100 mg/l fasta ämnen med tiden endast observeras under en dag, med hänsyn tagen till hela arbetets varaktighet (en säsong med öppet vatten). Kortvarigare (6 timmar) ökningar på 100 mg/l observeras i vattenpelaren i närheten av kraftverken över en total yta på 10–50 km², och mycket mer utbredd nära botten (cirka 120–130 km²). De höga koncentrationerna av fasta partiklar är alltså ganska kortvariga och begränsade till närheten av arbetsplatserna. Koncentrationseffekten ≥ 10 mg/l är mycket mer utbredd och sprids över ett större område, och har också en längre varaktighet. I deponiområdet beräknas koncentrationen av fasta partiklar i vattnet stiga till 10 mg/l eller mer under sju dagar i sträck under hela arbetets varaktighet. Den största grumlingen sprider sig därför från deponeringsområdet mot sydost nära botten. Totalt sker en kortvarig ökning på 10 mg/l över ett område på ca 300 km² vid ytan och ca 600 km² nära botten, dvs. över ett mycket stort område, men det bör noteras att denna ökning inte är kontinuerlig utan pulserande. Det bör noteras att modelleringen har överskattats utifrån antagandet att arbetet i hela parkområdet endast kommer att pågå under en säsong med öppet vatten, vilket innebär att modelleringen överskattar den faktiska situationen, särskilt när det gäller dumpning. Hela den havsbaserade vindkraftsparken är utspridd över ett antal perioder med öppet vatten, men för ett enda område kommer anläggningsarbete som kräver bottenbearbetning att utföras under en period med öppet vatten. De årliga belastningarna av fasta ämnen och sediment kommer därför att vara lägre än de som presenteras ovan. Det finns inga betydande skillnader mellan projekialternativen VE1 och VE2.

Kortsiktiga ökningar av koncentrationen av fasta partiklar (100 mg/l) kommer sannolikt att skrämma bort fisk i områden där större toppar kommer att uppstå, särskilt i deponiområdet. 10 mg/l pulskoncentrationer är vanligare. Koncentrationer av fasta ämnen på 10 mg/l förekommer naturligt då och då i områden runt Karlö, men även på denna nivå kan det finnas negativa effekter på känsligare arter. Fiskgälar är t.ex. känsliga för utfällning av fasta partiklar. Exponering för fasta partiklar kan öka blodglukos- och kortisolnivåerna hos fiskar, vilket tyder på en stressreaktion (t.ex. *Servizi & Martenz 1992*). Simförmågan försämras också ofta när det finns ett överskott av fasta ämnen i vattnet (*Berli m.fl. 2014*). Hos flera fiskarter i sötvatten och bräckt vatten ökar larvdödligheten vid koncentrationer av fasta ämnen på mellan 100 mg/l och 1000 mg/l (*Auld och Schubel 1978, Clarke och Wilber 2000, Engell-Sørensen och Skyt 2001*, i en litteraturöversikt *Vehanen m.fl. 2010*). Däremot har det visat sig att t.ex. silllägg tål höga halter av fasta ämnen (*Kjørbe m.fl. 1981, Messieh m.fl. 1981, Birklund och Wijsman 2005* i *Vehanen m.fl. 2010*). Juveniler är mer känsliga än vuxna och även rom för syrebrist när fasta partiklar fälls ut i gälarna. Enligt Westerberg et al (1996) var dödligheten hos torskyngel högre än hos larver, och dödligheten inträffade vid lägre koncentrationer av fasta ämnen (10 mg/l). Enligt Hansson (1995) orsakade koncentrationer av fasta ämnen >100 mg/l dödlighet hos sillyngel (referenser från *Vehanen m.fl. 2010*).

Baserat på tillgängliga data förekommer inga lekområden för kommersiellt viktiga fiskarter (t.ex. sill) i vindkraftsparkens område, men det är inte säkert. Den potentiella leken för andra fiskarter, inklusive sill, kommer sannolikt att störas under anläggningsåren på grund av grumling och förskjutning. I allmänhet kan spridning av den fasta belastningen över flera år på samma plats ha en mer skadlig effekt på potentiellt lekande fisk än spridning av belastningen över ett år (modellerad situation), på grund av störningens längre varaktighet. Konstruktionen i samband med återvinning av botten på en enda plats kommer dock att ske under en enda säsong med öppet vatten, vilket minskar den kumulativa effekten av belastningen av fasta ämnen. Den beräknade påverkan kommer därför att förbli lokal och tillfällig i förhållande till den bredare fiskpopulationen. En del av de fiskar som kan leka i området (t.ex. öring) leker under vintern, då muddring, utgrävning och deponering inte kommer att äga rum. Större delen av vindkraftsområdet är också för djupt för att denna art ska kunna leka.

Enligt modelleringen är sedimentationen av fasta partiklar störst i deponeringsområdet och i närheten av fundamenten och kabeldikena på den finska sidan efter muddring, då sedimentationen beräknas variera mellan 1–4 cm (fundament och kabeldiken i vindkraftsparken) och upp till 10 cm i deponeringsområdet, vilket kan ha negativa effekter på ägg, till exempel särskilt i deponeringsområdet, om de täcks av sedimenterande fasta partiklar. Deponeringsområdet är dock inte känt för att innehålla lekområden för fisk eller andra värdefulla marina habitat, så de negativa effekterna är begränsade och förväntas inte sträcka sig till lekområden för fisk på den svenska sidan. I andra muddrade områden kommer påverkan att vara ännu mindre uttalad och det kommer inte att finnas någon påverkan på den svenska sidan.

I dagsläget uppskattas sedimentationen i Bottenhavet variera mellan 0,1 och 0,8 cm/år (*Mitchell m.fl. 2021, EMODNET 2024*). I områdena på den finska sidan där den modellerade sedimentationen under byggnationen överstiger 10–80 mm motsvarar detta alltså ungefär en tiofaldig ökning av den årliga sedimentationen på grund av byggnationen, även om det bör noteras att byggperioden på enskilda platser är mycket kortare och därmed är också påverkansperioden kortare. Strömmar i området kan också rengöra botten.

Koncentrationerna av föroreningar i sedimenten är huvudsakligen låga i projektområdet och ansträngningar kommer att göras för att hålla de förorenade områdena intakta, så att det inte uppstår någon skada på ägg eller yngel, än mindre på känsliga livsstadier för fisk (vuxna) på den finska eller svenska sidan.

Om grumling uppstår under fiskens migrationsperiod kan det också potentiellt påverka migrationens framgång (t.ex. *Posford Duvivier Environment & Hill 2001*). På grund av den grumlighet som orsakas av muddring och dumpning under byggtiden och den allmänna aktiviteten i området kan laxens och andra vandringsfiskars vandringsvägar ändras om de tvingas gå förbi dessa områden, eftersom fiskar sannolikt undviker åtminstone de högsta koncentrationerna av fasta ämnen och undviker de maskiner som används. Genom ovanstående mekanismer kan påverkan även komma att återspeglas på vandrande fisk på den svenska sidan. Fiskens användning av området som födosöksområde kan också i viss mån störas av undvikandebeteende.

Modelleringen tyder därför på att grumligheten under byggtiden kommer att vara en relativt kortvarig händelse i vindkraftsparkens område, men med tanke på områdets omfattning bedömdes påverkan på fisk i det finska området vara måttlig, med ytterligare negativa effekter från ökad sedimentation. Motsvarande påverkan på den svenska sidan kommer att vara liten. Det finns dock inget hot mot utrotningshotade fiskarter, vandringsfisk eller kommersiellt exploaterbara fiskarter på den finska eller svenska sidan.

Enligt den genomförda modelleringen (*Niras 2023, bilaga 3*) kommer installationen av sjökablarna/vätgasrören huvudsakligen att ske på finskt territorialvatten (två alternativa

installationsmetoder modellerades: spolning med vattentryck längs hela sträckningen/muddring och dumpning av de grundaste sektionerna (mindre än 15 m djup), se även kapitel 9.3.2.2) och sjökabel-/vätgasrörssträckningen kommer att uppleva en koncentrationsökning på mer än 100 mg/l under anläggningsfasen på ett maximalt avstånd av ca 500 m och därmed ingen påverkan på den svenska sidan och under maximalt 12 timmar under båda de simulerade installationsmetoderna, med hänsyn tagen till hela arbetets varaktighet. En ökning av suspenderade ämnen över 10 mg/l kommer att inträffa under högst en dag vid ytan och i det bottenära skiktet med användning av vattentrycksspolningsmetoden. Muddring och deponering beräknas orsaka ökning på mer än 10 mg/l under upp till sju dagar under arbetsperioden, både vid ytan och i det bottenära skiktet. Grumlingen är mer uttalad i de grundare delarna nära stranden, där belastningen är fördelad på djupet över en mindre vattenvolym, med kortvariga maximivärden på upp till 1 000 mg/l.

Modelleringen tyder på att effekterna av vattentryckssprutning under installationsfasen är mindre uttalade än effekterna av muddring, på grund av effekterna av muddringsinducerad sedimentering. Muddring och deponering leder till koncentrationer på över 10 mg/l, särskilt i bottenområdet. Sträckningsalternativet MVE1 har den högsta påverkan på grund av den högre belastningen, eftersom det maximala antalet kablar som ska installeras (10 kablar) har modellerats i stället för 5 kablar för de andra sträckningarna, vilket återspeglar den maximala potentiella påverkan. Det finns ingen signifikant skillnad mellan sträckningsalternativen MVE2 och MVE3 och deponeringsområdena till havs när det gäller grumlighetseffekter. Sammantaget förblir de modellerade månatliga medelvärdena för koncentrationer av fasta ämnen för sträckningarna låga på grund av den korta varaktigheten för arbetsfaserna på de olika sektionerna.

Även om grumling och ökning av suspenderade ämnen kan ha en betydande lokal påverkan, särskilt i de mest värdefulla områdena med biologisk mångfald (t.ex. rev) i Finland, bör det noteras att den mest störande och fränstötande effekten på fisk, enligt modelleringen, kommer att vara kortlivad och fördelad över de olika delarna av sträckningen. I det lokala fiskhabitatet kommer grumlighetseffekten i praktiken bara att vara i några dagar även i det värsta scenariot (MVE1/VVE1, 10 överföringskablar) och de största koncentrationsökningarna kommer att vara kortlivade pulser, som ändå kan ha en bottenäckande effekt genom sedimentering. Modelleringen tyder på att den maximala nivån av ökad sedimentation är 2 cm om metoden med vattentryckssprutning används. Sedimentationen är mest uttalad i den tidiga delen av MVE/VVE1-sträckningen nära vindkraftsparken, där det finns mer finsediment än i andra kabelsträckningar och även en högre (modellerad) kabelvolym och grävningsbehov. När det gäller högtryckssprutning tyder modelleringen på att sedimentation på mer än 1 mm sträcker sig upp till ett maximalt avstånd på ca 400 m på vardera sidan av sträckningen, medan sedimentationseffekten på mer än 1 mm vid partiell muddring sträcker sig upp till ett maximalt avstånd på ca 500 m på vardera sidan av sträckningen. Sedimentationen kommer att vara särskilt kraftig i deponeringsområdena och även i de grundare muddringssektionerna nära stranden på MVE1 och MVE3.

Det är känt att alla sträckningar innehåller lekområden för olika fiskarter (inklusive sill, strömming och siklöja), med det högsta antalet lekområden på sträckningen MVE1/VVE1, som också innehåller mest revhabitat, vilket delvis förklarar antalet lekområden. På grund av gruvdrift kan dessa områden i Finland förstöras eller täckas av fasta partiklar, åtminstone tillfälligt, om de viktigaste lekområdena inte kringgås. Denna information kommer att behöva förfinas för senare planeringsstadier. Havssill förekommer också i MVE1-området, men inga reproduktionsområden har identifierats. Störningar och grumlighet från anläggningsarbeten kan störa eller förflytta lekande fiskstim om områdena används under lekperioden. Muddring och dumpning av de lägsta områdena kan potentiellt påverka fiskens reproduktion under flera år om arbeten utförs, särskilt i de viktigaste lekområdena, men dessa områden förväntas återställas senare. Det totala området under kabelstråken kommer att modifieras upp till maximalt 50 ha

(MVE1 om 10 kablar installeras), men inte samtidigt, så den totala påverkan på lokal fisk kommer att vara måttlig på kort sikt, men försumbar på längre sikt längs alla sträckningar, och grumligheten och den ökade sedimentationen från kabelinstallationen kommer inte att påverka de bredare populationerna av olika arter i Bottenhavet. Den lokala störningen beräknas bli högre om kablarna installeras på två olika sträckningar. Påverkan är nästan densamma för alla sträckningar, men med tanke på den uppskattade högre lekpotentialen och det ekonomiska värdet för sträckningen MVE1/VVE1, inklusive potentiella reproduktionsområden för havsabborre, kan betydelsen av påverkan uppskattas öka något.

För vandrande fisk kan grumlighet och allmänt ökad störning från anläggningsarbetena orsaka undvikandebeteende och därmed förändringar i fiskens vandringsvägar, men på grund av tidpunkten för arbetena endast för vissa sektioner i taget och den grumliga zon som finns kvar i närheten av arbetsplatsen förväntas installationen av kablar/vätgasrör inte ha mer än en måttlig påverkan på den finska sidan som mest. Ingen påverkan på svenska vandrande fiskbestånd beräknas för energiöverföringsrutterna.

Undervattensbuller

Av påverkan från undervattensbuller under byggtiden är den mest betydande miljöpåverkan på fisk undervattensbuller från installationsaktiviteter (t.ex. pålning) av havsbaserade vindkraftverk och från sjöfart under byggtiden. Anläggandet av kraftledningar kan innebära grävning och sprängning under vatten, vilket kan leda till buller och vibrationer genom jord och berggrund och ut i vattenmiljön. Den mest störande påverkan på fisket kommer sannolikt från pålning. Buller kan orsaka fysiologisk stress, dödlighet, fysiska skador eller beteendemässiga effekter på fisk.

Den genomförda modelleringen visar att de värsta effekterna av undervattensbuller (PTS = permanent hörselnedsättning och skada) från pålning kommer att drabba individer i omedelbar närhet av pålningsaktiviteten på den finska sidan. Det uppskattade avståndet är mindre än 100–2 350 m för fisk och mindre än 1,5 km för ägg och larver, vilket innebär att påverkansområdet för installationen av de yttersta kraftverken sträcker sig till den svenska sidan. Dessutom kommer de flesta fiskar att fly längre bort från tryckkällan och återvända när bullret har upphört, och eventuellt drabbas av endast tillfällig hörselnedsättning som kommer att vara reversibel med tiden. Konsekvensavståndet för TTS (tillfällig hörselnedsättning) för fisk varierar mellan 11 och 23,7 km från bullerkällan, beroende på fiskart, och sträcker sig till den svenska sidan. Risken för PTS eller dödlighet för ett stort antal fiskar anses vara försumbar på den finska och svenska sidan på grund av de korta påverkansavstånden (<100-2 350 m) och när en mjuk start/boostprocedur används, vilket ger fiskarna tid att röra sig bortom påverkansavståndet (*Niras, 2023, bilaga 3*).

Nära pålningskällan, utanför skadeområdet, där undervattensbullret ändå är högt, utlöser trycket en undvikande reaktion, vilket gör att unga och vuxna fiskar flyr trycket och eventuellt drabbas av tillfällig hörselnedsättning (TTS). Det bör noteras att fiskar använder det havsbaserade vindkraftsområdet måttligt jämfört med andra marina områden, men endast något jämfört med grundare områden längs kusten. Storleken och omfattningen av påverkan från pålningsbuller bedömdes vara måttligt negativ, eftersom de påverkade avstånden, särskilt för TTS (tillfällig hörselnedsättning), är relativt långa (upp till 23,7 km) och därför kan bedömas sträcka sig till mer varierande kustområden på den finska sidan, men inte så långt som till den svenska kusten. Det beräknas därför att bubbelgardiner eller likvärdiga ljuddämpningsmetoder kommer att vara nödvändiga i samband med anläggningsaktiviteter (modellering av undervattensbuller förutsätter användning av bubbelgardiner) (*Niras 2023b, bilaga 4*).

Under anläggandet av den havsbaserade vindkraftsparken och sjökablarna och/eller vätgasrörssträckningen kan det, beroende på markförhållandena i området, vara nödvändigt att

gräva ut eller spränga berg i sträckningen. Behovet av utgrävning och sprängning kommer att fastställas i den mer detaljerade utformningen av projektet före vattentillståndsfasen.

Enligt Meriläinen & Lindfors (2018) är buller från undervattensbrytning kort och pulserande, men ofta mycket intensivt och bredbandigt. Gruvdrift och sprängning under vatten kan orsaka ljudtrycksnivåer som är skadliga för fisk. Ljudutbredningen påverkas av vattendjupet, salthalten och temperaturen i vattnet i området och den stratifiering som uppstår. Dessutom påverkar ljudets frekvens och förhållandena på havsbotten och havsytan ljudets reflektion och absorption. Förutom bullrets intensitet påverkas bullrets skadlighet av exponeringstid, fördelning av ljudenergi över olika frekvenser, bullrets kvalitet och arternas individuella känslighet för buller.

Eventuella sprängningar kan orsaka tillfälligt farliga bullernivåer för närliggande fiskar (några tiotals meter bort) på den finska och svenska sidan. Varaktigheten av en enskild explosion är vanligtvis mindre än en sekund, och de största riskerna är förknippade med omedelbara vävnadsskador och hörselskador, medan effekterna på t.ex. fiskars beteende är mycket begränsade och kortvariga. Skador orsakas vanligen på vävnader som är fyllda med gas eller nära simhålet (Meriläinen & Lindfors 2018). Det har konstaterats att ägg under utveckling skadas av en tillräckligt stor stötvåg som kan genereras av en explosion, men äggens känslighet för dödlighet från explosioner varierar avsevärt mellan arter och utvecklingsstadier (Jensen m.fl. 2003, Faulkner m.fl. 2008, i Meriläinen & Lindfors 2018). I allmänhet är det svårt att fastställa tydliga gränsvärden för sprängningens effekter på fisk, eftersom studierna ofta har använt olika sprängämnen, olika fiskarter och olika laddningar (Meriläinen & Lindfors 2018). Om byggandet av en havsbaserad vindkraftspark skulle innebära sprängning under vatten bör mer detaljerad planering och, vid behov, modellering utföras under vattentillståndsfasen.

Under anläggandet av sjökablarna och/eller vätgasrörssträckningen kommer buller också att genereras på den finska sidan av buller från fartyg som är lämpliga för att lägga rörledningar i havsområdet, vilket är av fortplantande karaktär, normalt buller från havsgående fartyg, där de huvudsakliga bullerkällorna är maskinernas luftintagskanaler, avgaskanalerna och ventilationsfläktarna och avgasskorstenarna. Effekterna av undervattensbuller består av buller från fartygens propellrar och maskineri. Effekterna på fisket kommer att vara små och tillfälliga, men fiskflykt kan ha en inverkan på fisket på den finska sidan.

Effekter på fisket

Den grumlighet och störning som orsakas av muddring, deponering och kabelinstallationsarbeten, liksom bullret från anläggningsarbetena, kan leda till att fisk flyr och till ökat undvikandebeteende, vilket kan ha en negativ inverkan på yrkes- och fritidsfisket i området. Påverkan på vattenkvaliteten kommer sannolikt att vara störst i kustnära områden på den finska sidan, där fisket är relativt omfattande. På grund av eventuella begränsningar av rörelsefriheten under arbetet kan fiske förhindras i vissa områden eller så får fiskeredskap inte sättas ut, eftersom det kan uppstå en tillfällig förlust av grumlighet, vilket t.ex. kan leda till att nätfällor blir nedsmutsade. Störningen av fisk på grund av ökade halter av suspenderat material är mycket varierande, men den totala kortsiktiga störningen bedömdes som måttlig i kabelsträckningsområdet och låg i vindkraftsområdet och mycket låg på den svenska sidan. På den finska sidan kan påverkan öka om två kabelsträckningar väljs, eftersom detta kommer att ha en bredare påverkan. Anläggningen och dess tidtabell kommer att offentliggöras i stor utsträckning i förväg.

9.4.4 Konsekvenser under drift

Olika studier har genomförts för att undersöka undervattensbuller, vibrationer, ljus- och skuggeffekter från vindkraftverk i drift och elektromagnetiska fält som genereras av sjökablar

(elöverföring) och deras effekter på fisk och andra vattenlevande organismer. Placeringen av kraftverken kan också påverka strömmar och andra hydrodynamiska förhållanden i havsområdet. Anläggandet av fundament för kraftverk och andra nödvändiga strukturer (t.ex. elstationer till havs) kommer också att förändra bottenförhållandena, vilket innebär att bottenhabitat kommer att försvinna permanent under strukturerna. Vätgasproduktionen kan leda till salt- och värmeföroreningar i det lokala omgivande vattnet. Bedömningen av konsekvenserna försvåras av bristen på kunskap, dvs. forsknings- och övervakningsdata om fenomenens faktiska betydelse i finska förhållanden, särskilt för havsbaserade vindkraftsparker.

Förändringar i livsmiljöer och strömmar

Förändring och utveckling av livsmiljöer beror på lokala miljöförhållanden, men i allmänhet kan fundament i grunda områden skapa förutsättningar för ökad biologisk mångfald genom att fungera som konstgjorda rev och skapa nya livsmiljöer för djur- och växtarter, vilket också kan ha positiva effekter, särskilt för bottenlevande fisk.

Det är känt att fiskar föredrar närheten till undervattensstrukturer som vrak, vågbrytare och pirar, vilket sannolikt kan förklaras av ökade möjligheter till skydd och föda. Man har också observerat att fiskar lockas till flera vindkraftsparker (*Bergström m.fl. 2012*), men effekten är artberoende: för sill och skarpsill ökar erosionsskydd inte nödvändigtvis artrikedomen, men de kan potentiellt fungera som lekhabitat om det växer alger på ytan eller om fiskar söker skydd nära fundamenten (*Glarou m.fl. 2020*).

Under finska förhållanden och i Bottenviken i allmänhet, och särskilt på djupare bottenar, är denna reveffekt dock sannolikt mestadels teoretisk, och även i grunda områden har artsuccessionen visat sig vara långsam och ytorna på kraftverksfundamenten är i stort sett olämpliga för de alg- eller bottenlevande arter som finns i Finland (*KVVY Tutkimus Oy 2020a*).

Det finns dock fortfarande mycket begränsade uppgifter om marina organismers fäste vid, eller deras livsmiljö i närheten av, olika vindkraftverk till havs i centrala och norra Östersjön. OX2 har i samarbete med Under Ytan och Nemo Seafarms startat en forskningsstation och ett forskningsprojekt i Björkskär på Åland för att bland annat undersöka byggandet av rev och torskhotell runt vindkraftsfundament. Mer information om projektet finns i avsnittet om allmän information i MKB-rapporten.

Ett enda stationärt kraftverk eller den valda typen av fundament och dess erosionsskydd kommer sannolikt inte att ha någon större inverkan på djuphavsfisket på den finska eller svenska sidan. För arter som lever på hård botten (t.ex. stensimpa) kan det vara till viss nytta att mjuk botten ersätts av hård botten.

För undervattenskablar i Finland kommer situationen endast att förändras väsentligt från den nuvarande situationen i områden där det inte är möjligt att installera kabeln genom att sänka eller gräva i botten, utan där kablarna täcks, till exempel av stenblock. I detta fall kan området, beroende på djupet, bli en potentiellt revliknande miljö som är lämplig för fisk.

Under fundamenten för kraftverken och de havsbaserade elstationerna på den finska sidan kommer det att ske en permanent förlust av bottenyta. Den yta som krävs för fundamenten i projekteringsalternativ VE2 är något större än i alternativ VE1, där antalet kraftverk är större än i VE2, men den totala förlusten av bottenyta är större i VE1. De grundaste områdena i vindkraftsparken börjar på 12 meters djup. Enligt de habitat- och bottenstudier som genomförts har inte ens de grundaste delarna av projektområdet någon större biologisk mångfald när det gäller marint liv eller fiskhabitat. Förlusten av potentiella lekområden under kraftverkens fundament kommer att vara minimal, oavsett vilket projekteringsalternativ eller vilken typ av fundament som slutligen väljs, eftersom det inte finns några kända lekområden för sill eller andra kommersiellt viktiga fiskarter i området. I synnerhet kan det ske små lokala förändringar i

födosökshabitatet för bottenlevande fisk på den finska sidan, eftersom den bottenlevande faunan i närheten av kraftverken kan förändras eller försvinna helt på grund av eventuellt erosionsskydd från kraftverken. Bottenlevande fiskar som livnär sig på bottenlevande organismer i projektområdet är bland annat grodor. Påverkan är dock inte betydande utan snarare teoretisk, eftersom fiskar som rörliga organismer kan söka sig till bättre förhållanden, och även om de bottenlevande undersökningar som genomförts tyder på att arterna är relativt sällsynta i området, bedöms den bottenlevande faunan i fråga om biomassa tillhandahålla tillräckligt med föda i alla delar av projektområdet, och den förändring som orsakas av kraftverken förväntas därför inte påverka tillräckligheten hos fiskens födoresurser, och påverkan sträcker sig inte till den svenska sidan.

Baserat på befintliga undersökningsdata, fångstdata och intervjuer med fiskare vandrar lekande lax norrut från den västra sidan av Karlö. Vandrigen av vuxen lax sker huvudsakligen längs den finska kusten, men en del fisk kan också vandra ut till havs och en del kommer sannolikt att passera genom området för havsbaserade vindkraftsparker. (Kala- ja vesitutkimus 2023b, bilaga 8 i den nationella *MKB-beskrivningen* och dess bibliografiska referenser). Vandrande laxyngel finns också väster om Karlö och det har förekommit enstaka återfynd av märkt havsöring i havsområdena nära den havsbaserade vindkraftsparken.

Fiskarna kan undvika hinder när det behövs (t.ex. *Zwaka m.fl. 2022*), och kraftverken kommer att placeras i ett stort vindkraftsområde med så stora avstånd (ca 1,5–2 km) att de sannolikt inte kommer att ha någon effekt på vandringsfiskarnas eller andra fiskarters rörelser eller beteende på den finska sidan, i form av en fysisk barriär, med hänsyn tagen endast till Halla vindkraftspark. Antalet kraftverk är högre i projektalternativ VE1, så en eventuell negativ påverkan i detta avseende kan i princip vara högre, men är ändå ganska osannolik.

Vindkraftverken kan påverka strömningsförhållandena, eftersom de bildar en ny skärgård, vilket kan påverka vindförhållandena mellan vindkraftverken. Framför allt kommer ytströmmarna att både öka och minska, men effekten kommer att variera beroende på årstid. Förändringar i strömmar kommer sannolikt inte att ha någon större inverkan på fiskbeståndens tillstånd i något av de två projektalternativen på den finska eller svenska sidan, eftersom förhållandena varierar lokalt och typiskt sett är mycket varierande i Östersjön, bland annat på grund av rådande väderförhållanden. Förändringar i flöden kan i princip även orsaka en ökad sedimentation, vilket kan ha en negativ påverkan på känsliga arter. Detta bedöms dock vara försumbart i Halla vindkraftspark. Flödesförändringar påverkar också vattentemperatur och skiktning samt i viss mån salthalt. Vätgasproduktion har också beaktats i temperaturmodelleringen, men dess påverkan är mycket lokal och sträcker sig inte till den svenska sidan. Effekterna på temperatur och skiktning av förändringar i vindfältet bedöms i avsnittet om effekterna av *vätgasproduktion och temperaturökning* nedan.

Sammantaget kommer livsmiljöer och förhållanden till havs att förändras i viss utsträckning till följd av projektet och det kommer också att ske en viss förlust av livsmiljöer i relativt stor skala på den finska sidan, med tanke på omfattningen av den havsbaserade vindkraftsparken och kabelsträckningarnas längd. Efter installationen av kablarna eller vätgasrören kommer livsmiljön på platsen att återställas, men den kan komma att förändras jämfört med den ursprungliga livsmiljön. Att bedöma betydelsen av de förändringar som kommer att ske och de kombinerade effekterna av de olika faktorerna är utmanande eftersom det inte finns några uppgifter om effekterna som är direkt tillämpliga på finska förhållanden. Därför bedömdes de många negativa effekterna på fiskens livsmiljö som orsakas av den havsbaserade vindkraftsparken och kabel- och vätgasrörssträckningarna som måttliga för båda projektalternativen på den finska sidan och som små på den svenska sidan (inga effekter på den svenska sidan på grund av energioverföring).

Undervattensbuller

Under driftsfasen för den havsbaserade vindkraftsparken kommer buller att genereras av vindkraftverken och kan även genereras av fartygstrafik för underhåll och service. Turbinens undervattenseffekter under drift består av ljudet från vindkraftverkets blad och maskineri som löper under vattnet längs tornet och fundamentet.

Fiskar har en mycket stor mångfald av hörselorgan, vilket leder till en stor variation i hörsel mellan olika fiskarter. Undervattensbuller kan påverka marina däggdjur och fiskar, t.ex. genom att förändra deras beteende eller orsaka tillfällig eller permanent hörselnedsättning. Hur stor effekten blir beror på hur starkt ljudet är och hur länge det varar. Beteendeförändringar är främst undvikandebeteende, som kan variera från en liten förändring, t.ex. en kortvarig aversion mot föda, till att fly från området. I Östersjön har man genom mätningar uppskattat att fiskars hörselområde under vattnet för ljudet från vindkraftverkens drift sträcker sig till ett avstånd på flera kilometer från vindkraftverket (*Wahlberg & Westerberg 2005*). Driftsljudet har dock inte visat sig störa fiskar annat än vid ljudnivåer i vindkraftverkets omedelbara närhet inom några meter. Ljudtrycksnivåer på 90–119 dB (re 1 μ Pa) (*Nedwell & Howell 2004, Thomson m.fl. 2006*, granskad i *Vehanen m.fl. 2010*) har visat sig orsaka beteendeförändringar och stress hos fisk.

Projektområdet för den havsbaserade vindkraftsparken Halla överlappar delvis de viktigaste farlederna i Bottniska viken. Området domineras därför redan av fartygstrafik som genererar undervattensbuller, och fiskar i området har sannolikt redan i viss utsträckning anpassat sig till en viss mängd undervattensbuller. Det har beräknats att bullernivån i projektområdet på 100 m avstånd från ett kraftverk på ca 25 MW under drift kan uppgå till mellan 155 och 160 dB (re 1 μ Pa) vid kraftverkets nominella effekt, vilket motsvarar bullret från sjöfarten 300–500 m från observationspunkten. Den kumulativa effekten av kraftverken är inte känd i detta skede. Preliminära beräkningar tyder på att de bullernivåer som krävs för att exempelvis laxar ska stöta bort dem kommer att uppstå betydligt närmare vindkraftverken än det avstånd där laxen kan höra det ljud som vindkraftverket avger. Wahlberg och Westerberg (2005) har uppskattat att det ljud som stöter bort fisk endast är 4 m från fundamentet. Det finns därför ingen påverkan på den svenska sidan.

Påverkan av undervattensbuller under driften av den havsbaserade vindkraftsparken uppskattades vara måttlig för båda projekialternativen, främst på grund av osäkerheter i bullernivån under drift av turbinstorleken när det gäller ljudutsläpp och ljudutbredningsväg från tornet till fundamenten under vattenytan. Påverkan på den svenska sidan bedöms vara försumbar. Platens känslighet för fisk bedömdes dock vara låg i förhållande till bullret och dess upplevda påverkan, och den övergripande betydelsen av de negativa effekterna är därför låg på både den finska och den svenska sidan.

Ljus- och skuggeffekter (flimmer)

Skuggning av fisk från överflygande rovfåglar orsakar vanligtvis en flyktreaktion. Den ljus-skuggeffekt, dvs. flimmer, som orsakas av de roterande bladen på ett vindkraftverk kan i princip ge upphov till en liknande reaktion om fisken tolkar fenomenet som ett tecken på predationshot. I princip kan kraftverksbelysning också ha en effekt på fiskar, eftersom nyligen genomförda studier till exempel har visat att artificiellt ljus har en viss effekt på laxens (*Salmo salar*) beteende, även om mekanismerna bakom detta inte är tydliga (t.ex. *Riley m.fl. 2015, Newman m.fl. 2015*). En litteraturgenomgång (*Dodd & Briers 2021*) tyder på att skuggflimmer från kraftverksblad sannolikt inte har någon effekt på lax (*Salmo salar*) i något skede av deras livscykel. Fiskar tros också snabbt kunna anpassa sig till förändringar i ljus och skugga (*Dodd & Briers 2021*). Mot bakgrund av nuvarande kunskap förväntas påverkan också vara försumbar för andra fiskar (*Öhman 2023*) i Finland och Sverige.

Skuggflimmer är i allmänhet intermittent och dess intensitet beror på väderförhållandena. Till exempel minskar vågverkan ljus- och skuggflimmer när havsytan bryts. Under perioder med istäcke har fenomenet ingen effekt på fisk eller andra vattenlevande organismer.

Sammantaget kan den potentiella negativa påverkan för båda projekialternativen (VE1, VE2) bedömas vara liten eller högst tillfällig på grund av de varierande väderförhållandena och istäcket på vintern både i Finland och Sverige.

Elektromagnetisk strålning

De sjökablar som används för elöverföring under driften av vindkraftverk genererar elektromagnetisk strålning i sin omgivning (t.ex. *Taormina m.fl. 2018, Hutchison m.fl. 2020a*). Det elektromagnetiska fältet sträcker sig flera meter från den sjökabel som är nedgrävd i havsbotten och dess intensitet minskar med ökande avstånd (*Hutchison m.fl. 2020a*). Ett sedimentlager ovanpå kabeln dämpar, men blockerar inte helt, strålningen från att nå vattenpelaren (*CMACS 2003*). Det elektromagnetiska fält som orsakas av överföring av elektricitet har betraktats som en potentiell driftspåverkan på fisk. Effekterna av statiska magnetfält på vattenlevande organismer har dock hittills studerats i liten utsträckning (*Hutchison m.fl. 2020b*) och resultaten är dessutom motstridiga, vilket försvårar bedömningen (*Cresci m.fl. 2022*). Elektromagnetiska fält genereras både runt kablarna i vindkraftsparken och runt kraftöverföringskablarna till fastlandet.

Känsligheten för elektromagnetisk strålning varierar mellan olika arter. Kablarnas typ och utformning har stor inverkan på deras elektromagnetiska påverkan, och olika tekniska lösningar kan potentiellt minska påverkan på fisk. För att minimera de negativa effekterna rekommenderas till exempel att kablarna grävs ned på minst en meters djup eller att kablarna täcks med material som effektivt dämpar elektromagnetisk strålning (*Soukissian m.fl. 2023*). Kablar kan också väljas så att de har egenskaper som minimerar det elektromagnetiska fältet (*Öhman m.fl. 2007*).

Elektromagnetisk strålning från sjökablar har observerats kunna påverka rörelser och beteendeförändringar hos arter som migrerar, navigerar, betar eller lever på elektriska eller magnetiska fält (t.ex. *Hutchison m.fl. 2020b; Gill & Desender, 2020*), men observationerna är motsägelsefulla eller osäkra. Bland annat laxfiskar och ålar har ett magnetiskt sinne och använder jordens magnetfält för navigering (t.ex. *Westerberg & Lagenfelt 2008; Putman 2015; Klimley m.fl. 2021; Naisbett-Jones & Lohmann 2022*). Studier tyder dock på att laxens vandringar inte styrs av ett enda sinne (som att känna av jordens magnetfält), utan förlitar sig på flera sinnen, vars inflytande varierar under olika stadier av vandringen (*Døving & Stabell 2003*). Effekterna av elektromagnetiska fält på laxens (*Salmo salar*) vandringsbeteende har dock inte studerats (t.ex. *Gill & Bartlett 2010*).

De beteendemässiga reaktioner (t.ex. förändringar i migrationsbeteende eller fiskutveckling) som observerats hos de olika fiskarter som använts i många studier (t.ex. ål, kungslax, stingrocka) har varit begränsade eller inte kunnat påvisas i fält (t.ex. *Hutchison m.fl. 2020b, Westerberg & Lagenfelt 2008, Klimley m.fl. 2017*). Effekterna av elektromagnetisk strålning har därför främst studerats i laboratorier eller i närheten av enskilda kablar, och få studier har beaktat effekterna av flera kablar på djur (*Gill & Desender 2020*). I Kalifornien studerades ryggradslösa djur och fiskesamhällen i närheten av en 35 kV sjökabel med ett magnetfält som sträckte sig upp till 1 m från kabeln, och man fann ingen skillnad i djursamhällen längs kabelsträckningen jämfört med samhällen utanför området (*Love m.fl. 2017*). Tätheten i ett fiskesamhälle nära en 245 kV-kabel i Ontariosjön förklarades mer av djup och bottenkvalitet än av avståndet från kabeln (*Dunlop m.fl. 2016*).

Det är svårt att uppskatta omfattningen av elektromagnetisk strålning i detta skede av projektet, men baserat på den litteratur som citeras ovan är den potentiella påverkan i omedelbar närhet av kablarna och sträcker sig inte in i Sverige. Ytmässigt skulle den teoretiska påverkan kunna begränsas till maximalt några tiotals hektar för sjökablarna.

Även om fiskar känner av magnetfält är de magnetfält som genereras av elöverföringskablar till fastlandet inte nödvändigtvis tillräckligt starka för att orsaka onormalt beteende eller andra förändringar hos fiskar, inte ens i det värsta scenariot MVE1, där 10 kablar installeras längs en enda rutt. Noggrann planering av placeringen av undervattenskablar (t.ex. bort från lek-områden eller andra känsliga områden) kan minimera potentiella negativa effekter, så totalt sett ansågs de negativa effekterna av elektromagnetisk strålning vara försumbara. I detta avseende är det osannolikt att projektet kommer att påverka laxfiskarnas vandring, eftersom deras vandring styrs av ett antal sinnen, vars inverkan varierar i olika skeden av vandringen, men det finns osäkerheter på grund av bristen på forskningsdata. Det är osannolikt att det kommer att finnas en bredare påverkan på reproduktionsframgången för till exempel någon art i området på populationsnivå i Finland eller Sverige.

Effekter av vätgasproduktion och temperaturförändringar

Enligt den genomförda modelleringen (*Niras 2023a*, bilaga 3) kommer den lokala ökningen av salthalten på grund av vätgasproduktionen (både centraliserad och decentraliserad) att vara så liten i båda projekialternativen (VE1, VE2) att den nästan inte går att skilja från den naturliga salthaltsvariationen i området och därför inte kommer att ha någon inverkan på fisket på den svenska sidan. Temperaturökningen till följd av vindkraftsparken (vätgasproduktion och modifiering av vindkraftsparken kombinerat) är begränsad till närheten av kraftverken på den finska sidan, med en uppskattad effekt på den årliga medeltemperaturen på cirka $\pm 0,5$ °C, och något högre på ett djup av 10-20 m, cirka $\pm 1,0$ °C. Månatliga modelleringsresultat visar att de övre vattenlagren värms upp (0,25-0,50°C), medan det på 5-30 m sker en samtidig men rumsligt distinkt uppvärmning och avkylning, mest uttalad under sommarmånaderna (skillnad $> \pm 1$ °C). Uppvärmningen dominerar under de flesta månader norr om vindkraftsparken, medan nedkylning förväntas i området söder om vindkraftsparken. Minskad uppvärmning i den södra delen av vindkraftsparken i juni-september kan orsaka en förskjutning av termoklinen på upp till 10 m.

Den totala temperaturförändringen beräknades vara tillräckligt liten för att inte påverka fisket, men förskjutningen av termoklinen i den södra delen av vindkraftsparken i juni-september kan ha en mindre inverkan på fiskförekomst och födosök på den finska sidan, till exempel.

Uppgifter tyder på att laxen i Finland vandrar främst nära kusten (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2023b*, bilaga 8 i den nationella *MKB-beskrivningen*) och i vatten strax under ytan (t.ex. *Karlsson m.fl. 1996*), men det är troligt att laxen också kan vandra inom vindkraftsområdet. Det är därför osannolikt att förskjutningen av termoklinen kommer att ha någon betydande effekt på laxens vandringar, eftersom temperaturförändringen inte kommer att påverka områden nära den finska eller svenska kusten och temperaturförändringen i sig inte heller är stor i ytvattnet. De största förändringarna observeras under sommarmånaderna, då laxen vanligtvis redan befinner sig i älvbassängerna, men med tanke på variationen i fiskarnas vandring och deras uppstigning till lekälvarna kan det inte uteslutas att även små temperaturförändringar kan ha en effekt. Det finns inga skillnader i påverkan mellan projekialternativen (VE1, VE2). Konsekvenserna för vandringsfisk av temperaturförändringar till följd av förändringar i vindfältet bedömdes vara försumbara på både den finska och den svenska sidan.

För icke vandrande fiskar är exakta uppgifter om hur termoklinen används också relativt begränsade. I allmänhet kan planktonätande fiskar använda språngskiktet för att söka föda, eftersom plankton ofta ansamlas i närheten av språngskiktet. Vissa arter kan använda

termokliner som en tillflyktsort från rovdjur eller för termoreglering. Baserat på nuvarande information förväntas dock inte förskjutningen av termoklinen ha någon betydande inverkan på fisket, eftersom fiskar normalt drar nytta av temperaturfluktuationer och temperaturförändringen i sig är liten, och förskjutningen förväntas inte ha någon inverkan på syretillståndet i bottenvattnet i Finland eller Sverige.

Effekter på fisket

Det kommersiella fisket i det havsbaserade vindkraftsområdet i Finland är relativt begränsat och består huvudsakligen av trålning efter strömming i den centrala delen av vindkraftsparken, i trålningslinjen (Tauvo-rännan) som börjar från kabelsträckningen MVE3. Dessutom förekommer enstaka nätfiske efter abborre och sik i vindkraftsparkens område och i de grunda vattnen i Merikallat nära vindkraftsparken. Å andra sidan finns det ett brett utbud av kommersiella kustfiskeaktiviteter i kabelsträckningsområdet, inklusive nätfiske, ryssjefiske och trålning (bottentrålning på sträckningarna MVE2 och MVE3).

På den svenska sidan av yttre havsområdet väster om Halla projektområde är det kommersiella fisket mycket lågt, mindre än 1% jämfört med de omgivande ICES-blocken.

I de undersökningar som genomfördes angav yrkesfiskare på den finska sidan att deras inställning till uppförandet av en havsbaserad vindkraftspark huvudsakligen var neutral eller negativ. Fiskarna var bland annat oroade över de eventuella oförutsägbara förändringar i miljön och fiskbestånden som projektet skulle kunna orsaka. Mer än hälften av de tillfrågade fiskarna i regionen ansåg att överföringen av el till fastlandet var ett stort problem för fisket.

I allmänhet kommer det att bli svårare att använda trålare i området för den havsbaserade vindkraftsparken, eftersom trålare vanligtvis kräver mycket utrymme för att fungera. Trålfiske efter strömming utförs vanligtvis av mindre fartyg, särskilt i Bottenhavet, som har lägre utrymmeskrav än större strömmingstrålare. Avståndet mellan vindkraftsparkens kraftverk uppskattas till cirka 1,5–2 km. Baserat på befintliga uppgifter är dock det utrymme som krävs för att stora trålenheter ska kunna vända cirka 2–3 km (t.ex. *Lappalainen m.fl. 2023*), vilket tyder på att dessa rörelser inte kan göras av stora fartyg i vindkraftsområdet. Det bör noteras att kraftverkens placeringar fortfarande är teoretiska. Det kan sannolikt vara möjligt att använda mindre fartyg, men kablarna på botten kan göra det svårt att använda bottentrål, särskilt i grunda områden, på grund av risken för att trålen eller dess vikter trasslar in sig i kablarna eller deras beläggningar (stenblock). Risken för intrassling finns också i de sjökabelstråk där trålning bedrivs, vilket kan förhindra fiske eller kräva att fiskemetoden ändras. I de mest populära fiskeområdena (t.ex. MVE1) bör man därför sträva efter att placera kablarna i botten eller på annat sätt skydda dem så att fiske med alla typer av redskap inte hindras.

Placeringen av kablar kan också försvåra användandet av fasta redskap om dragningen av kablarna orsakar förändringar i fiskens lekområden eller om t.ex. kabelskyddet helt förhindrar fiske på traditionella platser. Fiske med fällor är vanligast på sträcka MVE3, men nätfiske förekommer på alla sträckor.

Ingen driftpåverkan på fisket har observerats för de befintliga havsbaserade vindkraftverken i Tahkoluoto (*Ojala 2019*), men i en undersökning som genomfördes senare under 2020 ansåg kommersiella fiskare att buller hade en inverkan på minskad fångst (*KVVY Tutkimus Oy 2020b*).

De negativa effekterna av undervattensbuller under drift har bedömts som försumbara i Halla-projektet, så med tanke på den låga nivån av fiske i området på både den finska och den svenska sidan förväntas bullret inte påverka fisket, och påverkan förväntas inte heller sträcka sig till kustfisket på varken den finska eller den svenska sidan. Eventuella små förändringar i

isförhållandena som orsakas av vindkraftsparken kommer inte att påverka fisket på den finska eller svenska sidan.

Baserat på tillgängliga data är det totala kommersiella fisket på den finska sidan av vindkraftsparken och på den svenska sidan väster om vindkraftsparken begränsat, och därför bedöms de gränsöverskridande negativa effekterna på fisket under driften av vindkraftsparken vara försumbara, även med hänsyn till andra effekter än förhindrande av fiske (t.ex. buller, förändring av livsmiljöer).

I finska territorialvatten är fisket (kommersiellt och fritidsfiske) i kabelstråken varierat, särskilt i områdena MVE1/VVE1 och MVE2. Beroende på vald kabelinstallation och skyddsmetod kan de negativa effekterna på fisket i kabelrutterna vara små eller måttliga under drift och kommer endast att påverka Finland. Påverkan kan öka om två olika kabelsträckningar används samtidigt.

9.4.5 Konsekvenser vid avveckling

Vindkraftverk och elstationer till havs ska demonteras helt och hållet och avlägsnas med hjälp av en liknande plattform och metoder (i omvänd ordning) som de som användes vid installationen. Fundamenten kan tas bort helt eller delvis. Kablar kommer att tas bort eller lämnas kvar på ett säkert sätt. Om det är nödvändigt att ta bort kablar är processen i princip densamma som för kabelförläggning, men i omvänd ordning. Följaktligen kommer rivning och borttagning av strukturer att ha liknande effekter som under byggtiden (grumling av vatten, buller), men dessa kommer att vara mindre allvarliga och påverkan på den svenska sidan kommer att vara mycket begränsad.

9.4.6 Projektet genomförs inte VEO

Om vindkraftsparken och dess tillhörande strukturer inte byggs kommer fiskbeståndets status att förbli som den är idag och utvecklas till följd av naturliga förändringar (t.ex. klimatförändringar). Fisk och fiske kan också påverkas av annan antropogen påverkan, t.ex. byggande av vägar.

9.4.7 Kumulativa konsekvenser

Flera vindkraftsprojekt planeras i närheten av projektet, vilket kan påverka Halla havsbaserade vindkraftsprojekt. Eftersom projektet ligger långt ute till havs kommer kustnära aktiviteter (t.ex. industri, jordbruk och därmed sammanhängande föroreningar) inte att påverka projektet.

Information tyder på att byggandet av det närmaste havsbaserade vindkraftsprojektet på den svenska sidan, Polargrund, delvis kan sammanfalla med byggandet av Halla, vilket kan leda till mindre gränsöverskridande påverkan av undervattensbuller eller grumlighet under byggandet. Projekten kan ha driftsbullerinteraktioner i själva vindparksområdena, beroende på storleken på vindparkerna och antalet turbiner som ska installeras. Det uppskattas att de kumulativa effekterna kan vara lika stora som eller mindre än driftseffekterna av själva Halla-projektet. Elektromagnetisk strålning från sjökablar förväntas inte ha gränsöverskridande effekter, eftersom kabelsträckningarna för de olika projekten inte ligger i samma områden, baserat på nuvarande information.

