

Machine translation for the purpose of ESPOO consultation.

Please note that only Chapter 15 of the EIA (Sw. MKB) has been reviewed by a Finnish speaker; the other chapters and documents have been translated by machine.

Please contact Madelene.Andersson@vinge.se if there are any unclarities regarding the translations.



Statkraft

marraskuu 2024

Liite 3.7 - Meren biologinen tutkimus

Bothnia Offshore Lambda North

Valmistelija:

Pelagia Nature & Environment AB

Päiväys

20. marraskuuta 2024





PELAGIA

Raportti 2024-11-20

**MERIBIOLOGINEN
PERUSTILASELVITYS JA
VAIKUTUSTEN ARVIOINTI -
LAMB DAN TUULIPUISTO**

Statkraftin puolesta

Kirjoittaja:

Suoraan:

Laadun tarkistanut:

Johan Lidman
Johanna Nadmyr
Johnny Berglund
Kenneth Karlsson
Madelene Fridell
Madelene Fridell
Rickard Degerman
Tobias Österberg

Johnny.berglund@pelagia.se

Johnny Berglund

Kartat:

Julkaistu Metria AB:n luvalla, Katso Ruotsin sopimus ja Lantmäteriets open data.



Ruotsin akkreditointi- ja vaatimustenmukaisuudenarvointilautakunta (SWEDAC) akkreditoi laboratoriot Ruotsin lainsäädännön mukaisesti. Laboratorioiden akkreditoitu toiminta täyttää ISO/IEC 17025:2017 -standardin vaatimukset.

Tätä raporttia saa jäljentää kokonaisuudessaan ainoastaan, ellei raportin laatinut laboratorio ole antanut etukäteen kirjallista lupaa päinvastaiseen.

Luonnonympäristön
asiantuntijat

Pelagia Nature & Environment AB
Fredsgatan 1 (Umestan Business Park) 903
47 Umeå (Uumaja)

Puh: 090-70 21 70
Mail: info@pelagia.se
www.pelagia.se



Tiivistelmä

Statkraft Offshore Wind AB aikoo hakea lupaa perustaa Bothnia Offshore Lambda (Lambda) -nimisen merituulipuiston eteläiselle Perämerelle Hudiksvallin lähelle. Pelagia Nature & Environment AB on Statkraftin toimeksiannosta tutkinut olosuhteet ja arvioinut suunnitellun toiminnan vaikutuksia kaloihin, pohjaeläimistöön ja -kasvistoon sekä merinisäkkäisiin. Tutkimus sisältää myös arvioinnin kumulatiivisista vaikutuksista ja vaikutuksista ympäristön laatustandardeihin.

Hankealue sijaitsee noin 30 kilometrin päässä mantereesta ja on suhteellisen syvällä. Syvyys vaihtelee noin 35-88 metrin välillä, ja keskimääräinen syvyys on 62 metriä. Alueella ei ole selviä riuttarakenteita tai rannikon edustalla olevia penkereitä. Etäisyyden rannasta ja suhteellisen suuren syvyyden vuoksi ei odoteta olevan merkittäviä kalojen kutualueita, pohjakasvillisuuden odotetaan olevan olematonta ja pohjaeläimistön oletetaan olevan vähäistä. Hylkeet käyttävät varmasti hankealuetta ruokailuun, mutta se ei todennäköisesti ole tärkeä alue.

Rakennusvaiheessa paalutuksesta aiheutuvan vedenalaisen melun odotetaan aiheuttavan vähäisiä vaikutuksia, jotka ulottuvat hankealueen ulkopuolelle. Rakentamisaikavaiheessa voi kohdistua kielteisiä vaikutuksia lähinnä silakoihin ja harmaahylkeisiin. Muilla vaikutustekijöillä, kuten elinympäristön muutoksilla, sedimenttien leviämällä ja sähkömagneettisilla kentillä, ei odoteta olevan vaikutuksia merikasveihin ja -eläimiin tai niiden odotetaan jäävän vähäisiksi.

Toimintavaiheessa Lambda-tuulipuiston odotetaan aiheuttavan vähäisiä tai lievästi myönteisiä vaikutuksia meriympäristöön. Perustusten ja eroosiosuojan muodossa luotujen fyysisten rakenteiden aiheuttaman elinympäristömuutoksen odotetaan luovan riittovaikutuksen, joka mahdollistaa kovapohjaisten lajien kiinnittymisen ja houkuttelee kaloja ja hylkeitä.

Lambdan tuulipuiston käyttöä on arvioitu 40-45 vuotta, ja merituulivoiman nopean kehityksen vuoksi on vaikea arvioida käytöstäpoistovaiheen vaikutuksia. Pahimmassa tapauksessa käytöstäpoistolla on samanlaiset seuraukset kuin tuulipuiston rakentamisella. Seuraavassa taulukossa 1 on yleiskatsaus kunkin vaiheen ja eliöryhmän vaikutusarviointeihin.

Lambdan tuulipuiston osalta kuvattujen toimien ei katsota vaikuttavan mahdollisuuteen säilyttää tai saavuttaa Perämeren vakiintuneet ympäristölaatuvaatimukset.

Perämerellä on useita tuulipuistoja, jotka ovat jättäneet lupahakemuksia. Kumulatiivisten vaikutusten odotetaan syntyvän pääasiassa rakennusvaiheessa, koska tuulipuistojen aikataulut ovat arviolta päällekkäiset. Tällöin lähinnä vedenalainen melu ja vähäisessä määrin sedimenttien leviäminen voivat olla päällekkäisiä ja voimistaa toistensa vaikutuksia. Erityisesti paalutustoiminnasta aiheutuva vedenalainen melu voi aiheuttaa kumulatiivisia vaikutuksia, joilla on pieniä tai kohtalaisia kielteisiä vaikutuksia, varsinkin kun rakennustyöt voivat kestää noin kahdeksan vuotta, jos kaikki suunnitelmat toteutuvat. Kun puistot ovat toiminnassa, arvioituihin kasvi- ja eläinlajeihin kohdistuvien vaikutusten odotetaan olevan vähäisiä tai myönteisiä.

Taulukko 1. Yhteenveto vaikutusten arvioinneista, jotka koskevat kutakin organismiryhmää kunkin vaikutustekijän osalta rakentamis-, käyttö- ja käytöstäpoistovaiheessa.

Vaikuttava tekijä	tyynyri	Kala	Pohjaeläimistö	Pohjakasvillisuus	Merinisäkkäät
Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus	Kasvi	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen
	Drift	Vähäiset tai vähäiset myönteiset vaikutukset	Myönteiset seuraukset	Myönteiset seuraukset	Vähäiset tai vähäiset myönteiset vaikutukset
	Käytöstäpoisto	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen	Vähäinen vaikutus	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen
Kiintoaine ja laskeuma (*saasteet mukaan luettuina).	Rakentaminen	Vähäinen vaikutus	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen*	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen*	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen
	Drift	-	-	-	-
	Käytöstäpoisto	Vähäinen vaikutus	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen*	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen*	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen
Vedenalainen melu	Kasvi	Vähäiset tai vähäiset kielteiset vaikutukset lajista riippuen.	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen	-	Pienet kielteiset vaikutukset
	Drift	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen	-	Vähäinen vaikutus
	Käytöstäpoisto	Vähäiset tai vähäiset kielteiset vaikutukset lajista riippuen.	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen	-	Pienet kielteiset vaikutukset
Sähkömagneettiset kentät	Kasvi	-	-	-	-
	Drift	Vähäinen vaikutus	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen	-	-
	Käytöstäpoisto	-	-	-	-

Sisällysluettelo

1.	TAUSTA JA TARKOITUS	1
2.	HANKKEEN KUVAUS	2
3.	YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIMENETELMÄ	3
3.1	Vaikutustenarviointien arviointimenetelmät	3
3.2	Rajaukset	4
4.	HANKKEEN ODOTETUT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	5
4.1	Kasvi	5
	Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus	5
	Kiintoainepitoisuus ja sedimentaatio	6
	Vedenalaiset äänet	13
	Sähkömagneettiset kentät	15
4.2	Drift	15
	Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus	15
	Kiintoainepitoisuus ja sedimentaatio	16
	Vedenalainen melu	16
	Sähkömagneettiset kentät	17
4.3	Käytöstäpoisto	17
	Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus	18
	Kiintoainepitoisuus ja sedimentaatio	18
	Vedenalaiset äänet	18
	Sähkömagneettiset kentät	18
4.4	Lambdan tuulipuiston lähialueilla harjoitettava toiminta	19
5.	EDELITYKSET JA SEURAUKSET	21
5.1	Kala	21
5.1.1	Rakentaminen	26
5.1.2	Drift	29
5.1.3	Käytöstäpoisto	31
5.1.4	Kumulatiiviset vaikutukset	32
5.2	Pohjaeläimistö	33
5.2.1	Rakentaminen	35
5.2.2	Drift	36
5.2.3	Käytöstäpoisto	38
5.2.4	Kumulatiiviset vaikutukset	38
5.3	Pohjakasvillisuus	39
5.3.1	Rakentaminen	40
5.3.2	Drift	41
5.3.3	Käytöstäpoisto	41
5.3.4	Kumulatiiviset vaikutukset	42
5.4	Merinisäkkäät	43
5.4.1	Rakentaminen	49

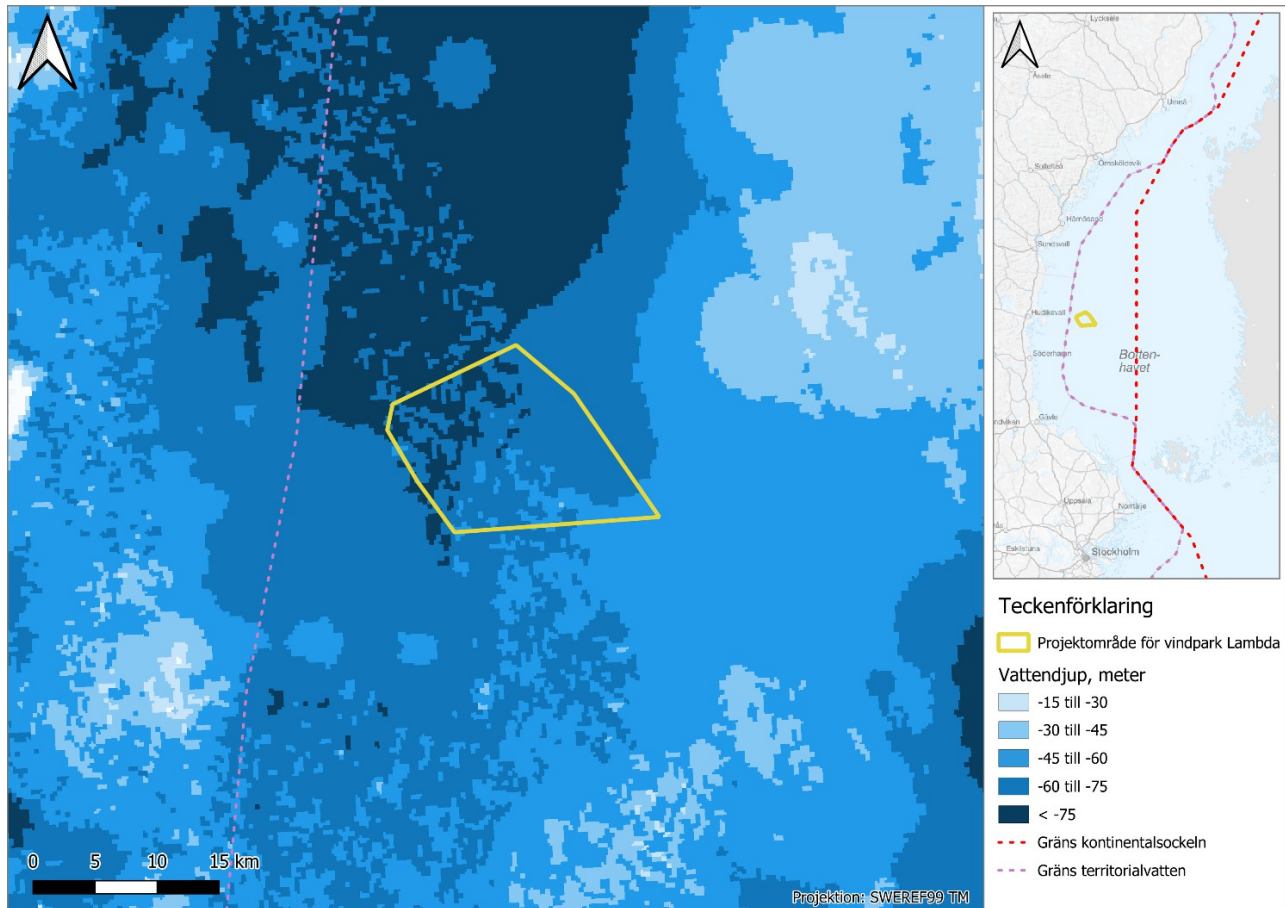


5.4.2	Drift.....	51
5.4.3	Käytöstäpoisto.....	51
5.4.4	Kumulatiiviset vaikutukset	52
5.5	Suojellut alueet	53
5.5.1	Vaikutukset suojelualueisiin	54
5.6	Ympäristövaikutukset ympäristölaatunormeihin	55
5.6.1	Hankealue	55
5.6.2	Meriympäristön tilaan kohdistuvien vaikutusten arviointi.....	55
5.6.3	Ympäristölaatunormeihin kohdistuvien vaikutusten arviointi	62
6.	KOKONAISARVIOINTI	67
7.	VIITTEET	71



1. Tausta ja tarkoitus

Statkraft Offshore Wind AB, jäljempänä 'Statkraft', aikoo tutkia mahdollisuuksia perustaa merituulipuisto, hanke Bothnia Offshore Lambda, jäljempänä 'Lambdan tuulipuisto', joka sijaitsee Perämerellä Hornslandetin ja Hudiksvallin itäpuolella, ks. kuva 1.1. Pelagia Nature & Environment AB:ltä, jäljempänä 'Pelagia', on pyydetty tutkimuksia kalojen, pohjaeläimistön ja -kasviston sekä merinisäkkäiden osalta vaikutusalueella sekä ympäristömyrkyjen selvittämistä. Nykytilanteen kuvauksen lisäksi tutkimuksessa arvioidaan Lambdan tuulipuiston rakentamisen, käytön ja käytöstä poistamisen aikaisia vaikutuksia ja seurauksia edellä mainittuihin eliöryhmiin sekä arvioidaan kumulatiivisia vaikutuksia ja vaikutuksia ympäristön laatuunormeihin.