Vindkraftsparker kommer sannolikt att ha måttliga/betydande gränsöverskridande interaktioner genom vindförändringar under driftsfasen, särskilt om alla planerade projekt skulle genomföras. För revet visar modellering att vindförlust över ett ganska stort område påverkar ytströmmar i havet och potentiellt ytterligare temperatur, salthalt och skiktning. Effekterna på fisket är svåra att bedöma utan mer detaljerade uppgifter.

Negativa kumulativa effekter på fisket från vindkraftsprojekt kan vara betydande, eftersom trålning kan förhindras helt på grund av vindkraftverkens placering. Det förekommer dock lite trålning eller annat kommersiellt fiske i området för de havsbaserade vindkraftsparkerna Halla och Polargrund.

Potentiella gränsöverskridande interaktioner med fiskvandring kan också potentiellt vara måttliga om det finns flera hinder för fiskvandring, dvs. turbinstrukturer över ett stort område på grund av flera projekt, dvs. fisk kan behöva ändra sina vandringsvägar i viss utsträckning om flera projekt skulle genomföras. Även om fiskar kan undvika hinder och har en hög benägenhet att simma mot lekfloder, och de flesta vandringar sker nära kusten, är den faktiska omfattningen av påverkan svår att uppskatta mer exakt på grund av brist på data.

På grund av projektområdets närhet till farleder kan fartygstrafiken ha en mindre gränsöverskridande påverkan på vattenföroreningar och buller under byggtiden, vilket kan resultera i en gränsöverskridande effekt med Polargrund-projektet. Det kan också förekomma en mindre gränsöverskridande bullerpåverkan under driften av vindkraftsparken.

9.4.8 Osäkerhetsfaktorer i bedömningen

Bedömningen av konsekvenserna har baserats på uppgifter från ett antal separata studier som genomförts under flera år om fisket och annat marint liv i området, liksom om fiskeaktiviteterna i området, och på uppgifter från litteraturen om effekterna på fisket under uppförande och drift av vindkraft och tillhörande strukturer. Resultaten har jämförts med resultaten av modelleringen av grumlighet, hydrodynamiska förändringar, effekterna av vätgasårpåverkan och undervattensbuller för projektet.

En av de största osäkerhetsfaktorerna i bedömningen är projektets stora omfattning, som ger upphov till osäkerhet i resultaten, trots omfattande fältundersökningar och andra studier. Dessutom saknas det i allmänhet information om förhållandena och fiskesamhällena i det yttre havet i Finland. För de resultat som baseras på litteratur är osäkerheterna bland annat relaterade till svårigheten att studera fiskars beteende under naturliga förhållanden. Forskningsresultaten är förknippade med vissa osäkerhetsfaktorer, t.ex. när det gäller fiskarnas artspecifika egenskaper. Bedömningen försvåras också av att det inte finns några praktiska erfarenheter i Finland av ett liknande projekt i samma vattendrag som projektområdet.

Trots dessa osäkerhetsfaktorer anses konsekvensbedömningen vara tillräckligt exakt utifrån de uppgifter som för närvarande finns tillgängliga. De data som används är också ömsesidigt stödande. Uppgifterna kommer att förfinas under vattentillståndsfasen, om det behövs.

9.4.9 Förebyggande och begränsning av konsekvenser

I princip kan man genom att placera havsbaserade vindkraftsparker i djuphavsområden förhindra de mest skadliga konsekvenserna för den marina naturen. De mest mångsidiga och viktiga områdena i Finlands havsvatten, inklusive fiskarnas lekområden, ligger i grunda vatten som enligt nuvarande information inte finns i vindkraftsparkens område, åtminstone inte för kommersiellt viktiga fiskarter. Mindre olägenheter i form av förlust av botten kan förebyggas genom att välja en fundamenttyp som kräver så lite bottenyta som möjligt.

Anläggningen av sjökablar i närheten av viktiga lekområden kan planeras så att den sker vid den mest gynnsamma tidpunkten för dessa platser eller, i bästa fall, så att de mest värdefulla områdena undviks. Valet av kabelinstallationsmetod kan också förhindra de mest negativa effekterna, och alternativen har bedömts i MKB-rapporten.

När det gäller buller under byggtiden kan de negativa effekterna mildras genom att man använder en bubbelgardin för att dämpa det buller som genereras.

Eventuell skada på yrkesfisket, t.ex. förlust av fiskeplatser eller fångster, kan kompenseras genom fiskekompensation, som ska anges i vattentillståndet.

9.5 Jordmån och berggrund (bottenförhållanden)

SLUTSATSER:

- Havsbotten i området för den havsbaserade vindkraftsparken består huvudsakligen av grovkorniga sediment (främst sand).
- För att bygga fundament för vindkraftverk/elstationer på havsbotten krävs muddring och/eller utjämning av havsbotten. Det uppskattas att högst 0,8% av vindkraftsparkens totala yta (575 km²) kommer att påverkas av muddring och konstruktion.
- Koncentrationerna av föroreningar i bottensedimenten är låga i vindparksområdet och påverkar inte det muddrade materialets lämplighet för deponering.
- I båda alternativen kommer den havsbaserade vindkraftsparkens påverkan på havsbottenförhållandena att begränsas till anläggningsområdena och kommer att inträffa under anläggningsfasen (utsläpp av fasta ämnen) och kommer inte att sträcka sig till den svenska sidan, med undantag för den marina deponeringen söder om parken, som kan orsaka mindre gränsöverskridande påverkan
- Det finns ingen eller försumbar påverkan under drift.

9.5.1 Mekanismer för konsekvenser och bedömningsmetoder

Anläggandet av fundament på havsbotten kommer att kräva viss muddring och/eller utjämning. Konsekvensbedömningen tog hänsyn till effekterna under byggnation, dumpning och drift, samt sedimentens sammansättning och föroreningar.

9.5.2 Byggtida konsekvenser

9.5.2.1 Havsbaserade vindkraftsparken

Vindkraftverken kommer att placeras i ett havsområde, så påverkan kommer att ske på havsbotten och huvudsakligen under anläggningsfasen. Här har påverkan från det ytmässigt största fundamentet, gravitationsfundamentet, bedömts, medan andra typer av fundament har en mindre påverkan på bottenförhållandena. Exempelvis är diametern på ett gravitationsfundament utan erosionsskydd upp till 52 m, vilket ger ett fundamentfotavtryck på cirka 2 100 m², medan diametern på ett pålfundament utan erosionsskydd är upp till cirka 18 m, vilket ger ett fundamentfotavtryck på cirka 255 m².

Arbetet till havs kommer att inledas med muddring av fundamenten och förberedelse av botten för fundamenten. För gravitationsfundamenten kommer en fyllning av krossat berg att förberedas på botten. Gravitationsfundamentet med stålskal kommer att vara en kombination av en cylindrisk och en avkortad kon, en förstyvad stålkonstruktion med en ringformad sond i botten. Fundamentet är fyllt med ballast. På utsidan är fundamentet täckt med krossad sten och erosionsskydd och eventuellt en stödbank. Dimensionerna på fundamentet beror inte bara på turbinens storlek och vattendjupet, utan även på vind-, våg- och isbelastningar, jordart och bäddens bärförmåga. Det beräknas att den maximala markberedning och konstruktion som krävs för gravitationsfundamenten (VE1 160 turbiner) kommer att täcka cirka 0,045% av parkens totala yta (575 km²).

Under byggnationen kommer markstörningar också att uppstå vid installation av kablar inom den havsbaserade vindkraftsparken och vid byggnation av havsbaserade elstationer. Om vätgas produceras i vindparksområdet med hjälp av centraliserade havsbaserade stationer skulle det krävas 3 till 8 vätgasproduktionsstationer. Vätgas kan också produceras per turbin, i vilket fall produktionen av vätgas inte kräver att botten störs. Storleken på fundamentet för en vätgasproduktionsstation är ungefär densamma som för en elstation till havs (avsnitt 6.3).

Antalet havsbaserade elstationer beror på vilken teknik som väljs och projektets lämplighet och kan till exempel vara tre större havsbaserade elstationer eller åtta mindre. Storleken på fundamentet för den havsbaserade elstationen beror på vilken typ av fundament som väljs, på samma sätt som för havsbaserade vindkraftsparker. Den uppskattade storleken på fundamentet för ett cirkulärt gravitationsfundament är upp till 71,5 m i diameter, vilket ger ett fotavtryck på cirka 4 000m². Beroende på förhållandena på havsbotten kan kablarna i vindkraftsparken läggas på havsbotten eller installeras på olika sätt: genom sprängning med högt tryck, plöjning eller grävning. I områden där det inte är möjligt att gräva ut havsbotten kan det vara nödvändigt att skydda kabeln med stenblock. Sjunkdjupet i havsbotten bör vara ca 1–2 m för att skydda kablarna från is, utrustning och/eller ankare etc. Det slutliga djupet och installationsmetoderna varierar beroende på de markundersökningar som utförs.

Den maximala uppskattade ytan för förberedelse av botten och konstruktion som krävs för gravitationsfundamenten för vindkraftverken och de havsbaserade elstationerna är ca 0,05% av parkens totala yta (575 km²). Under installationen av kablarna i den havsbaserade vindkraftsparken kommer havsbotten också att störas, men detta kommer att ske på ytsedimentet och kommer att vara av mindre varaktighet och påverkan. Å andra sidan är kabelnätet som ska byggas relativt stort (111 ha ska modifieras, 0,19 % av parkens yta).

Bergytans nivå i området för den havsbaserade vindkraftsparken är inte känd, men den uppskattades vara tillräckligt djup för att inte påverkas. Om bergytan ligger nära havsbottenytan kan det bli nödvändigt med stenbrytning vid enskilda gravitationsfundament för att jämna ut eller luckra havsbotten. Mängden stenbrytning bedöms dock vara begränsad och kommer att minimeras genom placeringen av kraftverken.

Effekter av muddring och deponering

Muddring och dumpning kommer alltid att orsaka grumling av vattnet i ett relativt begränsat område i närheten av den enskilda platsen. I allmänhet är grumlingen ganska lokal och vattenkvaliteten börjar bli bättre strax efter att muddringen har avslutats. Muddring sker huvudsakligen vid lugnt väder, när strömmarna är svaga och grumlingens utbredning inte är kraftig och därför inte sträcker sig så långt mot den svenska sidan. Den sedimentation som orsakas av muddringen kommer främst att påverka vattenförekomstens bottenstikt. Spridningen av fasta partiklar vid större deponier är kortvarig. Det område som påverkas beror på dumpningens storlek, dumpningsplatsens egenskaper och det material som ska dumpas samt rådande vind- och strömförhållanden. Omfattningen av den potentiellt långvariga vattenburna transporten av fasta ämnen från deponin nära botten är hundratals meter, till och med kilometer, beroende på de faktorer som nämns ovan, vilket kan leda till mindre påverkan på den svenska sidan. Sediment resuspenderas och transporteras också naturligt (*Ympäristöministeriö 2015*).

För att bedöma kvaliteten på muddermassorna och deras lämplighet för deponering måste de fysikalisk-kemiska egenskaperna bestämmas. De kan användas för att bedöma och förutsäga hur muddermassorna beter sig under muddring och deponering. Förutom koncentrationen av skadliga ämnen påverkas sedimentets lämplighet för dumpning av dess erosionskänslighet. Ju mer erosivt det sediment som ska dumpas är, desto större är risken att det driver iväg från dumpningsplatsen och desto större blir de fördelar som kan uppnås genom riskhanteringsåtgärder i olika skeden av muddringsprojektet. Muddringsmaterialets erosionskänslighet beror

på ett antal faktorer - kornstorleksfördelning, förhållandet mellan finkorniga och grovkorniga material, bulkdensitet, mängd och kvalitet på organiskt material, lermineralogi, salthalt och pH - och deras komplexa inbördes förhållanden. Dessa faktorer har också ett avgörande inflytande på hur potentiella föroreningar beter sig (*Ympäristöministeriö 2015*).

Kraftverken kommer att byggas på en fast havsbotten, och muddermassorna förväntas huvudsakligen vara grovkorniga (sand, blandade sediment eller morän). Beroende på jordart kommer materialet även att innehålla en siltfraktion. En del av denna kommer att suspenderas under muddring eller dumpning, huvudsakligen nära botten. Siltfraktionen transporteras med strömmar och sedimenterar långsamt till botten och kan även i mindre omfattning deponeras på den svenska sidan. Grövre aggregat sedimenterar snabbt till botten. Det expanderande suspensionsmolnet i deponeringsområdet kommer med tiden att försvinna i bakgrundssedimentet och kommer inte att ha någon betydande inverkan på den svenska sidan.

Sedimentspridningen har modellerats (*Niras 2023a, bilaga 3*). Enligt modelleringen kommer de sediment som frigörs under utgrävning och deponering huvudsakligen att stanna kvar inom vindkraftsparken, men i båda scenarierna kommer sediment, särskilt från deponiområdet, också att transporteras utanför vindkraftsparksområdet, några kilometer bort, och därmed i mindre utsträckning till den svenska sidan. Sedimentpartiklar som blandas med vatten under muddring och dumpning kommer att sedimentera tillbaka till botten. Enligt vattendragsmodelleringen kommer sediment från utgrävningen och dumpningen av vindkraftverket att deponeras till en tjocklek av mer än 1 mm i närheten av sammanlänkningarna och elstationerna samt i och omkring deponeringsområdet. Totalt tyder modelleringen på att sedimentation på mer än 1 mm sträcker sig över ett område på cirka 200 km², med en liten del av området som sträcker sig in i Sverige. Inom vindkraftsparken sker ca 4 cm sedimentation runt elstationerna och ca 1 cm längs förbindelsekablarna. Sedimentationen är störst i och omkring deponiområdet, där muddermassorna kommer att deponeras. I detta område beräknas ett minst ca 1 cm tjockt sedimentlager bildas genom återsedimentering och på många ställen, totalt ca 0,5 km², är sedimentlagret ca 2,5–5,0 cm tjockt. Som mest skulle ett 10 cm tjockt sedimentlager bildas i deponeringsområdet och i närheten av elstationerna, på en yta av 0,01 km², som gränsar till den finska sidan.

Exempelvis uppmättes siltinnehållet i blandade sediment och morän till cirka 20 % eller mindre i bottenundersökningarna av Tahkoluoto havsbaserade vindkraftspark. Om 5% av siltfraktionen suspenderas under muddring och 5% under deponering, är den kortsiktiga ökningen av det lokala suspenderade sedimentflödet i både muddrings- och deponeringsområdena i genomsnitt 3 ton/h. Många floder i Finland, däribland Kokemäenjoki, släpper ut fasta partiklar i havet under flödestoppar i form av suspension och sedimentation i storleksordningen 10 000 ton/dag. Vattenövervakning som utfördes under byggandet av den befintliga havsbaserade vindkraftsparken vid Tahkoluoto bekräftade ovanstående uppskattningar (*KVVY ry 2016 och 2017*). Under 2016 (muddring och deponering) observerades tidvis en liten ökning av grumligheten och koncentrationen av fasta partiklar nära arbetsplatsen. Under 2017 (fyllning, övertäckning, erosionskontroll) låg koncentrationerna av grumlighet och fasta partiklar nära arbetsplatsen kvar på samma nivå som referenspunkten. Under stora stormar eroderas marginella mängder finsediment från ytan av deponiområden och kabeltäckningar jämfört med det omgivande flödet av fasta partiklar och transporteras till det omgivande området. Processen stoppas när det grövre materialet har separerats för att skydda ytan.

De preliminära havsbaserade deponeringsalternativen för Halla vindkraftspark har dimensionerats så att ett preliminärt deponeringsområde har kapacitet att rymma både den maximala muddringsvolymen för vindkraftsparken (3 000 000 m³) och den maximala muddringsvolymen för kabelstråken (1 200 000 m³). Muddringsmassorna kommer att släppas ut i havet under öppet vatten-säsongen (maj-november) när vindkraftverkens fundament läggs. Muddrings-

och dumpningsvolymerna och platserna för åtgärderna kommer att specificeras under den tekniska designfasen och kommer att behandlas under vattentillståndsfasen (kapitel 5.7.4.1).

Muddringsmaterialet kommer att deponeras på en deponeringsplats i den sydvästra delen av den havsbaserade vindkraftsparken eller på två alternativa deponeringsplatser längs energiöverföringsrutterna, huvudsakligen i finskt territorialvatten. Enligt den genomförda studien (Lindfors m.fl. 2023 och 2024, bilagorna 2 och 5 i den nationella MKB-rapporten) skulle den mest lämpliga platsen för deponering till havs av de tre platser som studerats och preliminärt valts vara Halla 2 och den tillfredsställande Halla 3. Ingen påverkan på den svenska sidan skulle uppstå till följd av dumpningen av energiöverföringsrutterna. När muddringsmängderna för både kabelstråken och den havsbaserade vindkraftsparken blir mer exakta kommer det slutliga deponeringsområdet till havs att dimensioneras efter den kapacitet som krävs inom de föreslagna områdena.

Enligt tillgängliga data kommer de muddrade sedimenten inte att innehålla föroreningar i mängder som skulle påverka massornas deponerbarhet. Endast i energiöverföringsrutterna MVE1/VVE1 har föroreningar över nivå 2, dvs. oacceptabla för dumpning till havs, detekterats i sedimentet vid ett tillfälle. Enligt de undersökningar som utförts ligger föroreningsplatsen i farleden och är mycket lokal och förväntas inte ha någon inverkan på muddringen och lämpligheten för dumpning till havs av massorna i energiöverföringsrutten MVE1/VVE1. Mängden potentiellt förorenat material som ska muddras vid denna punkt är försumbar. Detta kommer att verifieras, om nödvändigt, under vattentillståndsfasen.

Sammanfattningsvis kommer påverkan på bottenförhållandena under uppförandet av den havsbaserade vindkraftsparken att vara lokal och i stort sett begränsad till den finska sidan. I området för vindkraftsparken är föroreningarna i sediment låga eller har inte upptäckts, så muddring och deponering av sediment i detta avseende förväntas inte ha några negativa effekter på havsbottenförhållandena på den svenska sidan heller. Efter anläggningsarbetena kommer även bottenförhållandena i många avseenden att återställas. Det bör också noteras att sedimentation och skiktning förekommer naturligt på havsbotten på både den finska och den svenska sidan, beroende på lokala förhållanden (typ av havsbotten, sedimentkvalitet, topografi, strömriktning och -intensitet samt vattendjup).

9.5.2.2 Sträckning för sjökabel/vätgasrör

För sjökabel- och vätgasrörssträckningarna, som huvudsakligen ligger i finskt territorialvatten, har två möjliga installationsmetoder modellerats. Anläggningen av sjökabel- och vätgasrörssträckningarna förväntas inte orsaka någon gränsöverskridande sedimentrelaterad påverkan på den svenska sidan, och beskrivs därför nedan främst eftersom det är en väsentlig aktivitet för projektet som helhet.

Beroende på vilken överföringskabelteknik som väljs kan projektet kräva totalt upp till 10 överföringskablar från vindkraftsparken till fastlandet. Beroende på markförhållandena måste kablarna ligga 50–300 m från varandra för att reparationsfartyget ska kunna arbeta säkert i händelse av ett enskilt kabelfel. Avståndet mellan kablarna minskar ju närmare stranden de kommer, och i landningsområdet behöver kablarna bara ett utrymme på cirka 80 meter, beroende på var de befinner sig. De slutliga sträckningarna kommer att väljas utifrån en helhetsbedömning, där man bland annat tar hänsyn till de anslutningspunkter som Fingrid har angett, lokal el- eller vätgasanvändning, tillgängligt utrymme, teknisk och ekonomisk genomförbarhet samt miljömässiga och sociala aspekter (se den tekniska beskrivningen i kapitel 5.6.2).

Sjökablarna kommer att installeras på havsbotten med hjälp av ett installationsfartyg och innan kabeln läggs ut kan havsbotten behöva formas för att skapa ett kabeldike. Kabeldikena kan grävas med hjälp av ett skopmudderverk eller andra muddringstekniker. Ett typiskt dike

är cirka tre meter brett och mindre än en meter djupt. Baserat på befintliga data kommer inga sediment som innehåller föroreningar att deponeras i områdena för sjökablarna i området för havsbaserade vindkraftverk. Förhöjda metallkoncentrationer (främst nickel) har upptäckts vid en punkt längs energiöverföringsrutten MVE1/VVE1. Enligt de undersökningar som genomförts ligger föroreningspunkten i farleden och är mycket lokal. Detta kommer att verifieras under vattentillståndsfasen och resultaten kommer att användas för att besluta om vilka ytterligare åtgärder som ska vidtas vid denna punkt. Störningen av ytsedimentet under anläggningsarbetet på grund av kabelinstallationen förväntas inte orsaka mer än mindre, lokala och övergående effekter på havsbottenförhållandena.

Oavsett implementeringskoncept kommer den havsbaserade vätgasproduktionen att ha vätgasrör inom parken samt centraliserade exportrörledningar. Den typiska yttre diametern för ett vätgasrör är cirka 60 cm. Rörledningarna kommer att dras till SSAB:s stålverk i Brahestad, cirka 35 km sydost om Halla vindkraftsområde. Vätgasrören kommer att installeras på havsbotten med hjälp av ett installationsfartyg. Det finns flera olika sätt att installera rörledningen i landstigningsområdet. Om området är stenigt kan det vara lämpligt med horisontell riktad borrhning. Ett annat alternativ är att gräva ett öppet dike, t.ex. ett kabeldike. Alternativt kan en brygga eller bro byggas för att korsar stranden. Den bredd som krävs på landningsplatsen är några tiotals meter. Om ett öppet dike används kommer området att anläggas. Fordonsanvändning och skogsbruk kommer att begränsas i rörledningens område. Störningen av ytsedimentet under anläggandet av vätgasrören bedöms inte ha mer än mindre, lokala och tillfälliga effekter på havsbottenförhållandena och kommer inte att sträcka sig till den svenska sidan.

9.5.3 Konsekvenser under drift

9.5.3.1 Havsbaserade vindkraftsparken

Under drift kommer vindkraftverken inte att ha någon inverkan på havsbottenförhållandena. Vindkraftsparken kommer att drivas automatiskt, utan behov av separat bemanning eller åtgärder för att kontrollera produktionen. Underhållsbesök på vindkraftverken kommer inte heller att ha någon inverkan på havsbottenförhållandena.

De mest betydande kemikalierna i samband med driften av vindkraftsparken är oljor och kylvätskor i transformatorerna och kraftverken. Vindkraftverken är utrustade med sumpar för att förhindra utsläpp av kemikalier i händelse av ett eventuellt, men osannolikt, spill. Ett eventuellt spill skulle inte påverka förhållandena på marken.

Inga skadliga ämnen som plast eller metaller kommer att läcka ut i miljön från vindkraftverken eller deras fundament. Vindkraftverkens blad består huvudsakligen av glas- och kolfibrer, epoxi- eller polyesterhartser och kärnmaterial som balsaträ och plastskum. Bladen är konstruerade för att klara de förhållanden som de utsätts för, t.ex. regn, erosion, UV-strålning, frost och luftburna föroreningar. Bladens yta är täckt med ett skyddande lager färg eller gelcoat, som kan ha ett lager av spackel under sig. I dag är det vanligt att bladspetsens framkant behandlas med ett mycket nötningsbeständigt polyuretanmaterial (leading-edge protection). Endast under dessa lager finns ett strukturellt epoxilaminat, som är en förstärkande plast. Mycket små mängder dammigt inert material, främst från färgen på bladen, kan frigöras från bladspetsens framkant från det översta lagret och hamnar mycket nära utsläppsområdet, utan någon effekt på den svenska sidan. Partiklarna är tyngre och mindre än luft och vatten och mineraliseras successivt i närheten av kraftverken utan att komma in i organismernas kroppar. Bladen inspekteras regelbundet och repareras om ytskiktet slits bort (Finska vindkraftföreningen 2024c).

Mikroplaster är syntetiskt framställda, icke-biologiskt nedbrytbara plastpartiklar som är stabila även i vattenfasen och som består av blandningar av polymerer och tillsatser, med en minsta

dimension på minst ≥ 1 nm och en största dimension på 5 mm för partiklar och 5–15 mm för fibrer, beroende på tolkning (*Fjäder m.fl. 2022*).

När det gäller mikroplaster har särskild uppmärksamhet ägnats åt bisfenol A (BPA), en allmänt använd mjukgörare som används vid tillverkning av polykarbonatplaster, epoxihartser och många vanliga varor, inklusive leksaker, vattenrör, dryckesbehållare, glasögonlinser, sportutrustning, medicintekniska produkter och slangar samt konsumentelektronik. Det används därför i många produkter, men dess säkerhet ifrågasätts allmänt mot bakgrund av nuvarande kunskap och dess användning är därför begränsad i Europa. De potentiella utsläppen av BPA från vindkraftverk till natur eller människor är låga och därför är den potentiella påverkan på den svenska sidan också mycket låg (*Suomen Tuulivoimayhdistys 2024c*).

9.5.3.2 Sträckning för sjökabel/vätgasrör

Sjökablarna och vätgasrörens sträckning kommer inte att ha någon påverkan på markförhållandena i Finland eller Sverige under driften. Eventuell påverkan under kabelreparation kommer att vara kortvarig och lokaliserad och begränsad till den finska sidan.

9.5.4 Konsekvenser vid avveckling

Livscykeln för det havsbaserade vindkraftsprojektet planeras till 30–40 år. Den sista fasen i en vindkraftsparks livscykel är avvecklingen och återvinningen och bortskaffandet av den utrustning och det avfall som vindkraftsparken genererar. Nedmonteringen och utrustningen är i princip av samma typ som under byggfasen, men i omvänd ordning. Vindkraftverkens fundament kommer att tas bort helt eller delvis eller lämnas kvar på plats, om det behövs. Även undervattenskablar kan komma att avlägsnas i slutet av driftsfasen. Rivningens effekter på markförhållandena liknar de som uppstår under anläggningsfaserna. Effekterna kommer dock att vara lokala och begränsade i tid och varaktighet, och kommer att vara mindre än under anläggningsfasen, och eventuella gränsöverskridande effekter kommer att vara mycket begränsade. Avvecklingen beräknas äga rum under flera säsonger med öppet vatten.

9.5.5 Projektet genomförs inte VE0

Enligt nollalternativet kommer havsbotten i området inte att påverkas av vindkraftsprojektet.

9.5.6 Kumulativa konsekvenser

Det finns flera vindkraftsprojekt i olika utvecklingsstadier i Bottenhavet, både i Finland och i Sverige. Vindkraftsprojektet Maanahkiainen, som ligger mellan Brahestad och Pyhäjoki, är det projekt som ligger närmast energiöverföringsrutten MVE1/VVE1, några kilometer bort. Enligt bedömningen är kumulativa effekterna med andra projekt begränsade till den finska sidan. Konsekvenserna av projekten kommer främst att uppstå under byggtiden och i de områden där kraftverken är belägna. De områden som krävs för kraftverkens fundament är också små jämfört med de områden som krävs för t.ex. vindkraftsparker. Byggtiden varierar från projekt till projekt, dvs. byggandet sker inte samtidigt, vilket också minskar de potentiella kumulativa effekterna. Efter byggnationen kommer markförhållandena också att återställas i många avseenden.

Polargrundsprojektet på den svenska sidan förväntas inte ha någon direkt interaktion med havsbotten, eftersom det närmaste kraftverket ligger 4,7 km från det närmaste kraftverket i Halla. Byggandet av det havsbaserade vindkraftsprojektet kan delvis sammanfalla med byggandet av Halla, vilket kan leda till mindre indirekt gränsöverskridande påverkan på den svenska sidan genom grumling av vattnet under byggandet.

Det maximala antalet havsbaserade vindkraftverk som kan byggas i området skulle vara 160 enligt alternativ VE1 och 120 enligt alternativ VE2. På grund av det lägre antalet kraftverk och

elöverföringsstrukturer kommer påverka att vara något lägre i alternativ VE2 och därför kommer även den mindre gränsöverskridande påverkan att vara lägre. Påverkan på bottenförhållanden (muddring/dumpning) är liten negativ i båda alternativen, även för gränsöverskridande påverkan. Konsekvenserna är koncentrerade till byggperioden och till kraftverkens områden och sker huvudsakligen på den finska sidan.

9.5.7 Osäkerhetsfaktorer i bedömningen

Det finns inga betydande osäkerhetsfaktorer i bedömningen baserat på befintlig information. Vindparksområdet är stort, så antalet undersökningspunkter i vindparksområdet är naturligtvis relativt lågt. Detsamma gäller för energiöverföringsrutterna (latitudundersökningar). I det här skedet har de genomförda undersökningarna gett en tillräckligt omfattande översikt över bottenförhållandena och sedimentföreningarna i området. Variationen i sedimentföreningar förväntas t.ex. inte vara särskilt stor på grund av målområdets avlägsna läge till havs. Föreningarna har transporterats/sedimenterats till platsen med vatten, huvudsakligen från kustnära källor. I kustområdet har punktnätverket av energiöverföringsvägar varit tätare. Detaljerad information om markförhållandena (inklusive djupare lager) i vindparksområdet kommer att erhållas från mer detaljerade markundersökningar av turbinplatserna och kabelstråken under den fortsatta planeringen. Undersökningarna visar att sedimentet i vindparksområdet är fritt från föreningar.

En mycket lokal metallförening observerades längs en energiöverföringsrutt i finskt territorialvatten. Det förväntas inte ha någon inverkan på muddringen eller lämpligheten för deponering till havs av massorna i denna energiöverföringsrutt (MVE1/VVE1). Detta kommer vid behov att verifieras under vattentillståndsfasen. Resten av projektområdet kommer också att bli föremål för ytterligare studier av sedimentföreningar, om så krävs.

9.5.8 Förebyggande och begränsning av konsekvenser

Byggandet kommer att inriktas på områden där havsbottens jordart är mest lämpad för byggnation. Valet av arbetsmetoder kommer också att ha en betydande inverkan på behovet av omarbetning av havsbotten och mängden sediment som sprids. Exempelvis har användning av vattentryckssprutning för att installera kablar/vattenledningar mindre sedimentationseffekter än muddring och deponering. Muddring och deponering bör utföras i lugnt väder, när strömmar inte för med sig sediment långt bort. I vägledningen för muddring och deponering (miljöministeriet 2015) anges sätt att hantera miljöpåverkan från muddring och deponering (utdrag nedan).

Vid muddring kommer alltid en del fasta partiklar (sediment) att spridas i det omgivande vatten. Åtgärder för att minska eller begränsa denna spridning inkluderar:

- Användning av en silt- eller bubbelgardin eller liknande teknik
- Genom väderförhållanden, t.ex. genom att begränsa muddringen när det finns en stark vattenström
- Anpassa muddringshastigheten till lämplig nivå
- Minimera muddringsmängden
- Förbereda för skyddsåtgärder innan arbetet påbörjas.
- Mätningar av spridningen av fasta partiklar under och efter arbetet kan omfatta grumlighets-, näringsämnes- och syremätningar.

Dumpning sker vanligtvis direkt från pråmen. I detta fall sprids fasta partiklar i hela vattenpelaren av vattenflödet när muddermassorna sjunker till botten. Den finkorniga massan, som inte har någon sammanhållning, är den mest känsliga för spridning. Spridningen av finmaterial kan minskas genom att massan leds från pråmen direkt till botten, genom att

dumpningshastigheten begränsas och genom att dumpning undviks när vattenflödet är betydligt högre än normalt på grund av rådande väderförhållanden. Vid dumpning kan även skyddsnät användas på samma sätt som vid muddring. Riskhanteringsåtgärderna på dumpningsplatsen är utformade för att minska erosionen av det dumpade materialet och/eller kontakten mellan sediment som innehåller föroreningar och vattenfasen. Ansträngningar kan göras för att välja sedimentdeponeringssekvensen så att det material som blir kvar på ytan är renare och mindre känsligt för erosion.

Huruvida ovanstående metoder lämpar sig för Halla-projektet kommer att undersökas i takt med att projekteringen fortskrider.

9.6 Fåglar

SLUTSATSER:

- De viktigaste gränsöverskridande mekanismerna för påverkan på fåglar från den havsbaserade vindkraftsparken i Halla bedömdes vara barriär- och störningseffekterna till följd av uppförande och drift av turbinerna och av mänskliga aktiviteter under uppförande och drift, dvs. fartygens rörelser i projektets havsområde.
- För flyttfåglar är den primära effekten av turbinerna hinder, vilket kan leda till lokala förändringar i flyttningsvägarna när fåglarna rundar den havsbaserade vindkraftsparken.
- Bland enskilda arter uppskattades den mest betydande påverkan vara på fiskmåsar och bedömdes vara av måttlig betydelse. För andra fåglar bedömdes påverkan vara av låg betydelse för gränsöverskridande påverkan.

9.6.1 Mekanismer för konsekvenser och bedömningsmetoder

Vid bedömningen av konsekvenserna av Halla havsbaserade vindkraftspark för fåglar beaktades häckfåglarna och flyttstråken på både den finska och den svenska sidan. Vid bedömningen av konsekvenserna för fåglar har särskild uppmärksamhet ägnats åt arter med skyddsvärde, arter som bedömts vara känsliga för vindkraftens effekter på fåglar och potentiella konsekvenser för områden med högt fågelvärde.

De observationsdata som samlades in under de fågelundersökningar som genomfördes för projektet, liksom de befintliga data som nämns i avsnitt 8.4.6.1, analyserades och projektets påverkan på fåglar bedömdes främst genom expertbedömningar av biologer och andra experter, i den utsträckning som de tillgängliga uppgifterna tillät. Bedömningen av den havsbaserade vindkraftsparkens och energiöverföringsrutternas påverkan på flyttfåglar baseras på projektets olika typer av påverkan (uppförande och drift av den havsbaserade vindkraftsparken, installation av sjökablar och vätgasrör). Bedömningen tog hänsyn till påverkan på både den finska och den svenska sidan.

I konsekvensbedömningen beaktades de berörda arternas bevarandevärde och deras känslighet för de olika påverkansmekanismerna, liksom intensiteten i verksamhetens påverkan. Dessutom har placeringen av platser som är viktiga för fåglar, såsom grunda områden och häckningshål, beaktats i förhållande till den planerade placeringen av energiöverföringsrutterna. I bedömningen av konsekvenserna för fåglar har särskild uppmärksamhet ägnats åt arter som är viktiga ur bevarandesynpunkt, arter som bedöms vara känsliga för vindkraftens påverkan på fåglar och potentiella konsekvenser för platser med högt fågelvärde.

I bedömningen har man också beaktat projektets inverkan på arter och bevarandekriterier i närliggande områden med högt fågelvärde (t.ex. Natura, IBA, FINIBA, MAALI). De kombinerade effekterna av andra närliggande vindkraftsparker och vindkraftsprojekt på fåglar har bedömts i möjligaste mån på grundval av tillgängliga uppgifter.

I konsekvensbedömningen beaktas även begränsnings- och kompensationsåtgärder och ett övervakningsprogram för fågelpåverkan föreslås.

9.6.1.1 Kollisionssimulering

Det ansågs inte lämpligt att utföra kollisionssimulering för fågeleffekterna av Halla-projektet på grund av tillförlitligheten hos den modell som beskrivs nedan och det låga antalet fåglar som observerats i området och dess konsekvenser för modellens tillförlitlighet. De modelleringsresultat som bygger på antaganden och sannolikheter har inte visat sig motsvara det faktiska antalet kollisioner i Finland. Till exempel i en gemensam konsekvensbedömning som genomfördes i samband med MKB-förfarandena för vindkraftsparker som byggdes längs de livliga flyttstråken i Bottenhavets kustområde (Kalajoki, Pyhäjoki, Brahestad) uppskattade kollisionssimuleringen totalt 35–118 kollisioner per år mellan olika arter av gäss och sångsvanar (*FCG Finnish Consulting Group Oy 2012*). Däremot har inga kollisioner av dessa arter observerats i omfattande fågelundersökningar (eller liknande undersökningar) som utförts i samma vindkraftsområden (*FCG Finnish Consulting Group Oy 2014–2019, Suorsa 2019*).

I MKB-förfarandena för andra havsbaserade vindkraftsparker i Finland utfördes ingen kollisionssimulering i MKB:n för utvidgningen av den havsbaserade vindkraftsparken Tahkoluoto (utanför Björneborg) (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*). Däremot genomfördes kollisionssimulering för åtta arter i MKB:n för den havsbaserade vindkraftsparken Suurhiekkä (Bottenviken, utanför Haukipudas och Ii) (*wpd Finland Oy 2009*). De årliga kollisionsfrekvenserna baserat på modelleringsresultaten varierade från 25 individer (sjöorre) till 0,115 individer (havsörn).

I modelleringen ovan antogs 95 % av fåglarna undvika kraftverken. I de övervakningsstudier som genomförts både i Finland och på ett mer omfattande plan har det konstaterats att fåglarnas faktiska undvikandefrekvens är minst 98 %, med undantag för några enstaka arter. I en kollisionssimulering för en havsbaserad vindkraftspark i Skottland användes till exempel olika undvikandegrader för olika arter och artgrupper: 98 % för sjöfåglar och sångsvanar, 99 % för gäss och 99,5 % för måsar (*Moray offshore renewables Ltd 2019*). Om ovanstående modellering i Finland hade beräknats med en undvikandefaktor på 98–99,5 % skulle de årliga kollisionsnivåerna ha minskat avsevärt och för Suurhiekkä, som är det projekt som är mest jämförbart med Halla, skulle kollisionsnivåerna till exempel vara högst några få individer per år. Det bör också noteras att i Suurhiekkä-modelleringen baserades kollisionssimuleringen för t.ex. sjöorren på antagandet att populationen av den art som passerar Suurhiekkä är 40 000 individer och att alla individer skulle flyga på kollisionshöjden (*wpd Finland Oy 2009*). Såsom beskrivs nedan tyder undersökningarna i Halla på att antalet individer som flyttar genom vindkraftsområdet är betydligt lägre och att sjöorrar flyger antingen vid ytan eller långt över kollisionshöjden.

I de fågelundersökningar som utfördes i Halla-projektområdet konstaterades att antalet individer som flög på kollisionshöjd var mycket lågt. Följaktligen bör kollisionssimuleringen också utföras med ett lågt antal individer, vilket oundvikligen ytterligare skulle minska tillförlitligheten i modelleringsresultaten. Spridningen i resultatet beräknat med ett litet antal individer blir så stor att tillförlitligheten för konsekvensbedömning blir dålig och modellen inte är statistiskt signifikant.

Om det i takt med att planeringen av Halla havsbaserade vindkraftspark fortskrider genomförs ytterligare studier i området och mer data finns tillgängliga för modellering, kan modelleringen av dessa studier, till exempel konsekvensmodelleringen, granskas i samarbete med övervakande myndighet.

9.6.1.2 Konsekvensobjektets känslighet

Känsligheten hos de fågelarter som är föremål för bedömning i förhållande till påverkan på dem påverkas av ett antal faktorer. Känsligheten beror på arternas antal och utbredning, deras anpassningsförmåga och även på deras förvaltningsstatus (t.ex. utrotningshotade och/eller EU:s fågeldirektiv).

För vanliga arter bestäms känsligheten av vitaliteten hos de populationer som finns i området och mångfalden, omfattningen och den mänskliga påverkan av deras livsmiljöer, samt deras uppskattade anpassningsförmåga. Känsligheten för förändringar hos arter som är vanliga i havs- och kustområden bedöms normalt vara försumbar, eftersom populationerna av dessa arter i allmänhet är livskraftiga i Finland. Känsligheten kan dock variera mellan olika regioner och arter.

Olika fågelarters känslighet för påverkan påverkas också i hög grad av populationsstorlek och yngelproduktion, som också varierar kraftigt mellan olika arter. Exempelvis är populationer av stora rovfågelarter relativt små och minskar ofta i populationsstorlek på lång sikt, med låg fekunditet och därmed långsam reproduktion, vilket gör dem betydligt känsligare för påverkan än vanliga och relativt stabila eller talrika sparvarter som reproducerar sig snabbt.

För hotade arter, i synnerhet de som skyddas enligt EU:s fågeldirektiv, är känsligheten högre, eftersom bedömningen måste ta hänsyn till de villkor som fastställs i naturvårdslagen och förordningen för skydd av arter och deras livsmiljöer. De hotade arternas överlevnad i Finland anses vara hotad och utrotningshotet för i synnerhet de skyddade arterna är uppenbart, vilket innebär att deras konsekvenser måste beaktas på en större skala än deras lokala eller regionala förekomst.

9.6.2 Bedömning av konsekvenser

Följande är en kortfattad bedömning av gränsöverskridande konsekvenser. En mer omfattande bedömning av konsekvenserna på den finska sidan finns i den nationella MKB-beskrivningen.

Den huvudsakliga mekanismen för påverkan på fåglar från Halla havsbaserade vindkraftspark bedöms vara de barriär- och störningseffekter som orsakas av byggandet och driften av kraftverken och av mänskliga aktiviteter under byggandet och driften, dvs. fartygens rörelser i projektområdet. För flyttfåglar är den primära effekten av kraftverken hinder, vilket kan leda till lokala förändringar av flyttvägarna när fåglarna kringgår den havsbaserade vindkraftsparken. Betydelsen av denna påverkan bedöms vara försumbar. Observationer visar att flyttfåglar huvudsakligen flyger på låg höjd nära havsytan på öppet hav, vilket innebär att risken för kollision med kraftverken är mycket låg. För häckande fåglar kan påverkan begränsa födosöket för fåglar som födosöker till havs. Bland enskilda arter bedöms de mest betydande konsekvenserna vara för sandlöpare, som anses vara av måttlig betydelse på grund av sin hotade status. För andra fåglar bedöms påverkan vara av liten betydelse.

9.6.3 Kumulativa konsekvenser med andra kända projekt

Utöver Halla-projektet finns det flera andra havsbaserade vindkraftsprojekt i norra Bottenhavet, både på den finska och svenska sidan, som tillsammans med Halla kan ha en kombinerad påverkan på fåglarna i området.

Under byggtiden kan det uppstå negativa kumulativa effekter på fåglar genom ökad sjötrafik och undervattens- och ytbuller, men dessa bedöms vara relativt små på både den finska och den svenska sidan. Anläggningsarbetet kommer dock sannolikt att spridas över en period på cirka tre år, så störningarna kommer att vara relativt lokala vid varje given tidpunkt.

Polargrund Offshore-projektet utgör tillsammans med Halla ett i det närmaste sammanhängande vindkraftsområde. Minimivståndet mellan projektgränserna är ca 3 km, men det turbinfria området är i praktiken bredare, uppskattningsvis knappt 5 km. Den fria sektorn mellan projektområdena är sydväst till nordost, i linje med den huvudsakliga observerade riktningen för fåglarnas migration. Därför uppskattas det att om fåglar som flyttar från sydväst mot Halla-projektområdet skulle börja sin flyttning runt Halla-komplexet från väster, skulle korridoren mellan projektområdena vara tillräcklig för att låta fåglarna flytta genom den, och skulle därför inte också börja sin flyttning runt Polargrunds kraftverk, vilket redan skulle resultera i en betydligt längre flyttväg.

Den havsbaserade vindkraftsparken Omega sydväst om Halla ligger också delvis på samma sydväst-nordostliga flyttrutt, men det är troligt att majoriteten av de fåglar som flyttar genom projektområdet Halla kommer att flyga sydost och öster om Omega.

På en bredare skala, för flyttfåglar, utöver de projekt som nämns ovan, kommer i princip alla projekt som ligger på samma flyttsträck att ha en kombinerad effekt. Det är dock mycket svårt, för att inte säga omöjligt, att exakt bedöma betydelsen av denna påverkan. Det är dock osannolikt att mer än en vindkraftspark kommer att ha en påverkan utöver den lokala förändringen av flyttrutten på grund av barriäreffekten. När det gäller flyttfåglarnas långa flyttrutter förväntas en mindre lokal förändring av flyttrutten inte ha någon påverkan av mer än mindre betydelse för de flesta vindkraftsparker.

För häckande fåglar kan havsbaserade vindkraftsprojekt i närheten av Halla ha en kumulativ effekt på fåglar som äter på öppet hav, i synnerhet tordmule och östersjötrut. För båda arterna är de närmaste betydande häckningskolonierna belägna på den finska sidan, men det är möjligt att fåglar som häckar på den svenska sidan också flyger så långt som till Hallaområdet.

Om de svenska häckfåglarna använder Halla projektområde för födosök kommer det föreslagna Polargrundsprojektet att ligga praktiskt taget helt mellan startområdena och Halla projektområde. Om Polargrundsprojektet genomförs kan det hindra fåglar från att flyga mot Halla om de undviker att flyga genom vindkraftsområdena. Därför är det osannolikt att det kommer att uppstå några kumulativa effekter från Hallaprojektet bakom Polargrundsprojektet. En liknande situation förväntas för de andra havsbaserade vindkraftsprojekt som nämns ovan, dvs. det är osannolikt att enskilda fåglar skulle påverkas av flera havsbaserade vindkraftsparker under sina födosöksflygningar.

Om fåglarna, i motsats till de preliminära uppskattningarna, inte undviker havsbaserade vindkraftsparker under sina födosöksflygningar utan flyger in i och genom dem, bedöms de också kunna söka föda inom vindkraftsområdet och betydelsen av de kombinerade effekterna skulle vara försumbar. Lågt flygande tordmular förväntas inte påverkas av kollisioner, men östersjötrutar som flyger högre än genomsnittet, och i vissa fall på kollisionshöjd, kan som kumulativa konsekvenser förväntas löpa ökad risk för kollisioner. I detta fall kan det också finnas en potential för samtidig förekomst under anläggningsperioden, där vattnets grumlighet kan ha en lokal inverkan på fåglarnas födosök inom och runt vindkraftsparkerna. Om projekten byggs samtidigt kommer störningseffekterna av byggverksamhet och grumligt vatten att spridas över ett större område samtidigt. Om projekten byggs vid olika tidpunkter kommer byggandet av andra parker att öka den tidsmässiga varaktigheten av dessa effekter.

Sammantaget förväntas inte betydelsen av påverkan på fåglar öka med de kombinerade effekterna, dvs. de är som mest måttliga för östersjötrut och mindre för andra fåglar.

Underhållstrafiken i samband med underhåll av den havsbaserade vindkraftsparken bedöms ha en mycket låg trafikpåverkan och därmed en mycket låg påverkan på fåglar på den svenska sidan. Även om underhållstrafiken är regelbunden övervakas parken huvudsakligen på distans

och underhållstrafiken är främst relaterad till utbyte av stora komponenter i havsbaserade vindkraftverk eller vattenkraftverk. Avståndet mellan Polargrund och Halla är nästan 5 km, så det finns ingen kombinerad påverkan från underhållstrafiken.

9.7 Skyddsområden

SAMMANFATTNING:

- Föreslagen vindpark ligger cirka 40–45 kilometer från den utpekade nationalparken, Haparanda skärgårds nationalpark.
- Eftersom Haparanda skärgårds nationalpark ligger på ett sådant avstånd från den havsbaserade vindkraftsparken Halla beräknas ingen påverkan under anläggning, drift eller efter avveckling.

9.7.1 Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder

Projektets påverkan på Natura-nätverket, naturskyddsområden, naturskyddsprogramområden och andra skyddsvärda områden har bedömts av experter på grundval av befintliga uppgifter och uppgifter från MKB-förfarandena i Sverige (*wpd 2022, Skyborn Renewables Sweden AB 2024*).