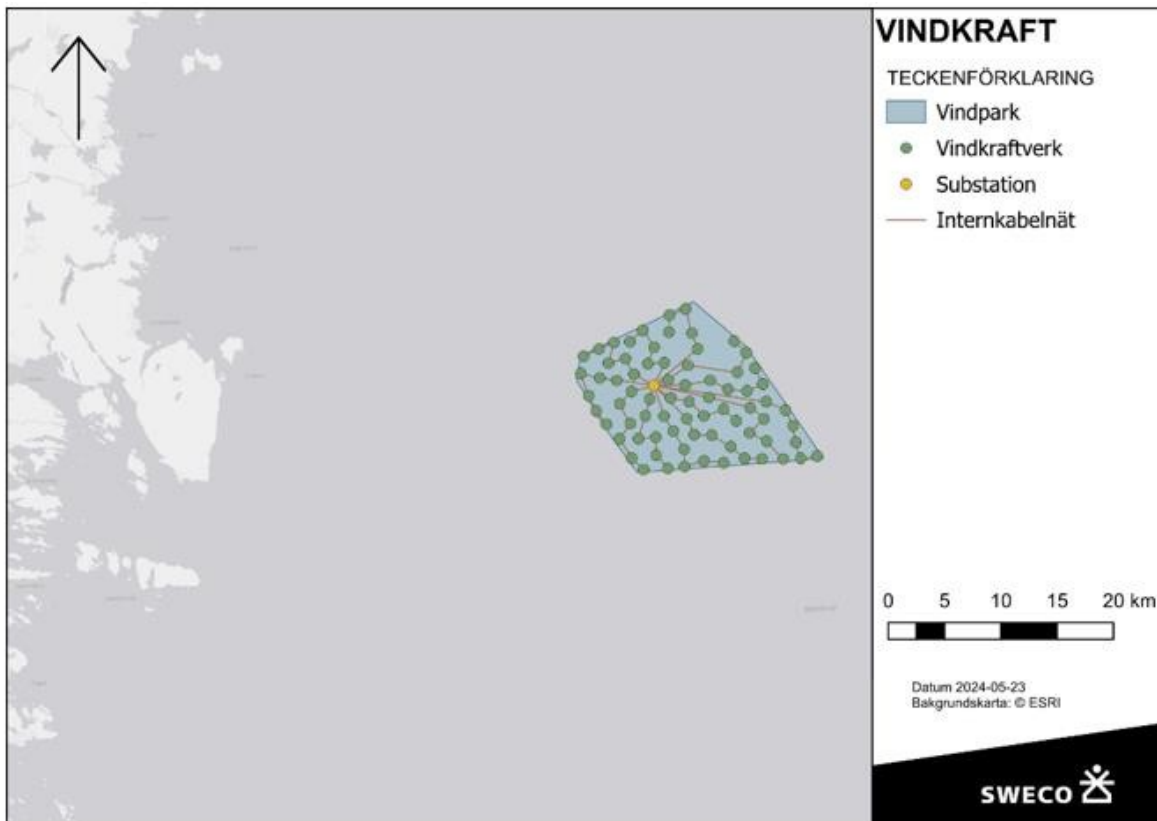
Kuva 1.1. Yleiskatsaus Lambdan tuulipuiston hankealueeseen, jossa sininen väriasteikko osoittaa syvyyden välein legendan mukaisesti. Kuvassa on yleiskuva hankealueen sijainnista Perämerellä sekä suhteessa Ruotsiin ja Suomeen.

2. Hankkeen kuvaus

Lambdan tuulipuiston hankealue sijaitsee eteläisellä Selkämerellä Hudiksvallin kohdalla Ruotsin talousvyöhykkeellä. Hankealueen pinta-ala on noin 200 neliökilometriä, ja tuulipuistoon on suunniteltu enintään 74 tuulivoimalaa, joiden kokonaiskorkeus on enintään 330 metriä. Lambda-tuulipuiston vuosituotannon odotetaan olevan 6 TWh. Hankealueen syvyysalue on 35-88 metriä ja keskisyvyys 62 metriä, joten pohjalle kiinnitettävän perustuksen katsotaan soveltuvan parhaiten. Tuulivoimaloiden välisen etäisyyden arvioidaan olevan 1,5-2 kilometriä. Hankealueella noin 180 kilometriä sisäistä kaapelia yhdistää tuulivoimalat hankealueelle rakennettavaan muuntoasemaan (offshore-sähköasema), ks. kuva.

2.1 esimerkkejä hankealueen suunnittelusta. Lopullisesta suunnittelusta ja teknisistä yksityiskohdista päätetään myöhemmin. Rakentaminen on tarkoitus aloittaa vuonna 2032, ja tuulipuiston odotetaan olevan toiminnassa vuonna 2035. Arvioitu käyttöikä on 40-45 vuotta.

Etäisyys lähimpään mantereeseen on Hornslandet, joka sijaitsee noin 30 kilometrin päässä hankealueen länsirajalta. Hudiksvallin kaupunki on noin 50 kilometrin päässä Lambdan tuulipuistosta ja Söderhamn noin 67 kilometrin päässä.



Kuva 2.1 Esimerkki Lambdan tuulipuiston pohjapiirroksista, jossa on merellä sijaitseva sähköasema, sisäinen kaapeliverkko ja 74 tuulivoimalaa, jotka on merkitty hankealueelle. Kuva on otettu lähteestä Sedimenttien leviäminen, YVA:n liite 5.

Lambdan tuulipuiston hankealue sijaitsee alueella, jonka välittömässä läheisyydessä ei tällä hetkellä ole vakiintuneita tuulipuistoja tai vastaavaa toimintaa. Koska kiinnostus uusiutuvaa energiaa kohtaan on kuitenkin suurta, Perämerellä on Lambdan tuulipuiston lisäksi useita suunniteltuja tuulipuistoja sekä Ruotsin että Suomen puolella. Tässä raportissa tuodaan esiin suunniteltujen toimintojen mahdolliset kumulatiiviset vaikutukset, sekä Lambdan tuulipuiston vaikutukset muihin toimintoihin että vaikutukset meren eliöstöön.

3. Ympäristöarviointimenetelmät

3.1 Vaikutustenarviointien arviointimenetelmät

Arvioinnissa hyödynnetään erilaisia tietolähteitä, kuten julkaistua tutkimuskirjallisuutta, tietokantoja, lajikohtaista tietämystä, asiantuntija-arvioita ja näytteenottoa, jotta voidaan luoda laaja perusta arviointien tekemiselle.

Tutkimuksessa käytetään pahinta mahdollista skenaariota, mikä tarkoittaa, että laskelmat ja mallit perustuvat pahimpaan mahdolliseen lopputulokseen eri skenaarioissa, jotka koskevat rakennustapaa, perustustyyppin valintaa, kaapelinlaskumenetelmää ja äänen leviämistä suunnitellun toiminnan yhteydessä. Tässä selvityksessä tehdyt sedimentin leviämistä, suspendoituneen aineksen pitoisuuksia ja vedenalaista melua koskevat arviot perustuvat Swecon tuottamiin Lambdan tuulipuistoa ja suunniteltua toimintaa koskeviin tietoihin, laskelmiin ja malleihin (Sedimentin leviäminen, YVA-selostuksen liite 5; Vedenalainen melu YVA-selostuksen liite 6). Ympäristömyrkyjä koskeva arviointi perustuu aiemmin tehtyihin tutkimuksiin ja lähialueen muiden toimijoiden tuloksiin. Arvioinnissa oletetaan, että Lambda-tuulipuiston alueella on kiinteitä perustuksia, joiden välinen etäisyys on 1,5-2 kilometriä.

Tutkimus ja siinä tehdyt arvioinnit perustuvat vaikutustekijöihin ja niiden vaikutuksiin ja vaikutuksiin eri eliöryhmiin. Arvioimalla vaikutuksia ja vaikutuksia ja yhdistämällä ne eri arvoin, kuten suojeluarvoon, monimuotoisuuteen, sopeutumiskykyyn ja arvoon muiden etujen kannalta, tehdään vaikutusten arviointi taulukossa 3.1 esitetyn matriisin mukaisesti, ja vaikutustasot on kuvattu taulukossa 3.2.

Seuraavissa määritelmissä selitetään tarkemmin arviointimenetelmiä:

Ympäristövaikutus: Ympäristövaikutukset, kuten melun syntyminen, voivat aiheuttaa vaikutuksen, joka on vaikutuksen seurauksena ympäristössä tapahtuva muutos. Vaikutus voi olla esimerkiksi äänitason nousu (melu).

Ympäristönäkökulman arvo: Ympäristönäkökulman arvon arvioinnissa voidaan käyttää erilaisia kriteerejä, kuten sen suojeluarvoa, sopeutumiskykyä, monimuotoisuutta ja arvoa muiden etujen kannalta.

Vaikutukset: Vaikutukset arvioidaan ympäristönäkökulman arvon ja ympäristövaikutuksen suuruuden perusteella lieventämistoimenpiteiden toteuttamisen jälkeen.

Taulukko 3.1 Vaikutusten arvioinnissa käytetty taulukko luvun 5 kussakin osassa.

Ympäristönäkökohtien arvo Ympäristövaikutukset	Pieni arvo	Kohtalainen arvo	Korkea arvo
Suuri vaikutus	Kohtalainen vaikutus	Merkittävät seuraukset	Erittäin suuri vaikutus
Kohtalainen vaikutus	Pienet seuraukset	Kohtalainen vaikutus	Merkittävät seuraukset
Pieni vaikutus	Vähäinen vaikutus	Pienet seuraukset	Kohtalainen vaikutus
Ei vaikutusta/merkityksetön vaikutus	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen		
Myönteinen vaikutus	Myönteiset seuraukset		

Taulukko 3.2 Luvussa 5 arvioinnissa käytetyt vaikutustasot ja niihin liittyvät arviot ja esimerkit, joissa alue viittaa vaikutusalueeseen.

Seuraukset	Arvostus
Erittäin suuret kielteiset vaikutukset	Vaikka lieventämistoimenpiteitä ei toteutettaisi, vaikutus on edelleen merkittävä ja mahdollisesti pysyvä. <i>Esimerkiksi: Vaikutus alueella siinä määrin, että populaatiot tai uhanalaiset lajit häviävät tai korvautuvat. Muutoksen odotetaan olevan (enemmän tai vähemmän) pysyvä.</i>
Suuret kielteiset vaikutukset	Kaikista lieventämistoimenpiteistä huolimatta merkittävä, mahdollisesti pitkäaikainen vaikutus säilyy. <i>Esimerkiksi: Vaikutukset alueella siinä määrin, että populaatioiden tai uhanalaisten lajien määrä ja monimuotoisuus vähenevät merkittävästi ja alueen ekologia muuttuu.</i>
Kohtalaiset kielteiset vaikutukset	Kaikista suojatoimenpiteistä huolimatta jonkinlainen vaikutus jää jäljelle, mahdollisesti pitkäkestoisesti. <i>Esimerkiksi: Vaikutus alueella siinä määrin, että se vaikuttaa haitallisesti populaatioihin ja yksilöihin (ei-uhanalaisiin lajeihin), mutta ei aiheuta merkittäviä ekologisia muutoksia.</i>
Pienet kielteiset vaikutukset	Kaikilla lieventämistoimenpiteillä on pieni, mahdollisesti lyhytaikainen vaikutus. <i>Esimerkiksi: Vaikutus alueella siinä määrin, että yksilöt (ei-uhanalaiset lajit) kärsivät, mutta alueen ekologia pysyy kokonaisuudessaan ennallaan.</i>
Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen	Suojatoimenpiteillä ei ole vaikutusta tai vaikutus on hyvin vähäinen. <i>Esimerkiksi: Ei vaikutusta yksilöihin tai populaatioihin siinä määrin, että se olisi mitattavissa (luonnollisen vaihtelun puitteissa).</i>
Myönteiset seuraukset	Kaikilla suojatoimenpiteillä on myönteinen vaikutus. <i>Esimerkiksi: Alueella tapahtuvat muutokset edistävät eliöstön suotuisia olosuhteita, mikä vaikuttaa myönteisesti joko populaatioon tai yksilöihin.</i>

Vaikutusten arviointeja täydennetään arvioinnin varmuutta koskevalla arviolla, joka esitetään taulukossa 3.3. Arvioinnin varmuutta käytetään selvittämään sitä näyttöä, johon luvun 5 arvioinnit perustuvat, ja arvioinnin varmuus luokitellaan joko alhaiseksi, kohtalaiseksi tai suureksi varmuudeksi.