9.7.2 Bedömning av konsekvenser

Föreslagen vindpark ligger cirka 40–45 kilometer från den utpekade nationalparken, Haparanda skärgårds nationalpark. Eftersom Haparanda skärgårds nationalpark ligger på ett sådant avstånd från den havsbaserade vindkraftsparken Halla beräknas ingen påverkan under anläggning, drift eller efter avslutad drift.

Det närmaste Natura 2000-området på den svenska sidan av den havsbaserade vindkraftsparken Halla, Malören (SE0820724; SCI), ligger cirka 40 km norrut. Natura 2000-området Marakallen (SE0820751; SCI) ligger strax under 50 km västerut. På den svenska sidan ligger det närmaste Natura 2000-området som är klassificerat enligt fågeldirektivet, Haparanda-Sandskär (SE0820108; SPA; även en nationalpark), cirka 44 km norr om Halla-området. Dessutom ligger Rödkallen-Söräspen (SE0820035; SPA) 67 km väster om Halla. På grund av de långa avstånden förväntas ingen miljöpåverkan ske i de närmaste Natura 2000-områdena som nämns ovan, och ingen Natura 2000-bedömning har ansetts nödvändig.

Enligt vattenkvalitetsmodelleringen kommer påverkan under byggtiden att ske inom några kilometer från den havsbaserade vindkraftsparken. Bullerpåverkan under anläggningsarbetet kommer att ske på ett maximalt avstånd av cirka 20 km från den havsbaserade vindkraftsparken. Ingen påverkan relaterad till vattenkvalitet eller buller under drift kommer att sträcka sig till de närmaste svenska skyddade områdena.

9.7.3 Projektet genomförs inte VEO

Om Halla havsbaserade vindkraftspark och tillhörande el- och vätgasöverföring inte byggs kommer det inte att uppstå någon gränsöverskridande påverkan. De närmaste skyddade områdena på den svenska sidan kommer att påverkas av befintliga aktiviteter, såsom störningar av sjötrafik och hamnområdet.

9.7.4 Kumulativa konsekvenser

Flera havsbaserade vindkraftsprojekt planeras i Östersjön. Enligt preliminära tidsplaner kan Polargrund Offshore och Bothnia Offshore Omega på den svenska sidan också vara under uppförande samtidigt som Halla havsbaserade vindkraftspark byggs.

De potentiella gränsöverskridande effekterna av Halla- och Polargsundprojekten på vattenförekomster kommer att begränsas till ett relativt begränsat område inom några kilometer från de närmaste kraftverken i den ekonomiska zonen på öppet hav, inom ett maximalt avstånd på några kilometer. På samma sätt finns det ingen påverkan från undervattensbuller som skulle sträcka sig till de närmaste skyddade områdena. Inga kumulativa effekter förväntas med Bothnia Offshore Omega-projektet som skulle påverka de närmaste skyddade områdena på den svenska sidan.

9.7.5 Osäkerhetsfaktorer i bedömningen

En potentiellt mindre osäkerhet i konsekvensbedömningen är att de platser för vindkraftverk, deponiområden och landföringsplatser för sjökabel som visas i projektplanen är preliminära och kan komma att ändras. Därför finns det en osäkerhet i bedömningen av påverkan på vattenförekomster. Den marina miljön påverkas alltid av naturkrafter som stormar och isförhållanden. Det bör också noteras att det finns liten praktisk erfarenhet av havsbaserad vindkraft under de förhållanden som råder i Finland och Sverige.

Författarna till konsekvensbeskrivningen har dock omfattande erfarenhet av olika vindkraftsprojekt och deras påverkan på naturen. Kanalerna för påverkan av havsbaserade vindkraftsprojekt på de omgivande skyddade områdena är väl identifierade.

9.7.6 Förebyggande och begränsning av konsekvenser

Eftersom det inte finns några beräknade effekter på den svenska sidan finns det inget behov av att ta upp förebyggande och begränsande åtgärder.

9.8 Luftkvalitet

SLUTSATSER:

- Konsekvenserna av anläggningen av den havsbaserade vindkraftsparken och vätgasproduktionen kommer att orsakas av fartyg och maskiner, men havsområdets öppenhet kommer att späda ut eventuella konsekvenser för luftkvaliteten.
- Luftkvalitetspåverkan under byggtiden kommer främst att bero på transporter, arbetsbåtstrafik och användning till havs i samband med byggandet av projektet. Konsekvenserna består av avgasutsläpp från fordonsbränslen.
- Under driften bedöms påverkan på luftkvaliteten orsakas av underhålls- och service- trafik.
- Fartyg som färdas till havs kommer att behöva ta en längre väg runt vindkraftsparken, vilket leder till högre bränsleförbrukning och potentiella utsläpp till luftkvaliteten. Dessa förväntas dock inte vara betydande för luftkvaliteten när effekterna späds ut, och det kommer att bli mycket liten påverkan på den svenska sidan, förutsatt att passagen ligger mycket nära den svenska ekonomiska zonen.
- Till havs kommer effekterna att vara lokala och tillfälliga och efter utspädning kommer de att vara försumbara och inte påverka den svenska sidan.
- Om Hallaprojektet i framtiden skulle producera e-bränslen för att ersätta befintliga marina bränslen skulle det också kunna ha en positiv inverkan på luftkvaliteten på den svenska sida
- Påverkan på luftkvaliteten i slutet av driften bedöms bli något mindre än under byggtiden, eftersom det kan vara så att t.ex. allt avfall som används vid byggnationen inte kommer att avlägsnas eller omhändertas.

9.8.1 Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder

Under uppförande och avveckling av den havsbaserade vindkraftsparken och vätgasproduktionen kan projektet orsaka lokal påverkan på luftkvaliteten från damm (från eventuella utsläpp av damm från den sprängslagg som används vid uppförandet av parken) och luftutsläpp från maskiner och fartygstrafik. Under driften kommer underhållstrafiken att leda till mindre luftutsläpp. Till havs genereras luftutsläpp från fartyg och maskiner, men påverkan på luftkvaliteten minskas genom användning av bränslen med lägre utsläpp och havets utspädande effekt på luftutsläppen.

Både inandningsbara partiklar (PM_{10}) och fina partiklar ($PM_{2,5}$) kan genereras av bygg- och underhållstrafik. Partikelutsläpp av mindre storlek kommer från trafik- och arbetsbåtsavgaser och är ett fokus för luftkvalitetsövervakning eftersom de tränger in i luftvägarna med den luft vi andas (*Ilmatieteen laitos* 2024a). I avgaserna ingår också kväveoxider och svaveldioxid, som är skadliga för hälsan och orsakar försurning av ekosystemen (*Ilmatieteen laitos* 2024b, *Ilmatieteen laitos* 2024c).

Luftutsläpp av kväve står för cirka 24 procent av den totala mängden kväve i Östersjön. Kväveutsläpp kan transporteras långa sträckor och har störst påverkan på grunda och små vattendrag. Påverkan från surt regn har framgångsrikt minskats under årens lopp. Kvävebelastningen i Östersjön är dock fortfarande för hög jämfört med målnivån och en lång rad politiska åtgärder vidtas för att minska den (t.ex. Baltic Sea Action Plan: "Minimera skadliga luftutsläpp") (*HELCOM* 2023c).

Konsekvensbedömningen gäller de marina verksamheter som omfattas av MKB-förfarandet. De verksamheter som berörs är havsbaserade vindkraftsparker, elöverföring via sjökablar, vätgasproduktion, vätgastransport samt muddring och dumpning av sediment. Konsekvenserna för de havsbaserade vindkraftsparkerna ansågs vara de mest betydande.

Projektets påverkan på luftkvaliteten har bedömts verbalt här baserat på de utsläppsberäkningar som presenteras i kapitel 9.9 och expertbedömningen.

9.8.2 Konsekvensbedömning

9.8.2.1 Konsekvenser under byggtiden

Luftkvalitetspåverkan under byggtiden kommer främst att orsakas av transporter i samband med byggandet av projektet, trafiken med byggfartyg och användningen av maskiner. Under byggtiden kommer luftkvaliteten att påverkas av transporter i samband med följande strukturer och aktiviteter: havsbaserade vindkraftsparker, elöverföring via sjökablar, vätgasproduktion, vätgastransport och sedimentering. De havsbaserade vindkraftsparkerna ansågs ha den mest betydande påverkan på grund av de höga material- och transportkraven.

När det gäller decentraliserad vätgasproduktion skulle vätgasanläggningarna integreras i de havsbaserade vindkraftverken, vilket i sin tur kan förväntas öka påverkan på luftkvaliteten under byggnationen i viss utsträckning jämfört med situationen där endast konventionella havsbaserade vindkraftverk skulle byggas. På grund av det tidiga utformningsstadiet är bedömningen dock fortfarande på en vägledande nivå och den slutliga lösningen kan vara sådan att inga skillnader kan upptäckas.

Alternativet med centraliserad vätgasproduktion skulle innebära att 3–8 vätgasanläggningar byggs i anslutning till elstationer till havs, men storleken på anläggningarna har ännu inte bestämts, vilket gör det svårt att göra en jämförelse med decentraliserad vätgasproduktion i detta skede. En centraliserad vätgasanläggning är av samma storlek som en elstation, så påverkan av deras konstruktion kommer också att vara av samma storleksordning.

Byggnadspåverkan består av avgasutsläpp från fordon och utrustning. En helikopter kommer sannolikt också att användas under vissa faser av byggandet av vattenkraftverket. Aggregatdamm har relativt stor partikelstorlek, medan inandningsbara partiklar och fina partiklar (PM_{10} , $PM_{2.5}$) utgör en mindre andel av aggregatdamm. Stora partiklar transporteras i luften endast över korta avstånd. Dammeffekter och maximala koncentrationer är begränsade till den omedelbara närheten av driftområdet, dvs. byggområdet till havs. De olägenheter som orsakas av dammutsläpp från jord och ballast är av förorenande och störande karaktär.

Till sjöss kommer effekterna att vara lokala och tillfälliga samt med utspädning vara små och inte ha någon påverkan på den svenska sidan. Den förhärskande vindriktningen i Bottenhavet är generellt sydvästlig, vilket ytterligare minskar ovan nämnda påverkan på Sverige.

9.8.2.2 Konsekvenser under drift

Inga direkta effekter på luftkvaliteten beräknades under driften, eftersom vindkraft inte ger upphov till några luftutsläpp. Syre genereras i elektrolysisprocessen under vätgasproduktionen och kommer sannolikt att släppas ut i luften. Vätgasproduktionen bedöms därför inte ha några direkta negativa effekter i havsområdet i form av luftutsläpp till den svenska sidan.

Indirekt påverkan på luftkvaliteten under drift beräknades utgöras av underhålls- och service- trafik. Luftkvalitetspåverkan i samband med aktiviteter till havs bedömdes vara mycket begränsad, lokal och tillfällig till havs och inte sträcka sig till den svenska sidan. Dessutom kommer vissa fartyg som färdas till havs att behöva ta en längre rutt runt vindkraftsparken, vilket leder till högre bränsleförbrukning och potentiella utsläpp till luftkvaliteten. Dessa förväntas dock inte vara betydande för luftkvaliteten när effekterna har spätts ut, och påverkan på den svenska sidan kommer att vara mycket begränsad om passagen är mycket nära den svenska ekonomiska zonen. Den dominanta vindriktningen i Bottenviksområdet är generellt sydvästlig, vilket ytterligare minskar ovan nämnda påverkan på Sverige.

Om den producerade energin ersätter förbränningsbaserad energiproduktion undviks utsläpp av rökgaser på andra håll, t.ex. från förbränningsanläggningar eller transporter, men dessa fördelar bedöms ligga på den finska sidan. Luftutsläppen från kraftverken beror till stor del på behovet av produktionsvolym samt på utvecklingen och uppgraderingen av utrustningen. I allmänhet finns det dock relativt strikta gränsvärden för utsläpp som påverkar luftkvaliteten från kraftproduktion. Inom transportsektorn kan vätgas eller så kallade "e-bränslen" som tillverkas av vätgas användas för sjö-, luft- och landtransporter, och el åtminstone för landtransporter. Om Hallaprojektet i framtiden skulle producera elbränslen för att ersätta befintliga marina bränslen skulle det kunna ha en positiv inverkan på luftkvaliteten på den svenska sidan.

9.8.3 Konsekvenser vid avveckling

Påverkan på luftkvaliteten efter stängning beräknades vara något mindre än under byggtiden, eftersom det kanske inte är möjligt eller genomförbart att avlägsna allt material som använts vid byggandet, till exempel, eller det kanske inte är miljömässigt förnuftigt att avlägsna allt material, till exempel eventuella erosionsbarriärer och fundament. I sådana fall krävs mindre transporter av avfallsmaterial och de flyktiga utsläppen från transporterna minskar. På grund av mindre trafik minskar också det damm som genereras av förhållandena. Påverkan på luftkvaliteten bedömdes vara relativt liten, lokal och tillfällig, utan påverkan på den svenska sidan. Påverkan på havsbaserade vindkraftverk ansågs vara den mest betydande av alla aspekter av nedmonteringen av projektet på grund av de höga material- och transportkraven.

9.8.4 Projektet genomförs inte VEO

Om projektet inte genomförs kommer det inte att påverka eller förändra luftkvaliteten i området. Å andra sidan kommer det inte heller att leda till de potentiella förbättringar av

luftkvaliteten som skulle kunna uppnås på annat håll, eftersom renare energiproduktion och eventuella framtida elbränslen inte skulle byggas.

9.8.5 Kumulativa konsekvenser

Uppförandet av det havsbaserade vindkraftsprojektet Polargrund på den svenska sidan kan delvis sammanfalla med det projekt som är föremål för bedömning. Detta kan leda till kombinerade effekter, som dock mildras av havsvindarna och förblir lokala för både Finland och Sverige. Lokala effekter på luftkvaliteten kan uppstå, men de bedöms vara små.

Under driften kan det förekomma vissa kumulativa effekter från underhållsrafiken, men dessa bedömdes vara små eftersom de närmaste kraftverken ligger mindre än 5 km från varandra.

9.8.6 Osäkerhetsfaktorer i bedömningen

Spridningen av partikelutsläpp påverkas av årstiderna och väderförhållandena. Till exempel kommer starka vindar att sprida partiklar längre bort från projektområdet. Under torra perioder är det mer sannolikt att marken samlas på hög på fastlandet. I bedömningsskedet är den mer detaljerade byggplaneringen fortfarande på en allmän nivå.

9.8.6.1 Förebyggande och begränsning av konsekvenser

Luftkvalitetsföroreningar till havs mildras av havsbrisen. Andra faktorer, som t.ex. fasindelningen av byggandet, kan påverka nivån på lokala luftutsläpp.

Till sjöss kan luftutsläppen från avgaser minskas genom att optimera transportvägarna till kortast möjliga avstånd, genom att köra sparsamt eller genom att använda elfordon eller bränslen med låga utsläpp. Utsläpp under byggnation och rivning kan minskas genom att välja utrustning med låga utsläpp och som underhålls på rätt sätt.

9.9 Klimat

SLUTSATSER:

- Den fullständiga klimatbedömningen presenteras i en separat bilaga till klimatkonsekvensbedömningen som en bilaga till den nationella MKB-rapporten (bilaga 14).
- För att uppnå projektets klimatfördelar krävs alla aktiviteter i projektet (för el eller vätgas). Därför kan klimatpåverkan från projektaktiviteterna inte delas upp efter geografisk plats.
- I denna sammanfattning av det internationella samrådet presenteras kortfattat resultaten av den separata klimatbedömningen samt bedömningen av projektets totala påverkan, dvs. bedömningen av påverkan från all projektverksamhet till havs och på fastlandet.
- Det havsbaserade vindkraftsprojektet kommer att leda till både direkta klimatutsläpp och en minskning av kolsänkor och kollager under sin livscykel. De största negativa effekterna är relaterade till byggandet av kraftverken.
- **Totala projektutsläpp** (inklusive alla aktiviteter till havs och på land):
 - Projektets största positiva klimatpåverkan härrör från den uppskattade årliga produktionen av förnybar el från vindkraftverken på 12 000 GWh.
 - Om projektet genererar 100 % el skulle det totala utsläppsintervallet ligga på cirka 10,2–10,9 tCO₂e/GWh, vilket innebär ett utsläppsintervall på mellan 4 280 000 och 4 580 000 tCO₂e:
 - De lägsta utsläppen gäller för genomförandealternativ MVE1 (10 sjökablar) som är anslutna med jordkabel till en eventuell framtida SSAB-ledning (projektet har varit föremål för ett separat MKB-förfarande)

- Maximala utsläpp för alternativen MVE3 (5 sjökablar) anslutna till SVE5 och MVE2 (5 sjökablar) anslutna till SVE2.
- Om projektet producerar 100 % vätgas är de totala utsläppen cirka 9,9 tCO₂e/GWh, vilket motsvarar utsläpp på 4 143 000 tCO₂e.
- VE0 beräknas som ett scenario där vindkraftsparken inte byggs och därför produceras ingen ny förnybar el. VE0 beräknas med följande alternativ.
 - VE0, 100% el om elen är el från elnätet (beräknat): ca 49 tCO₂e/GWh
 - VE0, 100 % vätgas om vätgasen produceras med konventionella produktionsmetoder som huvudsakligen baseras på fossil metan: ca 235 tCO₂e/GWh
 - VE0, 100 % vätgas om vätgasen produceras med el från elnätet (beräknat): ca 49 tCO₂e/GWh
 - VE0, 100 % vätgas om LNG används som bränsle i stället för vätgas: ca 151 tCO₂e/GWh
- **Utsläpp från projektets havsbaserade verksamhet** (havsbaserad vindkraft, vätgasproduktion, intern kabeldragning/vätgasrör, havsbaserade elstationer, energiöverföring till fastlandet, havsbaserad deponi):
 - För 100 % elproduktion utgör utsläppen från havsbaserad verksamhet 98 % av de totala utsläppen för minimalalternativet och 91 % för maximalalternativet. Det totala intervallet för utsläpp från havsbaserade verksamheter är cirka 4 161 000 till 4 218 000 tCO₂e och per producerad el cirka 9,8 till 10,0 tCO₂e/GWh.
 - Utsläpp från offshore-aktiviteter står för 99,9% av de totala utsläppen från vätgasproduktion. Utsläppen från offshoreverksamheten vid 100% vätgasproduktion är ca 4 137 000 tCO₂e och ca 9,8 tCO₂e/GWh per förbrukat el.
- Utsläppen från alla kombinationer av projekialternativ är lägre än utsläppen från nollalternativet VE0.
- Om vindkraft ersätter den prognostiserade nätelen i Finland överväger de positiva effekterna de negativa effekterna efter ungefär det tredje produktionsåret. När man tittar på användningen av vätgas som marint bränsle jämfört med LNG, överväger de positiva effekterna de negativa effekterna efter två års produktion och detta kan också ha positiva effekter på den svenska sidan.
- Projektet (aktiviteter till havs och på land) bedömdes ha en positiv mycket betydande påverkan på klimatet. Under drift bedömdes projektet ha en hög positiv påverkan vid produktion av 100 % el och en mycket hög påverkan vid produktion av 100 % vätgas. Produktionen av förnybar energi är i hög grad i linje med klimatmålen.
- Under byggtiden bedömdes påverkan vara i stort sett negativ. Byggandet i sig är inte direkt i linje med klimatmålen, men det kommer att bidra till att energinfrastrukturen blir i linje med målen.

9.9.1 Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder

I de följande kapitlen sammanfattas resultaten av den separata klimatbedömningen och bedömningen av projektets totala påverkan, dvs. bedömningen av påverkan från alla aktiviteter till havs och på land. De sammanlagda resultaten presenteras för alla projektaktiviteter till havs och på fastlandet, eftersom endast de sammanlagda resultaten kan användas för att på ett tillförlitligt sätt bedöma projektets betydelse.

Projektet Halla havsbaserade vindkraftspark omfattar havsbaserade vindkraftverk, vätgasproduktion, interna sjökablar och vätgasrör, havsbaserade elstationer, havsbaserad deponi under byggtiden, energiöverföring till fastlandet (sjökablar/vätgasrör) och energiöverföring på fastlandet (landkablar, överföringsledningar och sammankopplingsstationer). I följande kapitel avses med "projekt" den uppsättning projekt som nämns ovan.

Projektet kommer att ha en positiv inverkan på klimatförändringarna genom att minska utsläppen av växthusgaser och andra rökgaser från elproduktionen. I konsekvensbedömningen beräknades de utsläpp som undvikits genom vindkraft jämfört med ett framtida scenario för trender för energiutsläpp.

Projektets negativa klimatpåverkan uppskattades genom att beräkna projektets koldioxidavtryck, dvs. utsläppen av växthusgaser under dess livscykel. Växthusgasutsläppen för de olika genomförandealternativen uppskattades genom beräkningar baserade på designdata. Utsläppen beräknades för de alternativ för genomförandet av projektet som beräknades ha de lägsta respektive högsta utsläppen. Detta gjorde det möjligt att fastställa intervallet för projektets utsläppspåverkan. Två scenarier övervägdes, ett med 100% elproduktion och ett med 100% vätgasproduktion. När produkten består av 100% el kommer sannolikt två elöverföringsvägar att implementeras. Om 100 % vätgas produceras är det troligt att en transportväg för vätgas kommer att implementeras.

Beräkningarna användes för att bedöma projektets bidrag till begränsningen av klimatförändringarna. Åtgärder för att mildra direkta eller indirekta utsläpp från projektet beaktades också.

I bedömningen beaktades också hur projektets livscykelutsläpp av växthusgaser påverkar målen för utsläppsminskning på regional och nationell nivå. I bedömningen beaktades också anpassningen till klimatförändringarna, i synnerhet när det gäller effekterna av extrema väderhändelser under projektets livscykel.

Nedan följer en kortfattad beskrivning av klimatpåverkan baserat på beräkningarna, samt en beskrivning av utgångsantaganden, beräkningsmetoder och osäkerheter i konsekvensbedömningen. En mer omfattande och separat klimatbedömningsrapport finns i bilaga 14 i den nationella MKB-rapporten.

9.9.2 Konsekvensbedömning

9.9.2.1 Havsbaserade vindkraftsparken

Utsläppen från den havsbaserade vindkraftsparken påverkas starkt av utsläppen från vindkraftverken och från aktiviteter i närheten, t.ex. kablar och fundament (exklusive elöverföringsstrukturer från den havsbaserade vindkraftsparken till överföringsledningar på fastlandet). Båda projektalternativen förväntas generera 12 000 GWh el per år. Utsläppsberäkningen baserad på en mängdbaserad beräkning visar att klimatpåverkan under byggtiden är densamma för de båda projektalternativen VE1 och VE2. Utsläppen för de olika komponenterna i den havsbaserade vindkraftsparken presenteras i följande tabell (Tabell 9–4).

Tabell 9–4. Utsläpp från havsbaserad vindkraftspark

Del av livscykeln	Utsläpp från havsbaserad vindkraftspark VE1/VE2 [tCO ₂ e]
Utsläpp under byggtiden	3 544 100
Utsläpp under drift	339 400
Utsläpp under avveckling	36 900
Totalt	3 920 400

Påverkan under byggtiden omfattar utsläpp från byggandet av havsbaserade vindkraftsparkar (inklusive tillverkning av material och komponenter). Utsläppen av växthusgaser under

bygg tiden beräknas stå för cirka 96% av de totala livscykelutsläppen från havsbaserade vindkraftsparker, baserat på livscykelberäkningar. Utsläppen under byggfasen beräknades till cirka 8,44 tCO₂e/GWh.

Driftpåverkan beskriver utsläppen från underhåll och skötsel av vindkraftsparken. Detta omfattar inspektionsbesök, materialförbrukning, transporter och avfallshantering i samband med byte av komponenter. Aktiviteterna står för ca 3% av utsläppen under vindkraftens livscykel. Utsläppen under drift beräknades till 0,81 tCO₂e/GWh.

Vid slutet av driften kommer vindkraftverken att monteras ned och de flesta komponenterna kommer att transporteras bort och återvinnas. Konsekvenserna efter drifttiden beräknades som utsläppen från nedmonteringen av turbinerna och återvinningen av komponenterna. Den beräknade påverkan efter stängning är cirka 1% av påverkan under hela livscykeln. De beräknade utsläppen efter stängning är 0,09 tCO₂e/GWh.

9.9.2.2 Elöverföring till havs och elstationer till havs

Elöverföring till havs omfattar sjökablar och elstationer till havs. De övergripande resultaten omfattar utsläppen från de lägsta och högsta kombinationerna av 10 sjökablar på antingen en eller två elöverföringsrutter. Syftet med minimi- och maximiberäkningarna är att få ett intervall av utsläpp. Varje kombination omfattar samma antal elstationer (6).

Skillnaderna i utsläpp mellan de olika projekialternativen beror på de materiella kraven för elöverföring, som påverkas av längden på överföringsvägen. Ju längre elöverföringssträckan är, desto mer material behövs för att bygga den. Skillnaderna mellan minimi- och maximiutsläpp beror främst på skillnader i utsläpp från överföringsförluster under drift. Utsläppen från överföringsförluster är teoretiska och fördelas över hela överföringsinfrastrukturen (sjökabel + landkabel + överföringsledning) på grundval av längden. Dessutom beaktas, för kombinationernas skull, det fall där elen transporteras längs två vägar. I detta fall fördelas elöverföringsförlusten lika mellan de olika rutterna.

Utsläppen från sjökablar visas i den bifogade tabellen (Tabell 9–5). Den lägsta kombinationen (utsläpp på ca 222 400 tCO₂e) har endast en sjökabelsträcka med 10 sjökablar och den högsta kombinationen (totala utsläpp på ca 166 100 tCO₂e) har två sjökabelsträckor med 5 sjökablar vardera. De högre utsläppen från MVE1 i den lägsta kombinationen beror på den teoretiska tilldelningen av överföringsförluster till detta alternativ, men i övrigt är de totala utsläppen i den lägsta kombinationen lägre än i den högsta kombinationen. Mängden överföringsförluster per mängd producerad el är nästan densamma för alla projekialternativ.

Tabell 9–5. Utsläpp från sjökablar.

Projekialternativ [tCO ₂ e]	MVE1 (inkl. Minsta kombination)	MVE2 (inkl. Maximal kombination)	MVE3 (inkl. Maximal kombination)
Utsläpp under bygg tiden	33 600	30 700	32 200
Utsläpp under drift	179 600	52 100	32 700
Utsläpp under avveckling	9 300	9 100	9 300

Projekteralternativ [tCO ₂ e]	MVE1 (inkl. Minsta kombina- tion)	MVE2 (inkl. Maximal kombination)	MVE3 (inkl. Maximal kombina- tion)
Totalt	222 400	91 900	74 200
Kombination totalt	222 400	166 100	

Av utsläppen från sjökablar beräknas utsläppen under byggtiden, dvs. utsläpp från tillverkning av material, transporter och bränsleförbrukning under byggtiden, stå för 15–43% av de totala utsläppen från sjökablar. Utsläpp under drift, dvs. utsläpp från förluster i kraftöverföring och bränsleförbrukning för underhåll, beräknas stå för 44–81% av de totala utsläppen från sjökablar. Utsläpp från avveckling, dvs. utsläpp från bränsleförbrukning för nedmontering, återvinning och transport till återvinning, beräknas uppgå till mellan 4 och 12% av de totala utsläppen från sjökablar.

Utsläppen från undervattenskraftverk är desamma för varje projekteralternativ, oavsett kombination (Tabell 9–6).

Tabell 9–6. Utsläpp från elstationer till havs.

Del av livscykeln	Havsbaserade elstationens utsläpp [tCO ₂ e]
Utsläpp under byggtiden	65 000
Utsläpp under drift	7 700
Utsläpp under avveckling	2 000
Totalt	74 700

Utsläppen från elstationer till havs består till största delen av byggnadsarbeten. Utsläpp från byggnation står för cirka 87% av de totala utsläppen från marina kraftverk och inkluderar utsläpp från tillverkning och transport av material. Under drift står utsläppen för cirka 10% av de totala utsläppen från marina stationer och består av direkta utsläpp av svavelhexafluorid (SF₆). Avvecklingsutsläppen utgör ca 3% av de totala utsläppen från marina kraftverk och består av utsläpp från nedmontering, återvinning och transport till återvinning.

9.9.2.3 Vätgasproduktion

Utsläppen från vätgasproduktion är desamma för varje projekteralternativ och presenteras därför i samma tabell (Tabell 9–7).

Tabell 9–7. Utsläpp från vätgasproduktion.

Del av livscykeln	Utsläpp från vätgasproduktionen [tCO ₂ e]
Utsläpp under byggtiden	65 000

Utsläpp under drift	3 700
Utsläpp under avveckling	2 000
Totalt	70 700

Påverkan under byggtiden omfattar utsläpp från tillverkning av material (stål och betong), transport av material och bränsleförbrukning under byggtiden. Utsläppen av växthusgaser under byggtiden beräknas stå för 92 % av utsläppen under hela livscykeln för HEP, baserat på livscykelberäkningar.

Den operativa påverkan beskriver utsläppen från bränsleförbrukningen hos de servicefartyg som är verksamma i vätgasproduktionsområdet. Denna aktivitet står för 5 % av vätgasanläggningarnas livscykelutsläpp.

I slutet av driften kommer vätgasanläggningarna att demonteras och de material som använts kommer att återvinnas. Påverkan efter drift omfattar bränsleförbrukning under nedmonteringen samt återvinning och transport av nedmonterat material till närmaste avfallsanläggning. De beräknade effekterna efter stängning utgör 3 % av livscykeleffekterna av vätgasproduktion.

9.9.2.4 Vätgasöverföring till havs

Utsläpp från vätgasöverföring består av utsläpp från konstruktion, underhåll, nedmontering och återvinning av vätgasrören och visas i tabellen nedan (Tabell 9–8).

Tabell 9–8. Utsläpp från överföring av vätgas.

Del av livscykeln	Vätgasöverföringens utsläpp [tCO ₂ e]
Utsläpp under byggtiden	123 400
Utsläpp under drift	1 000
Utsläpp under avveckling	21 400
Totalt	145 700

Utsläpp från byggnation består av utsläpp från tillverkning och transport av material samt utsläpp från byggbränslen. Byggnadsutsläppen beräknas vara cirka 85% av de totala vätgas-transportutsläppen. Dessutom används aggregat för att täcka vätgasrören, vilket inte ingår i beräkningarna. Mängden ballast som används för vätgasrör är lägre än den mängd ballast som används för att täcka exempelvis sjökablar. Om samma mängder stenmaterial togs med i beräkningen för vätgasrören som för sjökablarna skulle detta inte påverka riktigheten i det resultat som rapporteras i de övergripande resultaten (tCO₂e/GWh).

Utsläppen under drift representerar bränsleutsläppen för underhåll. Den el som används antas vara egenproducerad el. Utsläppen under drift beräknas vara cirka 1% av de totala utsläppen från vätgasöverföring.

Utsläpp från avveckling omfattar bränsleutsläpp från nedmontering, återvinning och avfalls-transport till sjöss och på land. Utsläppen från avveckling beräknas stå för cirka 15 % av de totala utsläppen från vätgastransporter.

9.9.2.5 Lagring av vätgas

Lagringstankarna för vätgas är landbaserade lagringstankar för vätgas och deras utsläpp visas i följande tabell (Tabell 9–9).

Tabell 9–9. Utsläpp från vätgasdepåer

Del av livscykeln	Vätgaslagrens utsläpp [tCO ₂ e]
Utsläpp under byggtiden	5 400
Utsläpp under drift	-
Utsläpp under avveckling	20
Totalt	5 400

Utsläppen från byggandet består av tillverkning och transport av material (nästan 100 % av de totala utsläppen från vätgasdepåerna). Utsläppen under driften kommer sannolikt inte att vara särskilt betydande när det gäller de totala utsläppen. Det är dock osannolikt att de kommer att vara mycket betydande när det gäller de totala utsläppen. Utsläpp från lossning består av utsläpp från återvinning och transport till återvinning (<1% av de totala utsläppen från vätgasdepåerna).

9.9.2.6 Elstation på land

De flesta av utsläppen från elstationen på fastlandet kommer att genereras under byggtiden. För detta projekt antogs att två elstationer på fastlandet skulle byggas, med totala livscykelutsläpp på cirka 35 100 tCO₂e. Utsläppen från den landbaserade elstationen är desamma för alla projekteralternativ och presenteras därför i en enda tabell (Tabell 9–10).

Tabell 9–10. Utsläpp från elstationer på kontinenten.

Del av livscykeln	Landbaserade elstationens utsläpp [tCO ₂ e]
Utsläpp under byggtiden	32 800
Utsläpp under drift	1 300
Utsläpp under avveckling	1 000
Totalt	35 100

Utsläppen under byggandet av elstationen på kontinenten består av de material som används (t.ex. stål, betong, koppar, transformatorolja och plast), transporten av dem och det bränsle som används för byggandet. Byggnadsutsläppen står för cirka 93 % av de totala utsläppen från elstationer på kontinenten.

Utsläppen under drift inkluderade den uppskattade mängden flyktiga utsläpp av kemikalien SF₆ under en 35-årsperiod. Utsläppen av detta ämne stod för 4 % av de totala utsläppen från landkraftverket.

Utsläppen från avvecklingen omfattade bränsleförbrukningen för nedmontering samt återvinning och transport av det nedmonterade materialet till närmaste avfallsanläggning. Utsläppen från nedmonteringen stod för ca 3 % av de totala utsläppen från landströmsanläggningarna.

9.9.3 Elöverföring på land

Elöverföringen på kontinenten omfattar landkablar och överföringsledningar. I utsläppsbedömningen har man beräknat kombinationernas minimala och maximala påverkan för två elöverföringssträckor. Syftet med minimi- och maximiberäkningarna var att identifiera utsläppens omfattning. SVE3 faller mellan minimi- och maximiberäkningarna och har därför inte tagits med i resultaten nedan.

Utsläppen från elöverföring visas i tabellen (Tabell 9–11).

Tabell 9–11. Utsläpp från elöverföring på land.

Projekteralternativ [tCO ₂ e]	Jordkabel (SSAB) (inkl. minimi- kombination)	SVE2 (inkl. Maximal kombination)	SVE5 (inkl. Maximal kombination)
	Minimikombination	Maximal kombination	
Jordkabelns byggtida utsläpp	1 200	800	800
Jordkabelns drifttida utsläpp	23 200	4 800	2 900
Jordkabelns utsläpp under avveckling	20	20	20
Jordkabeln totalt	24 400	5 600	3 700
Överföringsledningens byggtida utsläpp	-	3 500	8 700
Överföringsledningens drifttida utsläpp	-	46 100	69 100
Överföringsledningens utsläpp under avveckling	-	60	200
Överföringsledning totalt	-	49 600	77 900
Elöverföring på land totalt	24 400	55 300	81 600
Kombination totalt	24 400	136 900	

Av utsläppen från elöverföring på kontinenten beräknas utsläpp från byggnation, dvs. utsläpp från tillverkning och transport av material samt bränsleförbrukning vid byggnation, stå för cirka 5–12 % av de totala utsläppen från elöverföring på kontinenten. Utsläpp från drift, dvs. utsläpp från överföringsförluster och bränsle- och materialförbrukning för underhåll, beräknas vara cirka 88–95 % av de totala utsläppen från elöverföring på kontinenten. Utsläpp från

avveckling, dvs. utsläpp från bränsleförbrukning för nedmontering, återvinning och transport till återvinning, beräknas vara cirka <0,2 % av de totala utsläppen från elöverföring på kontinenten.

9.9.4 Förlust av kolsänkor och kollager

Byggandet av alternativa elöverföringsvägar, vätgaslagring och elstationer för el i mark kommer att kräva att träd tas bort och röjs. För elöverföring kommer träd i luftlednings- och transmissionsledningskorridorerna att röjas. Vid röjning av kraftledningar tillåts vegetationen växa, men röjs i genomsnitt vart 8:e år, vilket innebär att vegetationens medelålder är 4 år. Den växande undervegetationen tas med i beräkningen av förlusten av kolsänka. Antalet hektar och kubikmeter träd som ska fällas visas i tabell 9–12.

Tabell 9–12. Total areal skog som ska avverkas.

Genomförandealternativ	Skogsareal	
SVE2 transmissionsledning (inkl. max-kombination)	180	ha
	19 030	m ³
SVE5 transmissionsledning (inkl. max-kombination)	420	ha
	43 560	m ³
SVE2 underjordiska kablar (inkl. max. kombination)	20	ha
	2 350	m ³
SVE5 Luftledningar (inkl. max-kombination)	20	ha
	2 350	m ³
Markkabel (SSAB) (inkl. minsta kombination)	30	ha
	3 520	m ³
Elstation på land	30	ha
	3 090	m ³
Vätgaslager	1	ha
	100	m ³

Den uppskattade förlusten av kolsänkor och kollager för projektet visas i tabellen nedan (tabell 9–13).

Dessutom kommer faktorer som borttagning av träd, återväxt av undervegetation, mängden skräp och vattenbalansen i området för röjning av kraftledningen att påverka kolbalansen. Dessa faktorer försvårar bedömningen av kolbalansen i marken.

Tabell 9–13. Projektinducerad förlust av kolsänkor och kollager under projektets livscykel.

Projektalternativ	Förlust av trädens kollager, tCO ₂	Förlust av trädens kolsänka, tCO ₂	Förlust av kolsänka i skogsmark, tCO ₂
SVE2 överföringsledning	26 400	30 700	8 500
SVE5 överföringsledning	60 500	70 400	19 500
Luftledning SVE2 / SVE5	3 300	3 800	1 100
Markkabel (SSAB)	4 900	5 700	1 600
Elstation på land	4 300	5 100	1 400
Vätgaslager	100	200	50

9.9.5 Projektet genomförs inte VE0

Utsläppen från havsbaserad vindkraft i VE0 bestäms för scenarier med el- eller vätgasproduktion. För elproduktionsscenario beräknades VE0 baserat på SYKE:s energiscenario (Finlands miljöcentral 2020) och uppskattas för perioden 2032–2066. För alternativet med vätgasproduktion jämförs VE0 med ett scenario där vätgas ersätter konventionellt producerad vätgas och LNG som marint bränsle under 35 år. Utsläppen för VE0 visas i den bifogade tabellen (Tabell 9–14).

Tabell 9–14. Beräknade utsläpp för VE0.

Projektalternativ		
Havsbaserade vindkraftsparker VE1 och VE2	Mängd producerad energi	12 000 GWh/år
	VE0, prognos SYKE	20 644 000 tCO ₂ e
Vätgasproduktion VE1 och VE2	Energi producerad från vätgas	7 000 GWh/år
	VE0, om vätgasen produceras med konventionella produktionsmetoder	98 560 000 tCO ₂ e
	VE0 om vätgasen produceras med el från elnätet (=VE0, SYKE-prognos)	20 644 000 tCO ₂ e
	VE0 om fartyg tankas med LNG	63 400 000 tCO ₂ e

9.9.6 Ytterligare påverkan på sjöfartens utsläpp

Den havsbaserade vindkraftsparken kommer att påverka sjötransporterna genom att avståndet förlängs. Den uppskattade årliga sträckan som den havsbaserade vindkraftsparken tillägger är cirka 7 000 km och ökningen av bränsleförbrukningen är cirka 150m³ per år. Utsläppen från denna bränslemängd kommer att vara cirka 510 tCO₂e per år, eller cirka 50 finska årliga utsläpp. Påverkan på andra sjötransporter är cirka 0,4 % av de totala utsläppen från projektet.

Påverkan på sjötransporter ingår inte i de totala utsläppen.

9.9.7 Kumulativa konsekvenser

Det närmaste havsbaserade vindkraftsprojektet som omfattas av MKB ligger inom 3 km från projektområdet (Polargrund, Skyborn renewables i svenskt territorialvatten), och den planerade byggnationen och driften av projektet skulle delvis sammanfalla med Halla. Dessutom finns det andra projekt i närheten av Halla som befinner sig i planeringsstadiet i Finland (se avsnitt 3.4). Effekterna av utsläppen av växthusgaser är dock globala och det är svårt att identifiera specifika synergier mellan utsläppen från olika projekt. Om till exempel havsbaserade vindkraftsparker tillsammans orsakar längre fartygsrutter kommer den sammanlagda klimatpåverkan att vara negativ.

Utsläpp av växthusgaser orsakar global uppvärmning, och riskerna för detta leder till ett globalt sökande efter lösningar för att minska utsläppen. Exempelvis sätter EU:s klimatlag upp minskningsmål för utsläppen av växthusgaser. I det här fallet är det teoretiskt möjligt att minska utsläppen från logistik genom sammodala projekt som byggs samtidigt.

Den stora positiva klimatpåverkan från Halla-projektet kommer från det faktum att den förnybara elproduktionen från vindkraftverken beräknas uppgå till 12 000 GWh per år. För svensk del skulle därmed elproduktionen på 9–10 TWh per år från Polargrund kunna minska koldioxidutsläppen med cirka 6 miljoner ton per år. Detta motsvarar drygt 13 % av Sveriges regionala utsläpp av växthusgaser år 2022 (*wpd 2022*). Tillsammans skulle projekten Halla och Polargrund därför ha en större positiv påverkan på klimatet än om endast ett av de två projekten genomfördes. Båda projekten, tillsammans med andra land- och havsbaserade vindkraftsprojekt i Sverige och Finland, är i linje med både EU:s och nationella klimatmål.

Det fanns inga uppskattade synergier i riskerna för klimatförändringar till havs.

9.10 Sjötransport, radar och kommunikation

SLUTSATSER:

- Som stöd för bedömningen av konsekvenserna för sjöfarten har en separat sjötrafikutredning och en riskbedömning för sjöfarten genomförts av konsultföretaget Sweco AB. Sjötrafikanalysen användes för att bedöma de förändringar som Halla havsbaserade vindkraftspark kommer att orsaka för de rutter som används av sjötrafiken i framtiden och effekterna av dessa förändringar på driften och säkerheten för sjötrafiken.
- Byggandet av havsvindkraftsparken kommer att orsaka en tillfällig betydande ökning av sjötrafiken i närheten av projektområdet, vilket ökar risken för sjöolyckor. När byggnadsarbetet framskrider kommer områden och rutter som används av sjötrafiken att tas ur bruk, vilket ökar risken för olyckor något, ökar kostnaderna för sjötransporter i begränsad omfattning och ökar utsläppen något. Skillnaden mellan projekteralternativen VE1 och VE2 uppstår i trafikvolymen under byggtiden, som är högre i VE1 på grund av det större antalet kraftverk. Betydelsen av trafikkonsekvenserna utan begränsningsåtgärder för båda projekteralternativen uppskattas vara stor negativ på den finska sidan och stor negativ vid den svenska EEZ-gränsen, om den nuvarande sjötrafiken genom Halla-området i betydande utsträckning skulle flyttas till Nordvalen-Kemi-sjöfartsrutten under byggandet.
- Anläggningen av sjökablarna och vätgasrören kommer att ha en tillfällig påverkan på sjötrafiken under installationen. Vid vissa tillfällen kan sjötrafiken behöva regleras och ledas om till omvägar. Trafikpåverkan bedömdes som liten negativ för MVE2 och MVE3. För MVE1 och vätgasrören uppskattades en måttlig negativ påverkan, eftersom landföringsplatserna ligger utanför Brahestads hamn, som är viktig för handelssjöfarten. Det kommer inte att finnas någon påverkan på den svenska sidan av energioverföringen.
- Driften av den havsbaserade vindkraftsparken kommer att orsaka en permanent förändring av sjötrafiken i Bottenhavsområdet. Några av de befintliga farlederna som används av sjöfarten kommer att stängas och trafiken måste ledas om till en

omledningsväg väster eller öster om parken. Hur stor påverkan blir på den svenska sidan beror på om den framtida sjötrafiken kommer att förläggas mer väster eller öster om Hallaområdet.

- På de cirkulära stråken kommer sjötrafiken att flytta till tätare områden och trafikdensiteten kommer att öka. Detta tillsammans med de fasta barriärer som vindkraftverken skapar ökar risken för sjöolyckor, vars effekter kan komma att återspeglas på den svenska sidan vid en eventuell olycka. De ökade avstånden för sjötransporterna kommer att öka kostnaderna och utsläppen för sjötransporterna något.
- Den havsbaserade vindkraftsparken kan även komma att påverka bildandet av havsis i Bottenhavets årligen frusna område, vilket kan öka riskerna och kostnaderna för vintersjöfarten. Den havsbaserade vindkraftsparken kommer också att påverka de radar-, positionerings- och trådlösa kommunikationsnätverk som används av sjöfarten, vilka kan påverkas av störningar i närheten av vindkraftsparken, vilket kan sträcka sig till sjötrafiken på den svenska sidan. Dessutom kommer sjöräddnings- och räddningsinsatser att försvåras till följd av etableringen av vindkraftsparken.
- Det finns inga betydande skillnader mellan projekialternativen VE1 och VE2 när det gäller trafikkonsekvenser, men det högre antalet turbiner i VE1 ökar riskerna relativt sett mer. För båda projekialternativen bedömdes de betydande trafikkonsekvenserna under drift vara mycket negativa på den finska sidan och mycket negativa vid den svenska EEZ-gränsen, om den nuvarande sjötrafiken genom Halla-området i betydande utsträckning skulle flyttas till sjöfartsruten Nordvalen-Kemi under drift.
- Sjökablar förväntades inte ha någon betydande påverkan på sjötrafiken i Finland eller Sverige under driften. Den största risken för sjökablarna utgörs av potentiella ankringsplatser. Det bedöms som mycket osannolikt att ett fartyg kommer att behöva ankra direkt ovanför sjökabelruten. För alla projekialternativ för sjökabel MVE1, MVE2 och MVE3 bedömdes betydelsen av trafikpåverkan under drift vara försumbar i Finland, och ingen påverkan på den svenska sidan.
- Vätgasrörens driftspåverkan på sjötransporter liknar den för sjökablarna. Konsekvenserna av ett eventuellt brott på vätgasrören är dock mer betydande. Betydelsen av transportpåverkan under driften av vätgasrören bedömdes som måttligt negativ och begränsad till Finland.
- Flera havsbaserade vindkraftsparker planeras i Bottenhavet. I synnerhet kommer genomförandet av de närliggande havsbaserade vindkraftsparkerna (Polargrund och Omega) att ha betydande kombinerade effekter på sjötrafiken, vilket skulle kunna ha betydande gränsöverskridande effekter om alla de för närvarande planerade havsbaserade projekten skulle genomföras, även om detta är mycket osannolikt.
- Det finns ett antal sätt att mildra de negativa effekterna av havsbaserade vindkraftsparker på sjötransporter. Den första utgångspunkten är att upprätta tydliga och genomförbara säkerhetsavstånd mellan vindkraftsparken och sjötrafiken, till exempel på grundval av en riskbedömning i samarbete med myndigheterna på internationell nivå. Den detaljerade planeringen i Swecos riskbedömningsrapport tyder på att risken från den havsbaserade vindkraftsparken Halla är acceptabel om de riskreducerande åtgärder som nämns i rapporten vidtas. Bedömningen av risknivån som acceptabel (inklusive riskreducerande åtgärder) innebär att planen kan godkännas ur ett riskperspektiv även om det rekommenderade säkerhetsavståndet inte uppfylls.

9.10.1 Konsekvensmekanismer och bedömningskonsekvenser

Under byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken kommer sjötrafikvolymerna i Bottenhavet att öka jämfört med nuläget, eftersom byggflottan kommer att röra sig mellan projektområdet och stödhamnen på den finska sidan. Ökad sjötrafik kommer att öka risken för sjöolyckor. I takt med att byggnationen fortskrider kommer de områden som är tillgängliga för sjötrafik i Bottenhavetsområdet att minska och sjötrafiken kommer att behöva ta något längre vägar till sina destinationer, varav en del kan vara på den svenska sidan. Detta kommer att öka kostnaderna och utsläppen för sjötransporterna. En betydande del av komponenterna kommer dock att transporteras sjövägen till huvudhamnen på den finska sidan.