Taulukko 3.3. Arviointien turvallisuus tehdään taulukossa määriteltyjen kriteerien mukaisesti.

Turvallisuus arvioinnissa	Ohjelman kuvaus
Big	Tutkimusten ja kirjallisuuden tai muiden vakiintuneiden tieteellisten lähteiden muodossa oleva tiede tarjoaa hyvän perustan tieteellisesti perustellulle arviolle, jonka varmuusaste on korkea.
Kohtalainen	Arvioinnin perustana olevissa tutkimuksissa on puutteita tai suuria eroja, riippuen asiayhteydestä. On kuitenkin vielä tutkimuksia, jotka liittyvät toisiinsa ja joita voidaan käyttää arvioinnin perustana kohtalaisen varmasti.
Matala	Arvioinnin perustana ei ole kokonaan tai osittain asiaankuuluvia tutkimuksia tai kirjallisuutta, jolloin arviointi perustuu osittain esimerkiksi alan asiantuntemukseen. Näin ollen arvioinnin varmuus on vähäinen.

3.2 Rajaukset

Tiedot on rajattu ajallisesti ja maantieteellisesti tutkittavan eliöryhmän mukaan, jotta tutkimus olisi merkityksellinen suunniteltujen toimien kannalta. Arvioitu maantieteellinen alue on rajattu hankealueeseen ja vaikutusalueeseen, johon eri vaikutustekijät vaikuttavat, ja se on rajattu rakentamisvaiheen, käyttövaiheen ja käytöstäpoistovaiheen vaikutuksiin. Tämä tarkoittaa, että vaikutusalue vaihtelee sen mukaan, mitä vaikutustekijää arvioidaan. Esimerkiksi vedenalaisen melun vaikutusalue on huomattavasti suurempi seuraavissa tapauksissa

verrattuna elinympäristömuutoksiin ja riuttoihin, joiden vaikutusalue on paljon rajallisempi. Toteutettujen tutkimusten ja rakentamista edeltävien tutkimusten vaikutuksia ei ole otettu huomioon arvioinnissa.

Kumulatiiviseen arviointiin sisältyvät 50 kilometrin säteellä Lambdasta sijaitsevat tuulipuistohankkeet, jotka ovat jättäneet lupahakemuksen Lambdan hakemuksen jättämisen aikaan, sekä Statkraftin omat lähistöllä sijaitsevat hankkeet, jotka eivät ole vielä hakeneet lupaa.

4. Hankkeen odotetut ympäristövaikutukset

4.1 Rakentaminen

Rakennusvaiheen aikana hankealueella tapahtuu muutos, jossa vaikutus siirtyy sekä alueellisesti että ajallisesti hankealueen sisällä ja jossa vaikutusalueen laajuus vaihtelee sen mukaan, mitä vaikutustekijää tutkitaan. Alusliikenne hankealueelle, hankealueelle ja hankealueelta lisääntyy tässä vaiheessa muun muassa materiaalikuljetusten myötä. Tässä jaksossa käsitellään rakennusvaiheen kannalta olennaisia vaikutustekijöitä.

Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus

Kun meritulipuisto perustetaan, merenpohjaa hyödynnetään tuulivoimaloilla ja niihin liittyvällä infrastruktuurilla. Se, kuinka paljon merenpohjan pinta-alaa käytetään, riippuu perustustyyppin valinnasta, sillä eri tyypit jättävät erikokoisia jälkiä. Alkuperäisistä merenpohjan olosuhteista riippuen osa hankealueen merenpohjan pinnasta voi muuttua esimerkiksi pehmeästä merenpohjasta kovaksi merenpohjaksi kovien rakenteiden, kuten perustusten ja eroosiosuojauksien, rakentamisen seurauksena.

Hankealueella enintään 0,84 neliökilometriä (mikä vastaa noin 0,43 prosenttia hankealueen 200 neliökilometrin pinta-alasta) muuttuu elinympäristönä, mikä on pahin mahdollinen skenaario painovoimaisten perustusten rakentamisen yhteydessä. Siihen sisältyy noin 0,3 neliökilometriä tuulivoimaloita varten perustuksineen ja eroosiosuojauksineen sekä sähköasema. Siihen sisältyy myös kolme metriä leveä kaapelikaivanto koko sisäisen kaapeliverkoston varrelle (noin 0,54 neliökilometriä), vaikka tämä elinympäristön muutos on suurelta osin väliaikaista, erityisesti pehmeillä pohja-alueilla.

Sisäinen kaapeliverkosto, joka huuhdellaan, aurataan tai upotetaan merenpohjaan, voi aiheuttaa muutoksia sekoittamalla ja häiritsemällä sedimenttejä sekä luomalla kaivantoja ja pengerryksiä upotettujen kaapeleiden varrelle. Vaikutuksen laajuus riippuu merenpohjan kovuudesta, sillä pehmeämpiin sedimentteihin huuhtelemalla syntyy todennäköisesti 2-3 metriä leveä kaivanto, joka täytetään työn aikana ja joka lopulta palautuu alkuperäisen pehmeän merenpohjan kaltaiseksi. Kovilla pohja-alueilla tai alueilla, joilla kaapelit risteävät toistensa kanssa, kaapelit voidaan peittää kovalla materiaalilla, kuten betonimatoilla tai kivillä (tekninen kuvaus, liite 2a).

Sen lisäksi, että merenpohjan aluetta hyödynnetään ja siihen kohdistuu vaikutuksia, hankealueelle luodaan myös uutta mahdollista elinympäristöä pystysuorilla rakenteilla, tässä tapauksessa perustuksilla, jotka ulottuvat merenpohjasta koko vesipatsaan läpi ja pinnan yläpuolelle. Nämä rakenteet luovat mahdollisuuden eräänlaiselle riuttarakenteelle, joka voi luoda riuttavaikutuksen. Vaikutus näkyy ensisijaisesti toimintavaiheessa, mutta jossain määrin myös rakennusvaiheessa, kun tuulivoimaloita ja niihin liittyvää infrastruktuuria rakennetaan. Mahdollista riuttovaikutusta käsitellään tarkemmin kohdassa "Elinympäristön muutokset ja riuttovaikutus" toimintavaiheen aikana.

Tuulivoimaloiden rakentaminen voi jossain määrin vaikuttaa ja muuttaa veden virtauksia ja liikkeitä sekä paikallisesti tornien ympärillä että laajemmassa mittakaavassa (Bergström ym. 2022), mikä puolestaan vaikuttaa tuulivoimaloiden ympärillä oleviin elinympäristöihin ja olosuhteisiin. Virtausvaikutuksia on tutkittu Lambdan tuulipuiston osalta, ja mallinnus osoittaa, että vaikutus virtausnopeuteen on suurempi pinnalla ja talvikuukausina ja että vaikutus vähenee syvyyden kasvaessa. Vaikutuksen virtausnopeuteen lasketaan olevan syvyyden mukaan suuruusluokkaa -10 mm/s ja +4 mm/s, ja suurin vaikutus on pinnalla. Koska virtausnopeus voi sekä laskea tuulivoimaloiden takana olevassa tuulensuistossa että samanaikaisesti kasvaa tuulivoimaloiden välissä, tämä johtaa ajan mittaan tasaavaan vaikutukseen, jossa laskennallinen keskimääräinen virtausnopeus laskee kaksi mm/s jopa 40 kilometrin etäisyydellä tuulipuistosta.



ja joiden vaikutus voi ulottua jopa 100 kilometrin päähän. Mallin tulokset osoittavat, että tuulivoimaloiden vaikutus virtausnopeuteen on kokonaisuudessaan luonnollisen vaihtelun sisällä. Tietojen perusteella vaikutusta pidetään vähäisenä, eikä sitä arvioida tarkemmin (Sedimenttien leviäminen, YVA:n liite 5).

Kiintoainepitoisuus ja sedimentaatio

Sameus ja sedimentin leviäminen

Lambdan tuulipuiston rakentamisen aikana sedimentit suspendoituvat vesipatsaaseen ja laskeutuvat merenpohjaan sekä Lambdan tuulipuiston hankealueella että sen ulkopuolella. Vaikutusten arvioinnin perustana on sedimenttien leviämisen mallintaminen skenaariossa, jossa 74:stä perustuksesta rakennetaan kahdeksan ja 180 kilometrin pituisesta kaapelinlaskutiestä 72 kilometriä (Sedimenttien leviäminen, YVA:n liite 5). Mallinnuksessa on oletettu pahin mahdollinen skenaario, jossa rakennettavat perustukset ovat ristikkoperustuksia, joissa on neljä paalua per perustus, jotka porataan alas. Tämä oletus on tehty, koska ristikkoperustusten odotetaan tuottavan suurimman määrän suspendoitunutta sedimenttiä. Kaapeleiden rakentamisen pahimmassa tapauksessa on oletettu, että koko kaapelin pituus huuhtoutuu alas. Mallinnuksen tulokset on ekstrapoloitu koko hankealueelle, mikä on mahdollistanut varovaisen arvion sedimentin kokonaislevityksestä ja sameudesta rakennusvaiheen aikana.

Mallinnuksessa on käytetty toiminnasta peräisin olevan suspendoituneen aineksen pitoisuuksia 10-20, 20-50, 50-100, 100-200, 200-500 ja yli 500 mg/l. Kaukaisimmin lähteestä (tässä tapauksessa porauksesta) leviävä suspendoitunut aines on se, jonka pitoisuus on alhaisin (10-20 mg/l) ja joka voi levitä noin 3,5 kilometrin päähän tuulipuistosta (Sedimentin leviäminen YVA-selostuksen liite 5). Korkeimmat suspendoituneen aineksen pitoisuudet (yli 500 mg/l) ovat odotettavissa vain paikallisesti porauksen ja kaapelin laskuvirtauksen välittömässä läheisyydessä. Lisäksi mallinnus osoittaa, että uudelleen suspendoituneen sedimentin leviäminen on pääasiassa paikallista Lambdan tuulipuiston alueella. Alueen syrjäisimpien tuulivoimaloiden kohdalla sedimentti leviää alueen ulkopuolelle, ja tällöin lähinnä pienimmät suspendoituneen aineksen määrät (10-20 mg/l).

Ruotsissa ei tällä hetkellä ole olemassa kiinteää raja-arvoa vesimassan sisältämälle suspendoituneelle aineelle, mutta tutkimukset ovat osoittaneet, että suspendoituneen aineksen luonnollinen määrä voi nousta 20 mg/l voimakkaan veden liikkeen yhteydessä, esimerkiksi myrskyjen aikana (Valeur & Jensen 2001). Olettaen, että kaikkea yli 20 mg/l kiintoainepitoisuutta voidaan pitää "luonnottomana tasona", vaikka se olisikin luontaista, mallissa on laskettu myös se, kuinka suuri osa jakelualueesta voi sisältää kiintoainetta tämän tason yläpuolella ja kuinka kauan. Taulukossa 4.1 esitetään sekä mallinnettu skenaario kahdeksalle perustukselle ja 72 kilometrin kaapelille että ekstrapoloitujen tulokset koko tuulipuistolle eri kiintoainepitoisuuksien kokonaiskestoajalla. Koska tuulipuisto rakennetaan vähitellen, kuvataan mallinnettu skenaario, jonka oletetaan antavan tarkemman kuvan rakentamisajasta, kun taas ekstrapoloitu jakauma on vesipatsaassa olevan suspendoituneen aineksen kokonaiskesto. Mallinnetussa tuloksessa suspendoituneen kiintoaineen yli 20 mg/l pitoisuudet esiintyvät jossain vesipatsaassa, ja niiden odotetaan esiintyvän tunnin ajan noin 114 neliökilometrin laajuisella levinneisyysalueella (taulukko 4.1). Vaikutusalue pienenee ajan myötä laimenemisen ja merenpohjaan laskeutumisen seurauksena. Alue, jolla suspendoituneet kiintoaineet ylittävät 20 mg/l 12 tunnin aikana, on pienentynyt noin 81 neliökilometriin, ja noin 11 neliökilometrin odotetaan kärsivän vaikutuksista kolmen päivän aikana. Alueiden, joilla suspendoituneen aineen pitoisuudet ovat yli 500 mg/l missä tahansa vesipatsaassa, arvioidaan esiintyvän yhden tunnin ajan noin 4 neliökilometrin alueella. Kuuden tunnin tai sitä pidemmän ajanjakson aikana alue supistuu alle yhteen neliökilometriin (taulukko 4.1).



Taulukko 4.1. 20, 100, 500 ja 1 000 mg/l ylittävien pitoisuuksien alue (km²) missä tahansa vesipatsaassa mallinnetussa skenaariossa, jossa on kahdeksan tuulivoimalaa ja 72 kilometriä kaapelia, sekä ekstrapoloitu alue, jolla suspendoituneen kiintoaineen kokonaispitoisuus kestää koko tuulipuiston ajan.

Mallinnettu kesto	Pinta-ala (km ²)							
	1 h	6 h	12 h	24 h	36 h	72 h	144 h	192
Pitoisuus >20 mg/l	114,8	98,8	80,8	54,0	34,5	10,6	0,5	0
Pitoisuus >100 mg/l	47,0	26,0	9,6	1,9	0,7	0,08	0	0
Pitoisuus >500 mg/l	3,9	0,14	0,03	0,01	0	0	0	0
Pitoisuus >1 000 mg/l	0,88	0,03	0,02	0,01	0	0	0	0
Ekstrapoloitu kesto								
	1 h	6 h	12 h	24 h	36 h	72 h	144 h	192
Pitoisuus >20 mg/l	477,1	410,4	335,6	224,2	143,4	44,0	2,1	0
Pitoisuus >100 mg/l	293,7	162,6	60,0	11,7	4,2	0,5	0	0
Pitoisuus >500 mg/l	24,4	0,88	0,16	0,08	0,03	0	0	0
Pitoisuus >1 000 mg/l	5,5	0,19	0,10	0,07	0,01	0	0	0

Sedimentin laskeutuminen

Sen lisäksi, että porauksen ja kaapelihuuteluun seurauksena pohja-ainesta nousee vesipatsaaseen, pohja-ainesta myös hajoaa ja laskeutuu merenpohjaan. Pohjaan odotetaan laskeutuvan 5-10 millimetriä 700 metrin etäisyydellä perustuksista ja enintään (yli 50 millimetriä) 80 metrin etäisyydellä perustuksista. Suurempia kerrostumia voi esiintyä paikallisesti ja rajoitetusti. Kaapelin asennuksen osalta mallinnettu laskeuma on enintään 10-20 millimetriä 20 metrin etäisyydellä kaapelikäytävästä. Kun mallinnustulokset ekstrapoloidaan koko tuulipuistoon, yli 10 millimetrin laskeuman arvioidaan esiintyvän noin viiden neliökilometrin alueella, joka vastaa noin kahta prosenttia tuulipuiston koko hankealueesta (taulukko 4.2) (Sedimentin leviäminen, YVA:n liite 5). Vastaavia yli 50 millimetrin laskeuma-alueita arvioidaan esiintyvän yhteensä noin 0,1 neliökilometrin alueella, mikä vastaa 0,06 prosenttia tuulipuiston alueesta.

Sedimentin laskeuma laskennallisilla alueilla neliökilometreinä (km²) ja vaikutusalueiden osuus (prosenttia) hankealueesta mallinnetuissa ja mallinnetuissa ekstrapoloituissa tuloksissa, joista käy ilmi vaikutusalueen kokonaismäärä (Sedimentin leviäminen, YVA:n liite 5).

Varastointi	Mallinnustulosten perusteella laskettu pinta-ala		Likimääräinen ekstrapoloitu alue	
	km ²	Prosenttia (%)	km ²	Prosenttiosuus (%)
Laskeuma >10 mm	0,75	0,37	4,73	2,33
Laskeuma >50 mm	0,021	0,01	0,13	0,06

Ympäristömyrkyt

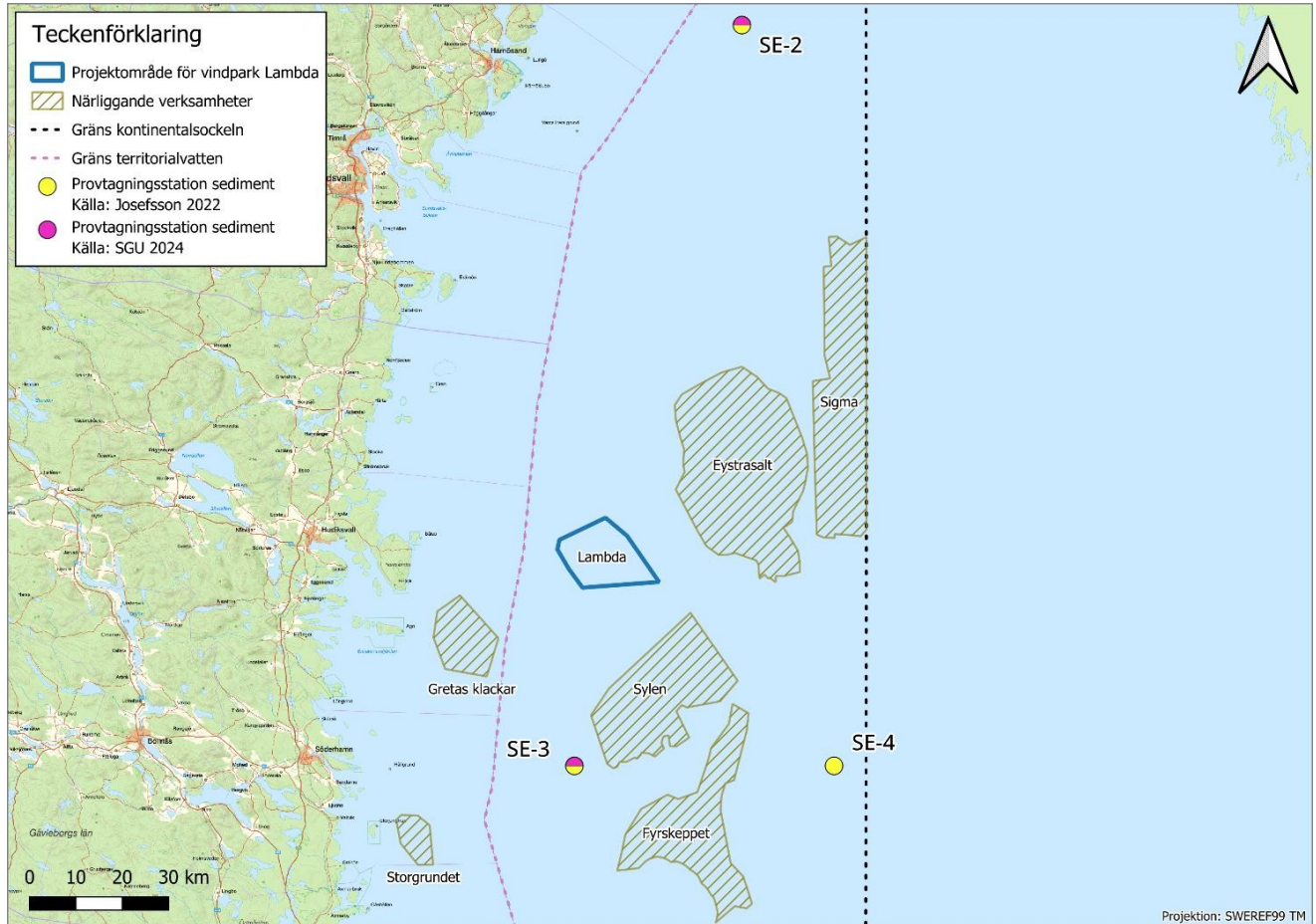
Sameuden ja sedimenttien laskeutuminen lisäksi rakennusvaiheessa on olemassa riski, että sedimenteissä mahdollisesti olevat ympäristömyrkyt vapautuvat ja leviävät ympäröiville alueille. Rakennusvaiheen aikana toiminta ei lisää alueelle uusia epäpuhtauksia, mutta ympäristömyrkkien leviäminen liittyy ympäristömyrkkien olemassa olevaan esiintymiseen ja sedimenttien leviämiseen rakennustöiden aikana. Mahdollisten vaikutusten voidaan siksi olettaa olevan suurimpia alueilla, joilla ympäristömyrkkien pitoisuudet ovat korkeammat, ja sellaisten töiden aikana, jotka aiheuttavat suurinta sameutta, eli perustusten ja sisäisten kaapeliverkoston rakentamisen aikana.

Ympäristömyrkkien esiintymistä Lambdan tuulipuiston sedimenteissä on arvioitu käytettävissä olevien tietojen perusteella, jotka on saatu läheisen Sigman tuulipuiston sedimenttitutkimuksista (Sweco 2024), lähialueen aiemmista tutkimuksista (Josefsson 2022; Shahabi-Ghahfarokhi et al. 2021) ja tutkimuksista ennen läheisen tuulipuiston, Eystrasaltin, lupahakemusta (Skyborn renewables 2023, Eystrasalt). Lisäksi tietopohjana on käytetty SGU:lle raportoituja tietoja, jotka on saatu Perämeren sedimenttitutkimuksista vuosina 2003-2021 (SGU 2024). Lambdan tuulivoimapuiston hankealueen sijainti suhteessa Sigman tuulivoimapuistoon, Eystrasalttiin, SGU:n näytteenottoasemiin ja SGU:lle raportoitujen tietojen sijainteihin on esitetty kuvassa 4.1.

Sedimentin osalta on olemassa kynnysarvot useille aineille Ruotsin meri- ja vesihallintoviraston määräyksissä HVMFS 2019:25. Tiedot sisältävät analyysit antraseenista, fluoranteenista, tributyylitinasta (TBT), lyijystä, kadmiumista ja



kupari, jonka osalta arvioinnissa käytettiin kynnysarvoja. Kynnysarvoja käytetään ensisijaisesti merenhoidossa meren ympäristön tilan arvioimiseksi, mutta niitä voidaan käyttää myös vaikutusten riskinarvioinnissa, koska kynnysarvot perustuvat ekotoksikologisiin kokeisiin. Kynnysarvojen alapuolella altistuneisiin sedimentissä eläviin eliöihin ei ole vaaraa kohdistua vaikutuksia lyhytaikaisen tai pitkäaikaisen altistumisen aikana. Niiden aineiden osalta, joilla ei ole kynnysarvoja, on arvioitu mahdollisia riskejä vertaamalla niitä Norjan vaikutuksiin perustuvaan sedimentin ympäristömyrkkypitoisuuksien luokitukseen (Norjan ympäristökeskus 2020) ja saatavilla oleviin tieteellisiin tietoihin.



Kuva 4.1 SGU:n tutkimuksessa (Josefsson 2022) mukana olleet esimerkkipisteet ja Lambdan tuulipuiston lähialueet.

Suoritetujen sedimenttitutkimusten tulokset osoittivat, että analysoidujen ympäristömyrkkien pitoisuudet olivat yleensä alhaisia. Esimerkiksi Sigman tuulivoimapuiston alueella suurin osa analysoiduista parametreista oli laboratorioden raportointirajan alapuolella (Sweco 2024). Sigman tuulivoimapuiston alueella kadmiumin, lyijyn ja fluoranteenin kynnysarvo alittui kaikissa näytteissä, mikä oli yhdenmukaista SGU:n tutkimusten tulosten kanssa (Josefsson 2022). Sen vuoksi on kohtuullista olettaa, että Lambda-tuulipuistossa esiintyy samankaltaisia kadmium-, lyijy- ja fluoranteenipitoisuuksia.

Läheisellä Sigman tuulipuiston hankealueella kuparin, TBT:n ja antraseenin kynnysarvo ylittyi useimmissa analysoiduissa näytteissä (taulukko 4.3). Ylitys ei kuitenkaan johtunut siitä, että näissä näytteissä olisi mitattu korkeita pitoisuuksia; antraseenin ja TBT:n osalta kaikki pitoisuudet olivat alle laboratorion raportointirajan, mutta ylitys johtui näytteiden alhaisesta orgaanisen hiilen määrästä (Sweco 2024). Pitoisuuksien normalisointi orgaanisen hiilen pitoisuutta vasten HVMFS 2019:25:n mukaisesti johti siten kynnysarvojen ylittymiseen. Josefssonin (2022) tutkimuksessa TBT:n pitoisuudet Perämerellä olivat aineen kynnysarvon alapuolella ja yhdellä näytteenotto paikalla alle laboratorion raportointirajan. Riski siitä, että mitatut TBT- ja antraseenipitoisuudet vaikuttavat altistuviin eliöihin ja ekosysteemiin, katsotaan kuitenkin vähäiseksi, koska mitatut pitoisuudet kaikissa pohjamateriaaleissa ovat selvästi alle kynnysarvojen perustana olevien vaikutusarvojen 16 µg TBT/kg ja 1,2 mg antraseenia/kg. Tutkimusten tulokset (Sweco 2024; Josefsson 2022) osoittavat seuraavaa

Näin ollen alueen TBT- ja antraseenipitoisuudet eivät aiheuta merkittäviä vaikutuksia altistuneisiin sedimentissä eläviin eliöihin. Koska kaikissa Lambdan tuulipuiston läheisyydessä otetuissa näytteissä on mitattu alhaisia pitoisuuksia, voidaan olettaa, että samankaltaisia pitoisuuksia esiintyy myös Lambdan tuulipuiston alueella.