Driften av den havsbaserade vindkraftsparken kommer att ha en bestående inverkan på sjötransporterna i Bottenhavsområdet på den finska sidan och vissa av effekterna kan även komma att återspeglas på den svenska sidan. En del av de befintliga farleder som används av sjöfarten kommer att stängas och trafiken måste ledas om till en omledningsväg från väster eller öster om parken. I takt med att sjötrafiken leds om till rutter runt havsbaserade vindkraftsparken och de säkerhetszoner som krävs kommer trafikintensiteten att öka i dessa områden. Tillsammans med de fasta barriärer som skapas av vindkraftverken kommer detta att öka risken för olyckor till sjöss. De ökade avstånden för sjötransporterna kommer att öka kostnaderna och utsläppen från sjötransporterna. Tillräckliga säkerhetsavstånd måste upprätthållas mellan den havsbaserade vindkraftsparken och närliggande sjöfartsrutter, vilket kan kräva mindre ändringar av befintliga rutter.

Havsis förekommer årligen i Bottenhavet och den havsbaserade vindkraftsparken har en potentiell påverkan på havsisbildningen. Antalet svåra isförhållanden i regionen kan komma att öka, vilket kan påverka både säkerheten för sjötrafiken och en effektiv isbrytning. Kostnaderna för vintersjöfarten kan därför komma att öka till följd av den havsbaserade vindkraftsparken, eftersom de mest optimala rutterna kan komma att dras in och isen kan komma att behöva brytas under svårare förhållanden. Å andra sidan kan koncentrationen av trafik på samma rutter eller i samma områden också medföra fördelar för isbrytning och trafikprestanda.

Den havsbaserade vindkraftsparken kommer också att påverka de radar-, positionerings- och trådlösa kommunikationsnätverk som används av sjöfarten på den finska sidan. Den havsbaserade vindkraftsparken kan till exempel orsaka svarta fläckar och felaktiga reflektionssignaler i dess närhet.

Räddningsinsatserna försvåras också av etableringen av havsbaserade vindkraftsparker, dels på grund av radar- och kommunikationsstörningar, dels på grund av de fysiska hinder som de skapar. Under driften av den havsbaserade vindkraftsparken kan sjökablar och vätgasrör påverka ankringsmöjligheterna för sjötrafiken på den finska sidan. Under driften av den havsbaserade vindkraftsparken kommer vindkraftverken att bli föremål för regelbunden underhållstrafik på den finska sidan.

För bedömningen av den havsbaserade vindkraftsparkens trafikpåverkan har konsultföretaget Sweco AB tagit fram en analys av sjötrafiken i områdena nära Halla projektområde (*bilaga 5, Sweco 2023a*). I rapporten undersöktes sjötrafiken i närheten av projektområdet år 2022 med hjälp av data från det automatiska identifieringssystemet (AIS). AIS-data användes för att fastställa mängden sjötrafik i området, var i området fartygen befann sig det året och vilken typ av fartyg som trafikerade området. Analysen av sjötrafiken 2022 användes för att bedöma de förändringar som den havsbaserade vindkraftsparken Halla skulle orsaka för de rutter som används av sjötrafiken i framtiden och den potentiella inverkan av dessa förändringar på sjöfartsverksamheten och säkerheten. I bedömningen tittade man också på transportkonsekvenser över gränserna.

Som stöd för bedömningen av transportkonsekvenserna utarbetade konsulten Sweco AB också en riskbedömningsrapport för sjöfarten för projektalternativen VE1 och VE2 separat (*bilaga 6, 7 och 8, Sweco 2023b, 2023c och 2023d*). Syftet med riskbedömningen var att analysera hur etableringen av Halla havsbaserade vindkraftspark skulle kunna påverka säkerheten för sjöfarten med avseende på miljö och människors säkerhet. Rapporten möjliggjorde en bedömning av de riskfaktorer som etableringen av den havsbaserade vindkraftsparken skulle kunna innebära för sjösäkerheten. Bedömningen omfattade till exempel olika typer av kollisionsrisker, påverkan på bildandet av havsis, radarpåverkan på sjöfarten och påverkan på sök- och räddningsinsatser. Dessutom undersöktes metoder och åtgärder för att minska riskerna. En separat studie om den havsbaserade vindkraftsparkens påverkan på radar och trådlösa nätverk har

också tagits fram (*Sweco Sverige 2024, endast för myndighetsbruk*). I bedömningen tittade man också på transportpåverkan över gränserna.

Eftersom Halla havsbaserade vindkraftspark ligger i ett viktigt havsområde har projektutvecklaren inrättat en arbetsgrupp med viktiga finska aktörer på området (inklusive finska Sjöfartsverket, Traficom, Fintraffic VTS, finska Gränsbevakningsväsendet och VTT) för att diskutera projektets påverkan på sjötransporter ur olika perspektiv och för att arbeta tillsammans för att definiera hur man kan förena sjötransporter och havsbaserad vindkraft, även på internationell nivå. MKB-beskrivningen innehåller en kartläggning av fartygsrutterna i och runt vindkraftsområdet och isbrytarnas trafikdata för isvintern som används i modelleringen. Med hjälp av ovan nämnda uppgifter har projektets påverkan på sjöfarten bedömts, inklusive vintersjöfarten. För undervattenskablar och rörledningar för överföring av vätgas har konsekvensbedömningen bland annat tagit hänsyn till farleden och sjösäkerhetsutrustning.

I förekommande fall har man i konsekvensbedömningarna använt sig av internationella studier, undersökningar och rekommendationer om samordning av havsbaserade vindkraftsparker och sjötransporter för att identifiera gränsöverskridande konsekvenser. Det bör dock noteras att det för närvarande inte finns någon storskalig havsbaserad vindkraftspark i den arktiska regionen på ett sådant avstånd från kusten. Internationella rekommendationer tar inte hänsyn till påverkan från havsis och är därför inte direkt tillämpliga på förhållandena i Halla. I konsekvensbedömningen har man beaktat åsikterna från erfarna sjöfartsexperten om hur sjötrafiken fungerar. Dessutom har man i konsekvensbedömningen i möjligaste mån beaktat de riktlinjer för samordning av havsbaserad vindkraft med sjötransporter och sjöfartsinfrastruktur som utarbetats av Traficom och Finlands farledsverk.

Bedömningen av transportkonsekvenserna av den havsbaserade vindkraftsparken i Halla, inklusive gränsöverskridande konsekvenser, undersöktes för konstruktion, drift och avveckling. Bedömningen utfördes för alla transportsätt, men med fokus på den mest betydande påverkan, dvs. sjötransporter.

9.10.2 Konsekvensbedömning

9.10.2.1 Konsekvenser under byggtiden

Byggtida sjötrafik

Anläggningen av den havsbaserade vindkraftsparken och sträckningarna för sjökablar/vätgasrör kommer att generera en betydande mängd olika typer av sjötrafik, och den ökade trafiken kommer att spridas över ett mycket stort område och en mycket lång tidsperiod. Exempelvis kommer havsbotten att behöva undersökas av forskningsfartyg före byggandet och muddras för att passa fundamenten till de havsbaserade vindkraftsparkerna och kablarna/rörledningarna. Transporten och byggandet av fundament, vindkraftverk och el-/vätgasstationer kommer att generera mycket sjötrafik på grund av det stora antalet kraftverk. Sjötrafin genereras också av transport och installation av sjökablar/vätgasrör, isbrytning och transport av arbetskraft. Vindkraftsparkernas fundament kommer att kläs in och sjökablarna/vätgasrören kommer åtminstone delvis att täckas med ballastmaterial som importeras sjövägen. Under anläggningsfasen kommer det att finnas en betydande fartygsflotta i närheten av projektområdet, som preliminärt beräknas omfatta pråmar, höghastighetsfartyg, drift- och underhållsfartyg, isbrytare, jack up-riggare, lastfartyg och eventuellt andra fartyg.

Det är mycket svårt att uppskatta de exakta trafikvolymerna och rutterna för fartygen under byggfasen innan mer detaljerade byggplaner har upprättats, men det är mycket troligt att de kommer att transitera från finska hamnar till projektområdet. Det antas dock att den största delen av trafiken kommer att ske mellan bashamnen i Finland och den havsbaserade vindkraftsparken under byggnationen, och därför kommer ingen sjötrafik att ledas till hamnar i

riktning mot Sverige. En del av de komponenter som används för konstruktionen kommer att transporteras sjövägen till bashamnen, vilket bland annat skulle möjliggöra användning av sjövägen Nordvalen-Kemi. I detta skede av projektet har trafikvolymerna för de fartyg som används för konstruktionen beräknats per kilometer, baserat på konstruktionsfaserna och det arbete som ska utföras av fartygen. För att beräkna trafikvolymerna har fartygens uppskattade antal kilometer dividerats med det uppskattade genomsnittliga avståndet på 50 km från den havsbaserade vindkraftsparken till bashamnen i Hallas fall. Beräknat med denna metod är trafikvolymerna för de fartyg som används under projektets byggfas följande:

- Pråmar 1 834 resor
- Små höghastighetsfärjor 528 resor
- Fartyg för drift/underhåll 599 resor
- Isbrytare 10 resor
- Lyftplattformar 132 resor
- Lastfartyg 2 160 resor

Dessa uppskattningar är vägledande och baseras på en mycket förenklad modell. Det är troligt att den trafik som genereras under byggfasen kommer att vara betydligt lägre. I modellen beskrivs varje 50 km förflyttning som en enda resa. Dessutom beror den faktiska transportriktningen i stor utsträckning på vilken implementeringsmodell som väljs.

Byggfasen för en havsbaserad vindkraftspark beräknas ta cirka 3 år. Den faktiska byggfasen kommer dock att föregås av en fas med mer detaljerade undersökningar av undervattensplatserna som utförs av olika forskningsfartyg. Dessutom spelar väderförhållandena en mycket viktig roll vid uppförandet av havsbaserade vindkraftsparker. Under förhållanden med havsis beräknas byggnadsaktiviteterna vara begränsade. I praktiken innebär detta att byggnadsaktiviteterna i Östersjön är minimala under cirka 5–6 månader per år. Trots osäkerheterna står det klart att byggandet av en havsbaserad vindkraftspark kommer att orsaka en tydlig tillfällig ökning av trafikvolymerna i Bottenviksområdet. Om några av de andra planerade havsbaserade vindkraftsparkerna, till exempel Polargrund på den svenska sidan, byggs samtidigt kommer påverkan på trafikvolymerna att bli ännu större.

Effekter av byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken

Uppförandet av den havsbaserade vindkraftsparken kommer att påverka sjötrafiken i hela Bottenviksregionen och kan därför även komma att påverka den svenska sidan. Under anläggningsfasen kommer arbetsbåtar att trafikera vindparksområdet och förflytta sig från en kraftverksplats till nästa, samtidigt som farbara områden reserveras för arbetet. Påverkan på sjötrafiken kommer att öka i takt med att arbetet fortskrider och de tillgängliga områdena för trafik i vindparksområdet minskar. Ökningen av trafikvolymerna i samband med byggandet i området kommer att vara stor, med tanke på de relativt låga trafikvolymerna som redan finns i området. Oberoende av bashamnen kommer konsekvenserna att vara särskilt allvarliga för vägarna och sjötrafikområdena i närheten av Halla vindkraftspark. Dessa inkluderar farleden Uleåborg 1, båda linjerna i den nordvästra ruten Brahestad-Uleåborg-Kemi, sjövägen Farstugrunden-Brahestad och sjövägen Nordvalen-Kemi. Ökande trafikvolymerna och avvikande rutter för arbetsfartyg ökar risken för sjöolyckor i området. Beroende på stödhamn kommer betydande konsekvenser att märkas i Finland på farleden i Brahestad när det gäller Brahestads hamn, på farleden i Uleåborg när det gäller Uleåborgs hamn och på farleden i Ajos när det gäller Kemis hamn. Den tydliga ökningen av trafikvolymerna kommer att vara tillfällig under byggfasen, men den slutliga påverkan kommer att vara långvarig när trafikerade områden tas bort från området. Påverkan på sjötrafiken under byggfasen kommer att klargöras ytterligare när byggplanerna blir mer exakta. Samordning av trafiken under byggfasen och medvetenhet om sjötrafiken på internationell nivå är viktiga verktyg för riskhantering.

Konsekvenser av anläggandet av sjökabel- och vätgasrörssträckningar

Enligt Traficoms och Trafikverkets riktlinjer (2023) bör man så långt som möjligt undvika att lägga sjökablar över farleder. Detta är dock inte möjligt när det gäller Halla havsbaserade vindkraftspark på grund av dess läge. Dessa konsekvenser gäller dock endast den finska sidan.

Påverkan på andra transportsätt under byggfasen

Transporter av betong och stål för vindkraftverkens fundament är t.ex. en viktig transport till hamnen och kan också utföras till sjöss. Flyktinghamnen skulle också användas för konstruktion och transport av material för potentiella elstationer till havs och vätgasanläggningar, samt för transport av sjökablar och vätgasrör. En betydande del av transporterna av komponenter till vindkraftsparken (t.ex. vindturbinkomponenter) kommer dock att importeras från utlandet sjövägen. Man räknar också med att t.ex. muddermassor från havsbaserad muddring kommer att dumpas i havsområden. För beklädnad av fundament och täckning av sjökabel- och vätgasrörssträckningar är den preliminära planen att transportera ballastmaterialet sjövägen från Ingå. Fördelningen av transporterna mellan de olika transportmedlen kommer att specificeras ytterligare i den detaljerade utformningen. Detta kommer att påverkas både av de designval som ska göras och av situationen på världsmarknaden för material. Det beräknas att de vägtransporter som genereras kommer att fördelas över byggperioden (3 år) i flera faser. Tillfälliga öknings av tunga trafikvolymerna kommer att öka risken för allvarigare trafikolyckor på grund av de stora massorna, vilket kan ha potentiella gränsöverskridande effekter på den svenska sidan.

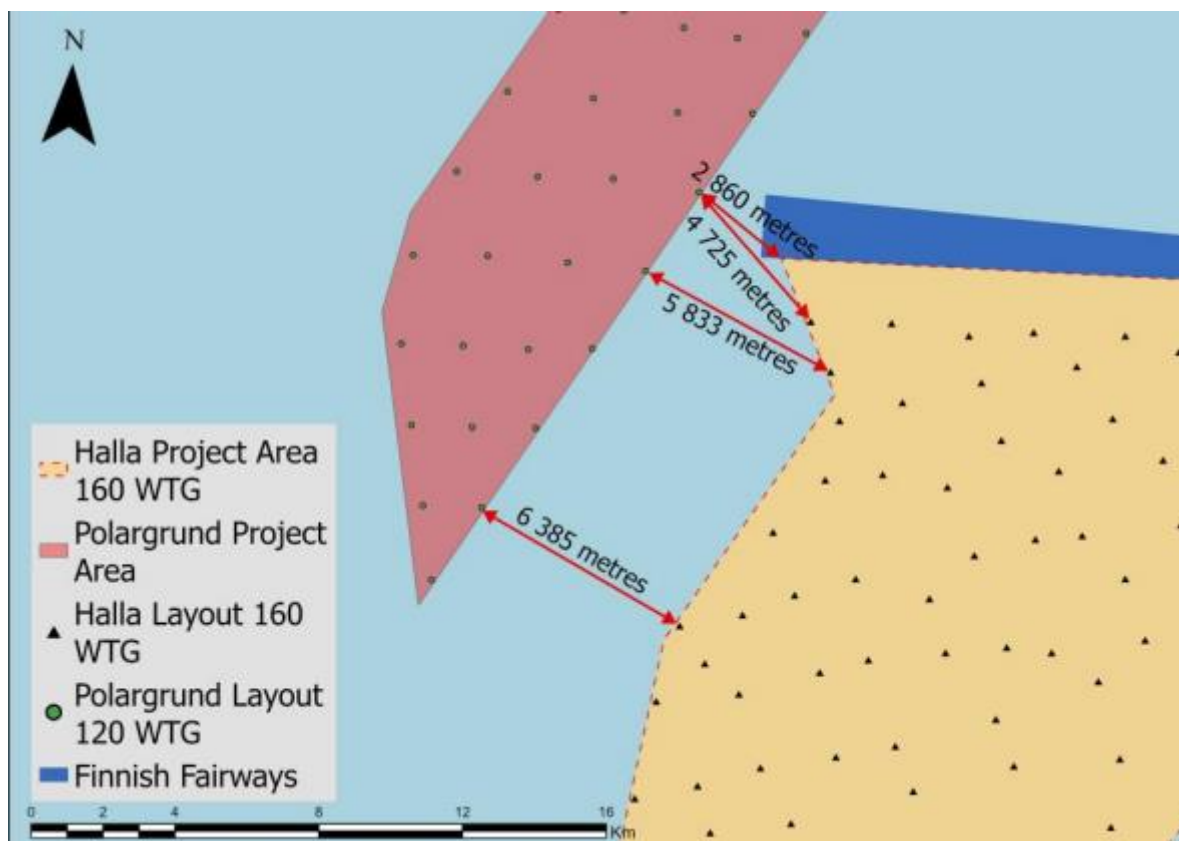
Den havsbaserade vindkraftsparken kommer inte att ligga inom höjdbegränsningszonen för närliggande flygplatser i Finland eller Sverige. Vindkraftverkens höjd är dock sådan att de i princip måste ansöka om ett flygtrafikstillstånd (*Traficom 2020*) på den finska sidan. Detta förutsätter dock att luftfartslagen anses vara i kraft även i den ekonomiska zonen. De havsbaserade vindkraftsparker som ska byggas måste utrustas med de flyghinderljus som krävs enligt lag.

9.10.2.2 Konsekvenser under drift

Vindkraftspark till havs

Förverkligande av säkerhetsavstånd

Den mest problematiska punkten när det gäller säkerhetsavstånd är området mellan de havsbaserade vindkraftsparkerna Halla och Polargrund, där Nordvalen-Kemi-sjöfartsvägen är belägen. Detta är naturligtvis avhängigt av att båda projekten genomförs. Den bifogade figuren (Figur 9–12) visar projekteringsalternativet VE1 för Halla (160 turbiner) och den preliminära planen för Polargrund (*wpd 2022*).



Figur 9-12. Avstånd mellan vindkraftsparkerna Halla (VE1) och Polargrund (Sweco 2023a, bilaga 5; wpd 2022).

De närmaste gränserna för projektområdet (vindkraftsområdet) finns i det nordvästra hörnet av Halla på ett avstånd av 2 860 m. De kortaste avstånden mellan de aktuella vindkraftverken är i det nordvästra hörnet 4 725 m och 5 833 m. Längre söderut är det kortaste avståndet mellan vindkraftverken 6 385 m. I Halla-projektets alternativ VE2 flyttas vindkraftsområdets gräns något längre bort från Polargrund och det nordvästra hörnet tas helt bort. I VE2 är det kortaste avståndet mellan Halla och Polargrund ca 7 400 m (Sweco 2023c, bilaga 7).

PIANC (The World Association for Waterborne Transport Infrastructure; tidigare Permanent International Association of Navigation Congresses) ger vägledande riktlinjer för hur bred en farled bör vara. Farledens bredd bestäms av antalet fartyg som trafikerar enligt rekommendationen. Om den årliga trafikvolymen är mindre än 4 400 fartyg per år, är farledsbredden 2 parallella fartyg i varje riktning, vilket tillåter 2 fartyg per fartyg. Vid 4 400 till 18 000 fartyg rekommenderas en bredd på 3 parallella fartyg i vardera riktningen. Fartygslängden baseras på den maximala längden på de fartyg som använder rutten med ett konfidensintervall på 98,5%, dvs. endast 1,5% av fartygen är längre än detta. Exempelvis har det nederländska ministeriet för infrastruktur och miljö funnit att farledsbredderna i de bifogade riktlinjerna är lämpliga (Sweco 2023b, bilaga 6).

Enligt PIANC:s riktlinjer för bredden på farleder krävs en bredd på cirka 916 meter för farlederna i Östersjöområdet. Sjötrafikvolymen i farlederna i Bottenhavsområdet kommer inte att överstiga 4 400 fartyg, även om man tar hänsyn till den prognostiserade ökningen av trafikvolymerna. I detta fall definieras därför farledsbredden som 2 parallella fartyg i varje riktning. Genom att fastställa den maximala längden på fartygen i området till 229 m (98,5% konfidensintervall för fartygstrafiken i området) baserat på AIS-data, blir formeln följande: $2 \times 2 \times 229 \text{ m} = 916 \text{ m}$. Det bör dock noteras att PIANC:s riktlinjer inte tar hänsyn till effekterna av havsis.

Om man beaktar det säkerhetsavstånd på 1,5 km mellan farledsområden och havsbaserade vindkraftsparker som rekommenderas av Traficom, den finska farledsmyndigheten, bör det totala avståndet mellan Halla och Polargrund vara minst 3 916 m ($1\,500\text{ m} + 1\,500\text{ m} + 916\text{ m} = 3\,916\text{ m}$). Detta krav uppfylls i båda projekialternativen för vindkraftverken i Halla, men inte i VE1 för vindkraftsparkens nordvästra gräns. I VE1 kan den maximala längden på fartyget som mäter farledens bredd vara cirka 431 m för att fortfarande uppfylla Traficoms krav på säkerhetsavstånd ($2 \times 2 \times 431\text{ m} = 1\,724\text{ m}$ och $1\,500\text{ m} + 1\,500\text{ m} + 1\,724\text{ m} = 4\,724\text{ m}$).

Sjövägen Nordvalen-Kemi är dock inte en officiell farled som drivs av Finlands farledsverk, så riktlinjerna gäller inte som sådan. Gränsen för den marina planen är inte en officiell mätbar sjötrafikledsgräns (såsom TSS eller farledsområdesgräns). Traficoms riktlinjer för avståndskravet för en havsbaserad vindkraftspark till den ekonomiska zonen, och till det yttre havet till sjötrafikområden och farledsinfarter, är 1–3 nautiska mil (1,8–5,5 km). I detta fall bör det totala avståndet mellan Halla och Polargrund vara cirka 4,5–12 km. Säkerhetsavståndet på 1 nautisk mil uppnås exakt i fallet VE1 mellan vindkraftverken, men inte för vindkraftsområdet. På ett avstånd av 2 nautiska mil uppnås inte säkerhetsavståndet längre i något av projekialternativen.

Vi ser nu närmare på rekommendationerna i PIANC:s konceptplan för säkerhetsavståndet mellan trafikleden och vindkraftsparkerna. I konceptplanen krävs att gränsen för trafikfältet är tydligt mätbar. Det bör därför vara gränsen för en markerad right-of-way eller TSS, till exempel. Säkerhetsavståndet på båda sidor om körfältet bör vara i linje med den rekommenderade marginalen på 0,3 nautiska mil (556 m) till höger + 6 fartyglängder (98,5% konfidensintervall). Av detta kan man beräkna att säkerhetsavståndet på ena sidan uppskattas till: $556\text{ m} + (6 \times 229\text{ m}) = 1\,930\text{ m}$. Om detta läggs till på andra sidan av körfältet är den totala längden på säkerhetsområdena ungefär: $1\,930\text{ m} \times 2 = 3\,860\text{ m}$. Om körfältets bredd på 916 m läggs till är det minsta utrymmesbehovet $4\,776\text{ m}$ ($3\,860\text{ m} + 916\text{ m} = 4\,776\text{ m}$).

PIANC:s rekommendation för säkerhetsavstånd uppfylls inte för Halla-projektets alternativ VE1 (avståndet mellan de närmaste vindkraftverken är 4 725 m). Avståndskraven till de närmaste vindkraftverken uppfylls dock i projekialternativ VE1, så flyttningen/avlägsnandet av ett vindkraftverk kan redan ha en betydande inverkan. I projekialternativ VE2 uppfylls dock avståndskravet (avstånd 7 400 m). Enligt projekialternativ VE2 är det t.ex. möjligt att öka säkerhetsavståndet med ytterligare 500 m till vindkraftverket (total bredd 5 776 m). Det fria utrymmet möjliggör också t.ex. en ökning av storleken på de fartyg som trafikerar banan (98,5% konfidensintervall) till mer än 300 m eller en kraftig ökning av antalet passager, vilket gör att 3 fartyg kan trafikera farleden parallellt i båda riktningarna. Det bör dock noteras att PIANC:s rekommendationer baseras på förhållanden i öppet vatten. Det finns ingen vägledning om säkerhetsavstånd för isiga förhållanden.

Det finns ingen liknande begränsande faktor för säkerhetsavstånd på andra sjöfartsleder eller sjöfartsrutten utanför Halla som det finns på sjöfartsrutten Nordvalen-Kemi.

Effekter på sjötrafiken: Farleder och antal fartyg

Baserat på AIS-data för 2022 visar Swecos sjötrafikanalys att i genomsnitt 1–3 fartyg per dag trafikerar farlederna utanför Halla. Fartygstrafiken i området är därför relativt låg jämfört med många andra delar av Östersjön. Fartygstrafiken består främst av last-/ro-ro-, tank-, hjälp- och säkerhetsfartyg. Detta illustrerar vikten av vattenvägar i Finland som en möjliggörare för handelssjöfarten. År 2022 var den genomsnittliga längden på fartygen i regionen 102 m och det genomsnittliga 98,5 % konfidensintervallet för den maximala längden var 229 m (Sweco 2023a, bilaga 6).

Etableringen av Halla vindkraftspark kommer att ha en betydande inverkan på sjötrafiken i området, eftersom handelsfartyg i framtiden kommer att behöva runda vindkraftsparksområdet. Detta kommer i synnerhet att påverka tiden för havsis, eftersom alternativa rutter kommer att minska. Vintern 2022 skulle till exempel den välbesökta lotsleden genom vindkraftsområdet och den norra sträckningen av nordvästpassagen Brahestad-Oulu-Kemi behöva byta till antingen den östra (södra sträckningen av nordvästpassagen Brahestad-Oulu-Kemi) eller den västra (sjövägen Nordvalen-Kemi) omledningsrutten, som ligger närmast Sverige. Valet av omledningsrutt påverkas naturligtvis av de isförhållanden som råder vid den aktuella tidpunkten och den bästa möjliga vägen ur isbrytningssynpunkt måste väljas. Under 2022 var trafikvolymerna i vindkraftsområdet betydligt lägre på rutterna genom området under den isfria perioden, men även under den isfria perioden måste fartygstrafiken ledas om till omledningsvägen förbi Halle från öster eller väster. Vissa fartyg kommer därför att behöva ta längre rutter, vilket leder till högre transportkostnader och högre utsläpp, vilket kan orsaka gränsöverskridande effekter, även om dessa bedöms vara försumbara.

Att uppskatta längden på de omledningsrutter som uppstår till följd av etableringen av den havsbaserade vindkraftsparken Halla är inte okomplicerat, eftersom det finns ett antal alternativa vägar. I en mycket förenklad modell, baserad på AIS-data från 2022, fastställs en referensrutt för havsis genom Halla vindkraftspark från söder till norr (lotsrutt) och en omledningsrutt från Hallas västra sida (Nordvalen-Kemi sjötrafikrutt). I detta scenario skulle omledningsrutten som mest vara cirka 7,4 km längre. Den andra alternativa modellen beskriver borttagandet av den norra sträckningen av den nordvästra vägen Brahestad-Oulu-Kemi och omledningen via den södra sträckningen, dvs. öster om Halla vindkraftspark. I detta fall skulle omledningsvägen bli som mest cirka 3,5 km längre. Dessa modeller representerar dock avståndsökningen i endast ett fall och mellan två punkter till havs, så modellerna är förenklade.

På farleden Farstugrunden-Brahestad sydväst om Halla vindkraftspark färdas fartyg främst under isfria perioder (0,4 fartyg per dag i genomsnitt under havsisförekomst och 0,7 fartyg under isfria perioder 2022). Fartygstrafiken på sjövägen ligger mycket nära den sydvästra delen av Halla vindkraftspark, så det kan finnas ett behov av en liten omledning åt sydväst för att möjliggöra ett säkert undvikande. Det andra alternativet är att ändra placeringen av vindkraftsparken och dess kraftverk i den fortsatta planeringen. Potentiellt ökande trafikvolymerna kan rymmas på den maritima rutten i framtiden. Ökade trafikvolymerna kommer dock att öka risken för olyckor.

I farleden Oulu 1 norr om vindkraftsparken Halla visade analysen på mycket låga trafikvolymerna (i genomsnitt 0,2 fartyg per dag under havsisförekomst och 0,03 fartyg per dag under den isfria perioden 2022). Farledens betydelse kan dock komma att öka i framtiden i och med etableringen av Halla, då handelsfartyg kommer att behöva passera förbi vindkraftsparken. Trafikvolymerna förväntas därför öka, men detta kommer inte att ha någon betydande inverkan på farledens funktion med de föreslagna trafikvolymerna. Farledens kant ligger dock på den norra gränsen till Halla vindkraftspark. Detta innebär att farleden kan behöva genomgå mindre ruttändringar i nordlig riktning för att göra det möjligt för fartyg i farleden att göra en säker undvikande manöver om det skulle behövas. Det andra alternativet är att ändra placeringen av vindkraftsparken och dess turbiner i den fortsatta planeringen.

Havsvägen Nordvalen-Kemi väster om den havsbaserade vindkraftsparken Halla förväntas öka trafikvolymerna i framtiden till följd av etableringen av Halla, särskilt när det finns havsis, vilket skulle få gränsöverskridande effekter på grund av dess läge. Sjövägen är för närvarande den mest trafikerade i regionen (1,8 fartyg per dag i genomsnitt under havsisförekomst och 2,8 fartyg per dag under den isfria perioden 2022), men trafikvolymerna är ändå relativt låga. De ökade trafikvolymerna bör därför kunna passera genom sjötransportområdet trots förändringen. Risken för olyckor kommer dock att öka jämfört med nuläget. I dagsläget passerar

fartygen nära gränsen till Halla havsbaserade vindkraftsområde och i synnerhet finns det en överlappning i det nordvästra hörnet av området enligt projekteringsalternativ VE1. Detta innebär att farleden skulle behöva genomgå eventuellt mindre ruttändringar i västlig/nordvästlig riktning för att fartyg i farleden vid behov ska kunna göra en säker undvikande manöver. Om den planerade havsbaserade vindkraftsparken Polargrund på den svenska sidan beslutas att byggas kommer farleden Nordvalen-Kemi att gå mellan de två havsbaserade vindkraftsparkerna. I detta fall kommer rekommendationerna för säkerhetsavstånd inte att uppfyllas för projekteringsalternativ VE1, vilket visas i föregående avsnitt. För att säkerställa efterlevnad av PIANC:s rekommendationer skulle det därför vara lämpligt att ta bort/flytta det yttersta vindkraftverket från det nordvästra hörnet av platsen i projekteringsalternativ VE1. Detta kommer att säkerställa tillräckligt med utrymme för fartygstrafik i framtiden, med hänsyn till potentialen för större fartyg och ökade trafikvolymer.

Mer detaljerad information om konsekvenserna av Halla havsbaserade vindkraftspark för sjötrafiken finns i trafikanalyserna i bilagorna 5, 6 och 7.

Den projektansvarige har åtagit sig att vid behov genomföra ytterligare studier i projektets vattentillståndsfas, efter en motiverad slutsats, med hänsyn till gränsöverskridande konsekvenser. Eventuella ändringar av sträckningen kommer att kräva ett nära samarbete med myndigheterna på internationell nivå.

Driften av den havsbaserade vindkraftsparken kommer att leda till ökad sjötrafik i Bottenhavet, främst på grund av underhållsaktiviteter. I princip kommer varje havsbaserat vindkraftverk att servas årligen, och oplanerade underhållsbesök måste också förväntas. Enligt de preliminära planerna kommer underhållsarbetet att utföras av 2 snabba små fartyg (transport av underhållspersonal) och 1 drift- och underhållsfartyg. Om varje havsbaserat vindkraftverk skulle servas vid ett eget besök och fartygen skulle resa från anslutningshamnen i Finland till det havsbaserade vindkraftverket och tillbaka, skulle det årliga antalet resor vara 480 för snabbfärjorna och 240 för drift- och underhållsfartyget. Det faktiska antalet resor kan dock bli lägre om fler vindkraftverk kan servas vid samma besök.

Även om regelbundet underhåll utförs, övervakas parken huvudsakligen på distans och underhållet är främst relaterat till utbyte av stora komponenter till havsbaserade vindkraftverk eller vätgasproduktion. Avståndet mellan Polargrund och Halla är nästan 5 km, så det finns ingen kumulativ påverkan från underhållsrafik.

Riskbedömningar för sjöfarten

Identifieringen av faror relaterade till sjötrafik i Halla havsbaserade vindkraftspark genomfördes i Hazard Identification Workshop (HAZID) som organiserades av konsultföretaget Sweco AB, med deltagande av flera intressenter från branschen, för att identifiera risker på bredast möjliga skala. Riskbedömningen av de identifierade farorna genomfördes med hjälp av en riskmatris (Figur 9–13), där varje risk klassificeras utifrån konsekvensernas frekvens och allvarlighetsgrad. Matrisen är baserad på elementen i FSA-metoden (Formal Safety Assessment) som föreslås av IMO (International Maritime Organization). Risknivån beräknas som summan av index för frekvens och index för allvarlighetsgrad.

		Severity			
		1	2	3	4
		<i>Minor</i>	<i>Significant</i>	<i>Severe</i>	<i>Catastrophic</i>
Frequency	6 Probable <i>Once per year</i>	7	8	9	10
	5 Reasonably probable <i>Once per 10 years</i>	6	7	8	9
	4 Unexpected <i>Once per 100 years</i>	5	6	7	8
	3 Remote <i>Once per 1 000 years</i>	4	5	6	7
	2 Very remote <i>Once per 10 000 years</i>	3	4	5	6
	1 Extremely remote <i>Once per 100 000 years</i>	2	3	4	5

Figur 9–13. Riskmatris för bedömning av riskerna med en havsbaserad vindkraftspark (Sweco 2023c, bilaga 7).

De risker som är markerade med rött i figuren (Figur 9–13) anses vara orimliga. Scenarier i rött indikerar en risk som kräver riskhanteringsåtgärder för att uppnå en acceptabel risknivå. Risker markerade med gult bedöms som tolerabla om tekniskt och ekonomiskt rimliga åtgärder vidtas i enlighet med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). I de gula scenarierna måste riskerna nogt övervägas och rimliga riskreducerande åtgärder måste vidtas. Gröna risker bedöms som acceptabla. I gröna scenarier anses risknivåerna vara så låga att det i princip inte krävs några riskreducerande åtgärder.

Sannolikheten för en risk, d.v.s. hur ofta den inträffar, beskrivs på en sexgradig skala. Beräkningen av riskfrekvensen baseras på modellering med IWRAP, International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (IALA) programvara för riskbedömning av vattenvägar för beräkning av frekvenser för fartygsolyckor. Konsekvenserna av en risk klassificeras enligt dess allvarlighetsgrad i en fyrgradig klassificering.

Resultaten av riskbedömningen baseras därför på de beräknade resultaten av modelleringsprogrammet och workshopdeltagarnas riskbedömning.

Risker för kollision

När Halla havsbaserade vindkraftspark byggs kommer sannolikheten för olika typer av kollisioner att öka. En kollision definieras som en situation där ett fartyg driver eller styrs mot ett stationärt objekt. De fasta strukturerna i den havsbaserade vindkraftsparken Halla är plattformarna (elstation och vätgasproduktion) och vindkraftverken, inklusive deras roterande blad. En sammanfattning av kollisionsriskerna presenteras i tabellen (Tabell 9–15). Enligt den marina riskbedömningen klassificeras risken för en motoriserad kollision med ett stationärt objekt, t.ex. ett vindkraftverk, som acceptabel i alla möjliga scenarier. Resultaten är dock känsliga för de antaganden som görs om det avstånd på vilket fartygen passerar vindkraftsparken. Om man antar att fartygen passerar vindkraftsparken på mycket nära håll är risken för en motoriserad kollision mycket högre. Den exakta omfattningen av risken beror på hur trafikmönstret förändras. Sannolikheten för en kollision mellan navigerande fartyg minskar om trafiken rör sig längre bort från vindkraftsparken. Ju längre bort från parken trafiken är, desto

lägre är sannolikheten för en kollision med ett vindkraftverk, men samtidigt ökar sannolikheten för omkörningar och frontalkollisioner med mötande fartyg i farlederna.

Risken för en drivande kollision med ett stationärt objekt som ett vindkraftverk klassificeras på ALARP-nivå för risken för människors säkerhet i scenariot där Halla (VE1 eller VE2), Polargrund och Omega alla är etablerade (Tabell 9–15). I alla andra beräknade scenarier bedöms driftrisken vara acceptabel. Vindkraftverk belägna norr, väster och sydväst om Halla har en högre risk för drivande kollision under både sommar och vinter. Detta indikerar främst ett scenario där Halla, Omega och Polargrund alla är etablerade och risken för människors säkerhet ligger på ALARP-nivå. Väster om Halla ligger den mest trafikerade farleden, Nordvalen - Kemi, där trafiken är mer överbelastad i scenariot där Halla, Polargrund och Omega alla byggs jämfört med enbart Halla och scenariot utan åtgärd, och därför är den kombinerade påverkan av alla projekt högre än i enbart Halla. Däremot är frekvensen av drivande påverkan på den östra sidan av den havsbaserade vindkraftsparken relativt lägre. Dessutom finns det ett grundare område öster om Halla där det är mer sannolikt att drivande fartyg går på grund än att de kolliderar med vindkraftverken i någon större utsträckning. Varje plats är dock en riskfaktor för drivande fartyg, oavsett var vindkraftverken är placerade.

Tabell 9–15. Riskbedömningstabell för kollision med ett stillastående föremål (Sweco 2023b & Sweco 2023c, bilaga 5 och bilaga 6).

Scenario	Projektalternativ	Risk	
		Människors säkerhet	Miljö
Kollision (kollision mellan ett fartyg och ett stillastående föremål)			
Ett fartyg styr in i en vindturbin (motoriserad kollision)	VE1	4,6	3,5
	VE2	4,8	3,7
	VE1 + andra projekt	4,6	3,8
	VE2 + andra projekt	4,9	3,8
Fartyg ur drift driver in i ett vindkraftverk (drivande collision)	VE1	4,5	3,8
	VE2	4,5	3,8
	VE1 + andra projekt	5,1	4,5
	VE2 + andra projekt	5,2	4,6

Frekvensen för fartygskollisioner har beräknats utifrån tillgängliga AIS-data för fartyg som navigerar i farlederna runt Halla havsbaserade vindkraftspark. Beräkningarna baseras på en trafikmodell för sommarförhållanden. Den beräknade risken antas också konservativt vara representativ för risken för kollisioner under vinterförhållanden, då det finns färre fartyg i området, hastigheterna ofta är lägre och konsekvenserna av incidenter i allmänhet är mindre allvarliga. En sammanfattning av kollisionsriskerna presenteras i tabellen (Tabell 9–16).

Den övergripande risken för fartygskollisioner klassificeras på ALARP-nivå för både scenariot där endast Halla etableras och scenariot där både Halla, Omega och Polargrund etableras. Generellt sett klassificeras risknivån för de flesta typer av kollisioner på ALARP-nivå och för modelleringsändamål är den vanligaste typen av kollision en påfartskollision (Tabell 9–16). Korsningskollisioner verkar minska i och med etableringen av vindkraftsparker, vilket kan bero på att färre korsningskollisioner modelleras på grund av förändringar i trafikmodellerna. Risken för korsningskollisioner anses vara acceptabel.

Kollisionsfrekvensen är högst på sträckan Nordvalen - Kemi och nära den punkt där sträckan Brahestad - Oulu - Kemi leder till Uleåborg och vidare mot Nordvalen - Kemi längs Oulu 1 och norrut på sträckan mot Kemi Ajos.

Sammantaget bör frekvensen och allvarlighetsgraden av konsekvenserna av kollisioner minskas om de riskhanteringsåtgärder som anges nedan genomförs.

Tabell 9-16. Riskbedömningstabell för en kollision mellan två fartyg (Sweco 2023b & Sweco 2023c, bilaga 6 och bilaga 7).

Scenario	Projektalternativ	Risk	
		Männis- kors sä- kerhet	Miljö
Kollision mellan två fartyg			
Totala kollisioner (alla typer av kollisioner)	VE1	5,7	5,7
	VE2	5,5	5,5
	VE1 + andra projekt	6	6,2
	VE2 + andra projekt	5,8	6
Omkörningskollision	VE1	4,6	4,7
	VE2	4,5	4,6
	VE1 + andra projekt	5,1	5,2
	VE2 + andra projekt	4,9	5,2
Frontalkollision	VE1	5,5	5,6
	VE2	5,3	5,4
	VE1 + andra projekt	5,9	6,1
	VE2 + andra projekt	5,7	6
Korsningskollision	VE1	Godtagbar	Godtagbar
	VE2	Godtagbar	Godtagbar
Frontalkollision	VE1	4,5	4,9
	VE2	4,8	5,1
	VE1 + andra projekt	4,4	4,9
	VE2 + andra projekt	4,9	5,2
Svängningskollision	VE1	5,5	5,6
	VE2	5,2	5,4
	VE1 + andra projekt	5,5	5,7
	VE2 + andra projekt	5,2	5,4
Kollision med arbetsfartyg på väg till/från hamn	VE1	5,3	5,4
	VE2	5,3	5,4

Risken för drivande grundstötning anses vara acceptabel i samband med etableringen av vindkraftsparker, eftersom den relativa risken inte har beräknats öka med vindkraftsparker. Risken för grundstötning anses vara godtagbar för båda projektalternativen.

Modelleringen indikerar en betydande risk för grundstötning på grund av drivande grundstötning för projekialternativ VE2 (Tabell 9–17). Ingen sådan risk identifierades i modelleringen för projekialternativ VE1. Med tanke på var händelsen förväntas inträffa i modelleringen kan frekvensen återspegla revets relativa närhet till kusten och de muddrade kanalområdena som passerar nära grundområdena. Med tanke på platsen för de modellerade händelserna verkar Halla havsbaserade vindkraftspark inte ha någon betydande inverkan på den övergripande risknivån för motoriserade grundstötningsolyckor. Det bör dock noteras att i modelleringen inträffar de motoriserade grundstötningarna på Hallas nordvästra kant, nära ett grunt område utanför farleden Uleåborg 1, intill sjötrafikleden Nordvalen - Kemi. För att förhindra eventuella olyckor i detta område är det därför viktigt att vara vaksam och medveten om risken för motoriserad grundstötning.

Tabell 9–17. Riskbedömningstabell för grundstötning av fartyg (Sweco 2023b & Sweco 2023c, bilaga 6 och bilaga 7).

Scenario	Projektalternativ	Risk	
		Människors säkerhet	Miljö
Grundstötning			
Navigerande fartyg går på grund (motoriserad grundstötning)	VE1	Godtagbar	Godtagbar
	VE2	7,4	6,9
	VE1 + andra projekt	Godtagbar	Godtagbar
	VE2 + andra projekt	7,5	7,3
Navigerande fartyg går på grund (drivande grundstötning)	VE1	Godtagbar	Godtagbar
	VE2	Godtagbar	Godtagbar
	VE1 + andra projekt	Godtagbar	Godtagbar
	VE2 + andra projekt	Godtagbar	Godtagbar

Mer detaljerade riskbedömningar av kollisionriskerna finns i bilagorna 6, 7 och 8 (Sweco 2023b, c och d).

Effekter på havsisbildning och vinternavigering

Havsbaserade vindkraftsparker kan påverka havsisbildningen i havsområden, men än så länge finns inga konkreta exempel eller studier av påverkan (*Regeringen 2024*). Transportstyrelsen har presenterat scenarier för vad en vindkraftspark kan få för effekter på havsisbildningen. Vindkraftverkens fundament kan bryta isen, vilket leder till att ny is bildas och att dravis fastnar i området. I det här fallet bildas ishyllor och isryggar på vindkraftsområdet, vilket gör det svårt att röra sig på vintern. Variationer i vindriktningen kan leda till att isen driver fram och tillbaka över vindkraftsområdet, vilket gör att isen bryts upp och komprimeras vid flera tillfällen. I detta fall kan en tjock isbarriär bildas i området och fastna. Is som bryts av fundamenten kan också passera genom eller förbi vindkraftsparken, vilket orsakar problem utanför vindkraftsparken och försvårar sjöfarten och begränsar navigeringen i området. Bedömningen av vindkraftsparkens påverkan på havsisbildningen kompliceras också av de säsongsmässiga variationerna i havsisbildningen (*Sweco 2023b*, bilaga 5).

Den havsbaserade vindkraftsparken Halla kommer sannolikt att påverka havsisbildningen i regionen, vilket kan ha gränsöverskridande effekter, och de risker som uppstår måste hanteras så effektivt som möjligt genom samarbete med isbrytare på internationell nivå. En viktig effekt

på vintersjöfarten är minskningen av alternativa vintersjöfartsrutter. De förändringar av rutterna som beskrivs i föregående kapitel (borttagandet av lotsleden och den nordliga sträckningen av nordvästpassagen Brahestad-Oulu-Kemi) kommer att innebära att den havsbaserade vindkraftsparken Halla måste kringgåås från väster eller öster om parken, beroende på isförhållandena. Vindkraftsparken kan därför blockera den snabbaste och enklaste rutten för vinternavigering och tvinga isbrytarna att välja en annan mindre optimal rutt. Isbrytare har t.ex. begränsad förmåga att navigera genom stora isvallar och måste också hitta vägar förbi dem under svåra isförhållanden. Detta kan leda till förseningar i assistansen och öka risken för skador på fartygen orsakade av havsis. Dessutom ökar isbrytarnas och de assisterade fartygens bränsleförbrukning under förhållanden som inte är optimala (*Sweco 2023b, bilaga 6*).

Stora vindkraftsparker som ligger framför farleder och sjötrafikområden kommer att öka behovet av assistans för vintersjöfarten. Det är inte möjligt att lämna fartyg som väntar på assistans i den rörliga isen framför vindkraftsparkerna, och de kanske inte kan passera mellan eller i omedelbar närhet av stora vindkraftsparker utan assistans för att säkerställa säker navigering i svåra isförhållanden. Förekomsten av stora eller närliggande vindkraftsparker kan innebära att säkra och lämpliga vänteområden för fartyg, särskilt i Bottenviken, kan behöva anvisas ett betydande avstånd ut på öppet hav, vilket också kommer att binda upp isbrytarkapacitet för allt längre assisterade resor. Byggandet av stora havsbaserade vindkraftsparker kommer därför sannolikt att öka behovet av isbrytningskapacitet jämfört med dagens situation. Dessutom kommer bränsleförbrukningen och utsläppen från isbrytningen att öka till följd av denna förändring (*Traficom & Väylävirasto 2023*).

När man bedömer de kombinerade effekterna av projekten bör man notera att alla planerade havsbaserade vindkraftsprojekt sannolikt inte kommer att förverkligas, åtminstone inte i den utsträckning som de är planerade. Det är därför viktigt att övervaka situationen i samarbete med projektoperatörer och myndigheter på internationell nivå, så att potentiella effekter kan beaktas i den fortsatta planeringen och i de efterföljande tillståndsfaserna.

Effektiv samordning och drift av isbrytare kommer att bli viktigare efter att vindkraftsparken har etablerats, eftersom det kommer att bidra till att minska riskerna (*Sweco 2023b, bilaga 6*). Ett sätt att förbättra smidigheten i vinternavigeringen i närheten av vindkraftsparken är att lägga till isrörelsekameror och/eller radar på vindkraftverkens strukturer, vilket kommer att förbättra den övergripande övervakningen av issituationen och möjliggöra snabb inriktning av behovet av isbrytarassistans i området (*Traficom & Väylävirasto 2023*).