Pintasedimentin mitattu kuparipitoisuus ennen normalisointia orgaanisen hiilen pitoisuuteen nähden vaihteli aineistossa välillä 7,4-48 mg/kg kuiva-ainetta (DM), mikä on lähellä Shahabi-Ghahfarokhi et al. (2021) Itämerelle ehdottamaa taustatasoa 39 mg/kg DM. Samankaltaisia kuparipitoisuuksia odotetaan esiintyvän myös Lambdan tuulipuiston hankealueella. Kuitenkin, kun normalisointi tehdään orgaanisen hiilen pitoisuutta vasten, kuten Sigma-tutkimuksessa tehtiin, jotkut mitatut pitoisuudet ylittivät kuparin kynnysarvon 52 mg/kg DM, vaikka luonnolliset taustapitoisuudet otettaisiin huomioon. Merkittävän vaikutuksen riskiä altistuneille sedimentissä eläville eliöille pidetään kuitenkin vähäisenä, koska yhtä näytettä lukuun ottamatta (taulukko 4.3) kaikkien näytteiden normalisoidut pitoisuudet alittivat kynnysarvojen perustana olevan alimman vaikutustason 125 mg/kg TS (Sahlin & Ågerstrand 2018).

Vaikka joillakin näytteenottopaikoilla kynnysarvot ylittävät orgaanisen hiilen pitoisuuteen normalisoinnin jälkeen, sedimenttien muut ominaisuudet voivat vaikuttaa aineen saatavuuteen ja siten myrkyllisyyteen, kuten raekoko, joka vaikuttaa esimerkiksi kuparin myrkyllisyyteen (Sahlin ja Ågerstrand 2018). Suurempi siltin ja saven osuus sedimentissä johtaa yleensä alhaisempaan toksisuuteen, koska hiukkaspinta, johon kupari voi sitoutua, kasvaa (Zhang ym. 2014). Sigman tuulivoimapuiston raekokoa arvioitaessa havaittiin, että näytteet, joissa kuparipitoisuudet olivat korkeimmat, koostuivat yli 50 prosenttia (Sweco 2024) savihiukkasista, mikä johtaisi pienempään toksisuuteen kuin esimerkiksi hiekan hallitsemissa sedimenteissä. Eyrstrasaltin merenpohjan arviointi (Skyborn renewables 2023, Eyrstrasalt) osoitti, että merenpohja koostuu suurelta osin jäätikkösavesta, mikä viittaa savi- ja siltihiukkasten hallitsemiin sedimentteihin, joita todennäköisesti esiintyy suurelta osin myös Lambdan tuulipuiston alueella.

Taulukko 4.3: Analysoitujen aineiden pitoisuudet (mg/kg DM) Sigman tuulipuiston sedimentissä (Sweco 2024), Josefsson (2022) ja Shahabi-Ghahfarokhi et al. (2021) sekä HVMFS 2019:25:n kynnysarvot.

Parametri		Haltija (mg/kg DM)		
		Sigman tuulipuisto	Josefsson (2022)	Shahabi-Ghahfarokhi et al. (2021)
Johto		3,9-22	21-39	
kadmium		<0,091-0,29	<1	
Kupari	Mitattu	7,4-48	21-41	27-45
	Normalisoitu	41-163		
Tributyylitina* (µg/kg)	Mitattu	<0,6 - <1,0	<1,6	
	Normalisoitu	0,91-3,59		
Antraseeni	Mitattu	<0,010	<0,024	
	Normalisoitu	0,009-0,054		
Fluoraisaineet	Mitattu	<0,010	<0,060	
	Normalisoitu	0,009-0,054		
Kynnysarvot				
Lyijy (mg/kg DM)		120		
Kadmium (mg/kg DM)		2,3		
Kupari (mg/kg DM)*a		52		
Tributyylitina (µg/kg DM)*		1,6		
Antraseeni (mg/kg DM)*		0,024		
Fluoranteeni (mg/kg DM)		2		

*Pitoisuudet on normalisoitu HVMF 2019:25:n mukaisesti poikkeavaa TOC-pitoisuutta vastaan ennen vertaamista kynnysarvoon.

a) Luonnollisen taustan huomioon ottamiseksi kehitetty arvo, jos luonnollinen tausta estää arvojen noudattamisen.

Muut metallit

Analysoitujen metallien osalta, joille ei ole asetettu kynnyksarvoja, mitatut pitoisuudet Sigman tuulipuiston alueella luokiteltiin Ruotsin ympäristökeskuksen (2020) mukaan yleensä alhaisiksi. Poikkeuksena olivat arseenin, nikkelin ja sinkin pitoisuudet, jotka useissa näytteissä mitattiin tasoilla, jotka voivat aiheuttaa vaikutuksia pitkäaikaisessa altistumisessa. SGU:n Perämereltä tekemät analyysit suotovesisedimenteistä osoittivat myös kohonneita arseenin sekä kobolttin ja bariumin pitoisuuksia (Josefsson 2022). Arseenin, kobolttin ja bariumin kohonneiden pitoisuuksien oletetaan osittain johtuvan kallioperän luonnostaan korkeista pitoisuuksista, mutta valuma-alueen yhdestä tai useammasta pistekuormituslähteestä peräisin olevia päästöjä ei voida sulkea pois. Yleisarvio on, että tietokannassa mitatut pitoisuudet vastaavat Perämerellä yleisesti esiintyviä pitoisuuksia ja että vastaavia pitoisuuksia odotetaan esiintyvän myös Lambda-hankkeen alueella.

Suurimmassa osassa tietokannassa (Sweco 2024; Josefsson 2022; Shahabi-Ghahfarokhi et al. 2021) analysoiduista näytteistä (Sweco 2024; Josefsson 2022; Shahabi-Ghahfarokhi et al. 2021) mitatut arseenipitoisuudet alittivat tason 35,7 mg/kg TS, jota pidetään turvallisena sedimentissä elävien eliöiden altistumisen kannalta (ECHA 2024a). Osassa Perämeren pohjoisosissa, on kuitenkin mitattu jopa 130 mg/kg TS:n suuruisia arseenipitoisuuksia (taulukko 4.4), minkä vuoksi on arvioitu, että näitä pitoisuuksia ei esiintyisi Lambdan tuulivoimapuiston ympäristössä.

Analysoitujen sedimenttien nikkelpitoisuudet vaihtelivat välillä 9,6-59 mg/kg TS (Sweco 2024; Josefsson 2022; SGU 2024), joten nikkelin voidaan katsoa olevan alueella kaikkialla läsnä. Tällä hetkellä sedimenttien nikkelpitoisuudelle ei ole olemassa arviointikriteerejä, mutta mitattuja nikkelpitoisuuksia voidaan verrata sedimenttien nikkelin vakiintuneeseen taustapitoisuuteen, joka on 30 mg/kg TS (Josefsson 2022) ja joka ylittyi joissakin analysoiduissa näytteissä. Mitattuja nikkelpitoisuuksia voidaan verrata sedimentin nikkelin raja-arvoja tutkittaessa koottuihin tutkimuksiin, joissa alin taso, joka ei aiheuttanut vaikutusta altistuviin eliöihin, oli 109 mg/kg TS (Nipera 2017), joka ylittyi kaikissa analysoiduissa näytteissä, minkä vuoksi altistuviin eliöihin kohdistuvan vaikutuksen riski arvioidaan vähäiseksi.

Tietoaaineiston sinkkipitoisuudet vaihtelivat välillä 24-200 mg/kg kuiva-ainetta, mitä voidaan pitää olemassa olevina pitoisuuksina myös Lambdan tuulipuiston alueella. Mitattuja pitoisuuksia voidaan verrata ehdotettuun esiteolliseen taustapitoisuuteen 132 mg/kg kuiva-ainetta (SIG 2024), jonka suurin osa aineiston näytteistä alitti. Suurin osa näytteistä alitti myös tason 162,2 mg/kg DM, jota pidetään turvallisena sedimentissä elävien eliöiden altistumisen kannalta (ECHA 2024b).

Kobolttin ja bariumin osalta ei ole olemassa vertailuarvoja riskinarviointia varten, eikä aineita ole sisällytetty Itämeren tilaa koskevaan viimeisimpään raporttiin, jossa seurataan ja arvioidaan vaikutuksia ekosysteemiin (Helcom 2023a), mitä voidaan pitää osoituksena siitä, että aineita ei pidetä ongelmallisina. Bariumille ei ole tällä hetkellä raja-arvoa, mutta ainetta esiintyy sedimentissä pääasiassa liukenemattomassa muodossa hiukkasiin sitoutuneena, mikä tarkoittaa, että bariumi ei tule altistuvien eliöiden saataville (Verbruggen ym. 2020) ja vaikutusten riski on siten pieni. Mitattuja kobolttitasoja Lambdan lähialueella voidaan verrata esiteollisiin tasoihin, jotka olivat 12 mg/kg DM (Josefsson 2022) ja jotka ylitettiin jossakin paikassa kaikissa tietokannoissa (taulukko 4.4). Tietokannassa mitatut kobolttitasot (Sweco 2024; Josefsson 2022; Shahabi-Ghahfarokhi ym. 2021) vaihtelivat 10 ja 24 mg/kg DM välillä, mikä osoittaa, että mitatut tasot ovat sitä, mitä voidaan pitää yleisenä jopa Lambdan tuulipuiston alueella.



Taulukko 4.4 Mitatut metallien pitoisuudet (mg/kg DM) ilman kynnysarvoja analysoiduissa sedimentinäytteissä Sigman tuulipuistosta (Sweco 2024), Josefsson (2022), Shahabi-Ghahfarokhi et al. 2021 ja SGU (2024).

Taso (mg/kg DM)				
Substraatti	Sigman tuulipuisto	Josefsson (2022)	Shahabi-Ghahfarokhi et al. (2021)	SHE 2024
Näytteiden lukumäärä	16	11-12	3	34-35
Alumiini	21 081 ± 11 527			68 912± 4866
Arseeni	12,9± 8,18	<25-160	<30-120	58,7± 25,8
Barium	300± 123			667± 58,8
Koboltti	17,3± 8,78	10-24	20-22	21,2± 3,31
Kromi	53,4± 20,4	80-99		84,3± 14,4
Elohopea	<0,046	0,04-0,11		0,069± 0,023
nikkeli	32,7± 16,8	31 - 50		43,8± 6,57
Vanadiini	49,7± 25,9			99,1± 15,9
Sinkki	92,5± 47,0	150-200		153± 24,6

Alumiinin ja vanadiinin osalta ei ole olemassa kynnysarvoja tai muita arviointiperusteita. Sigman tuulivoimapuiston alueella ja SGU:lle aiemmin raportoiduissa tiedoissa (SGU 2024) keskimääräiset pitoisuudet sedimentissä ovat olleet alumiinin osalta 21 081-68 912 mg/kg TS ja vanadiinin osalta 49,7-99,1 mg/kg TS (taulukko 4.4). Aiemmin tehdyissä vanadiinia koskevissa toksisuustutkimuksissa todettiin kroonisia vaikutuksia vanadiinipitoisuuksilla 417 mg/kg TS, ja vaikutustason oletetaan olevan vieläkin korkeampi luonnollisissa sedimenteissä (ECHA 2024c). Alumiini on yksi yleisimmistä alkuaineista kallioperässä, joten sitä esiintyy luonnostaan suurina pitoisuuksina. Ei ole epätavallista, että luonnossa esiintyy luonnossa pitoisuuksia 30 000 - 80 000 mg/kg DM (ECHA 2024d). Koska ainetta esiintyy luonnossa korkeina pitoisuuksina, sen myrkyllisyyttä pidetään vähäisenä, minkä vuoksi aineelle ei tällä hetkellä ole olemassa kynnysarvoja tai muita ohjearvoja.