Radarpåverkan

Vid planeringen av vindkraftsparkernas placering bör man ta hänsyn till att radar används som det viktigaste navigerings- och kollisionsundvikande verktyget för sjöfartsfartyg. Radarsystem spelar också en viktig roll i vinternavigering och sjötrafikledning. Tillförlitlig drift av radarsystem är en viktig del i upprätthållandet av den övergripande säkerheten för sjöfarten. Vindkraftsparkernas inverkan på funktionen av radar, radionavigationsutrustning, radioutrustning som är viktig för trådlösa kommunikationsnätverk inom sjöfarten, sjötrafiken och trafikledningen måste bedömas i samband med vindkraftsparkprojektet (*Traficom & Väylävirasto 2023*). För att identifiera potentiella konsekvenser genomförde konsultföretaget Sweco en rapport om radarkonsekvensbedömning för Halla havsbaserade vindkraftspark som en del av projektets riskbedömning. Enligt rapporten (*Sweco Sverige 2024*, endast för myndighetsbruk) kommer den havsbaserade vindkraftsparken Halla att påverka fartygsradar (inklusive isnavigering), befintliga VTS-radar, maritima trådlösa kommunikationsnät och mobilnät enligt följande:

- Effekter på marin radar: S- och X-frekvensradar förväntas bli störda i närheten av vindkraftverken. Detta inträffar även när de används specifikt för navigering under

isiga förhållanden. Kumulativ påverkan kan uppstå när fartyg passerar mellan de havsbaserade vindkraftsparkerna Halla och Polargrund. Påverkan anses vara liten på grund av avståndet mellan huvudvägarna och den havsbaserade vindkraftsparken och fartygens redundans. Det kan också finnas en påverkan på synligheten av passiva navigationshjälpmedel (t.ex. fyrar och radarreflektorer) som är synliga för radar.

- Påverkan på VTS-radar: De nordligaste kraftverken kan skymma radartäckningen i ett begränsat område inom det intilliggande officiella VTS-området.
- Påverkan på maritima radiosystem och radiokommunikation: Havsbaserade vindkraftsparken i Halla kan påverka täckningen för den finska VHF-kustradiostationen i Karlö, som är samordningscentral för sjöräddning. Eftersom den havsbaserade vindkraftsparken inte ligger inom siktlinjen för någon punkt-till-punkt-radiokommunikation kommer kraftverken inte att påverka VTS:s eller kustbevakningens radiokommunikation.
- Effekter på satellitkommunikationsnät: försumbar.
- Effekter på mobilnät: försumbar.
- Satellitpositionering: Kraftverken kan orsaka flervägsinterferens som kan påverka noggrannheten och tillförlitligheten hos GNSS- och DGNSS-signaler för fartyg som navigerar i närheten av turbinerna. Ingen påverkan på DGNSS-referensstationer.
- Radionavigeringsutrustning: Mindre för AIS. Ingen direkt påverkan på någon racon (radarfyr). Stora fartyg kommer dock att uppleva radarstörningar i utkanten av raconens räckvidd (Uleåborg 1 och Kemi 1) och radarreflektioner (spökmål) kan förekomma på fartyg som navigerar i närheten av turbinerna (*Sweco Sweden 2024*).

För att mildra potentiell påverkan rekommenderas i rapporten att fältmätningar utförs när den havsbaserade vindkraftsparken är färdigställd. Detta kommer att bidra till att fastställa om och var en ytterligare VHF-kustradiostation eller AIS-basstation kommer att krävas för den havsbaserade vindkraftsparken. (*Sweco Sweden 2024*) Den projektansvarige har tagit hänsyn till vindkraftverkens potentiella påverkan på radarfyrar (racon) i den radarundersökning som utförts för projektet (*Sweco Sweden 2024*). I rapporten dras slutsatsen att effekterna av Halla havsbaserade vindkraftspark på radarfyrar är begränsade till lokal radarövervakning för Uleåborg 1 och Kemi 1, stora enskilda fartyg långt från fyrarna och eventuella radarreflektioner på fartyg som passerar närmare turbinerna. I vattentillståndsskedet, när kraftverkens placeringar blir mer exakta, kommer tillståndsmyndigheterna att ha möjlighet att ytterligare specificera eventuella nödvändiga ändringar av radarfyrarnas placeringar och den svenska myndigheten kommer också att ha möjlighet att kommentera under vattentillståndsförfarandet.

En allmän slutsats i rapporten är att den havsbaserade vindkraftsparken i Halla i allmänhet inte kommer att påverka driften av några stationära anläggningar (såsom kuststationer och fyrar) i Finland eller Sverige. Den havsbaserade vindkraftsparken i Halla kan eventuellt påverka täckningen för Åbo VHF-kustradiostation i Karlö och därmed samordningscentralen för sjöräddning i Finland. Det är därför lämpligt att inleda en dialog med operatören. De turbiner som ligger närmast sjövägen Nordvalen-Kemi kan påverka radarsystemen för fartyg i farleden, vilket kan få gränsöverskridande effekter. Dessutom kan enskilda fartyg utanför eller nära farledens kant ibland uppleva störningar i sina positionerings- och navigationssystem, vilket kan ha gränsöverskridande effekter. Dessa störningar förväntas dock inte överstiga en hanterbar nivå på den finska eller svenska sidan. (*Sweco Sverige 2024*)

Den havsbaserade vindkraftsparken Hallas påverkan på fartygsradar analyseras utifrån radarstörningar och allmän information om havsbaserade vindkraftsparker. De exakta störningarna och avstånden för fartygsradarsystem kan endast uppskattas exakt när den havsbaserade vindkraftsparken är färdigställd och faktiska mätningar kan göras.

Olycksrisker i samband med radarpåverkan från havsbaserad trafik har bedömts i de marina riskbedömningarna för Halla havsbaserade vindkraftspark (Tabell 9–18). Den första risken

gäller fartygets radarfel, dvs. förlust av målet som orsakar en kollision. Om trafiken färdas närmare än 1,5 nautiska mil från den havsbaserade vindkraftsparken kan radarstörningar uppstå. Det anses sannolikt att denna händelse inträffar, dvs. med en frekvens på cirka en gång per år. En sådan störning förväntas dock inte leda till kollisioner eftersom radarstörningar är ett välkänt fenomen inom kommersiell sjöfart och förekommer regelbundet. Det finns rutinemässiga åtgärder för att minimera störningarna som den erfarne sjömannen känner till. Stora fartyg är utrustade med en mängd olika system och dessutom har rutterna runt Halla havsbaserade vindkraftspark en låg trafikvolym (1–3 fartyg per dag i genomsnitt). Risken bedöms därför ligga på ALARP-nivå.

Den andra risken avser radarstörningar som orsakar ett navigeringsfel ombord och därmed en kollision med vindkraftverket. I detta scenario orsakar den havsbaserade vindkraftsparken så betydande störningar på fartygets radar, AIS, VHF, GPS och andra navigations- och kommunikationssystem att trafiken dirigeras fel och fartyget träffar vindkraftverket. Fartygets radar och annan navigationsutrustning stöter på många hinder innan radarstörningarna gör att fartyget som passerar den havsbaserade vindkraftsparken styr in i vindkraftsparken. Det beräknas att det krävs flera radarhändelser och mänskliga fel för att slutligen leda till en kollision med ett vindkraftverk. Sammantaget beräknas radarstörningar hos fartyg som leder till en kollision med ett vindkraftverk inträffa mer sällan än en gång per 10 000 år. Sammanfattningsvis är sannolikheten för att störningar från torn på detta avstånd ska ge så missvisande information att det leder till felaktig navigering och efterföljande kollision med ett vindkraftverk obetydlig jämfört med andra bidragande faktorer. Kollisionsscenariot förutsätter att fartyget navigerar utanför sjötrafikområdet, att sikten är dålig och att alternativa navigationssystem inte finns tillgängliga. Detta kommer att leda till att fartyget av misstag kommer in i området för havsbaserade vindkraftverk och styr mot vindkraftverket. Risken för att störningar i fartygets radar och annan navigationsutrustning leder till att fartyg i havsområdet oavsiktligt navigerar in i vindkraftsområdet och kolliderar med vindkraftverket anses därför vara acceptabel.

Den tredje risken relaterad till radareffekter uppstår vid navigering inom den havsbaserade vindkraftsparken i Finlands EEZ. Fartyg som navigerar i omedelbar närhet av vindkraftsparkerna (inom 0,25 nautiska mil) kan uppleva störningar på fartygets radar, AIS, VHF och GPS. I detta scenario skapar den havsbaserade vindkraftsparken sådana störningar på radar och andra navigations- och informationssystem att fartygen i parken styr mot vindkraftverket. Konsekvenserna för behörig trafik (arbets- och underhållsfartyg) är begränsade till gränserna för den maritima riskanalysen. Det antas dock att mindre fartyg kommer att passera genom området för havsbaserade vindkraftverk. Om hänsyn tas till störningar från radar och andra system ökar risken olika mycket beroende på fartygets storlek och utrustning. Sammanfattningsvis består risken av att externa fartyg med lastförmåga på cirka 20–300 ton navigerar i området för havsbaserad vindkraft, navigerar i dålig sikt med endast radar och är på väg mot vindkraftsparken. Situationen där ett fartyg drabbas av ett radarfel som leder till felaktiga beslut antas konservativt inträffa 10 gånger per år (motsvarande en händelse under en storm per månad och ett fartyg per storm). När ett fartyg närmar sig ett vindkraftverk antas det att felet kan identifieras, men sannolikheten för att den nödvändiga undanmanövern misslyckas är fortfarande $1,6 \cdot 10^{-4}$, dvs. en olycka vart 6 250:e år. Baserat på erfarenheter från liknande olyckor har allvarlighetsindexet satts ganska lågt. Den totala risken anses vara acceptabel. Tillträde till området för icke auktoriserade fartyg bör dock begränsas vid behov.

Tabell 9–18. Riskbedömningstabell för radarstörningar på fartyg (Sweco 2023b & Sweco 2023c, bilaga 6 och bilaga 7).

Scenario	Projektalternativ	Risk	
		Människors säkerhet	Miljö
Fartygs radarstörningar			
Fartygs radarstörningar (förlust av mål)	VE1	7,0	7,0
	VE2	7,0	7,0
Fartygs radarstörningar (navigationsstörning)	VE1	< 5	< 5
	VE2	< 5	< 5
Fartygs radarstörningar inom havsvindkraftpark	VE1	4,2	4,2
	VE2	4,2	4,2

Påverkan på sök- och räddningsinsatser

Havsbaseade vindkraftverk kan ha negativa effekter på räddningsinsatser, dels på grund av radar- och kommunikationsstörningar, dels på grund av att de skapar fysiska hinder. Nödsamtal kan vara svårare att höra från platser som skuggas av havsbaserade vindkraftsparker. Radarstörningar, påverkan på positionsrapportering (inklusive AIS-rapportering och alternativa navigationsverktyg) i kombination med dålig sikt kan leda till en utmanande beslutssituation ombord på ett räddningsfartyg när en sök- eller räddningsoperation äger rum. Radiospårning kan också bli svårare. Etableringen av en havsbaserad vindkraftspark kommer att öka risken för olyckor i området, vilket innebär att behovet av räddningsinsatser kan komma att öka i framtiden (Sweco 2023b, bilaga 6).

Vid en olycka i eller i närheten av en havsbaserad vindkraftspark kan navigeringen försvåras för både räddningsfartyg och helikoptrar. Detta innebär också att sökandet efter olycksoffer begränsas, eftersom viss räddningspersonal måste fokusera på att navigera förbi vindkraftverken istället för att koncentrera sig på att söka efter människor och/eller fartyg i nöd. Besättningen på ett fartyg i nöd måste också koncentrera sig mer på sin omgivning för att undvika att fartyget kolliderar med vindkraftverket. Vindkraftverken förväntas dock inte utgöra något större hinder för sök- och räddningsinsatser, eftersom avståndet mellan vindkraftverken är minst 1 km och avståndet mellan havsnivån och den lägsta bladspetsen är mer än 30 meter. Räddningsfartyg kommer därmed att ha utrymme att manövrera mellan och under vindkraftverken. Vindkraftverk kan också i vissa fall förenkla sjöräddningsinsatser, eftersom tornen är tydliga referenspunkter (Sweco 2023b, bilaga 6).

Enligt PIANC bör havsbaserade vindkraftsparker om möjligt placeras ut i ett regelbundet rutnätsmönster. Detta är inte alltid möjligt av tekniska och strukturella skäl, eftersom till exempel havsbottenförhållanden och variationer i vattendjup kan förhindra att kraftverken placeras i

ett regelbundet mönster. Vindkraftverken i Halla-projektets alternativ VE1 (160 vindkraftverk) och VE2 (120 vindkraftverk) är inte utformade enligt ett regelbundet rutmönster. För att maximera energiproduktionen har det inte varit möjligt att placera vindkraftverken i raka linjer. Detta skulle öka trädskronornas täckning avsevärt och minska den årliga energiproduktionen samt förkorta vindkraftverkens livslängd. Det är svårt att bedöma hur mycket de utspridda vindkraftverken kommer att påverka sök- och räddningsförmågan, men det är tydligt att ett mer regelbundet rutnätsmönster skulle underlätta sök- och räddningsarbetet och navigering i allmänhet inom den havsbaserade vindkraftsparken. Projektalternativ VE1 kommer att försvåra sök- och räddningsarbetet jämfört med VE2, eftersom det finns fler vindkraftverk i samma område. Dessutom har VE2 en mer enhetlig initial linjeföring av kraftverk än VE1, vilket underlättar sök- och räddningsinsatser. Sök- och räddningsinsatser i vindkraftsområdet kan också underlättas av tydliga visuella skyltar, ljus och markörer i vindkraftsparken. Vindkraftverken bör också ha tydliga nödstoppfunktioner på distans för att underlätta sök- och räddningsinsatser i området (Sweco 2023b, bilaga 6).

Sträckningar för sjökabel/vätgasrör

På grund av placeringen av Halla vindkraftspark skulle sjökabel- och vätgasrörssträckningarna, oavsett alternativ, korsa maritima farleder och fartygsrutter på den finska sidan. Detta förväntas inte ha några gränsöverskridande konsekvenser.

Effekter på andra transportsätt under drift

Sammantaget kommer driftseffekterna av den havsbaserade vindkraftsparken Halla på andra transportsätt att vara försumbara. Bashamnen kommer att användas för transport av material för underhåll, men detta kommer att vara begränsat jämfört med byggperioden. Det kommer att ske regelbundna passagerartransporter av arbetskraft för driften av vindkraftsparken, men även detta kommer att vara begränsat totalt sett och kommer inte att ha någon inverkan på den finska sidan. Underhållsverksamheten kommer att ha ett mer oregelbundet passagerartrafikmönster och kan tillfälligt orsaka en liten ökning av trafikvolymerna. De totala volymerna kommer dock att vara betydligt lägre än under anläggningsfasen.

Den havsbaserade vindkraftsparken kommer inte att ligga inom höjdbegränsningszonen för närliggande flygplatser i Finland eller Sverige. Vindkraftverkens höjd är dock sådan att de i princip måste ansöka om ett flygtrafiktillstånd i Finland (Traficom 2020). Detta förutsätter dock att luftfartslagen anses vara i kraft även i den ekonomiska zonen. De havsbaserade vindkraftsparker som ska byggas måste utrustas med de flyghinderljus som krävs enligt lag.

9.10.3 Konsekvenser vid avveckling

Konsekvenserna vid avveckling är jämförbara med konsekvenserna under byggtiden när det gäller nedmontering av havsbaserade vindkraftsparker. Trafikvolymerna vid vindkraftsparken kommer tillfälligt att öka på grund av driften av de nödvändiga arbetsfartygen. Nedmonteringen av de havsbaserade vindkraftsparkerna kommer att möjliggöra mer diversifierade rutternätsalternativ för fartygstrafiken i området. Konsekvenserna kommer sannolikt att uppstå på den finska sidan.

9.10.4 Projektet genomförs inte VE0

Om det beslutas att inte genomföra Halla havsbaserade vindkraftspark kommer det inte att bli någon påverkan på sjötrafiken och trafiken i området kan fortsätta som idag. Däremot kan andra planerade havsbaserade vindkraftsparker i området komma att byggas, vilket kommer att påverka sjötrafiken i området.

Storleken på förändringen i påverkan under byggandet av projektalternativen VE1 och VE2 för havsbaserade vindkraftsparker uppskattades vara stor negativ på den finska sidan och stor

negativ vid den svenska EEZ-gränsen, om den nuvarande sjötrafiken genom Halla-området i betydande utsträckning skulle flyttas till Nordvalen-Kemi-sjövägen under byggandet.

Under anläggningsfasen kommer trafikvolymerna i Bottenhavsområdet att öka avsevärt och de oregelbundna rörelserna för de fartyg som används för anläggningsarbetet kommer att öka risken för sjöolyckor, vilket kan få gränsöverskridande effekter. Särskilda riskområden är sjötrafiklederna och farlederna i närheten av Halla vindkraftspark (sjötrafikleden Nordvalen-Kemi, sjötrafikleden Farstugrunden-Brahestadn, båda linjerna i den nordvästra farleden Brahestad-Oulu-Kemi, lotsningsleden, kustfarleden Brahestad-Oulu-Kemi, farleden Oulu 1) och farleden till bashamnen. Under byggandet av vindkraftsparken kommer de områden som är tillgängliga för sjötrafiken att minska i takt med att arbetena fortskrider och sjötrafiken i området kan bli tvungen att välja en omväg i stället för den mest direkta rutten. Detta kommer att öka kostnaderna för sjötransporter något och öka utsläppen, vilket kan leda till gränsöverskridande påverkan.

Den havsbaserade vindkraftsparkens effekter på havsis är inte helt kända men det är möjligt att det kommer att bli en ökning av svåra isförhållanden, vilket kommer att öka kostnaderna och utsläppen för vintersjöfarten, vilket också kan återspeglas på den svenska sidan. Under anläggningsfasen kommer påverkan att öka i takt med att anläggningsarbetet fortskrider. Konsekvenserna under anläggningsfasen för projekialternativen VE1 och VE2 är mycket likartade, eftersom det inte finns någon större skillnad i vindkraftsparkernas storlek. I VE1 kommer det dock att förekomma fler transporter under byggtiden, vilket ökar risken för sjöolyckor. Riskerna under anläggningsfasen kan minskas genom att anläggningsområdena undantas från sjötrafik, som i en färdig vindkraftspark.

Omfattningen av de operativa förändringarna för projekialternativen VE1 och VE2 för havsbaserade vindkraftsparker bedömdes ha en stor negativ inverkan på sjötrafiken på den finska sidan och en stor negativ inverkan på den svenska EEZ-gränsen, om den nuvarande sjötrafiken genom Hallaområdet i betydande utsträckning skulle flyttas till sjöfartsrutten Nordvalen-Kemi under driften.

Under driften kommer den havsbaserade vindkraftsparken att orsaka en permanent förändring av sjötrafiken i Bottenhavsområdet, vilket även kan komma att återspeglas på den svenska sidan. Att passera genom vindkraftsområdet innebär en betydande risk för sjöfartens säkerhet och därför måste området i princip kringgås. Av de nuvarande sjötrafiklederna kommer åtminstone den norra sträckningen av nordvästpassagen Brahestad-Oulu-Kemi och dess förlängning samt lotsleden att blockeras av vindkraftsparken. Trafiken på dessa rutten och på hela vindparksområdet kommer att behöva använda antingen den västra (Nordvalen-Kemi sjöfartsrutt och Uleåborg 1 farled) eller den östra (södra sträckningen och förlängningen av den nordvästra farleden Brahestad-Oulu-Kemi och kustfarleden Brahestad-Oulu-Kemi) omledningsrutten. OX2 har dock diskuterat med berörda finska myndigheter (t.ex. Traficom och Väylävirasto) sedan våren 2022 och har redan muntligen kommit fram till att rutten genom havsbaserade vindkraftsområdet inte är kritisk och att trafiken kan ledas från öster eller väster om vindkraftsområdet. Denna förändring kommer att flytta fartygstrafiken till ett mindre område och öka risken för sjöolyckor.

För att säkerställa ett tillräckligt säkerhetsavstånd för sjötrafiken kan vindkraftsparken kräva mindre ruttändringar åtminstone på den södra linjen av den nordvästra farleden Uleåborg-Brahestad-Kemi och dess förlängning, farleden Uleåborg 1, sjövägen Nordvalen-Kemi och sjövägen Farstugrunden-Brahestad. Alternativt bör modifieringen av vindkraftsparken och placeringen av dess kraftverk beaktas i den fortsatta planeringen. Det finns flera alternativa metoder för att fastställa ett tillräckligt säkerhetsavstånd och lösningen måste ta hänsyn till säkerheten för sjötrafiken och driftsförhållandena. Sträckningsändringarna kommer dock

oundvikligen att innebära en viss ökning av de avstånd som tillryggaläggs av sjötrafiken, vilket kommer att leda till en viss ökning av transportkostnader och utsläpp, vilket kan komma att återspeglas på den svenska sidan. Sträckningsändringarna kommer också att påverka säkerheten för sjötrafiken och till exempel kommer risken för kollisioner med andra fartyg att öka på grund av den högre frekvensen för sjötrafiken. Fasta hinder till havs (havsbaserade vindkraftsparker) kommer också att öka risken för att ett fartyg kolliderar med ett stillastående föremål betydligt jämfört med dagens situation. Det finns en liten skillnad mellan vindkraftsparkerna i projekialternativen VE1 och VE2 i områdets nordvästra hörn, där den är större i fallet VE1. VE1 kommer därför att öka de avstånd som tillryggaläggs av sjötrafiken något mer och det högre antalet kraftverk kommer också att öka risken för olyckor något.

Havsis förekommer varje år i Bottenhavet, så den havsbaserade vindkraftsparken kommer att påverka vintersjöfarten. De havsbaserade vindkraftsparkernas effekter på havsisbildningen är dock ännu inte exakt kända. Det är möjligt att en havsbaserad vindkraftspark kommer att öka mängden is när drivis bryts upp mot fundamenten, vilket leder till att ny is bildas. Tjocka istäckor och isryggar kan bildas i vindkraftsparkens område och fastna i området. Is som bryts av fundamenten kan också blåsas av vinden genom eller förbi vindkraftsparken och orsaka problem utanför vindkraftsparkens område. Detta kan försvåra och begränsa sjötrafiken i området och kan sträcka sig in i den svenska ekonomiska zonen.

En viktig konsekvens av en havsbaserad vindkraftspark är att alternativa vintersjöfartsrutter minskar. Vindkraftsparken kan blockera den snabbaste och enklaste vintersjöfartsrutten, vilket tvingar isbrytare att välja en annan mindre optimal rutt. Detta kan leda till förseningar i assistansen och öka risken för skador på fartyg orsakade av havsis. Dessutom ökar isbrytarnas och de assisterade fartygens bränsleförbrukning under mindre optimala förhållanden. Den havsbaserade vindkraftsparken kommer sannolikt att öka behovet av assistans för vintersjöfarten och binda upp isbrytarkapacitet för längre assistansresor. Skillnaden i antalet vindkraftverk mellan projekialternativen VE1 och VE2 kan också påverka isförhållandena. VE1 med ett större antal turbiner ökar risken för att havsis bryts mot fundamenten, vilket ökar risken för svårare isförhållanden. Påverkansmekanismen är dock inte helt säkerställd. En alternativ modell är att den havsbaserade vindkraftsparken håller isen på plats och blir ett fast isområde. Detta skulle underlätta både isbrytning och fartygsrörelser i närheten av vindkraftsparken. I avsaknad av mer detaljerade forskningsdata om förhållandena i Bottenhavet är det inte möjligt att bedöma de gränsöverskridande konsekvenserna mer exakt.

Den havsbaserade vindkraftsparken kommer att påverka maritima radar- och positioneringssystem, särskilt i närheten av vindkraftverk i Finlands ekonomiska zon. I sådana fall kan vindkraftverken orsaka effekter som skuggning och reflektioner på sjöfartsradar, vilket kan göra det svårt att tolka radarsignalen. Radarstörningar ökar risken för olyckor till sjöss något. Det finns för närvarande ingen omfattande forskning om de kombinerade effekterna av havsis och havsbaserade vindkraftverk på radarfunktion. Skillnaden i antalet vindkraftverk mellan projekialternativen VE1 och VE2 kan också påverka radarfunktionerna. Ett större antal kraftverk i VE1 kan öka risken för högre nivåer av radarstörningar. För att fastställa den exakta påverkan måste mätningar och studier genomföras när den havsbaserade vindkraftsparken har färdigställts för att fastställa eventuella ytterligare behov av radarpåverkan och därmed också för att precisera eventuell gränsöverskridande påverkan.

Den havsbaserade vindkraftsparken kan ha negativ inverkan på sjöräddningsinsatser, delvis på grund av radar- och kommunikationsstörningar och delvis på grund av de fysiska hinder som skapas av de havsbaserade vindkraftverken. Den havsbaserade vindkraftsparken kommer sannolikt att fördröja räddningsinsatserna, eftersom räddningsfartyg och helikoptrar måste koncentrera sig mer än normalt på att navigera inom parken, istället för att enbart fokusera på att söka efter fartyg/personer som behöver hjälp. Dessutom kan den mest direkta vägen

till olycksplatsen blockeras av den havsbaserade vindkraftsparken. Avståndet mellan de havsbaserade vindkraftsparkerna är dock i princip minst 1 km och på många ställen längre, vilket innebär att möjligheten till räddningsinsatser i området inte är helt blockerad. De havsbaserade vindkraftsparkerna i projekialternativen VE1 och VE2 är inte ursprungligen utformade i regelbundna rutnätsmönster och raka linjer, eftersom detta skulle minska den årliga energiproduktionen och förkorta kraftverkens livslängd. Dessutom har anläggningarnas layout påverkats av havsbottnens form och fundamentens lämplighet för dessa förhållanden. Regelbundna linjer kommer sannolikt att underlätta sök- och räddningsinsatser. Det större antalet kraftverk i projekialternativ VE1 kommer att försvåra sök- och räddningsarbetet jämfört med VE2. Om räddningsinsatser skulle utföras från Sverige skulle ovanstående kunna få gränsöverskridande effekter.

Det bör noteras att ingen havsbaserad vindkraftspark i Bottenviksområdet hittills har varit föremål för ett genomförandeutlåtande. Det står dock klart att om flera projekt genomförs kommer påverkan på sjötransporterna i regionen att öka betydligt. Detta understryker vikten av systematisk samordning över nationsgränserna.

9.10.5 Osäkerhetsfaktorer i bedömningen

Osäkerheten om konsekvenserna av Halla havsbaserade vindkraftspark för sjötransporter i Finland och de gränsöverskridande konsekvenserna är exceptionellt hög, eftersom det för närvarande inte finns någon stor havsbaserad vindkraftspark i den arktiska regionen så långt från kusten. Den största osäkerheten gäller därför konsekvenserna i samband med havsis. Det finns för närvarande inga forskningsdata om effekterna av havsbaserade vindkraftsparker på havsisens bildning och beteende, men det är mycket möjligt att isförhållandena kommer att bli svårare i och med etableringen av en vindkraftspark. Positiva effekter kan också vara möjliga. Förutom den havsbaserade vindkraftsparken har väderförhållandena (temperaturer och vindar), som varierar från år till år, ett stort inflytande på den aktuella situationen. Det finns inte heller någon tidigare erfarenhet eller detaljerad forskning om radareffekterna vid förekomst av havsis i och runt vindkraftsområdet.

Det råder också osäkerhet om de ruttor som används av havsbaserade vindkraftsparker i Östersjöregionen för sjötrafik. Analyserna har utförts genom att undersöka sjötrafiksörelser baserade på AIS-data för endast ett år (2022). I synnerhet på grund av variationen i förekomsten av havsis ser vintertrafiken till sjöss mycket olika ut från år till år. Det är därför mycket svårt att i detta planeringsskede bedöma hur sjötrafiken faktiskt kommer att välja sina ruttor efter eventuella förändringar, vilket naturligtvis kommer att påverkas av framtida vägledning, till exempel från myndigheterna.

Trafik- och fartygsvolymer under anläggningen och driften av den havsbaserade vindkraftsparken är fortfarande mycket osäkra i detta planeringsskede. De faktiska trafikvolymer som genereras kan vara betydligt lägre än de försiktigt uppskattade siffrorna.

Uppskattningarna av riskerna för sjöfarten är också behäftade med osäkerhet, eftersom de baseras på beräkningsmodeller och expertbedömningar.

9.10.6 Förebyggande och begränsning av konsekvenser

Det finns ett antal sätt att mildra de negativa effekterna av en havsbaserad vindkraftspark på sjötrafiken. Den första utgångspunkten är att fastställa tydliga och genomförbara säkerhetsavstånd mellan vindkraftsparken och sjötrafiken, till exempel på grundval av en riskbedömning. På grundval av detta bör sjötrafikens ruttor eller vindkraftsparkens plats anpassas för att säkerställa säkerhetsavstånden. Exempelvis kommer den konservativa rekommendationen för säkerhetsavstånd i PIANC:s konceptdesign inte att uppfyllas i Halla-projektets alternativ VE1 om även vindkraftsparken Polargrund etableras. Avståndet mellan de närmaste

vindkraftverken i Halla VE1 och Polargrund är 4 725 m och det beräknade säkerhetsavståndet är 4 776 m. Skillnaden är således inte stor. Den detaljerade utformningen i Sweco AB:s riskbedömningsrapport tyder på att den risk som den havsbaserade vindkraftsparken Halla i projektalternativ VE1 utgör är acceptabel om riskreducerande åtgärder vidtas. Slutsatsen att risknivån i den detaljerade utformningen bedöms som acceptabel (inklusive riskreducerande åtgärder) innebär att planen kan godkännas ur ett riskperspektiv även om det rekommenderade skyddsavståndet inte uppfylls. Även om det ur ett maritimt perspektiv fortfarande rekommenderas att ta bort eller flytta det närmaste vindkraftverket (det nordvästligaste vindkraftverket) i projektalternativ VE1, vilket ger en korridor på cirka 5,8 km mellan de havsbaserade vindkraftsparkerna Halla och Polargrund, i enlighet med det rekommenderade säkerhetsavståndet. För att minska riskerna i samband med vintersjöfart skulle man till exempel kunna överväga att ta bort eller flytta de två nordvästligaste vindkraftverken i Halla, eftersom detta skulle ge en korridor på cirka 6,4 km mellan vindkraftsparkerna i Halla och Polargrund.

Havsbaserade vindkraftsparkers påverkan på havsis är för närvarande inte väl känd. Forskningen måste därför bedrivas aktivt genom ett omfattande samarbete mellan olika organisationer och länder. Utvecklingen av havsbaserad vindkraft är av stor betydelse för produktionen av förnybar energi, även ur ett internationellt perspektiv. Det räcker dock inte med simuleringar, utan det behövs också praktiska erfarenheter. Samma slutsats gäller för de havsbaserade vindkraftsparkernas radarpåverkan på sjötransporterna. Exempelvis kan ytterligare studier och simuleringar användas för att verifiera radareffekterna, men det behövs också praktisk erfarenhet. Detta skulle möjliggöra en vidareutveckling av riskhanteringen och nya lösningar.

Den projektansvarige har åtagit sig att genomföra nödvändiga kompletteringar av studierna som rör sjöfartssektorn i vattentillståndsfasen efter det motiverade beslutet i MKB:n. Förändringar i den kommersiella sjötrafiken kommer att simuleras vid behov. Dessutom kommer projektutformningen att beakta de potentiella effekterna på radioutrustning som är viktig för navigering och trafikledning, såsom VTS-radar och maritima trådlösa kommunikationsnätverk såsom VHF-radio, radiolänkar och positioneringsutrustning såsom GPS och GNSS samt mobilnät, i syfte att minimera effekterna på dessa. Dessutom kommer man vid den mer detaljerade utformningen av sträckningarna för sjökablar och vätgasrör att i förekommande fall ta hänsyn till de rutter, farleder och den säkerhetsutrustning som används av till exempel sjöfarten. Resultaten av undersökningarna kommer vid behov att beaktas vid utformningen av projektet. Projektplanerna kommer att diskuteras med Traficom och Trafikledsverket, bland annat för att fastställa lämpliga säkerhetsavstånd.

I dokumentet Maritime Risk Assessment för Halla havsbaserade vindkraftspark presenteras riskreducerande åtgärder relaterade till Halla vindkraftspark och sjötrafik (Sweco 2023b, bilaga 17). De kan delas in i administrativa/organisatoriska och tekniska/fysiska åtgärder:

Administrativa och organisatoriska åtgärder

Nödstoppsprocedur för vindkraftverk.	Rutiner för nödstopp bör utvecklas och göras tillgängliga lokalt och på distans, till exempel från ett kontrollcenter.
Förfaranden vid miljöolyckor.	Åtgärder och rutiner för att begränsa miljöolyckor och utsläpp bör utvecklas.

Beredskapsplan för nödsituationer.	En beredskapsplan bör utarbetas och regelbundet uppdateras för att göra det möjligt för driftsorganisationen att förbereda sig för eventuella nödsituationer, t.ex. kollisioner.
Diskussion med maritima intressenter.	Sjöfartsnäringen, inklusive redare som driver passagerarfartyg och tankfartyg i området, som påverkas av riskerna, bör vara involverade i riskdialogen.
Maritim koordinator.	Den havsbaserade vindkraftsparken bör ha en särskild marin samordnare som ansvarar för att övervaka och samordna alla aktiviteter till havs. Denna person ansvarar för att övervaka fartygstrafiken i och runt den havsbaserade vindkraftsparken med hjälp av verktyg som radar och AIS. Den marina samordnaren ansvarar också för att larma Finlands internationella samordningscentral för civilskydd.
Risikanalys för byggnation.	En kompletterande riskanalys kommer att genomföras för anläggningsfasen.
Rutiner för arbetsfartyg.	Före byggstart kommer rutiner för säker navigering av arbetsbåtar att tas fram. Dessa förfaranden kommer att utvecklas i samråd med relevanta intressenter, inklusive sjötrafikledningen (VTS).
Medvetenhet.	Information om anläggningen ska offentliggöras och kommuniceras till berörda parter i god tid innan byggnation eller avveckling av energiparken påbörjas.
Hantering av is.	Fartyg kan behöva invänta isbrytarassistans på en säker plats. Myndigheterna avgör när fartyg får passera genom vissa svåra områden på egen hand eller endast med assistans av isbrytare. Dessa områden ändras från tid till annan i takt med att isförhållandena förändras.

Förbättring av samarbete, samordning och reglering av vintertransporter.	Myndigheter och andra relevanta intressenter bör föra en dialog om strategier för korrekt ishantering i Östersjön, t.ex. genom att förbättra isbrytarsamarbetet i Finland/Sverige, isbrytarnas förberedelserutiner, samordning av fartyg och isbrytare, ankar-/vänteområden längre ut till havs där det inte finns någon risk för att driva mot en vindkraftspark, planering av fartygsrutter och förbättring av regler och bestämmelser för fartygshantering under isförhållanden.
--	---

Tekniska och fysiska åtgärder

Nödstoppsfunktion för vindkraftverk.	Nödstoppsfunktionen skall vara tillgänglig lokalt och på distans, t.ex. från en kontrollcentral.
Anordningar i händelse av läckage.	Servicefartyg ska vara utrustade med utrustning för att fördröja och begränsa miljöfarliga utsläpp.
Visuell märkning.	Säkerställa att vindkraftverk och plattformar är märkta i enlighet med gällande lagstiftning eller branschstandard.
Radio- och radarmarkeringar.	AIS- och Racon-märkning måste införas på utvalda vindkraftverk för att förbättra energiparkens synlighet.
Dimhorn.	Installation av dimhorn på alla vindkraftverk eller utvalda vindkraftverk.
Taggar.	Vindkraftverken ska märkas med en unik identifierare för att underlätta räddningsinsatser.
Åtgärder mot radarstörning (förlorat mål).	Installation av referensbojar i etablerade farleder och andra åtgärder för att minska risken för att förlora platsen är åtgärder som ska övervägas och beslutas om innan den slutliga utformningen av energiparken.
Navigationsljus.	Ytterligare navigationsljus i vindkraftsparken.

Virtuell farled.	En definierad rutt nära den havsbaserade vindkraftsparken där fartyg måste navigera när de närmar sig parken för att motverka dimmans effekt på sikten.
Layout.	Ett mer regelbundet ruttmönster med vindkraftverken i raka rader skulle underlätta sök- och räddningsinsatser och navigering i allmänhet inom den havsbaserade vindkraftsparken. Räddningsoperatörer bör delta i diskussionen om layouten.
Omfattningen och den exakta utformningen av de tekniska och fysiska åtgärderna kommer att fastställas när den slutliga utformningen av parken beslutas. Ett undantag från detta är den begränsande åtgärden, där en studie av potentiella radarstörningar genomförs vid tidpunkten för parkens etablering för att avgöra om åtgärder behövs för att hantera radarstörningar.	

9.11 Buller och vibrationer

SLUTSATSER:

- Den övergripande betydelsen av bullerpåverkan på land och under vatten under byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken bedömdes vara mycket låg för påverkan på den svenska sidan, eftersom trafikpåverkan på land och under vatten främst sker i de livligt trafikerade hamnområdena i Finland och på finska vatten och i ett område som ligger ganska långt från de närmaste utsatta fritidsbostäderna på den finska eller svenska sidan.
- Konsekvenserna av undervattensbuller från vindkraftsparkens kraftverk under byggtiden bedömdes med hjälp av en beräkningsmodell som använde omfattande 3D-modellering av undervattensbuller, särskilt för bedömning av pålningsbuller, även om fundamentet för projektets kraftverk ännu inte har valts. Modelleringen för bedömningsarbetet baserades på antagandet att om ett pålfundament väljs kan pålningsarbetet inte utföras utan begränsningsåtgärder. Den övergripande betydelsen av konsekvenserna bedömdes vara måttlig, även för gränsöverskridande konsekvenser, och det fanns inga större skillnader mellan projekialternativen. De andra grundläggningsalternativen har dock inte samma bullerpåverkan (minst gravitationsfundament) och kommer sannolikt också att kräva mindre eller inga bullerdämpande åtgärder. I detta fall är bullerpåverkan som mest likvärdig med bullret från pålning, medan platsens känslighet förblir oförändrad.
- Konsekvenserna av undervattensbuller under driften bedömdes genom en expertbedömning mellan akustiska och marina experter, med hjälp av information från andra liknande projekt utomlands och mätningar av påverkan från vindkraftverk och underhållstrafik.
- Konsekvenserna av undervattensbuller från uppförandet av en havsbaserad vindkraftspark bedömdes för två olika alternativ för placering av anläggningen. Den totala bullerpåverkan från den vätgasproduktion som ska byggas bredvid vindkraftverken är lägre, eftersom det inte anses orsaka betydande bullerpåverkan under vattnet på den finska eller svenska sidan. Som en fristående installation beräknas dock påverkan av undervattensbuller vara måttlig, dvs. liknande påverkan under byggandet av vindkraftsparken, och kan sträcka sig till den svenska sidan.
- Betydelsen av påverkan från undervattensbuller under byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken bedömdes vara försumbar, eftersom bullerpåverkan på sin höjd

är lokal, det redan finns fartygstrafik i området och anläggningarna är belägna långt från de närmaste utsatta finska eller svenska bostäderna.

- Påverkan av undervattens- och ytbuller under anläggandet av sjökablarna och vätgasrörens sträckning för den havsbaserade vindkraftsparken bedömdes vara försumbar på grund av det låga buller som genereras av arbetsfaserna och dess progressiva natur, utan påverkan på den svenska sidan.
- Bullermodellering användes för att beräkna spridningen av undervattensbullret under driften av den havsbaserade vindkraftsparken. Resultaten visar att driftsbullret inte överskrider riktvärdena för den genomsnittliga ljudnivån LAeq för vindkraftsbuller utomhus och åtgärdsgränserna för lågfrekvent buller inomhus vid de närmaste exponerade platserna, dvs. bostadsområden i Finland eller Sverige. Beräkningen visade dock att lågfrekvent buller låg nära åtgärdsnivån i Finland i VE1, men under åtgärdsnivån vid 50 Hz. Beräkningen använder konservativa beräkningsvärden för ljudemission och ett säkerhetsvärde och tar inte hänsyn till den maskerande effekten av annat bakgrundsljud vid blåstigt väder. Det finns ingen påverkan på de närmaste platserna i Sverige.
- Storleken på påverkan av undervattensbuller från den havsbaserade vindkraftsparken under drift bedömdes av en expert och uppskattades vara måttligt negativ, främst på grund av osäkerheterna i kraftverksstorleken under drift när det gäller ljudutsläpp och ljudutbredningsvägen från tornet till fundamenten under vattenytan. Den totala påverkan på fisk och sälar ansågs dock vara försumbar på grund av de relativt låga ljudnivåerna, även för gränsöverskridande effekter.
- Den kumulativa undervattenspåverkan från byggandet av projekten bedömdes vara måttlig på grund av det planerade byggandet av en havsbaserad vindkraftspark i Polargrund relativt nära den havsbaserade vindkraftsparken i Halla, som skulle byggas delvis samtidigt som Halla-projektet. I detta fall skulle de två påverkansområdena tillsammans kunna bilda ett stort sammanhängande påverkansområde som sträcker sig till den svenska sidan. Om de två projektområdena pålas samtidigt är kumulativa effekter på beteendet hos marina däggdjur och fiskar mycket sannolika. Förflyttning från en plats kan också leda djur in i påverkansområdet för en annan plats, vilket ökar den totala kumulativa störningseffekten. De kumulativa effekterna av byggandet av projekten på vattenburet buller bedömdes vara små och på sin höjd lokala, även om det kan förekomma mindre påverkan på den svenska sidan.
- Under driften kan projekten ha kombinerade effekter på undervattens- och undervattensbuller främst i havsområdet mellan projektplatserna, beroende på storleken på de kraftverk som ska byggas och antalet kraftverk. De kumulativa effekterna beräknas ligga på samma nivå som effekterna av själva Halla-projektet under drift och kan i begränsad omfattning sträcka sig till den svenska sida
- Under anläggningsfasen (utvinning och eventuell sprängning och fartygstrafik) och under driftfasen, beroende på anläggningsmetod och typ av installation, kan vindkraftverken också orsaka undervattensvibrationer genom vindkraftverkens skrov ut i vatten, men dessa förväntas inte orsaka betydande påverkan på undervattensbiota i Finland eller Sverige.

9.11.1 Påverkansmekanismer och bedömningsmetoder

Det havsbaserade vindkraftsprojektet kommer att generera både undervattens- och ytbuller, och bullernivåerna kommer att variera avsevärt under olika skeden av projektet (byggnation, drift, avveckling).

Undervattens- och ytbullret under byggtiden består av buller från installationen av turbinfundamenten, buller från byggandet av sjökabeln och sjökraftverket samt buller från byggandet av vätgasproduktionsanläggningarna och vätgasrörarna.

Undervattensbuller och buller ovan jord under drift består av buller under driften av kraftverken, buller från fartyg som deltar i underhållet av kraftverken och buller från transport av reservdelar på land, till exempel.

Bedömningen av projektets bullerpåverkan utfördes både av experter och med hjälp av matematiska modeller för att simulera bullerspridningen både ovan och under vattenytan. Utöver konsekvensbedömningen utarbetades separata rapporter om beräkningarna av bullerutbredningen vid vattenytan och under vattnet. Rapporten om undervattensbuller ingår i bilaga 20 i den nationella MKB-rapporten. Påverkan av undervattensbuller sträcker sig inte till de närmaste svenska platserna. Innehållet i ovan nämnda bilaga ingår i sin helhet i detta dokument. Rapporten om modellering av undervattensbuller ingår som bilaga 4 till detta dokument.

9.11.1.1 Påverkan ovan vatten- och markytan

Projektets bullerpåverkan ovanför vattenytan orsakas av buller från byggandet av kraftverken och deras fundament (lastning av komponenter, själva byggandet), buller under driften och senare under nedmonteringen av kraftverken.

Bullerpåverkan ovan jord beror på transport av komponenter under byggnation och nedmontering samt spridning av buller under drift. Av dessa är transporten av komponenter den viktigaste bullergenererande fasen på land under byggnationen.

Utbredningen av vattenburet buller under driften av kraftverken beräknades objektivt genom bullermodellering enligt finskamiljöministeriets riktlinjer för bullermodellering 2/2014 (Miljöministeriet 2014), där vattenytan modelleras som en akustiskt hård yta ($G=0$) enligt riktlinjerna.

Statsrådets förordning 1107/2015 om gränsvärden för vindkraftsbuller trädde i kraft den 1 september 2015. Den bifogade tabellen visar de genomsnittliga riktvärdena för ljudnivå L_{Aeq} för vindbuller under dag och natt enligt förordningen.

Tabell 9–19. Riktvärden för vindbuller utomhus, L_{Aeq} (A-frekvensvägd medelljudnivå).

Riktvärden för vindbuller	L_{Aeq} för dagtid (kl. 07.00-22.00)	L_{Aeq} för nattetid (22-7)
Permanentbostäder, Fritidsbostäder, Vårdinrättningar, Campingplatser	45 dB	40 dB
Utbildningsinstitutioner, Rekreatiomsområden	45 dB	-
Nationalparker	40 dB	40 dB

Om bullret från ett vindkraftverk är impulsivt (slag) eller smalbandigt (ljud i ett smalt frekvensområde, t.ex. skrik) i det område som utsätts för bullret, läggs 5 dB till det mätresultat som erhålls från övervakningen (mätningarna) innan det jämförs med de värden som anges i § 3 i förordningen.

Riktvärdena för ljudnivå utomhus från vindkraftsanläggningar bestäms som frekvensvägda medelljudnivåer (L_{Aeq}) separat för dag- och nattperioder under ett dygn. Dessa är inte momentana maximala ljudnivåer. Den 15-timmars genomsnittliga ljudnivå utomhus (L_{Aeq}) dagtid (kl. 07.00-22.00) varje dag måste ligga inom det angivna riktvärdet för dagtid. På samma

sätt måste den genomsnittliga bullernivån utomhus under 9 timmar (22:00-7:00) för varje dag på natten ligga inom det angivna riktvärdet för nattetid (miljöministeriet 2016b).

Bullermodelleringen skiljer inte mellan dag- och nattsituationer, utan jämför endast resultaten av bullerspridningsberäkningen mot det lägre riktvärdet på 40 dB för nattetid.

I social- och hälsovårdsministeriets förordning 545/2015 om boendehälsa fastställs åtgärdsgränser för ljudnivåer inomhus, särskilt för ljudnivåer nattetid i sovutrymmen och för lågfrekvent buller i frekvensområdet 20–200 Hz.

Tabell 9–20: Åtgärdsnivåer för buller inomhus (STM 545/2015).

Lägenhets- och rumsutrymme	Dagtid kl 07–22	Nattetid kl 22–07
Bostadslägenheter, servicehus, ålderdomshem, daghem och liknande lokaler		
Bostadsrum och sällskapsrum	35 dB	30 dB*
Övriga lokaler och kök	40 dB	40 dB
Mötes- och undervisningslokaler		
rum där allmänheten förväntas kunna höra tal klart och tydligt utan användning av ljudförstärkningsutrustning	35 dB	-
övriga samlingslokaler	40 dB	-
Arbetsrum (för kunder)		
kundmottagningsområden och kontorsrum	45 dB	-

* Musik nattetid (22:00-7:00) eller annat liknande potentiellt sömnstörande ljud, som tydligt kan urskiljas från bakgrundsljud, får inte överstiga 25 dB som en timmes genomsnittlig ljudnivå $L_{Aeq,1h}$ (22:00-7:00) uppmätt i områden avsedda för sömn.

Tabell 9–21: Åtgärdsgränser för den genomsnittliga ljudnivån per timme för lågfrekvent internt buller $L_{eq,1h}$ i frekvensområdet 20-200 Hz i sovutrymmen nattetid kl. 22.00-07.00.

Frekvens/Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
$L_{eq,1h}$	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Parametrar för bullermodellering

Källdata för beräkningen har samlats in från det material som kunden skickat, Lantmäteriverkets digitala kartmaterial och litteratur. Modelleringen grundar sig på miljöministeriets riktlinje för bullermodellering YM OH 2/2014.

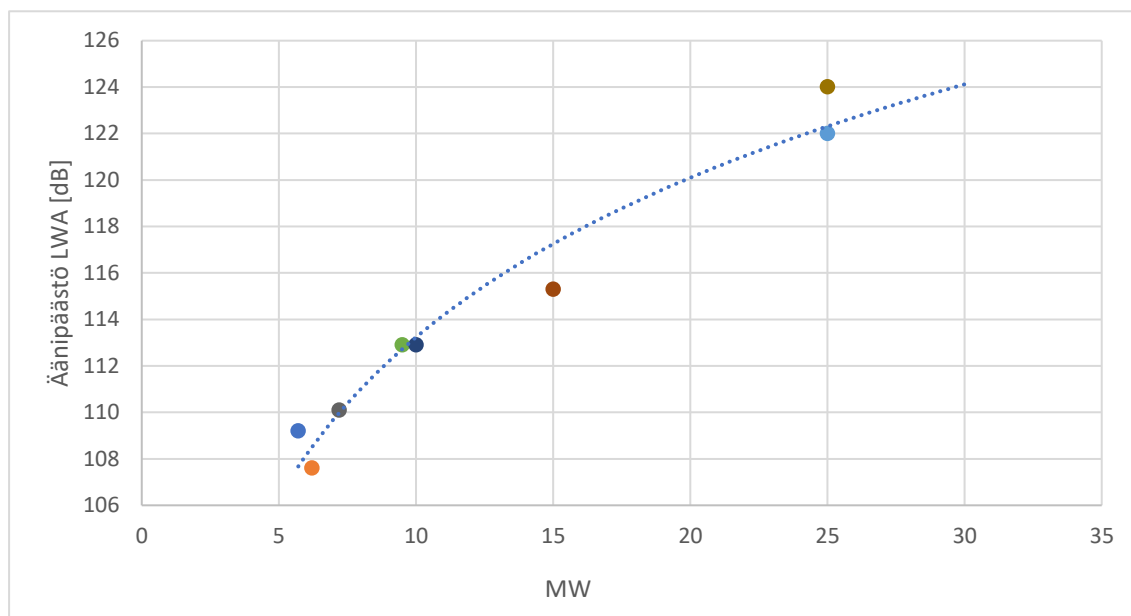
Bullermodelleringen har utförts på en digital karta med ett vertikalt höjdivtervall för topografin på upp till 0,3 m i landområden och 0 m i havsområden. Modellkartorna innehåller förutom vindkraftverkens placering även landområdenas topografi, byggnader, vägar och skyddsområden samt bostädernas användningsändamål enligt Lantmäteriverkets och Finlands miljöcentralers uppgifter. Den akustiska hårdhetskoefficienten är 0 för vattenområden och 0,4 för landområden, i enlighet med YM:s riktlinjer 2/2014.

Modelleringen utfördes i båda scenarierna med användning av den maximala principen för den antagna framtida teknikens utgångsljudnivå för en 25 MW havsbaserad vindkraftverksmodell med en maximal A-frekvensviktad ljudemission LWA på 124 dB och en stolphöjd på 200 m, vilket också fungerar som den modellerade ljudkällans höjd över havet. LWA-värdet är det numeriska värde som används som ingångsvärde för modelleringen av ljudkällan per frekvensband. I projektalternativ VE1 är dock den faktiska uteffekten för ett enda kraftverk sannolikt

cirka 15 MW som mest, vilket gör att den modellering som utfördes för MKB-rapporten är en överskattning av bullret. Under projektets driftsfas beräknas bullernivåerna vara lägre än de som anges i modelleringen. Till exempel har den havsbaserade 15 MW-vindturbinen Vestas V236 en enda leverantör som för närvarande är tillgänglig en preliminär ljudeffektnivå på 115,3 dB" (Vestas 2024), medan det värde som används i denna beräkning är 124 dB.

Baslinjevärdena för buller beräknades utifrån försiktighetsprincipen baserat på befintlig litteratur (vindkraftverk på land och till havs) (se Figur 9–14). Kraftverkets totala höjd (med bladet i uppfällt läge) har ingen inverkan på bullermodelleringen, eftersom modelleringen utförs i enlighet med riktlinjerna för kraftverkets höjd vid polen.

Bullerutsläppsdata som används för modelleringen är en frekvensfördelning per oktav för frekvensområdet 63 Hz till 8 000 Hz och ett bullerutsläppsvärde på 124 dB. Dessutom användes ett ljudutsläppssäkerhetsvärde på $K = +2$ dB för beräkningen enligt miljöministeriets memo för nya, ännu inte typtestade kraftverk (YM9/5511/2016). Det totala ljudutsläppsvärdet som använts i beräkningen är således 126 dB. Som jämförelse kan nämnas att ljudutsläppsgarantin för nya 15 MW havsbaserade vindkraftverk är satt till cirka 115 dB (Vestas 2023).



Figur 9–14: Förhållandet mellan ljudutsläpp och effekt för olika vindkraftverksmodeller (landbaserade vindkraftverk under 10 MW och havsbaserade vindkraftverk 10 MW och högre) och deras logaritmiska trendkurvor. Den ljudemission som används i denna bedömning är den översta punkten i diagrammet. Äänipäästö = Ljudutsläpp.

Tabell 9–22. Bulleremission från en framtida vindturbin på 25 MW LWA 124 dB plus en säkerhetsfaktor på +2 dB.

Frekvens/Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	YHT
LWA	106	113	117	120	122	118	112	103	126

Tabell 9–23. Ljudemission av lågfrekvent buller plus ett +2 dB osäkerhetsvärde [dB].

Frekvens/Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Lw	128	128	128	127	128	125	124	125	122	121	118

Utbredningen av luftburet buller visualiserades med hjälp av det datorstödda bullerberäkningsprogrammet SoundPlan v8.2, där ljudvågen från ljudkällan beräknas på en digital kartbas som ljudtrycket vid mottagningspunkten med hjälp av raytracingmetoden. Den använda modelleringsalgoritmen var ISO 9613-2, vars parametrering beskrivs i miljöministeriets riktlinjer för bullermodellering i avsnitt 4.1.

Modellen tar hänsyn till ljudutsläppet från varje vindkraftverk med oktavbandsupplösning, ljudets geometriska utbredningsdämpning, höjdskillnaderna i terrängen och dämpningseffekterna av mark- och atmosfärsbuller. Ingen hänsyn tas till skuggeffekten av ljud från byggnader, dvs. ljudutbredningen beräknas i det s.k. fria fältet på land. I bullermodelleringen plottas kurvorna för den genomsnittliga ljudnivån i 5 dB-intervaller med standardiserade beräkningsparametrar.

Överlag är beräkningsparametrarna för vindkraftsbuller mer konservativa än de beräkningsparametrar för bullerspridning som vanligtvis används för industri- eller vägtrafikbuller (Ympäristöministeriö 2007). De beräkningsparametrar som används i bullermodelleringen visas i tabellen nedan.

Tabell 9–24: Parametrar för beräkning av buller vid vattenhuvud (Ympäristöministeriö 2014: Vägledning från miljöministeriet, YM OH, 2/2014).

Bevisföring	Parametrar
Beräkningslogik	Standard ISO 9613-2, undersökning av övre gräns (YM OH 2/2014 kap 4.1)
Algoritmer för modellering	Baslinjeberäkningar: beräkningsmodell för industribuller ISO 9613-2. Dämpning av lågfrekvent ljudutbredning, YM OH 2/2014 kap. 4.1.9 och 84 %- och 90 %-perspektiven för ljudnivåskillnaden för finska småhus (Keränen m.fl. 2017, 2019).
Topografisk karta	Lantmäteriverket, laserskanningsdata (© MML, 2023), topografi med en vertikal upplösning på 0,3 m. I beräkningsprogrammet bildas markytan genom en separat triangulering (YM OH 2/2014 kap. 4.1.8).
Väderförhållanden	Lufttemperatur 15 °C, barometertryck 101,325 kPa, relativ luftfuktighet 70 % (YM OH 2/2014 kap. 4.1.4)
Vindhastighet	ca 12,5 m/s på 200 m (polarhöjd), medvind i alla riktningar motsvarande 8 m/s på en referenshöjd på 10 m med en markytans ojämnheter på 0,05 m (YM OH 2/2014 kap. 4.1.1)
Ljudkälla	Punktkälla (YM OH 2/2014 kap. 4.1.4)
Karakteristiskt värde för ljudutsläpp	se kapitel 15.1.1.1.
Ljudemission från modellering	Oktavområde 63 Hz till 8 000 Hz (YM OH 2/2014 kap. 4.1.1)
Korrigerig av topografi	Ingen korrigerig (YMOH 2/2014 kap. 4.1.6)
Beräkningsnätverk	Räknepunkt med 50x50 meters intervall på ett räknegaller på en höjd av fyra meter (4 m) efter den digitala kartans markyta (YM OH 2/2014 kap. 4.1.2). Den totala arealen för inventeringsområdet är cirka 8641 km ²
Markytans akustiska hårdhet	0,4 (land), 0 (vatten) (YM OH 2/2014 kap. 4.1.5)
Beräkningszoner, LAeq	35 dB, 40 dB, 45 dB, 50 dB och 55 dB

Det lågfrekventa bullret från vindkraftverken beräknades i ett separat kalkylblad med beräkningsparametrar enligt YM:s riktlinjer 2/2014. Utbredningsdämpningen av lågfrekvent buller beräknades med hjälp av kraftverkets ovägda generiska ljudutsläppskaraktistik 1/3 oktavbandbredd LW för kraftverket för frekvensområdet 20–200 Hz (Ympäristöministeriö 2014: YM OH 2/2014 kap. 4.1.9).

Vid beräkningen av spridningen av lågfrekvent buller har man även använt de senaste finska forskningsresultaten om luftljudsisoleringsvärden för småhus, vilka är lägre än de tidigare DSO 1284-riktlinjerna (*Keränen m.fl. 2017, 2019*).

Resultaten av studien om luftljudsisolering av småhus har publicerats som 84%- och 90%-percentilerna för det lägsta ljudisoleringsvärdet för fasadkonstruktioner, där 84%-percentilen används för bostadshus och 90%-percentilen för fritidshus. Enligt de bestämmelser som gäller i Finland kan beräkningen inte utvidgas till infraljudsfrekvenser i avsaknad av ett referensvärde. Frekvensområdet enligt miljöministeriets riktlinjer är 20-200 Hz (*Ympäristöministeriö 2014*).

9.11.1.2 Påverkan under vattnet

Undervattensbuller från projektet kan förekomma under byggnation, drift och avveckling. En betydande bullerkälla är installationen av fundament under anläggningsfasen. Dessutom kommer undervattensbuller från fartyg att förekomma under anläggningsfasen. Under driftsfasen kan det också förekomma buller från vindkraftverk samt underhålls- och servicefartygstrafik.

Modelleringen av undervattensbuller utfördes för uppförandet av den havsbaserade vindkraftsparken. Bedömningen av påverkan från undervattensbuller under drift utfördes som en expertbedömning mellan akustiker och experter på havsmiljö, med hjälp av data från andra liknande projekt utomlands och mätningar av bullerpåverkan från vindkraftverk och underhålls- och servicefartygstrafik.

Vindkraftsbuller består av aerodynamiskt buller (roterande vindkraftsblad) och mekaniskt buller. Vindkraftverkens luftburna ljud färdas ner genom tornet till fundamentet och kan fortplanta sig som lågfrekvent ljud till undervattensmiljön.

Undervattensbuller kan påverka marina däggdjur och fiskar, t.ex. genom att förändra deras beteende eller orsaka tillfällig eller permanent hörselnedsättning. Hur stor effekten blir beror på hur starkt ljudet är och hur länge det varar. Beteendeförändringar är främst undvikande-beteende, som kan variera från en liten förändring, t.ex. en kortvarig aversion mot föda, till att fly från området.

Modelleringen av ljudutbredning under vatten utfördes på fyra olika platser inom vindkraftsparken, vilket representerar de värsta fallen där ljudutbredningen beräknades vara som störst, och modelleringen tidsinställdes till den tid på året då ljudutbredningen är som störst. I modelleringen av undervattensbuller användes bullerreducering, där startantagandena för pålning är en enkel bubbelgardin och en mjuk stegvis start, som införlivades i beräkningarna av ljudutsläpp under pålningen (*Niras 2023b, bilaga 4*).

Metoder för bedömning av undervattensbuller

Detaljerad modellering av undervattensbuller utfördes för att bedöma påverkan av undervattensbuller från pålningen. Med hjälp av programvaran för modellering av undervattensbuller, dBSea 2.3.4, skapades en akustisk 3D-modell med detaljerad information från djupkartläggningen av platsen, havsbottens sedimentsammansättning, vattenmassans salthalt, temperatur och ljudhastighetsprofiler, samt andra källmodeller baserade på bästa tillgängliga information (*Niras 2023b*).

Modellering av undervattensbuller baseras på rekommendationer från det danska energiministeriet (Energistyrelsen 2022) och rekommendationer från National Marine Fisheries Service (NMFS) (2018) och Southall m.fl. (2019). Vid modellering av undervattensbuller modelleras den kumulativa ljudexponeringsnivån (selcum) under hela den beräknade pålningsperioden för

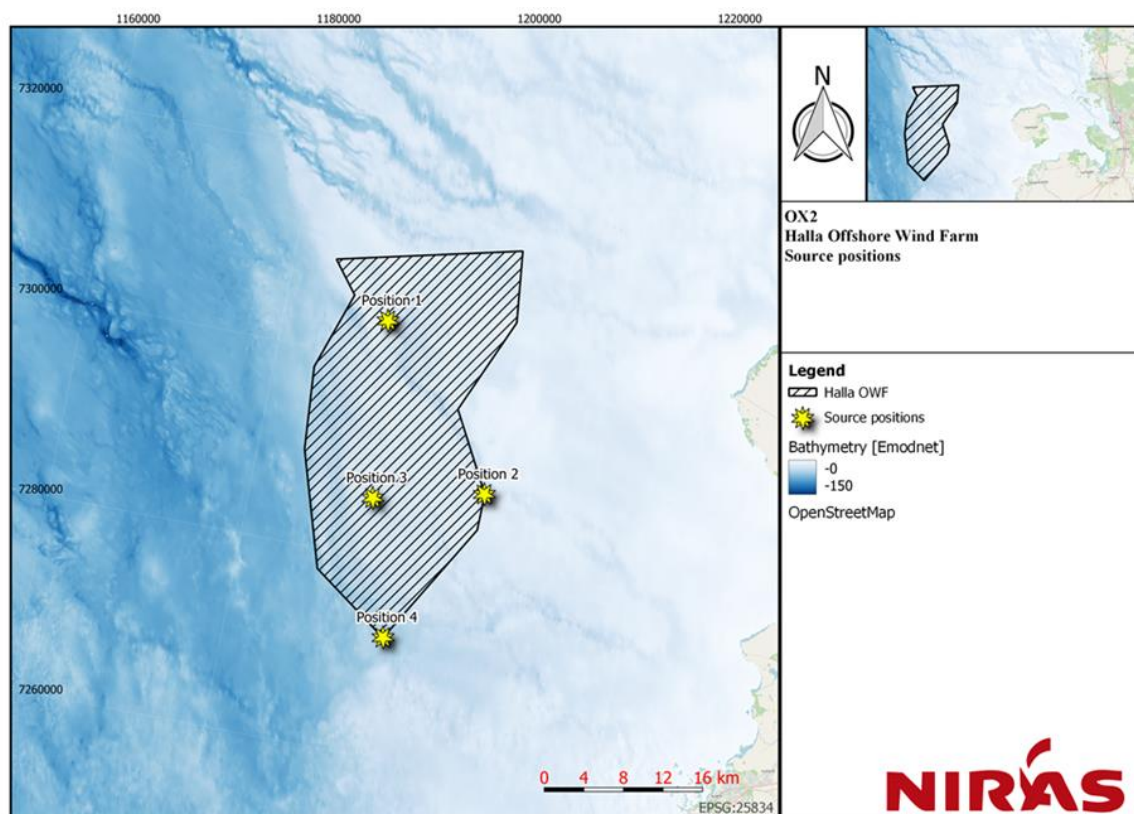
en enda påle, med antagande om en påle per dag, och de avstånd över vilka PTS och TTS inträffar uppskattas konservativt (*Niras 2023b*).

Beräkningarna utgår från att en mjukstartsprocedur används. I början av pålningsprocessen sker pålningen med låg energi. Pålningsintensiteten per slag ökar sedan gradvis tills hela pålningsenergin har använts. I takt med att energinivån ökar, ökar det genererade bullret långsamt, vilket gör det möjligt för marina djur att röra sig bort från byggområdet innan bullret blir fysiskt skadligt för dem. Modelleringen förutsätter också att exponerade djur flyr från bullret under pålningen (*Niras 2023b*).

Modellering av undervattensbuller genomfördes för fyra platser inom den havsbaserade vindkraftsparken (Figur 9–15). Platserna valdes för att representera den högsta förväntade spridningen av undervattensbuller. Modelleringen utfördes för maj månad, vilket är den värsta möjliga tidsramen för ljudutbredning (månaden med högst ljudutbredning) under installationstiden (*Niras 2023b*).

Undervattensbullret beräknades för ett pålfundament (18 m i diameter) och ett förankrat fackverksfundament med små pålar med en diameter på 4 x 8 m (*Niras 2023b*).

Buller från sprängning under vatten har inte modellerats och effekterna har bedömts på expertbasis.



Figur 9–15. Källplatser som valts ut för modellering av ljudutbredning (*Niras 2023b*).

Installationsscenarierna baseras på ett realistiskt konservativt installationsförfarande i förhållande till den nödvändiga hammarenergin (6000 kJ), antalet slag (10 400) och den tid som krävs för att slutföra pålningen, samt en realistisk generaliserad mjukstart/lyftfas. Pålningsproceduren för båda fundamenttyperna inkluderar mjukstart (10 % av den maximala hammarenergin), förstärkningsfasen (20–100 %) och en konservativ uppskattning av

installationsfasen med full effekt och 100 % hammarenergi, enligt tidigare beskrivning (Niras 2023b).

I tabell 9–25 finns riktlinjer för tillfällig hörselnedsättning hos fiskarter. I tabellen representerar torsk fiskar som inte har en direkt koppling mellan simblåsan och innerörat, t.ex. lax, skaldjur och sik, som alla förekommer i projektområdet. Tabellen innehåller också tröskelvärden för vävnadsskador och hörselnedsättning som bidrar till dödlighet hos fisk, ägg och larver. Fiskarter som inte har simhåll, främst bottenarter, är mycket mindre känsliga för buller och man kan förvänta sig att de faktiska toleranströsklarna för bottenfiskar är högre än för pelagiska fiskar. Med tanke på de mycket begränsade uppgifterna om tröskelvärden används dock tröskelvärdena för de minst toleranta fiskarterna i denna analys för alla arter, inklusive bottenarter (Niras 2023b).

Tabell 9–25: Ovägda tröskelvärden för fisk (TTS tillfällig och PTS permanent hörselnedsättning) (Andersson et al. 2016, Popper et al. 2014).

Arter	Simhastighet [m/s]	Artspecifika oviktade gränsvärden (impulsivt buller)	
		$L_{E,cum,24h,otryckt}$	
		TTS [dB]	Skada [dB]
Stationär fisk*	0	186	204
Juvenil torsk	0,38	186	204
Vuxen torsk	0,9	186	204
Sill och strömming	1,04	186	204
Larver och rom	-	-	207
*Fiskar som inte undgår effekterna av buller			

Baserat på den senaste vetenskapliga litteraturen rekommenderas att $L_{E,cum,24h}$ och frekvensvägning används för att bedöma tillfällig (TTS) och permanent (PTS) hörselnedsättning hos säldjur. Det finns inga kvantitativa data tillgängliga om undvikandebeteende och exponeringsområden för sälar som exponeras för pålningsbuller, och vissa befintliga studier ger motstridiga resultat. Som en försiktighetsåtgärd har det antagits att sälar reagerar på undervattensbuller från pålning på samma avstånd som tumlare, även om detta förmodligen är ett konservativt tillvägagångssätt. Beteendetröskeln för tumlare (103 dB L_p , 125 ms VHF-viktad) används därför även för sälar (Niras 2023b).

Tabell 9–26. Artspecifika viktade tröskelkriterier för sälar (TTS tillfällig och PTS permanent hörselnedsättning). Detta är en reviderad version av NOAA:s (2018) tabell AE-1, som belyser arter av betydelse i projektområdet, inklusive beteendemässig respons. "xx" anger frekvensviktningen för ljudet.

Arter	Artspecifika viktade gränsvärden (annat än impulsivt buller)		Artspecifika viktade tröskelvärden (impulsivt brus)		
	$L_{E,cum,24h,xx}$		$L_{E,cum,24h,xx}$		$L_{p,125ms,VHF}$
	TTS [dB]	PTS [dB]	TTS [dB]	PTS [dB]	Beteende [dB]
Säl (PCW)	181	201	170	185	103

Gränsvärden för icke-pulsbuller gäller för kontinuerligt buller (t.ex. fartygsbuller), och även om pulsbuller förväntas övergå till kontinuerligt buller på ett avstånd från källan, förväntas

denna förändring inte ske på de avstånd där permanent eller tillfällig hörselnedsättning potentiellt kan uppstå till följd av dessa aktiviteter (*Niras 2023b*).

Vibrationer från vindkraftverkens konstruktioner överförs via fundamenten till vattnet under dem, där de uppfattas som buller. Vibrationer överförs till havsbotten av turbinfundamenten i närheten och dämpas snabbt när man rör sig längre bort från kraftverksplatsen. Vibrationer förväntas inte ha någon betydande inverkan på t.ex. ryggradslösa djur som lever i sedimentet. Arter som är fastsittande på ytan observerades inte under undersökningarna av havsområdet och kommer inte att påverkas.

9.11.2 Konsekvensbedömning

9.11.2.1 Konsekvenser under byggtiden

Havsbaserad vindkraftspark

Bullerpåverkan på land och under vatten under byggandet av havsbaserade vindkraftsparker består av eventuell muddring, transport av ballast, transport av komponenter och byggbuller. Undervattensbuller kommer att genereras av konstruktion och uppförande av fundamenten samt användning av fartyg och lyftutrustning.

Av undervattenspåverkan under byggtiden är den mest betydande miljöpåverkan på fisk och marina däggdjur undervattensbuller från installationsaktiviteter (t.ex. pålning) och sjöfart (*Madsen m.fl. 2006*). För marina djur är den mest störande påverkan sannolikt den som orsakas av pålning i samband med installation av fundament. Det kan orsaka maskering av kommunikationssignaler, undvikande reaktioner, tillfällig (TTS) och permanent (PTS) hörselnedsättning och i värsta fall akustiska skador på icke-akustisk vävnad (*Madsen m.fl. 2006*). Dessutom kan pålningsbuller orsaka tillfällig förlust av livsmiljöer när marina däggdjur och fiskar migrerar någon annanstans (*Niras 2023b, bilaga 4*).

De vanligaste fundamenten för havsbaserade vindkraftsparker är stålpålar eller fackverksfundament bestående av 3–4 små pålar, eftersom de är lätta att installera i grunda eller medeldjupa vatten. Den mest populära metoden för att förankra skrot- eller småpålar i havsbotten är hydraulisk slagpålning (hamring), vilket orsakar intensiva ljudnivåer under vattnet som kännetecknas av en kort och brant energinivåhöjning (*Madsen 2006, Bellmann m.fl. 2020*). Intensiteten i det undervattensbuller som genereras av pålning beror bland annat på pålens diameter. En större diameter orsakar mer intensivt pålningsbuller (*Bellmann m.fl. 2020*) (*Niras 2023b, bilaga 4*).

Anläggningen av den havsbaserade vindkraftsparken och dess drift kan innebära undervattensgrävning och sprängning, vilket kan leda till vibrationer genom land och berggrund till vattenmiljön. Anläggningsperioden är dock begränsad och därför kommer den totala påverkan på den finska och svenska sidan att vara begränsad.

Beräkningsresultat för undervattensbuller från pålning

Högst 160 fundament kommer att installeras i den havsbaserade vindkraftsparken. Den totala installationstiden för en enda pålning är cirka 2 dagar. Den totala installationstiden för fundamenten är därför mer än 5,5 månader. Dessutom kan installationstiden bli längre, till exempel på grund av dåliga väderförhållanden, vilket innebär att pålning inte kan utföras varje dag (*Niras 2023b*).

Området för Halla vindkraftspark, liksom havsområdet även på den svenska sidan, är olämpligt eller bedöms som olämpligt som lekområde för de flesta arter som nyttjar det. Sill, siklöja, sik, tånglake, sanddykare, och hornsimpa kan i viss utsträckning leka i de grunda delarna av vindkraftsparken, men sannolikt i begränsad omfattning jämfört med arternas huvudsakliga

lekområden närmare kusten eller längre söderut i saltare vatten. Både Halla- och Polargrunds-områdena är olämpliga som lekområden för de flesta arter eftersom vindkraftsområdena ligger för långt från kusten, de flesta områden är för djupa och vattentemperaturerna är för låga för lek jämfört med varmare och grundare kustmiljöer i Finland och Sverige.

Flera arter, som sik, nors, lax och siklöja, använder havsområden som födosöksområden och i viss mån som vandringskorridorer. Betydelsen av Halla vindkraftsområde som lekområde för fisk bedömdes därför vara låg, medan betydelsen som födosöksområde och vandringskorridor för fisk bedömdes vara låg till måttlig.

Fisk

De allvarligaste effekterna av undervattensbuller (PTS och skador) från pålningsarbeten kommer att drabba individer i den omedelbara närheten av pålningsarbetena. Avståndet är mindre än 100–2 350 m för fisk och mindre än 1,5 km för ägg och larver. Dessutom kommer de flesta fiskar att fly längre bort från tryckkällan och återvända när bullret har upphört, och eventuellt drabbas av endast tillfällig hörselnedsättning som återhämtar sig med tiden (*Niras 2023b*).

Modelleringen tyder på att pålningen orsakar de längsta påverkanszonerna för fisk, och fisk bedöms utifrån pålningen (*Niras 2023b*).

Tabell 9–27. Gränser för effektavstånd för fisk vid användning av DBBC (dubbelbubbelgardin) för 18 m påle under den värsta månaden, maj.

Plats	Förhållande mellan avstånd och gränsvärde		
	Vamma (r_{vamma})		TTS (r_{TTS})
	Fisk	Larv och rom	Fisk
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

Påverkansavståndet för fisk från TTS är mellan 11 och 23,7 km från bullerkällan, beroende på fiskart, och sträcker sig därmed till den svenska sidan. Risker för PTS eller dödlighet för ett stort antal fiskar anses vara försumbara på grund av de korta påverkansavstånden (< 100–2 350 m) och när en mjuk start/boostprocedur används, vilket ger fiskarna tid att röra sig bortom påverkansavståndet (*Niras 2023b*).

Nära pålningskällan, utanför skadeområdet där undervattensbullret fortfarande är högt, kommer trycket att utlösa ett undvikande svar, vilket gör att unga och vuxna fiskar flyr trycket och eventuellt drabbas av tillfällig hörselnedsättning. Fiskar använder det yttre havsområdet som behandlas här måttligt jämfört med andra marina områden, men lite jämfört med kustområden. Livsmiljöer i de omgivande områdena stöder samma arter, i de flesta fall i högre tätheter än i vindkraftsområdet. Därför bedömdes känsligheten som låg (*Niras 2023b*).

Storleken och omfattningen av påverkan från pålningsbuller bedömdes vara måttligt negativ för gränsoverskridande påverkan på grund av de relativt långa påverkansavstånden för TTS (upp till 23,7 km). Sammantaget bedömdes konsekvenserna av undervattensbuller från pålning i projektområdet för Halla havsbaserade vindkraftspark vara försumbara för fisk, utan påverkan på fiskbestånden på kort eller lång sikt i Finland eller Sverige (Bilaga 4, Tabell 4.2) (*Niras 2023b*).

Marina däggdjur

Modelleringsresultaten visar att om sälar befinner sig mindre än 100 m och 275 m från pålningsplatsen när pålningen utförs med ett bullerdämpningssystem liknande DBBC och en mjuk start- och uppstartsfas, kan de också exponeras för PTS och TTS (Tabell 9–28 och bilaga 6). På grund av de mycket korta exponeringsavstånden är risken för tillfällig hörselnedsättning (TTS) för sälar mycket begränsad och risken för permanent hörselnedsättning (PTS) är nästan obefintlig i Finland och Sverige (*Niras 2023b*).

Som en försiktighetsåtgärd antas sälar reagera på undervattensbuller från pålning på samma avstånd som tumlare (19,1 km i den aktuella modelleringen, som sträcker sig till den svenska sidan). Både vikare och gråsälar kan förekomma i vindkraftsparkens område. Det närmaste upptagningsområdet för knubbsäl ligger dock minst 20 km från projektområdet på den finska sidan och anses inte vara ett särskilt viktigt födosöksområde för någon av arterna. Observationer tyder på att öarna utanför den svenska kusten nära utredningsområdet Polargrund Offshore är platser där gråsälar och vikare går i land för att vila, byta päls etc. Avelssälar kan förekomma i havsområdet, men endast på vintern när det finns tillräckligt med istäcke. Det förväntas inte vara möjligt att installera turbinerna under perioder då havsis har bildats i området för vindkraftsparken, och därför kommer det inte att förekomma någon störning av sälar på den finska eller svenska sidan (*Niras 2023b*).

Risken för att sälar ska drabbas av permanent (PTS) eller tillfällig (TTS) hörselnedsättning bedömdes vara noll på grund av de mycket korta påverkansavstånden (<100 m för PTS och < 275 m för TTS) i Finland och Sverige (*Niras 2023b*).

Beteendemässiga reaktioner på undervattensbuller kan variera från små förändringar i aktivitetsnivå till flyktreaktioner där individer undviker området helt och hållet. Sälarnas känslighet för beteendeeffekter bedömdes som måttlig för både Finland och Sverige, eftersom det förväntas att sälarna undviker det påverkade området i viss utsträckning.

Den teoretiska varaktigheten för installation av fundamentpålar är cirka 5,5 månader (intensivt arbete) med antagande om ett fundament per dag utan pauser och 6 timmars pålinstallation per dag. Som nämnts ovan är dock den totala installationstiden för fundamenten mer än 5,5 månader. Varaktigheten av den tillfälliga habitatförlusten och de bestående beteendemässiga undvikandebeteendena anses dock vara kortlivade för båda arterna i båda länderna, eftersom sälar kan återvända till området efter installationen av fundamenten (*Niras 2023b*).

Baserat på modelleringen kommer installationen av ett fackverksfundament att orsaka de längsta påverkanszonerna för sälar, och följande bedömning av sälar baseras på installationen av ett fackverksfundament. De resultat som används för bedömningen av påverkan på sälar presenteras i Tabell 9–28. I den akustiska modelleringen antas att marina däggdjur i närheten kommer att röra sig bort från undervattensbuller under pålning, och en simhastighet på 1,5 m/s antas, vilket sannolikt är en konservativ uppskattning för båda sälarterna. (*Niras 2023b*)

Tabell 9-28: Tröskelvärden för effektavstånd för permanent (PTS) och tillfällig (TTS) hörselnedsättning för säljar vid användning av dubbla bubbelgardin (DBBC) för fackverksfundament med 4 x 8 m små pålar under den värsta månaden, maj.

Plats	Förhållande mellan avstånd och gränsvärde			
	PTS (r_{PTS})	TTS (r_{TTS})	Undvikande - ($r_{k\ddot{a}ytt.}$)	Sfär av inflytande (undvikande beteende)
	Säl	Säl	Säl	Säl
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

Storleken och omfattningen av påverkan från pålningsbuller bedömdes vara något negativ eftersom det är en liten andel av det totala sälhabitatet i Finland och Sverige och påverkan är tillfällig, dvs. även om påverkansavstånden är relativt långa (19,1 km) är sannolikheten för att beteendemässiga undvikande reaktioner uppstår låg. Sammantaget bedömdes konsekvenserna av undervattensbuller från pålning i projektområdet för Halla havsbaserade vindkraftspark vara försumbara för säljar, utan någon påverkan på sälpopulationer på kort eller lång sikt i Finland eller Sverige (Tabell 4.3, Bilaga 4). (Niras 2023b)

Under anläggning och driftunderhåll av vindkraftsparken förväntas en ökning av fartygstrafiken av både små och stora fartyg i området för Halla havsbaserade vindkraftspark och eventuellt även i närheten på den svenska sidan. Spridningen av undervattensbuller i det omgivande vattnet beror på frekvensen av undervattensbuller, rådande miljöfaktorer (t.ex. temperatur, salthalt och djup) och andra faktorer som drifhastighet, fartygsstorlek, last etc. (Niras 2023b)

9.11.2.2 Sträckningar för energiöverföring, elstationer och vätgasproduktion

Sträckningar för energiöverföring

Under anläggandet av sjökabel- och/eller vätgasrörssträckningen är det buller som genereras i havsområdet av kabel- och rörledningsläggningsfartygen av fortplantande karaktär, där de huvudsakliga bullerkällorna är huvudmotorer, rörledningsläggningsutrustning, generatorer, luftintag och ventilation, kavitations- och vibrationsbuller under vattnet från propellern och hydrodynamiskt buller under vattnet från fartygets rörelser. Bullret induceras i vattnet antingen av luften eller av vibrationer i bottenstrukturerna. Byggandet av kraftöverföringen kommer inte att ha någon inverkan på den svenska sidan.

Vätgasproduktion

Buller under byggandet av vätgasproduktionen beror på valet av produktionsmetod (separata centraliserade stationer eller decentraliserat i botten av vindkraftverket) och det valda fundamentsalternativet. Bullerpåverkan under byggandet av en fristående station kan huvudsakligen vara under vatten, beroende på vilken typ av fundament stationen har. Den största bullerpåverkan kan uppstå om fundamentet konstrueras med hjälp av pålar som drivs ned i havsbotten. I detta fall kan bullerpåverkan under vattnet från pålningen vara likvärdig med den från pålningen av vindkraftverkets fundament, och i så fall krävs sannolikt bullerreducerande åtgärder. Med ett fackverksfundament kan påverkan vara mindre eller lika stor, men med mindre begränsningsåtgärder. Under byggtiden kommer bullret vid vattenytan att vara mindre

än undervattensbullret på grund av det stora avståndet mellan parkområdet och kusten i Finland och Sverige, vilket avsevärt kommer att dämpa bullerpåverkan före de utsatta semesterorterna på den svenska sidan. Eftersom det alltid finns en viss impulsivitet i bullret under byggtiden kan det färdas längre än det stadiga buller som genereras under driften, men når ändå inte de närmaste platserna i Sverige.

Elstationer

Under byggandet av en separat elstation till havs kan bullerpåverkan huvudsakligen vara under vatten, beroende på vilken typ av fundament som används för elstationen. Den största bullerpåverkan kan uppstå om fundamentet görs med hjälp av pålar som drivs ner i havsbotten. I detta fall kan bullerpåverkan under vattnet från pålningen likna bullerpåverkan från pålningen av vindkraftverkets fundament, vilket sannolikt kommer att kräva begränsningsåtgärder. Med ett nätfundament kan påverkan bli mindre eller lika stor, men med mindre begränsningsåtgärder. Under byggtiden kommer undervattensbullret att vara mindre än undervattensbullret på grund av det stora avståndet mellan parkområdet och den finska och svenska kusten, vilket avsevärt kommer att dämpa bullerpåverkan innan exponerade fritidsbostäder nära kusten. Eftersom det alltid finns en viss impulsivitet i bullret under byggtiden kan det färdas längre än det stadiga buller som genereras under driften, men det kommer inte att nå de närmaste platserna på den svenska sidan.

9.11.2.3 Undervattensbuller och vibrationer från sprängning

Anläggandet av vindkraftsparken och kraftledningarna kan innebära stenbrytning och sprängning under vattnet, vilket kan leda till buller och vibrationer genom jord och berggrund till vattenmiljön.

Storleken på de vibrationer som alstras vid sprängning påverkas mest av den momentana (helt samtidiga) explosiva mängden. Dessutom påverkas de vibrationer som alstras av olika tekniska aspekter av sprängningen, t.ex. sprängämnets kvalitet, borrarningens och avfyrningens orientering, användningen av en s.k. frontladdning och valet av avfyrningssystem. Bergets och jordens struktur, fuktighet och temperatur samt topografin har också en betydande inverkan på vibrationernas storlek. I hård mark (t.ex. fast berg och morän) dämpas vibrationerna snabbt.

Sprängning skapar en spänningsvåg i berget som orsakar vibrationer. Vibrationer kan beskrivas med hjälp av dess svängningshastighet (mm/s) och frekvens (Hz). Nära sprängplatsen kan vibrationens svängningshastighet, beroende på förhållandena, stiga till över 100 mm/s. På mer avlägsna platser är vibrationen ofta en tiondel av detta värde, eftersom spänningsvågen förlorar energi med ökande avstånd. Vibrationsfrekvensen på nära håll ligger runt 50–220 Hz, men minskar med ökande avstånd.

Generellt kan vibrationer skada konstruktioner och känslig utrustning samt vara störande för människor och djur. Strukturella skador på byggnader orsakas inte bara av vibrationens intensitet, utan också av själva konstruktionens vikt, skick och andra egenskaper och påfrestningar. Exempel på vibrationskänslig utrustning är datorer, mikroskop och mätinstrument, som kan skadas eller gå sönder av vibrationer men som inte är placerade ute till havs i det drabbade området. I praktiken är risken för skador på konstruktioner och utrustning till följd av vibrationer från stenbrytningen cirka 50–100 meter direkt från brytningsplatsen. Människans upplevelse av vibrationer är individuell. Enligt US Bureau of Mines uppfattar människor vibrationer när vibrationens svängningshastighet är mellan 2 och 10 mm/s. Vibrationer över 20 mm/s uppfattas ofta som störande.

I allmänhet kan vibrationer vara störande för djur i utomhusområden. Vibrationseffekterna av sprängning är av kortvarig natur. De vibrationer som orsakas av sprängning varar vanligtvis i

några sekunder åt gången. Vibrationerna är i allmänhet märkbara på ett avstånd av högst 500 meter från sprängplatsen, när sprängningen sker kontrollerat och inte sträcker sig in i Sverige. För en enskild plats är dock byggperioden begränsad och därför kommer den totala påverkan på den finska sidan att vara försumbar och inte sträcka sig till den svenska sidan. Den havsbaserade vindkraftsparken ligger långt från de närmaste känsliga platserna i Finland och Sverige, t.ex. bostäder.

9.11.2.4 Muddring och deponi av sediment

Som med alla undervattensljudkällor varierar källnivån för muddringsaktiviteter och kan påverkas av många faktorer, t.ex. vilken typ av sediment som muddras, vattendjup, salthalt i havsvattnet och säsongsfenomen som temperaturskiktning (förekomst av termoklin) (*Robinson m.fl. 2014 och Jensen m.fl. 2000*). Dessa faktorer påverkar också spridningen av ljud från muddringsarbeten och, utöver befintligt omgivningsljud, påverkar det avstånd på vilket muddringsljud kan upptäckas (*Jensen m.fl. 2000, Reine m.fl. 2014*). Olika typer av mudderverk avger också olika ljudnivåer, som varierar ytterligare beroende på vilken aktivitet som utförs (*Reine m.fl. 2014, Reine m.fl. 2012*).

Muddringsaktiviteter genererar kontinuerligt bredbandigt buller och ljudtrycksnivåerna ligger i samma storleksordning som den allmänna sjötrafiken. Större delen av ljudenergin ligger på låga frekvenser, under 500 Hz. Bullret från muddring varierar mellan 160 och 180 dB (re 1µPa) på en meters avstånd från ljudkällan (*Liikennevirasto 20/2018*) och därför sträcker sig effekterna inte till den svenska sidan.

9.11.3 Konsekvenser under drift

Bullerpåverkan från vindkraftverkens drift består av aerodynamiskt och mekaniskt buller, som är de lägsta av de bullernivåer som beaktas i denna bedömning. Studier av andra havsbaserade vindkraftsparker har visat att de kumulativa bullernivåerna som genereras av flera vindkraftverk i drift ligger långt under omgivande bullernivåer i områden med höga bullernivåer från fartyg och höga vindhastigheter (bilaga 4, *Niras 2023b*). Detta bedömdes också vara fallet i området för den havsbaserade vindkraftsparken Halla. På grund av vindkraftsbullrets karaktär och intensitet är det troligt att det upptäcks av ljudkänsliga pelagiska fiskar som skarpsill och strömming. Det finns dock inga indikationer på att dessa fiskar skulle reagera på aktiviteten och fly eller flytta någon annanstans. Följaktligen beräknades bullret under driften ha högst en försumbar påverkan på fisk och sälar i området, med ännu mindre påverkan på den finska och svenska sidan.

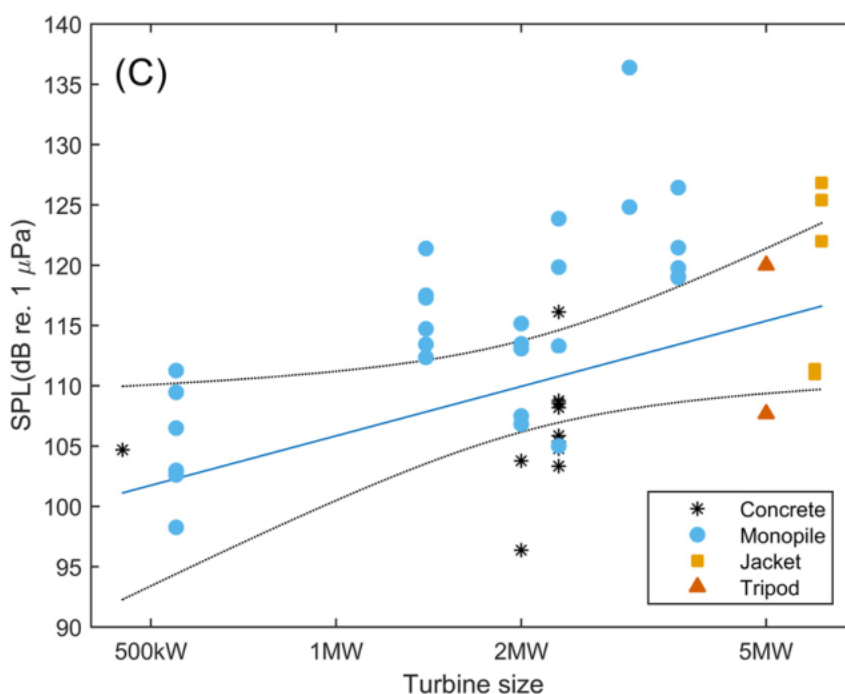
Ingen separat modellering av undervattensbuller har utförts för projektet. Som beskrivits ovan överstiger nivån på det kumulativa miljöbullret bullernivån från vindkraftverken. Buller under drift förväntas inte påverka beteendet hos fiskar eller sälar i närheten av kraftverken, där bullernivåerna är som högst. Modellering av driftsbuller är inte väletablerat, till exempel i grannländer som Danmark eller Sverige, och modellering utförs ibland från fall till fall för specifika projektspecifika känsligheter eller effekter. Modellering av undervattensbuller för driftsbuller bör göras på platsspecifik basis (t.ex. med fokus på en viss art), eftersom olika arter och platser har olika känslighet för buller, t.ex. när det gäller frekvens, och allmän modellering ger därför inte sådan information. Om projektet identifierar ett behov av modellering före driftsstart, t.ex. för en specifik plats eller för en mer detaljerad analys, kan detta vid behov utföras i samband med det efterföljande godkännandet av projektet.

9.11.3.1 Havsbaserad vindkraftspark, bullerkonsekvenser under vatten

Turbinens undervattenseffekter under drift består av ljudet från vindkraftverkens blad och maskineri som löper under vattnet längs tornet och fundamentet. Maskineriet omfattar generatorn, eventuell växellåda, elektrisk utrustning, utrustning för luftkonditionering/kylning och andra motorer som används för att positionera tornet och bladen.

Skrovbullret från vindkraft som överförs genom kraftverksskrovet är lågt och motsvarar ofta bullernivåerna under vattnet, t.ex. från sjöfart flera hundra meter från farleden. Beroende på fundamentkonstruktionen påverkas dock överföringen av skrovbuller under vattnet avsevärt av fundamentkonstruktionen. Av dessa är det minst sannolikt att gravitationsfundament genererar skrovbuller, eftersom andelen av skrovröret som överför skrovbuller normalt är den lägsta av alternativen. Beroende på vindkraftverkens modell och väderförhållandena kan det dock förekomma betydande smalbandigt buller på vissa platser, vilket kan bidra till bullerpåverkan under vattnet. Dessutom är frekvensen på skrovets ljud ofta under 1000 Hz (*Tougaard m.fl. 2020*).

I ett forskningsprojekt mättes vindbuller under vattnet under drift vid 14 olika havsbaserade vindkraftsparker med olika fundamentmetoder, och i allmänhet låg ljudnivåerna cirka 10–20 dB under nivån för fartygstrafik på samma avstånd (*Tougaard m.fl. 2020*). Smalbandigt buller observerades vid frekvenser mellan 14 Hz och 400 Hz, där den typiska dominerande frekvensen var under 200 Hz. De uppmätta kraftverken var dock under 7 MW i storlek (200 kW - 6,15 MW) och äldre, vilket gör att resultaten inte är helt jämförbara med större och nyare kraftverk. Utifrån de uppmätta uppgifterna var det möjligt att göra en grov linjär korrelation av ljudnivåerna på 100 m (se figur 9–16) (*Tougaard m.fl. 2020*).



Figur 9–16. Anpassad regressionskurva (blå) och intervall (svarta linjer) för ljudnivåmätningar normaliserade till 100 m från kraftverket (*Tougaard m.fl. 2020*).

Baserat på den allmänna regressionskurvan (blå) i figuren ovan kan man grovt uppskatta att ljudnivån 100 m från en anläggning på ca 25 MW under drift kan ligga på 155–160 dB (re

1 μ Pa) vid anläggningens märkeffekt, vilket är samma nivå som ljudnivån från aktiva farleder på ett avstånd av ca 300–500 m när fartyget passerar observationspunkten. Detta är dock en mycket grov uppskattning av ljudnivån från endast ett vindkraftverk, så den kumulativa ljudnivån kommer att vara den från alla kraftverk i hela vindkraftsparken. Skalan innehåller dock betydande osäkerheter, eftersom en ökning av kraftverksstorleken inte nödvändigtvis korrelerar linjärt med en ökning av turbinstorleken, utan också kan följa den lägre regressionskurvan på skalan. Det är en utmaning att göra en mer exakt bedömning av de gränsöverskridande effekterna.

Under byggandet och det operativa underhållet av vindkraftsparken förväntas en ökning av fartygstrafiken, både liten och stor, i och runt området för Halla havsbaserade vindkraftspark. Spridningen av undervattensbuller i det omgivande vattnet beror på frekvensen av undervattensbuller, den omgivande miljön (t.ex. temperatur, salthalt och djup) och andra faktorer som drifhastighet, fartygsstorlek, last osv. Både små och snabba båtar och större, långsammare fartyg förväntas trafikera området (*Niras 2023b*).