Orgaaniset epäpuhtaudet

Lambdan tuulivoimapuiston sedimenttien orgaanisten epäpuhtauksien esiintymisriskin osalta Sigman tuulivoimapuiston sedimenttien analyysit osoittivat, että sedimenttien pitoisuudet alittavat raportointirajan tai että sedimentissä eläviin altistuviin eliöihin kohdistuvan vaikutuksen riski on vähäinen (Sweco 2024). Tulokset saavat tukea SGU:n tekemistä tutkimuksista (Josefsson 2022). Poikkeuksena oli PFAS-pitoisuus, jonka tulokset poikkesivat toisistaan näissä kahdessa tutkimuksessa, joissa Sigman tuulivoimapuiston sedimentistä mitattiin huomattavasti alhaisempia PFAS-pitoisuuksia (Sweco 2024) kuin aiemmissa tutkimuksissa (Josefsson 2022). Esimerkiksi Sigman tuulivoimapuiston yhdentoista PFAS-kongeneerin kokonaispitoisuus vaihteli välillä 0,79-2,22 µg/kg TS, mitä voidaan verrata Josefssonin (2022) tutkimuksessa mitattuihin 7-25 µg/kg TS. Yksi syy erilaisiin tuloksiin voi olla se, että orgaanisen hiilen, johon orgaaniset epäpuhtaudet sitoutuvat, pitoisuus oli Sigman tuulivoimapuiston analysoiduissa sedimenteissä pienempi kuin Josefssonin (2022) tutkimuksessa.

Tällä hetkellä sedimentissä oleville PFAS-yhdisteille ei ole olemassa raja-arvoja, mutta mitatut PFOS- ja PFOA-pitoisuudet Sigman tuulipuiston sedimentissä (taulukko 4.5) ei katsottu aiheuttavan haittaa altistuneille sedimentissä eläville organismeille pitkäaikaisessa altistumisessa, koska Sigman tuulipuiston mitatut PFOA-pitoisuudet on luokiteltu Ruotsin ympäristökeskuksen (2020) mukaan *hyviksi*, ja PFOS-pitoisuudet alittivat ehdotetun EU:n raja-arvon 13,4 µg/kg TS PFOS:lle sedimentissä, jonka orgaanisen hiilen pitoisuus on viisi prosenttia (TOC) (SCHEER 2022), mikä oli myös SGU:lle ilmoitettuja PFOS-pitoisuuksia alhaisempi (taulukko 4.5). Tulokset osoittavat, että Lambdan tuulipuiston läheisyydessä on alueita, joilla sedimenttien PFAS-pitoisuudet ovat sekä alhaisia että hieman korkeampia. Korkeampia PFAS-pitoisuuksia esiintyy todennäköisesti kerrostumisalueilla, joissa sedimentit sisältävät enemmän orgaanista hiiltä. Eyrasalt Offshore -tuulipuiston ja Sigman tuulivoimapuiston alueella tehdyissä merenpohjan tutkimuksissa arvioidaan, että alueella esiintyy pääasiassa eroosio- ja kulkeutumispohjia. Koska Lambdan tuulipuiston hankealueella oletetaan vallitsevan samanlaiset olosuhteet, tämä tarkoittaa, että sedimenttityyppi, jossa esiintyy korkeampia PFAS-pitoisuuksia, on suhteellisen rajallinen. PFAS:ien ei sen vuoksi katsota aiheuttavan merkittävää vaikutusta sedimentissä eläviin altistuneisiin eliöihin.



Taulukko 4.5 PFOA:n, PFAS:n ja yhdenoista analysoidun PFAS-kongeneerin mitatut pitoisuudet (µg/kg DM) Sigman tuulipuiston sedimentissä ja lähialueella aiemmin tehdyissä sedimenttitutkimuksissa (Josefsson 2022). Vihreä väri tarkoittaa Ruotsin ympäristökeskuksen (2020) mukaan *hyviksi* luokiteltuja pitoisuuksia. < tarkoittaa laboratorion raportointirajan alittavia pitoisuuksia.

		Taso (µg/kg DM)			
Paikallinen	Syvyys (cm)	PFOA (Perfluoro-oktaanihappo)	PFOS (Perfluoro-oktaanisulfonihappo)	PFOS*. (Perfluoro-oktaanisulfonihappo a)	ΣPFAS 11
Sigman tuulipuisto	0-5	0,031-0,43	<0,033- 0,52	0,036 ^a -1,44	0,79-2,22
Josefsson 2022	0-1				7-25
EMCS (2024)	0-1	2,17± 1,86	1,60± 1,79		
Norjan ympäristökeskus (2020)	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3	Luokka 4	Luokka 5
	Tausta	Jumala	Kohtalainen	Huono	Erittäin huono
PFOA (µg/kg DM)		0-71			
PFOS (µg/kg DM)		0-0,23	0,23-72		

*Normalisoitu TOC:hen nähden

^aNormalisointitarkoituksessa pitoisuutena on käytetty Euroopan komission direktiivin 2009/90/EY mukaista raportointirajaa/2.

Muiden analysoitujen orgaanisten epäpuhtauksien pitoisuudet olivat joko alhaisia tai alle laboratorion raportointirajan (Sweco 2024; Josefsson 2022).

Kaiken kaikkiaan Lambdan tuulivoimapuiston läheisyydessä tehdyissä aiemmissa sedimenttitutkimuksissa ympäristömyrkköjen pitoisuudet ovat olleet alhaisia. Tämä tarkoittaa, että ympäristömyrkköjen nykyisiä kynnysarvoja alhaisempia pitoisuuksia suotautuvassa sedimentissä, pitoisuuksia, joilla on vähäinen riski altistuviin eliöihin kohdistuvasta vaikutuksesta, tai pitoisuuksia, jotka alittavat ehdotetut raja-arvot. Poikkeuksena olivat arseeni, nikkeli, sinkki ja PFOS, joita esiintyi joissakin näytteissä hieman kohonneina pitoisuuksina, mutta joiden ei käytettävissä olevien tieteellisten tietojen mukaan katsota aiheuttavan merkittävää vaikutusta altistuneisiin sedimentissä eläviin organismeihin.

Lambdan tuulivoimapuiston alueella esiintyvän sedimentin tyyppi vaikuttaa myös ympäristömyrkköjen esiintymiseen hankealueella ja siten leviämiskäytännön sameustilanteessa. Ympäristömyrkköjen korkeampien pitoisuuksien odotetaan esiintyvän kerrostumisprofiileissa, jotka sisältävät yleensä enemmän orgaanista hiiltä, johon ympäristömyrkkö sitoutuvat ja kertyvät. Sigman tuulivoimapuiston analysoidut näytteet koostuivat hienorakeisesta sedimentistä, jonka orgaaninen pitoisuus on alhainen (Sweco 2024), minkä vuoksi orgaanisiin hiukkasiin sitoutuvia ympäristömyrkköjä esiintyy alhaisina pitoisuuksina, mitä tukee se, että mitatut pitoisuudet olivat yleensä alhaisia. Lähialueen merenpohjaa koskevat tutkimukset osoittavat, että merenpohja koostuu pääasiassa jäätikkösavista, joissa on vähän orgaanista ainesta ja joissa on laajoja lohkariden ja karkeampien sedimenttijakeiden alueita (Skyborn renewables 2023, Eystrasalt; Sweco 2024). Näin ollen on vain vähän sellaista pohjasedimenttiä, jossa on korkea orgaanisen hiilen pitoisuus ja jossa ympäristömyrkköjen korkeampia pitoisuuksia odotetaan esiintyvän, mikä tarkoittaa, että leviämiskäytännön on vieläkin pienempi.

Rakennusvaihetta varten tehty sameutta ja sedimentin leviämistä koskevat mallit osoittavat myös, että sameus ja sedimentin leviäminen rajoittuvat merenpohjaa häiritseviin toimiin, kuten perustusten perustamiseen ja sähkökaapeleiden asentamiseen. Mallinnus osoittaa myös, että suurin osa leviämisestä tapahtuu suoraan sedimenttiä häiritsevien toimintojen vieressä. Tämä tarkoittaa sitä, että eliöt altistuvat hiukkasiin sitoutuneille epäpuhtauksille vain niiden alueiden läheisyydessä, joilla töitä tehdään, ja sinä aikana, kun sedimenttihiukkaset ovat vesimassassa. Sameuden ja sedimentin leviämisen osalta tehty leviämismallinnus osoittaa, että suurin osa sameasta sedimentistä on jo laskeutunut pohjaan 36 tunnin kuluessa (taulukko 4.1), mikä tarkoittaa, että vesimuodostuman eliöiden altistuminen on lyhytaikaista. Se osa epäpuhtauksista, joka liukenee sedimentin resuspension aikana, laimenee ympäröivään meriveteen. Laimeneminen tarkoittaa, että veteen liunnut pitoisuus on pieni osa sedimenteistä mitatuista alhaisista pitoisuuksista, eikä sen siksi odoteta aiheuttavan merkittävää vaikutusta ympäröivän veden altistuviin eliöihin. On lisättävä, että sedimenteissä esiintyvät epäpuhtaudet ovat laajamittaisia epäpuhtauksia, mikä tarkoittaa, että niitä esiintyy samankaltaisina pitoisuuksina myös hankealueen ulkopuolella. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennustoiminnasta mahdollisesti aiheutuvat haitta-aineiden leviämiset eivät leviä vaikutuksettomille alueille.



Vedenalainen melu

Ihmisen toiminnasta aiheutuva melu vaikuttaa merenpinnan alapuolella eläviin eliöihin, erityisesti kaloihin ja merinisäkkäisiin, ja se luokitellaan yleensä impulssimeluun ja jatkuvaan meluun. Suunnitellut toiminnot lisäävät meren yleistä melutilannetta erityisesti rakennusvaiheen aikana. Yhtäältä alusliikenne hankealueelle, hankealueelta ja hankealueen sisällä lisääntyy, ja toisaalta melua syntyy tuulivoimaloiden ja niihin liittyvän infrastruktuurin rakentamisen aikana, mikä lisää sekä impulssimaista että jatkuvaa melua.

Meri ei ole äänetön, ja vedenalainen melu on jatkuvaa, ja se aiheutuu meren tilasta, tuulesta ja aalloista sekä myös ihmisen aiheuttamasta melusta meriliikenteen tai muun toiminnan muodossa. Äänen eteneminen äänilähteestä vedessä riippuu useista tekijöistä, kuten suolapitoisuudesta, batymetriasta, pohjan alustasta, vuodenaikasta ja termokliinistä (Bergström ym. 2022; Andersson ym. 2016). Vedenalainen ääni esiintyy sekä paineena/ääniaaltoina (dB) että hiukkasten liikkeenä ($m \cdot s^{-2}$), ja hylkeet rekisteröivät äänenpaineen korvallaan, kun taas kalat, jotka lajista riippuen aistivat äänenpaineen lisäksi myös hiukkasten liikkeen vedessä, erityisesti lajit, joilla ei ole uimarakkoa, ja pohjalla elävät kalat sekä myös pohjaeläimistö (Axenrot & Didrikas 2012; Andersson et al. 2016).

Kovat äänet voivat aiheuttaa kaloille ja merinisäkkäille vammoja ja kuolemia, mutta miedommassakin äänissä on monia riskejä, kuten tilapäinen kynnyksen siirtymä (TTS), pysyvä kynnyksen siirtymä (PTS), fysiologiset muutokset, mukaan lukien stressivaikutukset, biologisesti tärkeiden äänien peittyminen, mätimunien ja toukkien vahingoittuminen sekä käyttäytymismuutokset (Isæus et al. 2022; Johansson et al. 2016; Mickle & Higgs 2017; de Jong et al. 2018; Bergström et al. 2022; Andersen et al. 2012). Sen lisäksi, että lajien välillä on fysiologisia eroja vedenalaisten äänien havaitsemisessa ja kokemisessa, vasteet samalle vedenalaiselle äänelle voivat vaihdella saman lajin yksilöiden välillä riippuen muun muassa elämänhistoriasta, senhetkisestä kuulotilasta, aktiivisuudesta äänihäiriön aikana ja sijainnista suhteessa äänilähteeseen (Hawkins & Popper 2017; Aarts, Brasseur & Kirkwood 2018).

Swecon Lambdan tuulipuistoa varten laatimassa vedenalaisessa akustisessa tutkimuksessa (vedenalainen ääni, YVA:n liite 6) käytetään hylkeille ja kaloille, tässä tapauksessa kilohailille ja silakalle, kehitettyjä kynnysarvoja, joista hylkeiden kynnysarvot on painotettu taajuuspainotuksella, koska näiden eläinryhmien kuuloalueet eroavat toisistaan, ks. taulukko 4.6. Kynnysarvot ovat myös erilaiset impulssimaisille äänille (kuten paalutus) ja muille äänille (kuten laivaliikenne) ja sen mukaan, onko kyseessä pakenevan eläimen painotettu äänikuva enintään 24 tunnin ajalta (SEL_{cum}) vai yksittäisen äänen huippuarvo (L_{peak}), ks. lisätietoja vedenalaisesta melusta, YVA liite 6.