Vindkraftsområdet är föremål för fartygstrafik och därför förväntas Halla-projektområdet ut sättas för lågfrekvent fartygsbuller. Baserat på data från BIAS-projektet beräknas undervattensbullernivåerna uppmätta vid 500 Hz ligga över 80–95 dB re 1 μ Pa i viktiga delar av projektområdet (50 % av tiden), särskilt under vintersäsongen, då ljudet tenderar att färdas längre än under sommarsäsongen. (*Niras 2023b*)

Det finns stora farleder och kanaler i Bottniska viken i närheten av projektområdet för Halla havsbaserade vindkraftspark. Området på den finska och svenska sidan domineras därför redan av fartygstrafik som genererar undervattensbuller, och fiskar i området har sannolikt redan anpassat sig till en viss mängd undervattensbuller. Havsområdet används måttligt av fisk, men känsligheten hos både pelagisk och demersal fisk för undervattensbuller från sjöfart är låg. Storleken på och omfattningen av påverkan från fartygsbuller bedömdes vara försumbar eftersom beteenden sker nära fartyget. Sammantaget bedömdes konsekvenserna av undervattensbuller från fartyg vara försumbara för fisk, utan några kortsiktiga eller långsiktiga effekter på bestånden i Finland eller Sverige. (*Niras 2023*)

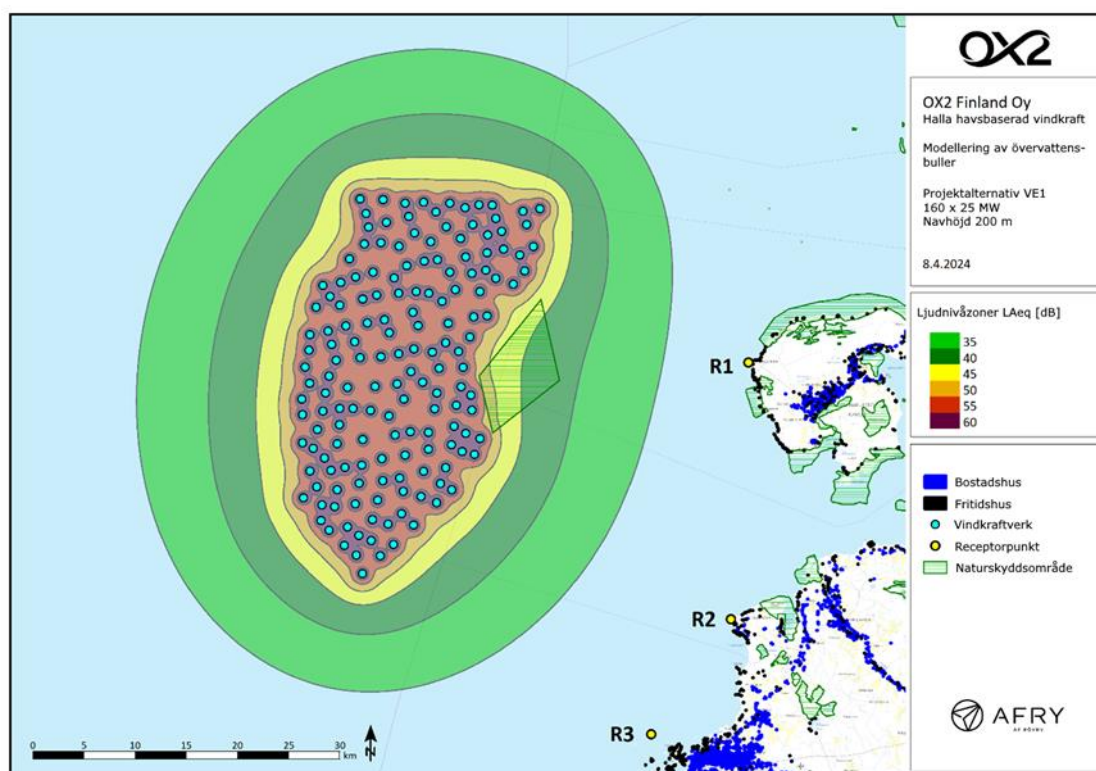
Fartygsbuller påverkar sannolikt främst sälar och deras beteende. Det kan t.ex. leda till förändringar i deras födosöksbeteende i närheten av fartyg. Sälarnas känslighet för fartygsstötar bedömdes vara låg, eftersom den ökade fartygstrafikens påverkan på beteendet kommer att vara begränsad och mycket kortvarig. Området är inte ett viktigt födosöksområde för knubbsälar eller gråsälar på den finska eller svenska sidan. Storleken och omfattningen av påverkan från fartygsbuller bedömdes vara försumbar på den finska och svenska sidan, eftersom beteendesvar endast förväntas uppstå i fartygets omedelbara närhet. Man bör också komma ihåg att det redan finns sjöfartstrafik i projektområdet. Den ytterligare påverkan från fartygstrafiken i samband med byggnation och driftunderhåll bedömdes därför vara blygsam. Sammantaget bedömdes konsekvenserna av undervattensbuller från fartyg för sälar i projektområdet för Halla havsbaserade vindkraftspark vara försumbara, utan någon kortsiktig eller långsiktig påverkan på populationer i Finland eller Sverige (*Niras 2023b*).

Beroende på installationsmetod och typ av installation kan vindkraftverk också ha vibrations-effekter på havsbotten genom vindkraftverkets ram. På havsbotten dämpas vibrationseffekterna i omedelbar närhet av kraftverken. Vibrationer har ingen inverkan på de närmaste känsliga platserna i Finland eller Sverige.

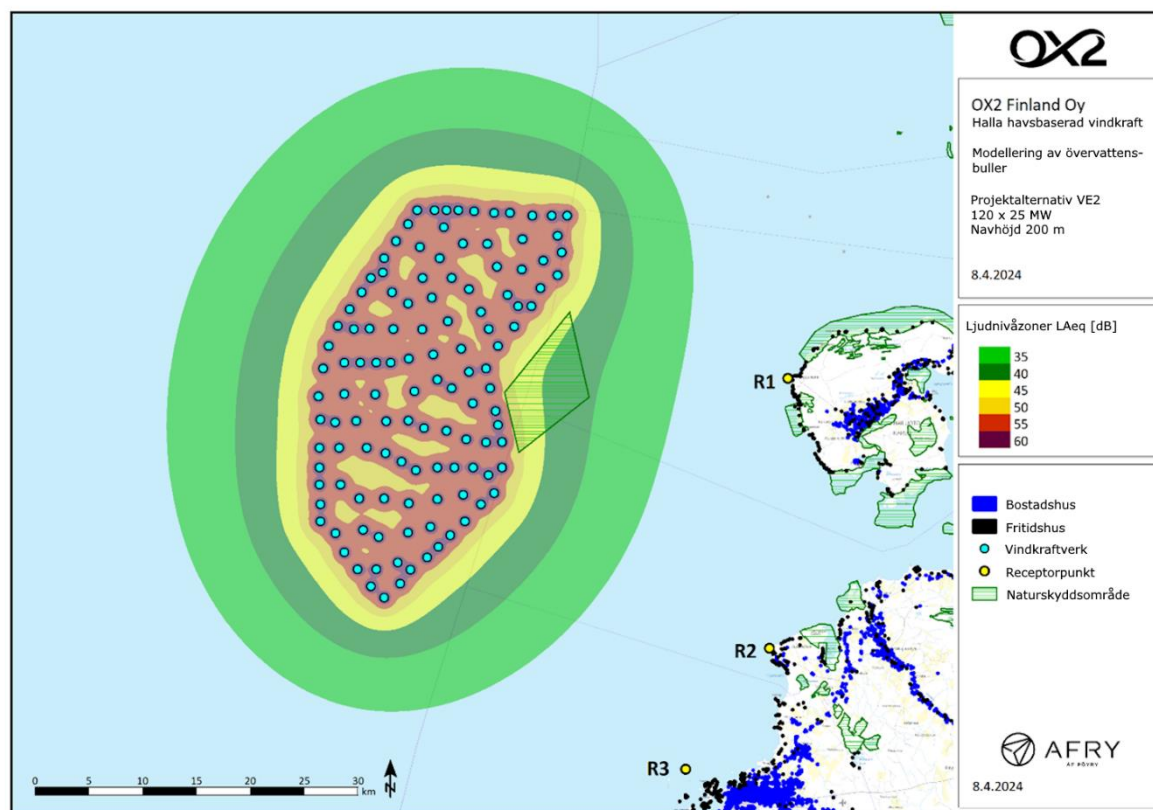
9.11.3.2 Havsbaserad vindkraftspark, bullerkonsekvenser ovan vatten

Spridningen av vattenburet driftsbuller från kraftverken i Halla-projektets alternativ VE1 och VE2 visas i de bifogade bullerkartorna (Figur 9-17 och Figur 9-18). Resultaten av beräkningarna av lågfrekvent buller för de närmaste exponerade platserna presenteras i följande avsnitt.

Resultaten av bullermodelleringen LAeq genomsnittliga bullernivåer har beräknats upp till 35 dB-zonen. Figuren nedan visar bullerspridningskartan för VE1 med medelljudnivå LAeq och bullerzoner. Bullerzonerna visas med 5 dB intervall, där den mörkgröna zongränsen motsvarar en LAeq på 40 dB och den ljusgula zongränsen motsvarar en LAeq på 45 dB.



Figur 9-17. Modellkarta för vattenburen bullerspridning, 160 kraftverk, VE1.

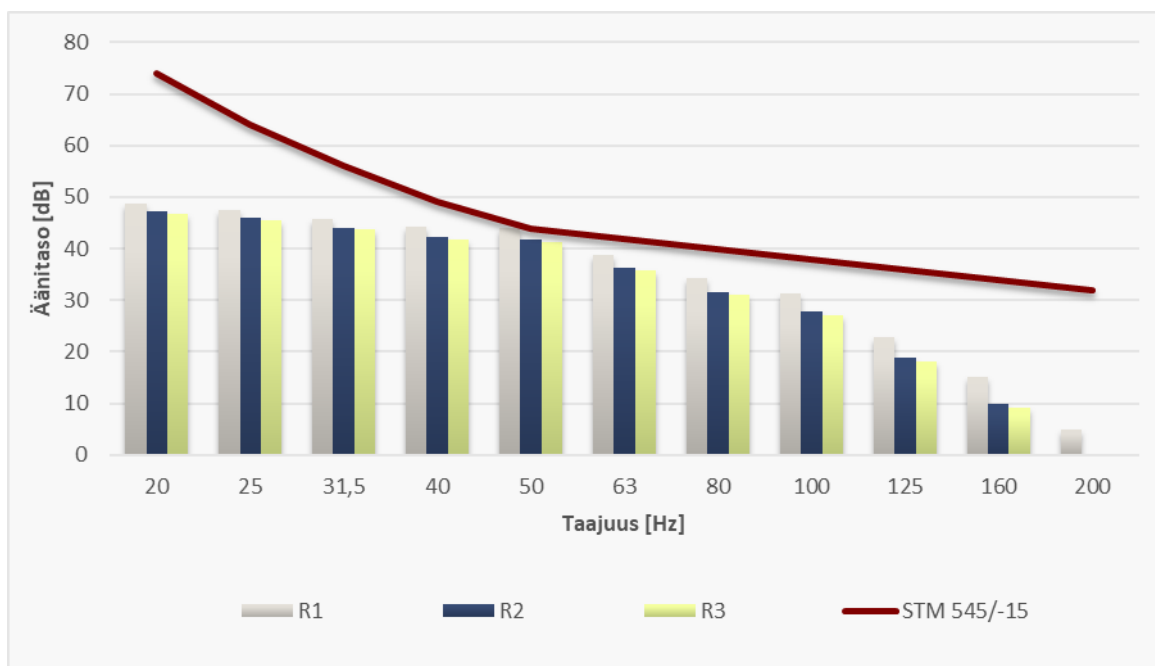


Figur 9–18. Modellkarta för vattenburen bullerspridning, 120 kraftverk, VE2.

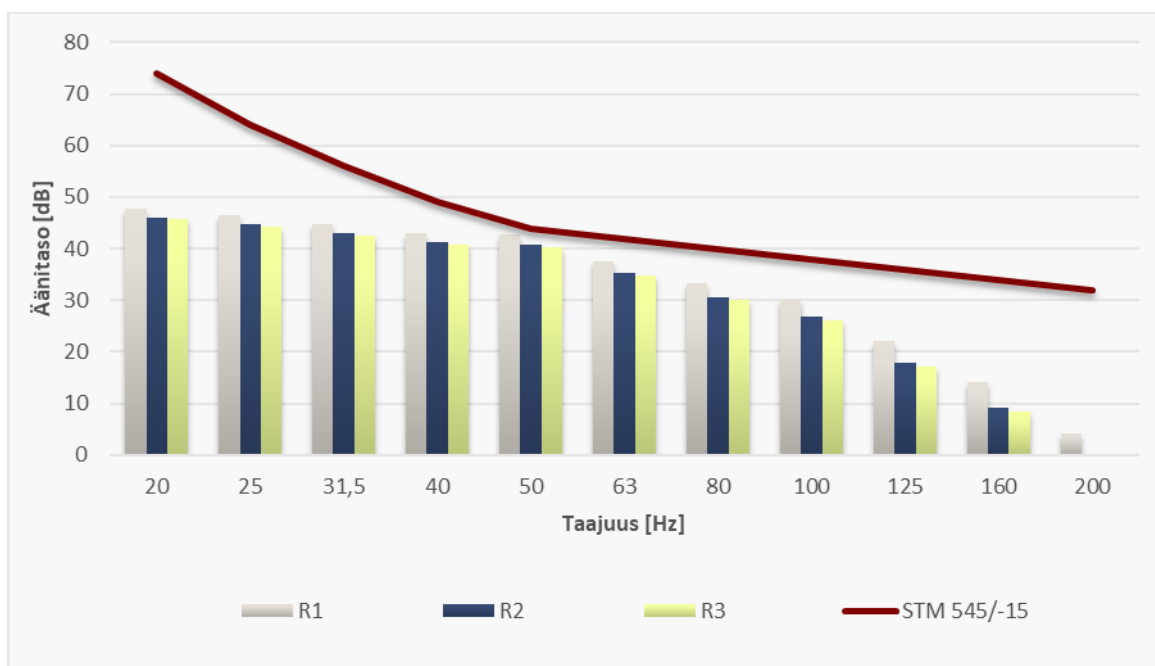
Baserat på beräkningar av utbredningen av externt buller överskrider inte nattvärdet på 40 dB för vindkraftsbuller vid någon plats på den svenska sidan.

9.11.3.3 Resultat av modellering av lågfrekvent buller ovan vatten

Det lågfrekventa bullret ovan vatten från vindkraftverken beräknades med hjälp av ovägdade ljudeffektnivåer för 1/3 oktavband mellan 20 och 200 Hz. Beräkningen utfördes enligt YM-beräkningsriktlinjerna med hjälp av de uppskattade ljudnivåskillnadsvärdena DL84 % och DL90 % för fasadstrukturer för småhus från en finsk studie, som är lägre än de tidigare DSO 1284-riktlinjerna (Keränen m.fl. 2017, 2019).



Figur 9-19: Beräkningsresultat för lågfrekvent buller vid de närmaste receptorpunkterna R1-R3, VE1. Äänitaso = Ljudnivå, Taajuus = Frekvens.



Figur 9-20: Beräkningsresultat för lågfrekvent buller vid de närmaste receptorpunkterna R1-R3, VE2. Äänitaso = Ljudnivå, Taajuus = Frekvens.

Enligt beräkningen underskrids åtgärdsgränserna inomhus vid de närmaste receptorpunkterna i Finland i både VE1 och VE2. Det finns ingen påverkan på den svenska sidan.

9.11.3.4 Sjö kabel eller vätgasproduktion och vätgasrör

Den havsbaserade vätgasproduktionsanläggningen kommer att generera lokalt buller, i synnerhet från pumpar och fläktar, som inte kommer att spridas till de närmaste svenska anläggningarna. Energiöverföringen kommer inte att orsaka någon bullerpåverkan under drift.

9.11.3.5 Elstation

En separat elstation som är placerad till havs vid vindkraftsparken kommer att generera lokalt, typiskt något smalbandigt buller, med majoriteten av ljudenergin i det smala frekvensbandet för nätfrekvensen och dess multiplar. Eftersom stationen är placerad på öppet hav långt från kusten sker ingen påverkan på den svenska sidan.

9.11.4 Konsekvenser vid avveckling

Efter driften kommer vindkraftverken att monteras ned, vilket kommer att generera visst lokalt buller vid vattennivån från nedmonteringsarbetena och från driften av nedmonteringsfartygen.

Undervattensbuller från nedmonteringsarbetena kan framför allt bestå av borttagning av fundament, vilket kan innebära kapning av material och muddring, samt undervattensbuller från fartygstrafik under borttagningen av delar. Mängden undervattensbuller påverkas i stor utsträckning av vilken typ av fundament som konstrueras och vilka rivningsmetoder som väljs. Undervattensskärning av fundament kan vara en bullrig aktivitet och därmed orsaka bullerstörningar för fisk och vattenlevande däggdjur (Topham & McMillan 2017). I sådana fall måste bullerstörningen som orsakas av rivningsprocessen övervägas från fall till fall, liksom bullerreducerande åtgärder för att undvika de värsta störningseffekterna. Påverkan på de närmaste störda platserna i Sverige har inte uppskattats.

9.11.5 Projektet genomförs inte VEO

Det kommer inte att ske någon ökning eller minskning av bullerpåverkan till följd av att projektet inte genomförs.

9.11.6 Kumulativa konsekvenser

Bedömningen av kumulativa effekter baseras på en konsekvensbedömning av projektet och andra lokala eller regionala projekt eller planer som kan påverka de kumulativa miljöeffekterna. Kumulativa effekter uppstår när flera projekt som planeras för samma område påverkar samma miljöreceptorer samtidigt. I kapitlet delas kumulativa konsekvenser in i kumulativa konsekvenser ovan vatten och kumulativa konsekvenser under vattnet.

9.11.7 Kumulativa konsekvenser av buller ovan vatten

De kumulativa effekterna av drifttiden för bullret ovan vatten för de havsbaserade vindkraftsparkerna, som bedöms befinna sig i samma projektutvecklingsskede, bedömdes här vara mycket låga, eftersom det angränsande projektet (Polargrund på den svenska sidan) och Hallaprojektet endast orsakar kumulativa bullereffekter i havsområdet, där det inte finns några störande objekt såsom fastigheter eller skyddade områden.

9.11.8 Kumulativa konsekvenser av buller under vatten

När det gäller Halla havsbaserade vindkraftspark kan kumulativa effekter från undervattensbuller uppstå om andra vindkraftsparker eller andra projekt med liknande effekter byggs samtidigt. Bedömningen baseras på projekt med planeringstillstånd, projekt i planeringsstadiet och samtidig uppförande av havsbaserade vindkraftsparker. En havsbaserad vindkraftspark (Polargrund) planeras relativt nära utvecklingsområdet för den havsbaserade vindkraftsparken Halla, väster om Halla. Eftersom byggfasen för Halla havsbaserade vindkraftspark är planerad till 2029–2031 och Polargrund till 2028–2030 kommer byggfaserna för de två havsbaserade vindkraftsparkerna delvis att sammanfalla (Niras 2023b).

Om de två havsbaserade vindkraftsparkerna pålas samtidigt är kumulativa effekter på djurens beteende mycket sannolika, eftersom avståndet mellan de närmaste kraftverken i vindkraftsparkerna är mindre än 5 km. Två påverkansområden kan tillsammans bilda ett stort,

sammanhängande påverkansområde. Förflyttning från en plats kan också leda djur in i en annan plats påverkansområde och därmed öka den totala störningseffekten. Det är inte möjligt att göra detaljerade förutsägelser om sannolikheten för kumulativ påverkan från samtidig pålning av vindkraftsparker eftersom osäkerheten om kumulativ påverkan fortfarande är för stor, eftersom båda projekten bara befinner sig i ett tidigt skede av projektutvecklingen, med osäkerheter i tidtabellen för genomförande. (Niras 2023b) Därför är det inte möjligt att göra mer exakta gränsöverskridande bedömningar.

Ingen samtidig pålning förväntas under byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken Omega, den havsbaserade vindkraftsparken Maanahkiainen och de havsbaserade vindkraftsparkerna Ebba, Pyhäjoki, Brahestad och Suurhiekkä. De kumulativa effekterna av den havsbaserade vindkraftsparken Halla och dessa projekt förväntas därför vara försumbara och kommer inte att leda till gränsöverskridande effekter (Niras 2023b).

Dessutom kan projekten ha interaktioner under användning, i allmänhet mellan projektplatser, beroende på vilken mix av kraftverk som ska installeras och antalet kraftverk i projekten. Dessa interaktioner kan uppskattas ligga på samma nivå som konsekvenserna av själva Halla-projektet, men kommer att begränsas till det yttre havsområdet där det inte finns några områden av särskild betydelse för till exempel sälar eller fisk (Niras, 2023b).

9.11.9 Jämförelse av alternativen och konsekvensernas betydelse

Storleken på förändringen av bullerpåverkan från byggverksamheten **ovan vatten** bedömdes också vara försumbar för de gränsöverskridande konsekvenserna för de olika projekterna (VE1 och VE2) för den havsbaserade vindkraftsparken. Den övergripande betydelsen av konsekvenserna är därför låg och det fanns inga större skillnader mellan alternativen.

För **undervattensbuller** bedömdes sälarnas känslighet för beteendeeffekter också som måttlig för gränsöverskridande effekter, eftersom det förväntas att sälarna i viss utsträckning undviker påverkansområdet. Storleken och omfattningen av påverkan från pålningsbuller bedömdes vara måttligt negativ med begränsningsåtgärder eftersom avstånden som påverkas av tillfällig hörselnedsättning (TTS) är relativt långa (upp till 23,7 km) och därför sträcker sig till den svenska sidan.

I projektområdet för Halla havsbaserade vindkraftspark bedömdes konsekvenserna av undervattensbuller från pålning vara försumbara för fisk, utan någon påverkan på fiskbestånden på kort eller lång sikt i Finland eller Sverige.

Den övergripande omfattningen av förändringen av påverkan från undervattensbuller från uppförandet av vindkraftsparkens fundament till havs med begränsningsåtgärder uppskattades därför här vara måttlig för gränsöverskridande påverkan. Den övergripande betydelsen av gränsöverskridande påverkan är därför måttlig och det fanns inga större skillnader mellan alternativen VE1 och VE2. Om en annan grundläggningsmetod än pålning används kommer bullerpåverkan sannolikt att vara lägre än för pålning. Detta ändrar dock inte resultatet av konsekvensens betydelse, eftersom det finns mindre behov av att tillämpa begränsningsåtgärder på arbetsfaserna.

Byggandet av **vätgasproduktion** ingår i både projekterna VE1 och VE2. Undervattenspåverkan från byggandet av vattenkraftverk kan dock delas upp i påverkan från centraliserade produktionsenheter (3–8) och decentraliserade vindkraftverksspecifika produktionsenheter och beskrivs i detalj här. Konsekvenserna har endast bedömts för det mest bullriga konstruktionsalternativet, dvs. pålning.

För byggandet av fristående anläggningar är omfattningen av förändringen i gränsöverskridande påverkan måttligt negativ (inklusive byggandet av vindkraftverk). Utgångsantagandet

i bedömningen är att begränsningsåtgärder kommer att tillämpas på konstruktionen, som för vindkraftverk, om pålning krävs. Omfattningen av förändringen i undervattensbuller från de vattenkraftverk som kommer att byggas i anslutning till vindkraftverket är mindre betydande, men betydelsen av själva vindkraftverksbygget är måttlig i båda projekialternativen.

Betydelsen av påverkan av buller ovan vatten bedömdes vara försumbar i båda alternativen, eftersom bullerpåverkan är högst lokal och inte sträcker sig till de närmaste svenska platserna. Anläggningen kan omfatta flera olika faser, men dessa förväntas inte orsaka mer än högst mindre lokala negativa konsekvenser.

För båda projekialternativen (VE1 och VE2) för den havsbaserade vindkraftsparken förväntas bullerpåverkan **ovan vatten** under drift inte sträcka sig till de svenska platserna.

Projektområdet för den havsbaserade vindkraftsparken Halla ligger nära de viktigaste sjöfartsområdena och farlederna i Bottniska viken. Området domineras därför redan av fartygstrafik som genererar **undervattensbuller**, och fiskar i området har sannolikt redan anpassat sig till en viss mängd undervattensbuller. Havsområdet används måttligt av fisk, men både pelagiska och demersala fiskar har låg känslighet för undervattensbuller från sjöfarten. Storleken på och omfattningen av påverkan från fartygsbuller bedömdes vara försumbar eftersom beteenden sker nära fartyget.

Storleken på förändringen i påverkan från undervattensbuller från fartygstrafik och kraftverksdrift under drift uppskattades vara måttlig för båda projekialternativen (VE1 och VE2), även för gränsöverskridande påverkan, främst på grund av osäkerheter i påverkan från buller under drift för kraftverksstorlek, eftersom det inte finns någon information tillgänglig om påverkan under drift från kraftverk av denna storlek. Bullernivåerna för anläggningen för konsekvensbedömningen har uppskattats med hjälp av befintliga data och resultaten har extrapolerats för att motsvara anläggningsstorleken 25 MW.

Möjligheten till **vätgasproduktion** ingår i båda projekialternativen VE1 och VE2. Driftbullret från vätgasproduktionen uppstår främst i vattnet utanför kusten. Bullernivån från vätgasproduktionen kommer att vara som högst nära anläggningen på den finska sidan och kommer att spridas på ett liknande sätt som vindkraftsbuller. Summan av ljudutsläppen från utrustningen kan motsvara ljudnivån från ett enda vindkraftverk, men möjligen i en annan riktning och från en lägre höjd. I detta fall är förändringens storlek något mindre än vindkraftverkens driftnivå (försumbar storlek). Betydelsen av påverkan från vätgasproduktion bedömdes därför här som en liten negativ påverkan, även för gränsöverskridande påverkan. Det finns endast små skillnader mellan de olika projekialternativen.

9.11.10 Osäkerhetsfaktorer i bedömningen

Osäkerheten i modelleringen av buller ovan vatten har beaktats för driften i drift genom att tillämpa en korrigering på +2 dB på ljudutsläppet i enlighet med miljöministeriets promemoria (YM9/5511/2016). Modelleringen beräknar redan en övre gräns där anläggningen beräknas ha ett högt ljudutsläpp, vindriktningen motsvarar medvindssituationen från varje ljudkälla till varje intressepunkt och den övriga parametreringen av modelleringen har gjorts i enlighet med miljöministeriets vägledning för modellering (Miljöministeriet 2014).

Alla parametrar i modelleringen av undervattensbuller är behäftade med osäkerhet och ett realistiskt värsta fall användes i modelleringen. Den baslinje som användes i beräkningen av spridningen av undervattensbuller för pålfundamentet baserades på genomsnittliga empiriskt uppmätta data, extrapolerade till den föreslagna pålfundamentstorleken. För ljudutbredning valdes konservativa värsta-fall-parametrar för sediment, salthalt och temperatur baserat på tillgängliga historiska data så att den modellerade ljudutbredningen kan betraktas som konservativ. Även om en begränsning motsvarande en dubbelbubbelgardin (DBBC) tillämpades i denna

förutsägelse, för pål- och fackverksfundament, bör det nämnas att en detaljerad beräkning av den faktiska begränsningslösningen som används i den faktiska pålinstallationen också kommer att krävas när den slutliga konstruktionsplanen är tillgänglig.

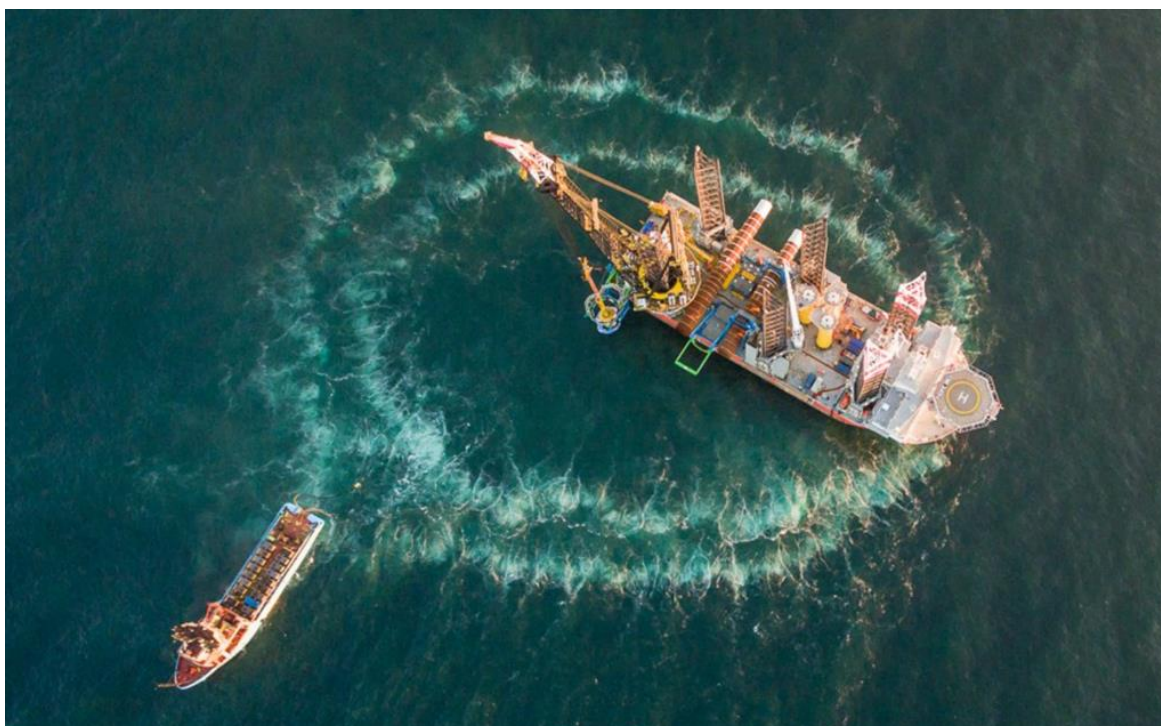
Drifttiden modellerades inte specifikt. Om projektet identifierar behovet av modellering under drift, t.ex. för en specifik plats, eller en mer detaljerad granskning, kan detta vid behov utföras i samband med ytterligare godkännande av projektet.

9.11.11 Förebyggande och begränsning av konsekvenser

Det skadliga påverkansområdet för undervattensbuller kan påverkas genom att minska ljudnivån från bullerkällan, genom att dämpa spridningen av bullret och genom att ta hänsyn till de specifika egenskaperna hos de arter som finns i området.

Det finns för närvarande flera tekniska alternativ för att mildra effekterna av undervattensbuller från projektbyggnation. Den viktigaste åtgärden för att minska undervattensbuller är att dämpa intensiv bullerexponering, t.ex. vid pålning och sprängning, med hjälp av en bubbelgardin eller bullerbarriär, vars dämpningseffekt beror på vilken teknik som väljs och vanligtvis varierar mellan 5 och 18 dB (*Andersson m.fl. 2016*). Före arbeten som genererar högt undervattensbuller används metoder från fall till fall för att gradvis öka bullernivån ("mjukstart"-metoden), vilket gör att t.ex. fiskar och vattenlevande däggdjur kan röra sig längre bort från byggarbetsplatsen. Bubbelridåns dämpande frekvensområde ligger mellan 80–800 Hz och de högsta decibelvärdena för pålningsbuller ligger i frekvensområdet 100–300 Hz.

Bubbelgardiner är en av de vanligaste metoderna för att dämpa undervattensbuller, särskilt vid pålning och sprängning. En bubbelgardin bildas genom att tryckluft släpps ut från botten genom en perforerad slang som är förankrad så att den stannar kvar på botten. Gardinerna kan vara i en eller två rader beroende på vilken dämpning som krävs.



Figur 9–21. Exempel på en tvåradig bubbelgardin (Liikennevirasto 20/2018)

Intensiteten i den stötvåg som genereras av sprängningar vid gruvdrift på havsbotten kan också påverkas av laddningsstorleken i explosionen. Om avståndet mellan borrhålen minskas

kan mindre mängder sprängämne användas. Vilket sprängämne som används påverkar också språnghastigheten. Precis som i fallet med pålningsbuller kan en "mjukstartsmetod" övervägas för utgrävning, där marina däggdjur drivs längre bort från utgrävningsområdet med mindre laddningar före den faktiska utgrävningen (*Liikennevirasto 2018*).

Storleken på påverkan från buller ovan vatten och undervattensbuller under drift kan påverkas av valet av tekniska dämpningslösningar, vindkraftverkens utformning och bladtyp, även om ingen gränsöverskridande påverkan på den svenska sidan identifierades här, och påverkan på faunan är som mest försumbar. Bullerpåverkan vid vattenbrynet och delvis under vattnet kan påverkas genom att optimera driftseffekten genom att låta vindkraftverken köras i bullerlägen, t.ex. genom att begränsa rotorhastigheten vid högre vindhastigheter genom att justera bladvinkeln. Dessa bulleroptimeringslägen har vanligtvis olika nivåer beroende på vilken dämpning som krävs. Vindhastighet, vindriktning och tid på dygnet kan väljas som kontrollparametrar. Bulleroptimerad körning begränsar inte bara effektuttaget utan även kraftverkets bullerutsläpp. Baserat på modelleringen av vattenburet buller finns det dock inget behov av ett bullerläge i det här projektet.

Begränsningen av påverkan från undervattensbuller under drift uppnås bäst under projektets designfas. Vissa av åtgärderna för att minska bullret under driftperioden kommer att vara kopplade till samma optimering av bullernivån ovan vatten och även till underhållet av utrustningen.

Om flera havsbaserade vindkraftsprojekt skulle utvecklas i havsområdet skulle vikten av förebyggande och begränsande åtgärder bli ännu viktigare.

9.12 Skuggning

De skuggeffekter som orsakas av vindkraftsprojektet har bedömts med hjälp av beräkningsmetoder och programvara som utvecklats för detta ändamål. Beräkningsmodellen tar hänsyn till projektområdets läge (solvinkel, dagliga dagsljusstimmar), vindkraftverkens placering, vindkraftverkens kombinerade effekt på skuggor, vindkraftverkens dimensioner (masthöjd, rotordiameter, bladprofil), terrängens höjdkurvor och de valda beräkningsparametrarna.

För att illustrera resultaten har så kallade receptorpunkter (de bostadsområden som ligger närmast vindkraftverken på den finska sidan) definierats och mer detaljerade resultat har beräknats.

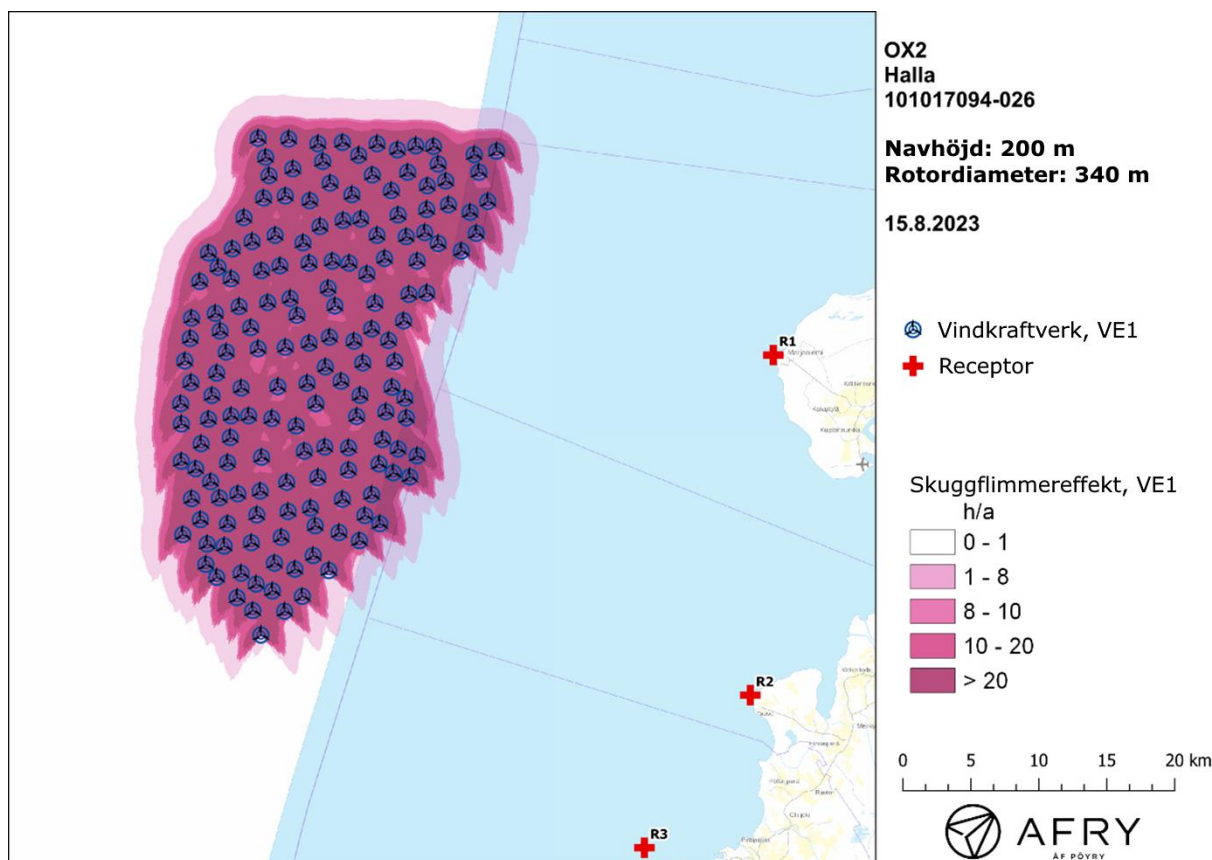
Resultatet av **skuggningsmodelleringen** är antalet skuggningar samt tidpunkt för skuggningarna för de aktuella vindkraftsparkslayouterna. Resultaten av modelleringen presenteras i form av kartbilder och numeriska värden per receptorpunkt.

Skuggmodelleringen av projektet har utförts för en total turbinhöjd på 370 meter. Eftersom kraftverkens exakta placeringar ännu inte har fastställts i projektets MKB-skede (endast den preliminära utformningen) har modelleringen baserats på exempelhöjder och höjder (värsta tänkbara scenarier) som skulle maximera skuggeffekterna i förhållande till de närmaste störda objekten. Resultaten av skuggmodelleringen har också använts som en riktlinje för att bedöma potentiella effekter på den svenska sidan.

Ett vindkraftverk kan orsaka skuggningar i omgivningen när solljuset träffar de roterande bladen på ett vindkraftverk som är i drift.

Enligt skuggningsmodelleringen kommer Halla havsbaserade vindkraftsprojekt inte att orsaka några skuggeffekter på befolkningen för de övervägda layoutalternativen (VE1 och VE2), turbinpositionerna, navhöjderna och rotordiametrarna. I figuren (Figur 9–22) visas kartan för skuggningsmodellering för projektalternativ VE1, dvs. det maximala antalet kraftverk.

Skuggning från kraftverken i Halla är begränsat till havsområdena och sträcker sig inte till landområden i Finland eller Sverige.



Figur 9–22. Sannolik årlig skuggning för Halla-alternativet VE1.

9.13 Ekonomi och näringsliv

De kvantitativa resultaten av bedömningen grundar sig på en studie som Gaia Consulting Oy utförde för Halla Offshore Wind Oy. Undersökningen gjordes för det större projektalternativet VE1.

Byggandet av en havsbaserad vindkraftspark kommer att ha ett brett spektrum av positiva effekter på den regionala ekonomin och den ekonomiska aktiviteten på internationell nivå. De regionalekonomiska konsekvenserna är störst under projektets produktionsfas, men de är betydande överlag och kan sträcka sig utanför Finlands gränser. Konsekvenserna av projektalternativ VE1 är något större än konsekvenserna av VE2 på grund av det större antalet kraftverk som ska byggas.

Investeringskostnaderna för projektet beräknas uppgå till 6,0 miljarder euro, varav cirka 60 % avser vindkraftverk och kraftverksfundament. Enligt den genomförda studien står de inhemska investeringskostnaderna för 15%, varav den lokala andelen är en tredjedel. Merparten av investeringskostnaderna, 85%, uppstår utomlands. Den regionala ekonomiska potentialen är vanligtvis koncentrerad till företag som är involverade i byggandet av vindkraftsparkens infrastruktur, såsom fundament och elnät, samt i uppförandet av kraftverken, transport av byggmaterial och andra tjänster under byggfasen. Genom de mekanismer som beskrivs ovan kan positiva regionalekonomiska effekter uppstå även i Sverige.

Driftskostnaderna för projektet beräknas uppgå till 3,4 miljarder euro under projektets livstid, varav mer än hälften avser underhåll, installation och reservdelar. Både driftförsäkringar och

elöverföringskostnader står för knappt 20%. De inhemska finska driftskostnaderna står för mer än 90%, varav den lokala andelen är cirka en tredjedel. Cirka 9% av driftskostnaderna uppkommer utomlands och kan därmed även uppkomma i Sverige.

Projektets sysselsättningseffekt beräknas uppgå till 15 000 årsverken, varav lokal arbetskraft står för cirka en tredjedel. Sysselsättningseffekten kommer att omfatta projektering, uppförande av vindkraftsparkens infrastruktur, transport, installation och underhåll av vindkraftverken samt ledning och övervakning av produktionen. Sysselsättningseffekterna kan även komma att märkas i Sverige.

Projektet kommer också att ha positiva regionala ekonomiska effekter genom skatteintäkter, men dessa beräknas vara koncentrerade till Finland.

Närliggande farleder och hamnar kommer att förbli i användning under vindkraftsparkens drift och eventuella negativa effekter kommer att minimeras genom deltagande planering. Havsbaserade vindkraftsprojekt kommer att medföra betydande positiva möjligheter för hamnarna i regionen att utöka sin verksamhet genom att utveckla sina tjänster så att de passar havsbaserade vindkraftsprojekt. Potentiella negativa effekter på både finsk och internationell sjöfart och handelssjöfart kommer att undvikas.

De potentiella kumulativa effekterna av andra projekt kommer främst att påverka fiskeindustrin, om kommersiellt fiske förhindras i området för Halla- och Polargrundsprojekten. Det bör dock noteras att dessa områden för närvarande inte är några betydande kommersiella fiskeområden.

9.14 Naturresurser

Ur ett resursanvändningsperspektiv är konsekvenserna av en havsbaserad vindkraftspark och el- eller vätgasproduktion störst under projektets byggfas, då ett stort antal naturresurser och energi används för att tillverka och bygga de olika komponenterna. Dessa effekter kan komma att spilla över Finlands gränser, men i detta tidiga skede av planeringen är det ännu inte möjligt att bedöma om effekterna kommer att märkas i Sverige.

Den havsbaserade vindkraftsparken kommer att möjliggöra att vinden kan användas för att generera energi, antingen el, vätgas eller både och. Fossilfri vätgas kan produceras från havsvatten, vilket också tillgodoser behovet av att hushålla med knappa sötvattensresurser.

För att bygga en havsbaserad vindkraftspark och producera el eller vätgas krävs framför allt ballast, betong och stål, men även en lång rad andra material. Produktionen av de material som används för att tillverka komponenterna kräver stora mängder råvaror och energi, vilket har en miljöpåverkan.

Muddring av havsbotten och dumpning under byggnationen kan orsaka förändringar i vattenkvaliteten och orsaka grumling i närheten av byggarbetsplatsen. Förändringar i kvalitet och grumlighet kan negativt påverka de direkta och indirekta fördelarna med resursen, till exempel för rekreationsanvändning eller som livsmiljö för fisk. Rekreationsanvändningen och betydelsen av friluftsområdet för fiske bedöms dock vara relativt låg.

Underhåll och reparation av den havsbaserade vindkraftsparken och strukturer för el- eller vattenkraftproduktion kommer att kräva användning av naturresurser och energi på liknande sätt som under anläggningsfasen, men den totala påverkan kommer att vara betydligt mindre.

Den sista fasen i projektets livscykel är avveckling, återvinning av komponenter och material samt avfallshantering. För närvarande är de flesta material som används i vindkraftverk, särskilt metaller, lätt återvinningsbara. Den största utmaningen när det gäller återvinning är rotorblad av glas- eller kolfiberkompositer, men tack vare den kontinuerliga utvecklingen på

området förväntas återvinningsbarheten bli mycket mer stabil under avvecklingen av en vindkraftspark. Avvecklingen förväntas inte ha mer än högst mindre gränsöverskridande påverkan.

Med hänsyn till de mängder material som krävs för projekialternativen är konsekvenserna av VE2 för resursåtervinning något högre än för VE1, eftersom de effektivare turbinerna är större och kräver mer naturresurser och energi för att tillverka de strukturella komponenterna.

När det gäller materialförbrukning har elproduktion en större inverkan på resursanvändningen än vätgasproduktion eftersom den förbrukar mer material. Elproduktion har också en betydligt högre muddringsvolym under byggfasen och därmed en betydligt högre påverkan på resursanvändningen än vätgasproduktion.

9.15 Levnadsförhållanden, trivsel, rekreation och hälsa

Under anläggningsfasen kommer de mest betydande konsekvenserna av projektet för människors levnadsförhållanden, komfort och rekreation att orsakas i synnerhet av ökad sjötrafik och störningar i havsområdet till följd av anläggningsarbetet. Påverkan på rekreation kan omfatta tillfälliga störningar av aktiviteter som båtliv och fiske, men med tanke på den relativt låga användningen av havsområdet för dessa aktiviteter anses den gränsöverskridande påverkan vara liten.

Under driftsfasen kommer den mest betydande mänskliga påverkan av projektet att vara den havsbaserade vindkraftsparkens landskapspåverkan. Vindkraftverken kommer att vara synliga över ett stort område, och den mest betydande landskapspåverkan kommer att ske i den närliggande skärgården och kustområdena på den finska och svenska sidan, med direkt utsikt mot den havsbaserade vindkraftsparken. Synligheten av hinder- och navigationsljus är också förknippad med landskapsförändringar.

Planerad park är planerad cirka 40 km från Norrbottenkustens ytterskärgård och cirka 60 km från större delen av innerskärgården och kustremsan. Vindkraftsparken kommer kunna skönjas vid horisonten i de närmare delarna av ytterskärgården och söker betraktaren horisonten kommer vindkraftsparken att noteras i vissa väderlekar. Det kan konstateras att det är det stora avståndet som uppstår mellan landskapsbilden och vindparken som blir avgörande för grad av förändring.

Andra aktörer för vindkraftsparker agerar också inom området. Fotomontage för kumulativ effekt har tagits fram för fotopunkt Frevisören. Det är i ytterskärgårdens zoner som en kumulativ effekt främst kan uppstå om ett större antal vindparker förändrar upplevelsen av landskapet som finns där idag med vida utblickar mot horisonten i en miljö som upplevs relativt orörd och naturlig. Vindkraftsparker som planeras inom svenska gränsen (om de får tillstånd och byggs), närmare fotopunkten, kommer med största sannolikhet uppfattas tydligare än Hallas verk som då hamnar bakom dessa.

Sammanfattningsvis har det större avståndet en mildrande påverkan på den förändring som kan uppstå i landskapsbilden av planerad vindpark. Det är främst i Norrbottenkustens ytterskärgårdszoner som verken kan skönjas i goda siktförhållanden. Närmare in mot kusten och innerskärgård minskar effekten av den visuella påverkan.

Projektet kommer inte att ha någon påverkan på människor genom buller, eftersom de närmaste fastigheterna på den svenska sidan ligger så långt bort. Den havsbaserade vindkraftsparken kommer inte att ha några direkta hälsoeffekter i något skede av projektet.