Taulukko 4.6 Hylkeiden ja kalojen (silakka ja kilohaili) kynnysarvot (Vedenalainen melu, YVA-liite 6; Southall et al. 2019). Kynnysarvot kaloille ovat painottamattomia tasojä ja koskevat vain impulssimaista ääntä, Hylkeiden kynnysarvot (SEL_{cum}) ovat taajuuspainotettuja eläintyyppin hylje (PCW, Phocid Carnivores in Water) perusteella, ja ne viittaavat sekä impulssimaiseen ääneen että muihin ääniin (jatkuva melu), jotka on esitetty muodossa dB re 1 $\mu Pa^{(2)}$ s. L_{peak} -kynnysarvot ovat painottamattomia.

Äänityyppi	Mitat	PTS	TTS
SILAKKA JA KILOHAILI			
Impulsiivinen ääni	SEL_{cum}	203	186
	L_{peak}	207	206
MYYNTEI			
Impulsiivinen ääni	$SEL_{cum, PCW}$	185	170
	L_{peak}	218	212
Muu ääni	SEL_{-PCW}	201	181

Etäisyyslaskelmat perustuvat pahimpaan mahdolliseen skenaarioon, jossa pahin mahdollinen skenaario on monopile-perustusten paalutuksesta aiheutuva impulssimainen melu. Mallinnus on tehty hankealueen läntisestä pisteestä, koska se on lähimpänä rannikkoa. Laskelmissa ei ole otettu huomioon laivojen toiminnasta tai läheisistä laivaväylistä aiheutuvaa melua (vedenalainen melu, YVA:n liite 6).

Paalutettaessa monopile-perustuksia ja myös muissa rakennusmenetelmissä on käytettävä äänenvaimennustoimenpiteitä. Vaimentamattomassa paalutuksessa ääni saavuttaa hyvin laajoja alueita, jolloin Statkraft aikoo käyttää suojatoimenpiteitä, joilla saavutetaan vähintään 6 dB:n vaimennus, joka vähentää aluetta, jolla korkeimmat äänitasot ovat suurimmat.

tapahtua. Esimerkkejä paalun lyönnin aikana käytettävistä suojaustoimenpiteistä ovat paalun lyönnin aikana vasaran ja paalun väliin sijoitettava vaimennusjärjestelmä (PULSE) tai hydroäänenvaimennin (HSD), jossa paalun ympärille luotu ilmatasku vaimentaa ääntä. Big Bubble Curtain (BBC) tai Double Big Bubble Curtain (DBBC) -vaimennusmenetelmä on menetelmä, jossa käytetään yksittäis- tai kaksoisrivissä olevia rei'itetyjä putkia, jotka vapauttavat ilmakuplia paalun ympärille ja vaimentavat näin äänen etenemistä. Eri menetelmien tehokkuus vaihtelee tilanteesta riippuen, esimerkiksi kuplaverhot eivät ole yhtä tehokkaita syvemmällä alueella ja alueilla, joilla on virtauksia, koska kuplat ovat harvempia ja äänenvaimennus siten pienenee, ja HSD-menetelmää ei voida soveltaa ristikkoperustuksiin rakenteen vuoksi (Vedenalainen melu, YVA liite 6). Tuulipuiston rakentamisen aikaan tekniikoita odotetaan olevan enemmän ja tehokkaampia, minkä vuoksi yhtiö ei halua päättää tarkasta menetelmästä nyt. Yksi tapa vähentää merieläimille aiheutuvien vahinkojen riskiä on pelotella yksilöt pois äänilähteen luota akustisten karkotinlaitteiden (ADD) avulla. Toinen tapa on aloittaa paalutus varovasti (pehmeä alkua) ja lisätä vähitellen iskujen voimakkuutta (ramp-up) siten, että täysi voimakkuus saavutetaan vasta, kun yksilöiden arvioidaan paenneen ja olevan sellaisella etäisyydellä, että vahinkojen vaara on vähentynyt.

Taustaselvityksessä on laskettu etäisyys äänilähteestä, jossa kynnysarvot eivät enää ylitä hylkeiden ja silakan osalta, kun paalutusta ei vaimenneta ja kun edellä mainitut suojaustoimenpiteet sisältävät pehmeän käynnistyksen ja ramp-upin, ks. taulukko 4.7. Taulukko 4.7. Taustatutkimuksen tulokset.

Taulukko 4.7. Etäisyydet kilometreinä (km) äänilähteestä, joilla TTS:n ja PTS:n raja-arvo ei enää ylitä silakan, kilohailin ja hylkeen osalta SELcum- ja Lpeak-arvojen osalta. Etäisyydet on laskettu hankealueen länsipuolella sijaitsevasta äänilähteestä, ja etäisyydet on esitetty kullekin suojaustoimenpiteelle käyttäen pehmeää käynnistystä ja nousua. SELcum sisältää pakokäyttämisen, jossa eläin siirtyy pois äänilähteestä.

Kalojen ja hylkeiden ohjearvo	Vaikutuksen tyyppi	Etäisyys (kilometreinä), jolla ohjearvo ylittyy.			
		Vaimentamaton	-6 dB	HSD	DBBC
KALAT					
SELcum (186)	TTS	61,6	35,7	20,8	1,1
SELcum (203)	PTS	2,0	1,1	1,1	<1
Lpeak (206)	TTS	1,2	1,1	1,1	<1
Lpeak (207)	PTS	1,2	1,1	1,1	<1
MYYNTI					
SELcum _{PCW} (170)	TTS	34,8	11,2	2,2	<1
Lpeak (212)	TTS	1,1	<1	<1	<1
SELcum _{PCW} (185)	PTS	3,2	1,3	<1	<1
Lpeak (218)	PTS	<1	<1	<1	<1

Sen lisäksi, että ääni vaikuttaa kaloihin ja hylkeisiin mahdollisen TTS:n ja PTS:n kautta, on otettava huomioon myös vaikutus käyttäytymiseen. Hylkeet kuulevat hyvin sekä vedenpinnan ylä- että alapuolella, ja ääniä käytetään metsästyksen, viestintään ja navigointiin, ja ihmisen aiheuttamat äänet voivat peittää nämä äänet ja aiheuttaa myös stressiä ja muita käyttäytymisen muutoksia (Ruser ym. 2014; Isæus ym. 2022). Hylkeet voivat jossain määrin välttää kovia vedenalaisia ääniä nostamalla päänsä vedestä, mutta kalat eivät pysty samaan. Ihmisen aiheuttamat äänet voivat toimia houkuttimena ja aiheuttaa lisääntynyttä valppautta tai olla hylkeille pelotteena (Tougaard 2021). Käyttäytymiseen kohdistuvien vaikutusten kynnysarvot puuttuvat sekä hylkeiden että kalojen osalta. Vaimentamattomille paalutusaäänille altistuvilla alueilla tehdyissä havainnoissa hylkeet ovat osoittaneet käyttäytymisreaktiota keskimäärin 20-30 kilometrin etäisyydellä äänilähteestä, paikoitellen jopa yli 36 kilometrin etäisyydellä (Tougaard 2021; Aarts, Brasseur & Kirkwood 2018; Russel ym. 2016). Etäisyyksiä ei kuitenkaan voida suoraan verrata Lambdaan tai muihin rannikkoalueisiin, sillä äänen etenemisolosuhteet ovat kullekin meri- tai rannikkoalueelle ominaisia. Kalojen osalta vaikutus on erilainen eri lajeilla, joten yleisiä kynnysarvoja on vaikea kehittää, mitä korostetaan tarkemmin rakennusvaiheen vedenalaista melua kalojen kannalta käsittelevässä jaksossa 5.1.1.

Yksittäisillä häiriötekijöillä, kuten ravinnonhankinnan keskeytymisellä, on harvoin kielteisiä seurauksia esimerkiksi hylkeille, mutta alueilla, joilla esiintyy jatkuvasti useita häiriötekijöitä, yksilöihin voi kohdistua kielteisiä vaikutuksia ja siten mahdollisesti kielteisiä vaikutuksia populaatioon (Tougaard 2021). Se, miten vedenalainen melu vaikuttaa yksilöihin, riippuu myös



yksilön aiemmat kokemukset, ikä, sukupuoli, ammatti meluhäiriön ollessa kyseessä ja mahdolliset aiemmat kuulovauriot (Aarts, Brasseur & Kirkwood 2018). Alueen merkitys yksilölle voi myös vaikuttaa siihen, miten ja kuinka paljon yksilö reagoi meluun ja häiriöihin. Andersen ym. (2012) tutkivat satamahylkeiden reaktioita häiriöihin Anholtin hylkeiden suojelualueella Tanskassa ja havaitsivat nopeamman paluun rantaan häiriön jälkeisenä ulostulojaksona verrattuna muihin jaksoihin. Vastaavasti Skaret (2015) osoitti, että silakat ovat vähemmän alttiita pakenemaan vastauksena melun aiheuttamaan häiriöön kutuaikana kuin muina aikoina, mikä osoittaa, että tietyissä olosuhteissa luonnollinen käyttäytyminen ei häiriinny, vaikka häiriötä esiintyisikin.

Sähkömagneettiset kentät

Sähkömagneettisia kenttiä syntyy kaapeleiden ympärille, kun tuotettua sähköä siirretään tuulipuiston sisällä ja vientikaapeleiden kautta mantereelle. Sähkömagneettisia kenttiä ei siis synny rakennusvaiheessa, vaan vasta tuulipuiston käyttöönoton aikana.

4.2 Drift

Kun Lambdan tuulipuisto on toiminnassa, ympäristövaikutusten odotetaan yleisesti ottaen olevan vähäisempiä kuin rakennus- ja käytöstäpoistovaiheessa. Toiminnan valvonnan ja kunnossapidon aikana liikenteen odotetaan lisääntyvän hankealueella, hankealueella ja hankealueelta pois verrattuna ennen toiminnan aloittamista. Jaksossa käsitellään vaikutustekijöitä, jotka ovat merkityksellisiä toimintavaiheessa normaalin toiminnan aikana.

Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus

Kun Lambdan tuulivoimapuisto on toiminnassa, hankealueen elinympäristö ei enää muutu. Sisäisen kaapeliverkoston purkamisesta mahdollisesti syntyvät kaivannot ja pengerrykset todennäköisesti vähenevät toimintavaiheessa, koska veden liikkuminen suhteellisen lyhyessä ajassa muuttaa pohjan alustan vaikutusta edeltävään tilaan.

Vaikka elinympäristö ei enää muuttuisi toiminnan aloittamisen jälkeen, riuttovaikutus jatkuu kunkin yksittäisen tuulivoimalan perustamisesta aina käytöstä poistamiseen saakka. Tuulivoimalat ulottuvat pohjasta pintaan, ja ne ovat hankealueella potentiaalisia uusia elinympäristöjä, jotka voivat tarjota eliöille kiinnittymispaikkoja. Ne voivat myös toimia kalojen ja muiden eliöiden kerääntymisalueina, jotka voivat käyttää näitä alueita suojaan, ravinnonhankintaan tai kasvattamiseen, ja siten toimia keinotekoisena riuttana. Näiden rakenteiden lisäämä pinta-ala riippuu rakenteiden syvyydestä, perustustyyppistä ja eroosiosuojan halkaisijasta ja tyypistä. Nimensä mukaisesti eroosiosuojan tarkoituksena on estää eroosio ja perustusten kiinnityspisteen heikentyminen, ja se koostuu yleensä sorakerroksesta, jonka alapuolella on erikokoisia kiviä, jotka on sijoitettu perustusten ympärille. Sen halkaisija ja muoto riippuvat muun muassa perustustyyppistä ja pohjan alustatyyppistä. Merituulivoimaloiden yhteydessä olevien keinotekoisien riuttojen selkeä vaikutus lajimäärän lisääntymiseen on osoitettu meriympäristöissä (Van Hal ym. 2017; De Troch ym. 2013), mutta niitä esiintyy myös ympäristöissä, joissa suolapitoisuus on alhaisempi (Andersson & Öhman 2010). Ruotsin meriympäristössä on selvä suolapitoisuusgradientti pohjoisesta etelään, jossa lähin makean veden osuus on Pohjanlahdella (2-3 prosenttia), noin 5 prosenttia Perämerellä, noin 10 prosenttia Juutinrauman ja jopa 30 prosenttia Skagerrakissa (Öhman 2023), jossa lajimäärä yleensä vähenee alhaisemman suolapitoisuuden myötä (Öhman 2023).