Enligt det offentliga samråd som genomfördes under det nationella MKB-förfarandet ansågs projektet ha positiva effekter, särskilt när det gäller att begränsa klimatförändringarna. Den

största farhågan gällde projektets landskapspåverkan. Totalt inkom 178 svar. Svarsfrekvensen var lägre än vanligt jämfört med tidigare MKB-undersökningar.

9.16 Säkerhet, radar och kommunikation

Under byggandet av vindkraftsparken har kemikaliespill från utrustning eller fartyg samt olyckor under byggandet till havs och på stranden, t.ex. under lyftarbeten, identifierats som de mest betydande riskerna. Byggandet kommer att ske i enlighet med bygg- och arbetsmiljöbestämmelser och en säkerhetsplan kommer att upprättas. Innan arbetet inleds görs också arbetsspecifika riskbedömningar och instruktioner för att förebygga olyckor. Säkerhetsplanen kommer också att ta hänsyn till åtgärder för att förebygga och hantera eventuella kemikalieutsläpp.

Andra risker som identifieras under byggtiden är sjöolyckor och brandincidenter. Sjöolyckor och bränder är osannolika, men om de inträffar kan de få stora konsekvenser. Tillträde till den havsbaserade vindkraftsparken kommer huvudsakligen att ske via vattenvägar, i enlighet med säkerhetsriktlinjer och navigationsregler. En separat brandsäkerhetsplan kommer att upprättas för bränder. Olyckor och risker kommer också att undvikas genom aktiv övervakning under byggtiden och samordning med olika myndigheter, vid behov även på internationell nivå, i samarbete med bland annat svenska myndigheter.

Undersökningen av förekomsten av oexploderad ammunition och minor har inte identifierat någon ökad risk för oexploderad ammunition eller minor i området för den havsbaserade vindkraftsparken som skulle kunna orsaka en olycka under byggnationen, med påföljande gränsöverskridande effekter.

Riskerna i samband med sjötransport (inklusive risken för kollision och risker i samband med navigations- och kommunikationsutrustning, isbildning och vintersjöfart) behandlas i kapitel 9.10 om transport.

Försvarets skjutfält och skyddsrum behandlas också i transportkapitlet. Påverkan på radarsystem beskrivs också i transportkapitlet.

På vintern kan det under lämpliga förhållanden bildas is på vindkraftverkens rotorblad, som kan lossna. För att förhindra att is ansamlas på bladen kommer frostskyddsvätska att användas på bladen. Risken för skador på grund av is som faller av på den finska eller svenska sidan är mycket låg. Det är mycket lite rörelse i området för havsbaserade vindkraftsparker under vintern, t.ex. under säljakt.

Potentiellt farliga situationer har identifierats, t.ex. ett fallande blad eller annan del av turbinen. Sådana incidenter är dock extremt sällsynta och förhindras genom omfattande tester och inspektioner vid idrifttagningen innan driften inleds. Under produktionen kommer regelbundna underhålls- och inspektionsbesök att genomföras för att identifiera eventuella problem. Säkerhetsrisken för fel på vindkraftverken kan anses vara mycket låg och projektet kommer inte att hindra att området används för rekreatiönsändamål som t.ex. båtliv.

Alternativt kommer den el som genereras av projektet att användas för att producera vätgas i det havsbaserade vindkraftsområdet. Den vätgas som produceras kommer att transporteras till fastlandet via en vätgasrör.

De huvudsakliga riskerna i samband med vätgasproduktionen bedömdes vara vätgasläckage i produktionsutrustningen och rörledningarna samt antändning av vätgasläckage och den brand eller explosion som blir följden.

I teorin skulle en brand som sprids via luft eller genom interna vätgasrör i värsta fall kunna orsaka en allvarlig olycka. Vätgasläckage övervakas med hjälp av fjärrövervakning och

kontrollutrustning som kan stoppa vätgasflödet i rörledningen, till exempel vid ett rörbrott. Dessutom skyddas vätgasrören vid behov mot mekaniska stötar för att förhindra att rörbrott uppstår.

9.17 Sammanfattning av gränsöverskridande kumulativa konsekvenser med andra kända projekt

Flera havsbaserade vindkraftsprojekt planeras i Östersjön på den finska och svenska sidan. De projekt som ligger närmast Halla på den svenska sidan är Polargrund och Omega (Figur 3-1). Bores Krona-projektet ligger också närmare den svenska kusten.

På den finska sidan förväntas projekten inte ha några kumulativa effekter med Halla-projektet på den svenska sidan, eftersom de ligger relativt långt från gränsen till den svenska ekonomiska zonen.

På den svenska sidan planeras flera havsbaserade vindkraftsprojekt i havsområdet mellan de finska projekten och den svenska kusten, vilket effektivt skulle blockera utsikten mellan de finska projekten och den svenska kusten. Om projekten på den svenska sidan inte förverkligas och öppna teoretiska vyer skulle öppnas upp mot den finska sidan, är det enda projekt som skulle kunna ha en mindre landskapspåverkan i likhet med Halla på den svenska sidan Kiisla, som inte beviljades forskningstillstånd och därför inte utvecklas. Kihu är ett alternativt projektområde till Halla och ger därför inte upphov till några samverkansvinster.

Byggandet av vattenvägar för projekten i den finska ekonomiska zonen i Halla och svenskt territorialvatten och i den ekonomiska zonen i Polargrund kan sammanfalla och kan därför ha kumulativa effekter på vattenvägen i havsområdet i den finska ekonomiska zonen och på den svenska sidan.

9.17.1 Kumulativa konsekvenser under byggtiden

Baserat på preliminära tidsplaner kan det finnas synergier under byggnationen med Polargrund, vars aktiviteter för att bygga vattenvägar kan sammanfalla med Halla.

Byggnationen av den stora havsbaserade vindkraftsparken förväntas ske i faser. Byggnationen av Halla havsbaserade vindkraftspark beräknas pågå under totalt tre år i öppet vatten, varav grundläggningen beräknas ta två år. Byggnationen skulle till exempel kunna ske så att hälften av fundamenten installeras under det första byggåret, resterande fundament och hälften av turbinerna installeras under det andra året och resterande turbiner installeras under det tredje året. Den exakta tidsplanen för projektet kommer att bekräftas i samband med mer detaljerad planering och därför är det ännu inte känt exakt hur mycket av byggnationen som kommer att ske samtidigt som Polargrundsprojektet. Anläggningsarbetena kommer att planeras så att endast ett område av projektet kommer att anläggas under en säsong med öppet vatten, så att det inte blir någon påverkan på samma område under fortsatta anläggningsarbetet och ingen kumulativ påverkan från bottenbearbetning och därmed till exempel sedimentspridning. Den ovan nämnda förskjutna tidpunkten för byggandet minskar också potentiell gränsöverskridande påverkan.

9.17.1.1 Vattendrag och marina däggdjur

Modellering av sedimentspridning och sedimentation (Niras 2023) visade att sediment inte sprids särskilt långt utanför det havsbaserade vindkraftsområdet, så de kombinerade effekterna på vattenkvaliteten kommer sannolikt att vara mycket små.

Det finns inga uppskattade samkonsekvenser med andra projekt på den svenska sidan (Omega och Bores Krona) under byggtiden, eftersom de ligger längre bort från Polargrund. För vissa

av projekten finns det ingen offentligt tillgänglig information om byggdatum, vilket gör det omöjligt att bedöma den kumulativa påverkan under byggtiden.

När det gäller kabelstråken kan det, om byggandet av Kiisla, Brahestad-Siikajoki och Siikajoki-Karlö sammanfaller med Halla, uppstå kumulativa effekter under byggandet på den finska sidan, eftersom dessa kabelstråk sannolikt kommer att ligga nära kabelstråken i Halla. Dessa effekter sträcker sig dock inte till den svenska sidan. Modelleringen av sedimentspridning och sedimentation visade att spridningen av fasta partiklar, särskilt från muddring och dumpning, kan sträcka sig över ett avstånd på mer än 10 km från muddrings- eller dumpningsplatserna, med en maximal varaktighet på en dag, med undantag för deponeringsområden. Det finns ingen offentligt tillgänglig information om placeringen eller byggnadsschemat för kabelvägar för andra projekt i Finland, vilket gör det svårt att bedöma de kombinerade effekterna av kabelvägar mer exakt.

Av resultaten från modellen för spridning av grumlighet framgår att fasta partiklar i kabel- och/eller vätgasrör som installeras med hjälp av trycksprängning med vatten inte sprids särskilt långt utanför anläggningsområdet, och i de flesta områden varar grumligheten i högst en dag. För att någon interaktion skulle kunna ske på den finska sidan måste alltså mycket närliggande anläggningar byggas samtidigt. Samordning mellan projekten och planering av byggplatser och tidpunkter kan vid behov förhindra eventuella lokala toppar i fasta ämnen.

Under anläggningsarbetet kommer de huvudsakliga kumulativa effekterna på marina däggdjur att utgöras av undervattensbuller från anläggningsarbeten, muddring och bottenbearbetning samt sprängningar när flera projekt genomförs samtidigt. Byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken omfattar främst byggfasen av elöverföringsnätet på finskt territorialvatten, den eventuella byggfasen av vätgasrören och byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken i Finlands exklusiva ekonomiska zon. Av dessa medför byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken i sig mer buller och störningar (t.ex. på grund av eventuell pålning) än byggandet av elöverföringsnätet. Enligt modelleringen av undervattensbuller för Halla-projektet kommer den negativa påverkan på marina däggdjur under anläggningsarbetet att vara begränsad. Eftersom byggandet av Polargrundsprojektet kan sammanfalla med byggandet av Hallaprojektet kan de kombinerade effekterna uppskattas vara måttligt negativa, men begränsade i tid (byggtiden är cirka 3 säsonger med öppet vatten). Sammantaget bedömdes påverkan på marina däggdjur under anläggningsarbetet vara relativt låg för Halla, eftersom projektområdet redan är föremål för befintliga störningar och undervattensbuller (t.ex. sjöfart) och det är osannolikt att marina däggdjur är särskilt talrika i det öppna havet.

9.17.1.2 Fisk och fiske

Baserat på tillgänglig information kan byggandet av det närmaste havsbaserade vindkraftsprojektet, Polargrund, delvis sammanfalla med byggandet av Halla, vilket kan leda till mindre interaktioner med undervattensfisk genom buller eller grumlighet under byggandet. Det kommersiella fisket är dock mycket begränsat i havsområdet, så den totala påverkan anses vara liten.

9.17.1.3 Fåglar

Under anläggningsarbetet kan det uppstå negativa kombinerade effekter på fåglar genom ökad sjötrafik och undervattens- och ytbuller, men dessa bedöms vara relativt små i både Finland och Sverige. Anläggningsarbetet kommer dock sannolikt att spridas över en period på cirka tre år, så störningarna kommer att vara relativt lokala vid en given tidpunkt.

9.17.1.4 Sjötrafik

Dessutom kommer byggandet att leda till buller och ökad sjötrafik, vilket kan påverka Polargrundsprojektet, till exempel fåglar, marint liv och fiske (inklusive ökad grumlighet och undervattensbuller), fiske och andra maritima aktiviteter (handelssjöfart, rekreation).

Halla-projektet förväntas inte ha direkta kumulativa effekter under byggandet av Bothnia Offshore Omega-projektet, eftersom avståndet mellan projektområdena är 19 km och byggandet av vattenvägen förväntas äga rum under ett annat år än i Halla. Under byggnationen kommer sjötrafiken från Sverige och hamnarna att styras mot vindkraftsområdena och därför förväntas ingen direkt kumulativ påverkan.

9.17.2 Kumulativa konsekvenser under drift

9.17.2.1 Vattendrag och marina däggdjur

Under driftsfasen kommer havsbaserade vindkraftsparker sannolikt att ha måttliga negativa sidoeffekter på grund av vindförändringar, särskilt om alla planerade projekt skulle genomföras, vilket är osannolikt.

För revet visar modellering att vindförlust över ett ganska stort område påverkar ytströmmarna i havet och vidare temperatur, salthalt och skiktning, även om den totala påverkan bedömdes som liten negativ. Förändringar i vattenblandningen kan fortsätta att påverka bl.a. tillgången på näringsämnen och därmed ytterligare påverka växtplankton och andra näringskedjor. När det gäller flera vindkraftsparker, och i synnerhet projekten Halla och Polargrund, som ligger i närheten av varandra, skulle dessa fenomen sannolikt överlappa varandra och eventuellt vara kumulativa och kan därför bedömas ha en måttlig negativ kombinerad effekt.

Alla projekt i närheten kan ha potentiella driftsmässiga interaktioner med Halla-projektet på marina däggdjur, om de genomförs. Driftspåverkan på marina däggdjur kommer att vara mindre än påverkan under anläggningsarbetet. Interaktionernas intensitet ökar på grund av närheten till vindkraftsparkerna (i synnerhet Polargrund Offshore, där det närmaste kraftverket ligger mindre än 5 km från Halla havsbaserade vindkraftspark), vilket resulterar i ett större område med integrerad påverkan. Under driften kommer den kumulativa påverkan främst att bestå av undervattensbuller och vibrationer i samband med driften av kraftverken och eventuella förändringar i isförhållanden och vattenflöde i området, vilket kan påverka livsmiljöförhållandena för marina däggdjur. Varken sjökabelrutterna eller vätgasrörssträckningen bedömdes ha några synergistiska effekter på marina däggdjur under drift och därför inga gränsöverskridande effekter.

9.17.2.2 Fisk och fiske

Halla- och Polargrundsprojekten kan ha en kombinerad påverkan på undervattensbuller på fisk under drift i själva vindkraftsområdena, beroende på storleken på vindkraftsparkerna och antalet turbiner som ska installeras. Det uppskattas att de kumulativa effekterna kan vara på samma nivå eller mindre än effekterna av själva Halla-projektet under drift. Elektromagnetisk strålning från sjökablar förväntas inte ha gränsöverskridande effekter, eftersom kabelsträckningarna för de olika projekten inte ligger i samma områden, baserat på nuvarande information.

Vindförändringar som orsakas av vindkraftverk kommer att ha en bredare inverkan på strömmar, vågverkan och blandning i havsområdet, vilket också kommer att påverka vattentemperaturen enligt beskrivningen i föregående avsnitt och kan även kännas av på den svenska sidan. Modelleringen tyder på att yttemperaturen i vissa delar av havsområdet kommer att öka något, medan den kommer att minska i andra delar. Temperatureffekterna till följd av vindförändringen är huvudsakligen milda, under 1°C på månadsbasis, men förändringen kan

försena och bidra till isbildning även på den svenska sidan. Modelleringen tyder på att vätgasproduktionens påverkan på vattentemperaturen, särskilt på ett decentraliserat sätt, skulle vara mycket liten och att påverkan på den svenska sidan också skulle vara mycket liten.

Vindkraftsparker kommer sannolikt att ha måttliga/betydande sidoeffekter genom vindförändringar under driftfasen, särskilt om alla planerade projekt skulle genomföras. För revet indikerar modellering att vindförlust över ett ganska stort område kommer att påverka ytströmarna i havet och potentiellt ytterligare påverka temperatur, salthalt och skiktning. Effekterna på fiskar är svåra att bedöma utan mer detaljerade uppgifter.

Påverkan på fiskvandring kan också potentiellt vara måttlig om det finns flera hinder för fiskvandring, t.ex. kraftverksstrukturer över ett stort område på grund av flera projekt, dvs. fisk kan behöva ändra sina vandringsvägar i viss utsträckning om flera projekt skulle genomföras. Även om fiskar kan undvika hinder och har en hög benägenhet att simma mot lekfloder, och de flesta vandringar sker nära kusten, är den faktiska omfattningen av påverkan svår att uppskatta mer exakt på grund av brist på data.

På grund av projektområdets närhet till farleder kan det förekomma vissa mindre grumlings- och bullerinteraktioner med Polargrund-projektet under byggperioden, vilket kan orsaka mindre negativ påverkan på fiskar.

Negativa sidoeffekter för fisket från vindkraftsprojekt kan vara teoretiskt betydande, eftersom trålning kan förhindras helt på grund av vindkraftverkens placering. Det förekommer dock lite trålning i både Halla och Polargrunds havsbaserade vindkraftsparker, så den kumulativa påverkan på fisket anses vara försumbar.

9.17.2.3 Fåglar

Den fria sektorn mellan Halla och Polargrund är sydväst-nordost, i linje med den huvudsakliga riktningen för fågelflyttning som observerats i praktiken. Därför uppskattas det att om fåglar som flyttar från sydväst mot Halla-projektområdet skulle börja sin flyttning runt Halla-komplexet från väster, skulle korridoren mellan projektområdena vara tillräcklig för att låta fåglarna flytta genom den, och skulle därför inte också börja sin flyttning runt Polargrunds kraftverk, vilket redan skulle resultera i en betydligt längre flyttningsväg.

Den havsbaserade vindkraftsparken Omega sydväst om Halla ligger också delvis på samma sydväst-nordostliga flyttrutt, men det är troligt att majoriteten av de fåglar som flyttar genom projektområdet Halla kommer att flyga från sydost och öster om Omega.

På en bredare skala, för flyttfåglar, utöver de projekt som nämns ovan, kommer i princip alla projekt som ligger på samma flyttsträck att ha en kombinerad effekt. Det är dock mycket svårt, för att inte säga omöjligt, att exakt bedöma betydelsen av denna påverkan. När det gäller flyttfåglarnas långa flyttstråk förväntas en mindre förändring av det lokala flyttstråket inte ha någon påverkan av mer än mindre betydelse för de flesta vindkraftsparker.

På det hela taget förväntas inte betydelsen av påverkan på fåglar öka med de kombinerade effekterna, dvs. de är som mest av måttlig betydelse för östersjötrut och av mindre betydelse för andra fåglar.

Underhållstrafiken i samband med underhåll av den havsbaserade vindkraftsparken bedöms ha en mycket låg trafikpåverkan och därmed en mycket låg påverkan på fåglar på den svenska sidan.

9.17.2.4 Sjötrafik

Flera havsbaserade vindkraftsparker planeras i Bottenhavet. Betydelsen av de gränsöverskridande kombinerade effekterna på sjötransporter utan begränsningsåtgärder beräknas vara

stor negativ för båda projekialternativen vid gränsen till den svenska EEZ, om den nuvarande sjötrafiken genom Halla-området i betydande utsträckning skulle flyttas till Nordvalen-Kemi-sjöfartsrutten under drift och Polargrund-projektet ligger på västra sidan av rutten. Dessa två projekt kommer bland annat att förändra navigeringen från den nuvarande och öka risken för att ett fartyg kolliderar med ett vindkraftverk.

I synnerhet kommer genomförandet av de närliggande havsbaserade vindkraftsparkerna (Polargrund och Omega) att ha en betydande kombinerad inverkan på sjötrafiken, vilket skulle kunna ha betydande gränsöverskridande effekter om alla de för närvarande planerade havsbaserade projekten skulle genomföras, även om detta är mycket osannolikt.

Det finns ett antal sätt att mildra de negativa kumulativa effekterna av havsbaserade vindkraftsparker på sjötransporter. Det första är att fastställa tydliga och genomförbara säkerhetsavstånd mellan vindkraftsparker och sjötrafik, till exempel på grundval av en riskbedömning i samarbete med myndigheterna på internationell nivå.

9.17.2.5 Landskap

Andra aktörer för vindkraftsparker agerar också inom området. Fotomontage för kumulativ effekt har tagits fram för fotopunkt Frevisören. Det är i ytterskärgårdens zoner som en kumulativ effekt främst kan uppstå om ett större antal vindparker förändrar upplevelsen av landskapet som finns där idag med vida utblickar mot horisonten i en miljö som upplevs relativt orörd och naturlig. Vindparker som planeras inom svenska gränsen (om de får tillstånd och byggs), närmare fotopunkten, kommer med största sannolikhet uppfattas tydligare än Hallas verk som då hamnar bakom dessa.

Sammanfattningsvis har det större avståndet en mildrande påverkan på den förändring som kan uppstå i landskapsbilden av planerad vindpark. Det är främst i Norrbottenkustens ytterskärgårdszoner som verken kan skönjas i goda siktförhållanden. Närmare in mot kusten och innerskärgård minskar effekten av den visuella påverkan.

Kumulativa konsekvenser vid avveckling

Gränsöverskridande samverkan vid avveckling liknar den som sker under byggtiden, men är sannolikt mindre. I synnerhet kommer det att finnas kumulativa effekter om rivning av strukturer sker samtidigt på platser i närheten av varandra.

9.18 Konsekvenser vid avveckling

Det sista steget i livscykeln för en havsbaserad vindkraftspark är avveckling och återvinning av den utrustning och det avfall som genereras av den havsbaserade vindkraftsparken. Den planerade livslängden för dagens havsbaserade vindkraftverk är 25 år, vilket kan förlängas genom underhåll och utbyte av komponenter upp till mer än 40 år om konstruktionernas skick tillåter det.

Avvecklingsmetoderna för havsbaserade vindkraftsparker kommer att vara i linje med gällande lagstiftning och bästa praxis, och vindkraftsparken kommer att återställas i den utsträckning som krävs. Under avvecklingsfasen kommer ansträngningar att göras för att minimera miljöpåverkan. Avvecklingsåtgärderna är vindkraftsoperatörens ansvar.

Vindkraftverk och elstationer till havs kommer att demonteras och avlägsnas helt med samma plattform och metoder (i omvänd ordning) som vid installationen. Fundamenten kan avlägsnas helt eller delvis. Vid partiell borttagning kommer borttagningen att utföras på eller strax under havsbottenens nivå, medan den återstående delen lämnas kvar på plats. Kablar avlägsnas eller lämnas säkert på plats. Om det är nödvändigt att avlägsna kablarna är processen i princip densamma som vid kabelförläggning, men i omvänd ordning. Havsbotten kommer att störas

när kablarna lyfts ut. Eventuella erosionsskydd kommer sannolikt att sitta kvar eftersom de flesta antas ha sjunkit till havsbotten och det skulle orsaka mer skada om de togs bort än om de lämnades kvar.

Mer än 80–95 % av vindkraftverken kan återvinnas i modern tid. De mest massiva komponenterna är av metall och därför enkla att återvinna. Den hittills svåraste komponenten att återvinna är turbinbladen. Tillverkare av kraftverk har dock redan offentliggjort sina planer på helt återvinningsbara blad och teknik för bladåtervinning är under utveckling.

De potentiella gränsöverskridande effekterna av avvecklingen har behandlats för varje enskild anläggning under varje bedömningsavsnitt.

Konsekvenserna av avvecklingen kommer att bero på vilken metod och grad av avveckling som väljs vid den aktuella tidpunkten. Om endast en del av fundamenten tas bort kommer påverkan genom grumling och sedimentspridning att vara mindre allvarlig än om alla fundament tas bort, men ingen gränsöverskridande påverkan på vattenförekomster kan bedömas för något av alternativen. Det är dock osannolikt att alla fundament kommer att demonteras efter avslutad verksamhet och målet är att lämna åtminstone några av strukturerna på havsbotten, eftersom de kan ha bildat ett konstgjort rev och därmed, för ett annars mångsidigt djuphavsområde, kan förändringen ha varit positiv och haft en gränsöverskridande inverkan på artmångfalden. Ur den marina miljöns synvinkel kan det vara motiverat att delvis behålla strukturer på havsbotten. Rivningen av projektet kommer att genomföras i enlighet med gällande lagstiftning och i samråd med myndigheterna innan rivningsarbetet påbörjas.

9.19 Konsekvenser av att inte genomföra projektet (VE0)

Enligt nollalternativet genomförs inte projektet, dvs. den havsbaserade vindkraftsparken och andra relaterade verksamheter byggs inte. I nollalternativet realiseras inte miljökonsekvenserna av byggnation och drift, vilket innebär att det inte uppstår några konsekvenser på den svenska sidan, men inte heller projektets positiva konsekvenser för exempelvis klimat och regional ekonomi. I nollalternativet kommer havsbaserade vindkraftsprojektet inte att bidra till Finlands självförsörjning av energi eller till EU:s strävan att öka produktionen av förnybar energi och därmed minska skadliga utsläpp och klimatpåverkan.

De svenska naturförhållandena och människors välbefinnande kan dock komma att påverkas av andra planerade projekt på den svenska sidan, även om Halla havsbaserade vindkraftspark inte byggs.

Konsekvenserna av att inte genomföra projektet diskuteras i avsnittet om konsekvensbedömning för varje konsekvensområde.

10 Förslag till uppföljningsprogram

Enligt den finska miljöskyddslagen (YSL 86/2000) ska verksamhetsutövaren vara medveten om verksamhetens miljökonsekvenser. I miljötillståndsbeslutet krävs vanligen ett program för uppföljning av konsekvenserna för stora projekt. Syftet med uppföljningen är att

- Ge information om projektets konsekvenser med beaktande av bl.a. målen för vatten- och havsskötseln
- Identifiera de förändringar som kommer att bli följden av projektets genomförande.
- Fastställa hur resultaten av konsekvensbedömningen återspeglar verkligheten
- Fastställa hur framgångsrika de begränsande åtgärderna är
- Vidta nödvändiga åtgärder i händelse av oförutsedda betydande negativa effekter.

Övervakningsskyldigheterna fastställs i tillståndsvillkoren i beslutet om projektgodkännande och ett formellt övervakningsprogram godkänns av miljömyndigheten.

MKB-rapporten ska innehålla ett förslag till ett nationellt övervakningsprogram för projektet. Övervakningen ska omfatta de viktigaste miljökonsekvenserna som har framkommit under utarbetandet av MKB:n. Övervakningen ska ge information om påverkan under uppförande och drift av vindkraftverken.

I detta kapitel beskrivs översiktligt innehållet i övervakningsprogrammet för projektets miljö-påverkan, inklusive, i förekommande fall, potentiella gränsöverskridande effekter. Kontrollprogrammet har utformats med beaktande av att statsrådets forskningstillstånd för Halla-projektet endast omfattar forskning inom Finlands ekonomiska zon (EEZ).

Kontrollprogrammet preciseras i samband med tillståndsansökningarna enligt vattenlagen (587/2011) och miljöskyddslagen (527/2014) och godkänns alltid av NTM-centralen innan byggandet inleds. Både vattenlagens och miljöskyddslagens tillståndsförfaranden omfattar internationellt samråd.

10.1 Fåglar

När det gäller fågellivet är den största osäkerheten i konsekvensbedömningen den årliga variationen i fåglarnas flyttning genom projektområdet och bristen på kunskap om fåglarnas nattflyttning. Det finns för närvarande ingen information om fåglarnas beteende i området för havsbaserade vindkraftsparker under finska förhållanden.

Fågelundersökningar bör slutföras under de kommande tillståndsfaserna och under bygg- och driftsfågelundersökningar. Observationerna före byggandet kommer att fungera som en baslinje för övervakningen och komplettera den befintliga informationen om situationen i Halla-området före byggandet av den havsbaserade vindkraftsparken samt den information som erhållits under studierna. Övervakning av fåglars migration och födosöksflygningar i området för den havsbaserade vindkraftsparken under anläggning och drift kommer att ge viktig information om flyttfåglarnas beteende i det område som påverkas av kraftverken. Kompletterande observationer och övervakning kommer också, där så är möjligt, att inriktas på att upptäcka nattlig migration med hjälp av fågelskådningstekniker. Resultaten kommer att användas för att identifiera möjliga åtgärder för att säkerställa att genomförandet av projektet inte kommer att ha någon betydande inverkan på flyttande, födosökande eller rastande fåglar.

Tekniska metoder, såsom fågelradare, kommer att vara föremål för kontinuerlig utveckling och de övervaknings- och kontrollmetoder och tekniker som ska användas kommer att väljas i samråd med experter och projektutvecklaren, med hänsyn till feedback från Sverige där så är möjligt.

10.2 Buller

Om det behövs kan bullerövervakning utföras genom mätningar på följande platser:

- Övervakning av undervattensbuller vid två mätpunkter i vindparksområdet, varav en kan vara belägen nära Merikalla Natura 2000-område. Mätperioderna kommer att schemaläggas så att de sammanfaller med byggandet av fundamentet (i synnerhet eventuella pålningsfaser) och driften av den havsbaserade vindkraftsparken, när alla turbiner är i drift samtidigt.
- Under driftfasen kan bullerövervakning vid behov utföras vid de närmaste exponerade platserna på den finska sidan, i enlighet med YM:s instruktion 4/2014. Fastigheter på

den svenska sidan förväntas inte påverkas och därför kommer ingen bullerövervakning att utökas där. Eftersom förhållandena kan vara krävande när det gäller signal-brus-förhållandet (svag signal och starkt bakgrundsbrus på grund av vind- och vågbrus) måste mätningen utföras noggrant och förmodligen på ett visst avstånd från strandlinjen för att minska vågbruset. Det rekommenderas också att mätningar görs vid en något lägre vindhastighet, så att resultaten vid referensvindhastigheten kan extrapoleras från regressionsresultaten. Riktlinjerna medger detta.

Dessutom kan projektets modell för vattenburet buller förfinas, t.ex. med uppgifter om bullerpåverkan för den typ av kraftverk som ska genomföras under vattentillståndsfasen, om de skiljer sig från dem som presenteras här.

10.3 Vattendrag, undervattensnatur och fiskar

För att övervaka påverkan under anläggningen av den havsbaserade vindkraftsparken och eventuella vätgasgenererings- och överföringskablar och/eller vätgasrör kommer **övervakning av vattenkvaliteten** att utföras under grumlande arbeten. Övervakningen kommer till exempel att utföras genom att kombinera kontinuerliga automatiska mätningar med periodisk vattenprovtagning. Övervakningen kommer att utföras i närheten av arbetena på olika djup, med hänsyn till de relevanta övervakningsparametrarna. Vattenkvaliteten kommer att övervakas under arbetena när vattenförorenande aktiviteter som muddring och nedgrävning av kabel/vätgasrör utförs. Antalet övervakningspunkter kommer att planeras i ett senare skede.

Övervakningen kommer att utföras genom att vattenprover tas i närheten av arbetsplatsen på ett avstånd av ca 50 m i medvind från ytan (1 m), 1 m över botten och mitt i vattnet om vattendjupet är större än 6 m. Proverna ska analyseras med avseende på åtminstone temperatur, elektrisk ledningsförmåga, pH, grumlighet, fasta partiklar, totalfosfor, fosfatfosfor, to-talkväve och syrehalt.

Om vattenförekomsten är synligt grumlig tas ytterligare prover i grumlighetens riktning med intervaller på ca 200–300 m tills ingen grumlighet längre kan påvisas. Förutom proverna registreras väderförhållanden och sensoriska observationer av vattenkvaliteten och platserna fotograferas.

Det föreslås att övervakningen utförs en gång, ca 2 veckor innan arbetena påbörjas, och varannan vecka under arbetena. I undantagsfall kommer myndigheten att rådfrågas och ytterligare övervakning kommer att utföras vid behov. Under muddrings- och deponeringsarbetena kommer spridningen av grumlighet, i synnerhet mot Merikalla Natura 2000-område, också att övervakas med hjälp av en kontinuerlig grumlighetsmätare. Mätaren kommer att placeras i området mellan anläggningen och den närmaste gränsen till Natura 2000-området och kommer att flyttas vid behov allteftersom arbetet fortskrider.

Resultaten av övervakningen kommer att rapporteras till den finska övervakningsmyndigheten årligen under det kalenderår som följer på övervakningsåret. I rapporteringen utnyttjas även öppna satellitdata från Finlands miljöcentral (TARKKA-tjänsten).

På byggarbetsplatsen följer entreprenören också upp verkningarna av arbetena och grumligheten genom att föra dagbok över väderförhållandena, arbetstiderna och typen av arbeten som kan påverka vattenkvaliteten när grumlande arbeten utförs. Åtgärder som begränsar användningen av vattendraget registreras också. Anläggningsdagboken ska sparas i minst fem år efter det att arbetet har slutförts. På begäran ska dagboken lämnas in till tillsynsmyndigheten.

Ovanstående övervakning kommer att ge information som också möjliggör en bedömning av eventuella gränsöverskridande effekter på vatten under byggtiden.

Ingen övervakning av vattenkvaliteten under driften av vindkraftsparkerna föreslås. När det gäller övervakning under driften av vätgasproduktionen föreslås att parametrar som värmebelastning och salthalt övervakas. Övervakning under drift föreslås utföras cirka 4 gånger per år, baserat på den uppskattade låga och lokala påverkan av belastningen från den havsbaserade vätgasproduktionen. Modelleringen visar att påverkan från vätgasproduktionen är mycket lokal och ovanstående övervakning förväntas ge tillräcklig information för att bedöma potentiell gränsöverskridande påverkan.

Bottenfaunaövervakning kommer att utföras på mjukbottnar i området för både vindkraftsparken och de utvalda energiöverföringsrutterna före och efter byggnationen. De prover som samlas in under MKB-fasen kommer att bidra till den förberedande övervakningen. Eftersom MKB-fasen redan har flera års undersökningsdata föreslås det att endast ett prov tas före byggandet, vilket ger information om variationer mellan åren som komplement till de tidigare provserierna. Efter byggnationen föreslås att ett enda prov tas. Det föreslås att bentiska organismer övervakas under driftperioden, t.ex. en gång vartannat år efter att parken har startat, för att ge en övergripande bild av återhämtningen av den bentiska faunan i området efter konstruktionen och om bentiska organismer har koloniserat områden med mjukbotten efter konstruktionen (t.ex. områden där energiöverföringsstrukturer sjunker till botten och mjukt sediment ackumuleras ovanpå).

För att övervaka den havsbaserade vindkraftsparkens påverkan under anläggning och drift föreslås att arter och habitat av vattenväxter och alger övervakas med hjälp av dyklinor och/eller dropvideoundersökningar, och i grunda områden genom vadning/snorkling i öppet vatten under hela anläggningsperioden, en gång per säsong. Övervakningen kommer att omfatta visuell observation av arttrender och sedimentering på botten och ovanpå växtligheten. Övervakningsplatser kommer att placeras i Merikalla Natura 2000-område och på reven i området för havsbaserade vindkraftsparker för att övervaka effekterna av förändringar i sedimentation som orsakas av byggnation och potentiella förändringar i strömmar på reven och undervattenssandbankar i området.

Det föreslås att vegetationsdykarlinjer upprättas längs eller i skyddade områden längs kabel- och vätgasrörssträckningar, huvudsakligen i finskt territorialvatten, för att övervaka anläggningens effekter på arter och livsmiljöer samt sedimentationsnivåer. Dessutom bör förändringar i artsammansättningen i landningsområdena i Finland övervakas.

Övervakningslinjerna kommer att undersökas innan anläggningsarbetet påbörjas, under anläggningsarbetet, efter att anläggningsarbetet har avslutats och med regelbundna intervall under driften. Resultaten kommer att användas för att bedöma de negativa effekterna av eventuella förändringar och för att ändra byggmetoderna vid behov (t.ex. genom att lägga till grumlighets- och sedimentbarriärer i havsområdet eller ändra installationen av kraftledningar).

Resultaten av övervakningen kommer att ge baslinjeinformation om det havsbaserade vindkraftsprojektets påverkan på den marina undervattensmiljön, som för närvarande är knapphändig längs den finska kusten. Detta kommer att bidra till att bedöma effekterna av havsbaserade vindkraftsprojekt i framtiden.

Konsekvenserna av den havsbaserade deponeringen i samband med byggnationen kommer att övervakas före, under och efter deponeringsprocessen tills inga ytterligare konsekvenser observeras. Övervakningen av deponeringsplatsen kommer att omfatta turbiditet och vattenkvalitet. Detta kommer att möjliggöra en bedömning av de potentiella gränsöverskridande effekterna av en marin deponeringsplats i den ekonomiska zonen.

Övervakningen av fisket kommer att genomföras med hjälp av ett fiskebokföring och en fiskeriundersökning. Övervakningen av kommersiella fiskares fångster kommer att bedöma projektets inverkan på kommersiellt viktiga fiskarter, i synnerhet vandringsfisk och strömming. Övervakningen kommer att utföras före och efter byggnation och under drift, enligt en senare vald rumslig fördelning. På begäran av myndigheten kan övervakningen även komma att omfatta svenska fiskare som kan komma att fiska i området, men som såvitt nu är känt inte existerar.

Utöver ovanstående kommer vandringsfiskens beteende och eventuella förändringar i vandringsvägarna att undersökas genom intervjuer eller enkäter med fritidsfiskare 3 år efter installationen av den havsbaserade vindkraftsparken. Undersökningen kommer att riktas till dem som fiskar i området.

Övervakningsmetoderna och frekvensen kommer att avtalas med Finlands miljö- och landsbygdsutvecklingsbyrå (ELY-centralen) under vattentillståndsfasen och ett mer detaljerat övervakningsprogram kommer att godkännas av ELY-centralen innan byggandet påbörjas.

11 Termer förkortningar

Följande termer och förkortningar har använts i MKB-rapporten:

TERM	FÖRKLARING
Gräns för territorialvatten	Territorialvatten delas in i inre territorialvatten och yttre territorialvatten, eller territorialhavet. Territorialhavet är under statlig kontroll, yttre territorialhavet = gräns mellan stater
CO₂	Koldioxid.
dB(A), decibel	Enhet för ljudvolym. En ökning av bullernivån med tio decibel (= 1 dB) innebär en tiofaldig ökning av ljudenergin. Vid bullermätningar används filter för att vika olika frekvenser olika. Det vanligaste är det s.k. A-filtret, som används för att mer exakt beskriva ljudets effekt på människan.
NTM-central	Närings- trafik- och miljöcentral.
Sträcka för energiöverföring	En energiöverföringsväg avser antingen en undervattenskabel som transporterar el eller ett vätgasrör som transporterar vätgas. Det används endast för sträckningar där både sjökabeln och vätgasrören är aktuella.
FINIBA-område	Finskt viktigt fågelområde.
IBA-området	Internationellt viktigt område för fåglar och biologisk mångfald.
Projektområde	I denna MKB-rapport avses med projektområdet det havsområde där vindkraftverken kommer att placeras och områdena för sjökabelrutterna, vätgasrörssträckningen och den kontinentala elöverföringen. Dessutom omfattar projektområdet de havsbaserade deponeringsområdena.
kV	Kilovolt, en enhet för spänning.
LAeq	Ljudnivå A används för att bedöma graden av störning från omgivningsbuller. A-vägningen är avsedd att bedöma den bullerstörning som upplevs av människor. När ett enda tal används för att beskriva varierande bullernivåer under en lång tidsperiod och de negativa effekter på hälsa eller komfort som människor upplever, används den genomsnittliga ljudnivån. Andra namn för den genomsnittliga ljudnivån är ekvivalent A-ljudnivå och ekvivalent B-ljudnivå, och dess symbol är LAeq. Den genomsnittliga ljudnivån är inte bara ett enkelt medelvärde av bullrets ljudnivå. Kvadraturen i definitionen innebär att ljudtryck över genomsnittet får en mer uttalad viktning i slutresultatet.
MAALI-området	Nationellt viktigt fågelområde.
Begränsning	Mitigation eller begränsning är relaterat till riskhantering. Det innebär att minska effekterna av olika risker och hot och att presentera metoder för att hantera dem.

TERM	FÖRKLARING
m mpy	Meter över havsnivån.
MW	Megawatt, en enhet för energiproduktion (1 MW = 1 000 kW).
MWh (GWh, TWh)	Megawattimme (gigawattimme), energienhet (1 GWh = 1000 MWh, 1 TWh = 1000 GWh).
SAC-område	Särskilda bevarandeområden (SAC), ett område som enligt habitatdirektivet valts ut för att ingå i Natura 2000-nätet.
SPA-område	Område som valts ut som Natura 2000-område enligt fågeldirektivet (särskilt skyddsområde).
SVA	Bedömning av sociala konsekvenser.
Ekonomisk zon	Finlands exklusiva ekonomiska zon (EEZ) är ett havsområde utanför Finlands territorialvatten, där finska staten har rätt att utforska och exploatera levande och icke-levande naturresurser. Den ekonomiska zonen omfattas också av finsk lag om skydd av den marina miljön. Alla stater har rätt till fri navigering och överflygning i zonen.
Förlust på grund av vindskugga	En turbin bromsar vinden och den bromsade vinden förs vidare till nästa turbin om den är placerad bakom den aktuella turbinen. En sådan händelse kallas vindskugga. Detta fenomen kan minskas genom att placera turbinerna på tillräckligt avstånd från varandra.
MKB-program	I MKB-programmet beskrivs projektområdets nuvarande tillstånd och en plan för vilka konsekvenser som kommer att undersökas under MKB-fasen och hur undersökningarna kommer att genomföras.
MKB-rapport	I MKB-rapporten presenteras resultaten av konsekvensbedömningarna och de jämförs per projekterativ. I rapporten presenteras också begränsningsåtgärderna och en beskrivning av övervakningen av konsekvenserna.

12 Källförteckning

AFRY Sverige 2024. Visuell påverkan på landskapsbilden - gränsöverskridande sammanhang. OX2. Vindkraftspark 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.

Artportalen 2024. [<http://www.artportalen.se>] (1.9.2024)

Airaksinen, O. & Karttunen, K 2001. Natura 2000 -luontotyyppiopas. 2. korjattu painos. [<https://helda.helsinki.fi/items/c8deecae-ad03-4701-97d0-7dc2a9559adb>] (1.5.2024)

Boverket 2021. Yrkesfiske. [<https://www.boverket.se/sv/PBLkunksaps-banken/planering/oversiktsplan/allmanna-intressen/hav/maritima-naringar/yrkesfiske/>] (9.7.2022)

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)

Forsberg, Å. & Pekkari, S. 1999. Undersökningar av undervattensvegetation och vattenkemi i nordligaste Bottenviken.

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 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)

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 Fennoskandia. ARCUM - Arctic Research Centre at Umeå University.

Havs och vattenmyndigheten 2024. Havsplanering [<https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/havsplanering.html>] (23.5.2024)

Havs- och Vattenmyndigheten 2019. Bottniska viken. [<https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/havsplanering/havsplaner/forslag-till-havsplaner/bottniska-viken.html>] (1.9.2019)

Havs- och Vattenmyndigheten 2018. Geodata över fångstdata 2009-2018.

Helcom 2019. Helcom MPAs. [<https://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/api/records/d27df8c0-de86-4d13-a06d-35a8f50b16fa>] (1.6.2024)

Ilmasto-opas 2022. Pohjois-Pohjanmaa – Perämeren vaikutuspiirissä. [<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/pohjois-pohjanmaan-lansiosa-perameren-vaikutuspiirissa>] (15.12.2023).

Ilmatieteen laitos 2023b. Lämpötila- ja sadekarttoja vuodesta 1961. [<https://www.ilmatie-teenlaitos.fi/karttoja-vuodesta-1961>] (15.12.2023).

Ilmatieteen laitos 2022a. Jäätalvet. [<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/jaatalvet>]

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)

Kaskela A. ja Rinne, H. 2018. Vedenalaisten Natura-luontotyyppien mallinnus Suomen merialueella. GTK:n tutkimustyöraportti 6/2018.

Korpinen, S., Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T. & Ekebom, J. (toim.) 2018. Suomen meriympäristön tila 2018. SYKEN julkaisuja 4. Suomen ympäristökeskus.

Koschinski & Lüdemann 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.

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.

Lindfors, A., Meriläinen, T. & Vatanen, S. 2022. OX2 Halla -alueen sedimentti- ja pohja-eläinnäytteenoton sekä virtaus- ja vedenlaatutarkkailun tulokset 2022.

Lindfors, A., Meriläinen, T. & Vatanen, S. 2023. OX2 Halla -alueen sedimentti- ja pohja-eläinnäytteenoton tulokset 2023.

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://juku.kuri.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)

Merialuesuunnittelu 2023. Merialuesuunnitelma 2030. [<https://meriskenaariot.info/merialuesuunnitelma/suunnitelma-johdanto/>] (24.10.2023)

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)

Naturvårdsverket (2023). Finland planerar ny havsbaserad vindkraftspark i norra Bottenviken, Halla. [<https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/internationellt-miljoarbete/internationella-miljokonventioner/esbokkonventionen--om-information-till-grannlander/finland-planerar-ny-havsbaserad-vindkraftspark-i-nor-ra-bottenviken/>] (17.4.2024)

Niras 2023a. Hallan merituulivoimapuisto, hydrodynamiikka, sedimentin ja suolaveden leviämisen mallinnus -raportti.

Niras 2023b. Vedenalaisen melun vaikutustenarviointi, kalat ja merinisäkkäät - raportti.

Njörd Offshore Wind Ab 2022. VINDPARKEN BOTHNIA OFFSHORE OMEGA. Samråds-handling 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>]

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.

Pohjanmaan liitto 2023. Merialuesuunnittelu. [<https://www.obotnia.fi/fi/aluesuunnittelu/merialuesuunnittelu/>] (24.10.2023)

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2021. Oulujoen-Iijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027. [<https://www.doria.fi/handle/10024/183746>]

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2023b. Maakuntakaavoitus. [<https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/kehittaminen/maakuntakaava/>] (10.11.2023).

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2023c. Merialuesuunnittelu. [<https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/kehittaminen/merialuesuunnittelu/>] (15.11.2023)

Pohjois-Pohjanmaan liitto 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).

Brahestad 2023. Brahestadn kaupunki > kaavoitus > Maanahkiaisen merituulivoimapuiston osayleiskaava. [<https://www.Brahestad.fi/kaavoitus/maanahkiaisen-merituulivoimapuiston-osayleiskaava-0>] (7.5.2024)

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)

Seinä, A. & Peltola, J. 1991. Jäätälven kesto aika ja kiintojään paksuustilastoja merialueilla 1961–1990 / Duration of the ice season and statistics of fast ice thickness along the Finnish coast 1961–1990. Finnish Marine Research, N:o 258.

Skyborn Renewables Offshore Finland Oy 2024. Pooki. [<https://www.skybornrenewables.com/markets/finland/local>] (8.5.2024)

SGU 2022. Kontinentalsockellagen. <https://www.sgu.se/samhallsplanering/marinmiljo/kontinentalsockellagen/?msckid=d6b6ed70b0df11ec8f31f11b7e46fdf9> (1.3.2022)

Skyborn Renewables Sweden AB 2024. Polargrund Offshore. [<https://www.skybornrenewables.com/markets/sweden>] (23.5.2024)

Skyborn Renewables 2024b. Sähköpostitiedonanto liittyen voimaloiden sijoittelun paikkatietoon. OX2 - Skyborn Renewables. 19.3.2024

SMHI 2021. SHARKweb. Retrieved from <https://sharkweb.smhi.se/hamta-data/> (1.3.2022)

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 Kiisa-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)

Säteilyturvakeskus 2024. Asiantuntija Vartti V.-P. sähköpostikeskustelu 10.10.2024.

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)

Vasama, J. & Leinikki, J. 2023. Hallan merituulivoimapuiston vedenalaiset selvitykset 2022–2023.

Waldo S. & Lovén I. 2019. Världen i svenskt yrkesfiske. AgriFood Economics centre.

wpd 2022. Polargrund Offshore; Kuulemisasiakirja; Espoon yleissopimuksen mukainen kuuleminen. [https://www.skybornrenewables.com/markets/sweden/local/polargrund_offshore] (8.5.2024)

Ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2024. Polargrund Offshore -merituulipuisto Perämerellä, Ruotsi. Kansainvälinen kuuleminen. [<https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vai-kuta/ymparistovaikutusten-arviointi/polargrund-offshore-merituulipuisto-peramerella-ruotsi>] (1.8.2024)



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)

Ympäristöministeriö 2023a. Euroopan unionin ilmasto-politiikka. [<https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>] (13.9.2023).

Östersjön.fi 2024. [<https://www.ostersjon.fi/fi-FI/>, <https://paikkatieto.ymparisto.fi/vel-muviewers/>] (1.5.2024)