Vieraslajien leviäminen voi olla vaarassa, kun tuulipuisto rakennetaan. Lambdan tuulipuiston tapauksessa kaikkien vieraslajien on kyettävä selviytymään Perämeren suhteellisen alhaisesta suolapitoisuudesta. Puhtaasti merellisten ja makean veden lajien ei odoteta voivan vakiintua Perämeren edustalla sijaitsevaan Perämereen. Lambdan tuulipuiston hankealue sijaitsee noin 30 kilometrin päässä maasta ja sitä ympäröi syvämpi vesi, mikä tarkoittaa, että monien lajien mahdollisuudet paikalliseen leviämiseen Perämerellä eri kovapohjaisten alueiden välillä ovat rajalliset. Yleisesti ottaen Perämeren nykyisten lajien leviämistäisytydet ovat suhteellisen lyhyitä, alle 20 kilometriä, vaikka on lajeja, jotka ovat



palasilla (esim. merilevä) tai pelagisilla toukilla (esim. merirousku) voi levitä yli 100 kilometrin päähän (Berkström ym. 2019). Sirpaleiden tai toukkien levittämät lajit seuraavat sitten merivirtoja sopiviin elinympäristöihin. Pitkän etäisyyden lisäksi vallitsevat virtaukset kulkevat kuitenkin pohjois-eteläsuunnassa (Leppäranta & Myrberg 2009), mikä vaikeuttaa toukkien ja fragmenttien luonnollista leviämistä muihin suuntiin. Lambdan tuulipuistoalue ei siis ole luonnollinen tai helposti saavutettava siltä lajien leviämiselle.

Alusten painolastiveden mukana leviävien lajien osalta on olemassa lainsäädäntöä, jolla estetään organismien leviäminen. YK:n Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) hyväksymä painolastivesiyleissopimus on pantu täytäntöön Ruotsin lainsäädännössä painolastivesiasetuksella (SFS 2017:74), ja siinä säännellään painolastisäiliöiden käyttöä ja hoitoa tavoitteena hillitä vieraslajien leviämistä satamien välillä. Suunniteltua toimintaa varten rakennusmateriaalia kuljettavien alusten odotetaan noudattavan tätä lainsäädäntöä ja toteuttavan turvatoimia vieraslajien leviämiseen liittyvän riskin minimoimiseksi.

Lambdan tuulivoimapuiston ja sen elinympäristön muuttamisen vaikutusta vieraslajien leviämisen esteenä pidetään edellä mainituista syistä vähäpätöisenä, eikä sitä tutkita tarkemmin.

Elinympäristön muutokseen voi sisältyä myös varjostuksen vaikutus. Aurinkoisella säällä tuulivoimalat ja niiden pyörivät lavat luovat varjoja. Varjostus muuttuu vuoden ja päivän aikana auringon asennon mukaan. Se, kuinka syvälle vesistöön varjot ulottuvat, vaihtelee vuoden mittaan, koska näkösyvyys vaihtelee suhteessa vesistön kasviplanktonin määrään.

Kiintoainepitoisuus ja sedimentaatio

Toimintavaiheessa, kun kaikki infrastruktuuri on paikoillaan, ei tehdä mitään sellaisia töitä, jotka aiheuttavat suspendoituneen aineksen määrän lisääntymistä, sedimentaation lisääntymistä tai ympäristölle haitallisten aineiden pääsyä vesistöön.

Vedenalainen melu

Toimintavaiheessa syntyvä ääni on jatkuvaa melua, joka eroaa luonteeltaan impulssimaisista äänistä, kuten paalutuksesta. Jatkovaa melua esiintyy meressä, ja sen ominaisuudet ja siten vaikutukset vaihtelevat muun muassa lähteen tyypin, äänen taajuuden, vastaanottajan ja vuodenajan mukaan, sillä talvella ääni etenee kauemmaksi. Toimintamelun korkeimmat äänitasot ovat lähimpänä melulähdettä ja pienenevät etäisyyden kasvaessa (Tougaard, Hermannsen & Madsen 2020). Tuulivoimaloiden jatkuva melu ei ole riittävän kova aiheuttaakseen fyysistä haittaa, mutta se voi vaikuttaa meren eliöihin esimerkiksi viestinnän peittymisen kautta. Vedenalainen melu vaikuttaa moniin meren eliöihin, mutta tieto siitä, miten ja missä määrin, on vielä suhteellisen vähäistä.

Toimintavaiheessa tuulivoimaloiden melu syntyy kahdella eri tavalla, ensinnäkin veden pinnalla roottorin lapojen kulkemisesta aiheutuvien paineenvaihtelujen kautta ja toiseksi tornien ja perustusten kautta tapahtuvan värinän kautta. Vedenalaista melua aiheuttavat pääasiassa tuulivoimalan tornissa syntyvät värähtelyt (Kikuchi 2010; Pangerc et al. 2016; Tougaard Hermannsen & Madsen 2020). Rootoreiden ilmaaäni heijastuu suurelta osin veden pinnasta, joten sen merkitys vedenalaisen melun kannalta on vähäisempi (Andersson et al. 2016). Äänitasot vaihtelevat tuulen nopeuden mukaan, mutta ne ovat huomattavasti alhaisemmat kuin rakennusvaiheen aikana syntyvät äänitasot ja myös alhaisemmat kuin tavallisesti suurempien alusten aiheuttamat äänitasot (Tougaard, Hermannsen & Madsen 2020). Useimmat julkaistut äänimittaukset ovat kuitenkin peräisin tuulivoimaloista, jotka eroavat sekä kooltaan että äänen siirtymiseltään Lambdan tuulipuistoon suunnitelluista tuulivoimaloista.

Taustatasot meressä ovat tyypillisesti noin 108-114 dB re 1 μPa^2 peilikirkaissa/raikkaissa olosuhteissa tai kohtalaisessa merenkäynnissä. Lambda-tuulipuiston laskennallinen toimintamelu osoittaa, että odotettavissa olevat melutasot ovat noin 107-112 dB re 1 μPa^2 , mikä on verrattavissa tavanomaiseen taustameluun. Vedenalaisen melun vaikutuksen hylkeisiin ja kaloihin toimintavaiheessa odotetaan näin ollen olevan vähäinen (Vedenalainen melu, YVA:n liite 6). Mitatun melun lisäksi



melutasojen perusteella sekä hylkeiden että kalojen on havaittu pysyttelevän sekä tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä että tuulipuistojen sisällä, mikä viittaa melun vähäiseen vaikutukseen toimintavaiheessa (Russel ym. 2014; Russel ym. 2016; Andersson & Öhman 2010; Bergström ym. 2013). Melun arvioinnissa Sweco ei ole ottanut huomioon toiminnallista laivaliikennettä, joka aiheuttaa vedenalaista melua toimintavaiheen aikana (Vedenalainen melu, YVA:n liite 6).

Koska sekä taustamelu että tuulen nopeus vaihtelevat ajan myötä ja koska eri lajeilla on erilaiset kuuloalueet ja sietokyky, on todennäköistä, että myös toimintamelun vaikutus kaloihin ja hylkeisiin vaihtelee. Toimintamelun arvioidaan kuitenkin olevan taustamelun normaalin äänitasojen sisällä, minkä vuoksi taustamelun ei odoteta lisääntyvän toimintamelun myötä (Vedenalainen melu, YVA:n liite 6).

Sähkömagneettiset kentät

Sähkö- ja magneettikenttiä syntyy, kun tuotettua sähköä siirretään sisäisessä kaapeliverkostossa tuulivoimaloiden välillä ja niistä sähköasemille sekä vientikaapeleissa sähköasemilta rannikolle. Näiden kenttien voimakkuus kuitenkin vähenee nopeasti sekä vaaka- että pystysuunnassa, kun etäisyys kaapeleista kasvaa (Tricas & Gill 2011). Näin ollen vaikutuksia eliöihin voidaan vähentää hautaamalla kaapelit sedimenttiin.

Lambdan tuulivoimapuistossa on suunniteltu, että noin 180 kilometriä sisäistä kaapelia peitetään noin metrin paksuisella sedimentillä tai muilla peittäville materiaaleilla, kuten kivi- ja betonimatoilla tai putkilla, kaapeleiden suojaamiseksi. Vaihtovirta- ja 145 kV:n sisäisiä kaapeleita koskevassa teknisessä kuvauksessa esitetään magneettikentän arvoja, joissa magneettikentät ovat lähes suoraan verrannollisia tuotettuun virtaan, jolloin magneettikentät jäävät suurimmaksi osaksi laskettuja arvoja pienemmiksi. Vähentäviä vaikutuksia, kuten kaapeleiden lyijyvaippaa ja kaapeleissa olevaa raudoitusta, ei ole otettu huomioon. Suoraan kaapelin yläpuolella oleva suurin magneettikenttä, joka nähdään magneettikentän rms-arvona (μT - rms) tämäläyppisistä sisäkaapeleista, on arviolta 12,5 μT . Vaakasuoran etäisyyden kasvaessa kahden metrin etäisyydellä arvo on 2,5 μT ja neljän metrin etäisyydellä alle 1 μT (tekninen kuvaus, liite 2a).

Sähkökentät jätetään jatkotutkimusten ulkopuolelle osittain siksi, että sähköarvot ovat nolla (tekninen kuvaus, lisäys 2a), osittain siksi, että pohjaeläimiin vaikuttavista sähkökentistä ei ole tutkimustietoa, ja osittain siksi, että alueella ei esiinny kalalajeja, joilla on eräänlainen sähköreseptori (Lorentzian ampullae), kuten haita ja rauskuja, eikä niihin näin ollen kohdistu vaikutuksia. Magneettikentät voivat vaikuttaa pohjaeläimiin ja kaloihin, ja niitä käsitellään tarkemmin luvussa 5.

4.3 Käytöstäpoisto

Käytöstäpoiston menetelmistä ja laajuudesta päätetään valvontaviranomaista kuullen sinä päivänä, jona toiminnan käytöstäpoisto tulee ajankohtaiseksi. Menetelmät, menettelyt, lainsäädäntö ja tietämys kehittyvät, ja nykyiset olosuhteet voivat muuttua, kunnes tuulipuisto poistetaan käytöstä 40-45 vuoden kuluttua. Ennen käytöstäpoistotoimenpiteiden toteuttamista Statkraft tekee ympäristöarvioinnin, jotta vaikutukset ympäröivään ympäristöön voidaan minimoida.

Tässä tutkimuksessa arvioitu käytöstäpoisto perustuu oletukseen, että käytöstäpoistomenetelmien ympäristövaikutukset vastaavat pahimmassa tapauksessa rakentamisen ympäristövaikutuksia, vaikka odotettavissa olevat ympäristövaikutukset ovatkin todennäköisesti pienemmät. Käytöstäpoiston laajuus riippuu muun muassa ennen käytöstäpoistoa tehtyjen tutkimusten tuloksista. Tutkimuksessa käsitellään käytöstäpoiston laajuutta, ja siinä on kaksi vaihtoehtoa, jotka edustavat pahinta skenaariota: osittainen käytöstäpoisto (vain osa tuulivoimaloista) tai täydellinen käytöstäpoisto (tuulivoimalat ja niihin liittyvä infrastruktuuri).



Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus

Osittaisessa purkamisessa, jossa pystysuorat rakenteet puretaan ja pohjan perustukset ja eroosiosuojaukset jätetään paikoilleen, perustusten ympärillä oleva pohjaeläimistö pysyy muuttuneena verrattuna siihen, mitä se oli ennen tuulipuiston perustamista. Jos osa tuulivoimaloiden torneista jätetään paikoilleen, toimintavaiheessa syntynyt riuttavaikutus voi osittain säilyä jäljelle jäävissä osissa.

Jos tuulivoimalat ja niihin liittyvä infrastruktuuri puretaan ja siirretään kokonaan, alue palautuu alkuperäiseen tilaansa, jolloin merenpohjaan voi kohdistua jonkin verran vaikutuksia käytöstä poistamisen jälkeen. Lambda-tuulipuiston toiminnan aikana esiintyvät riuttavaikutukset loppuvat kokonaan.

Kiintoainepitoisuus ja sedimentaatio

Sameus, sedimentin leviäminen ja sedimentin laskeutuminen

Kun kaapelit ja perustukset puretaan kokonaan, suspendoituminen ja suspendoituneen materiaalin määrä on suuri ja mahdollisesti samankaltainen kuin rakennusvaiheessa. Jos vain tuulivoimalat puretaan, suspendoituneen aineksen leviäminen ja sedimentoituminen on vähäisempää. Seuraavissa luvuissa esitetyissä vaikutusten arvioinneissa oletetaan pahin mahdollinen skenaario, mikä tarkoittaa, että leviäminen ja pitoisuudet ovat samanlaisia kuin rakentamisvaiheessa mallinnetut, vaikkakin todennäköisesti pienempiä.

Ympäristömyrkyt

Käytöstäpoistovaiheessa on olemassa vaara, että merenpohjan sekoittuminen levittää sedimentissä olevia ympäristömyrkyjä uusille alueille, kuten rakennusvaiheessa. Merenpohjan häirinnän laajuutta ja siten sedimenttien ja mahdollisten ympäristömyrkyjen leviämistä ei ole toistaiseksi arvioitu, mutta häirinnän voidaan olettaa olevan vähäisempää kuin rakennusvaiheessa, minkä vuoksi ympäristömyrkyjen leviämisen ja niiden ekosysteemiin kohdistuvien vaikutusten riskiä pidetään vieläkin pienempänä.

Vedenalainen melu

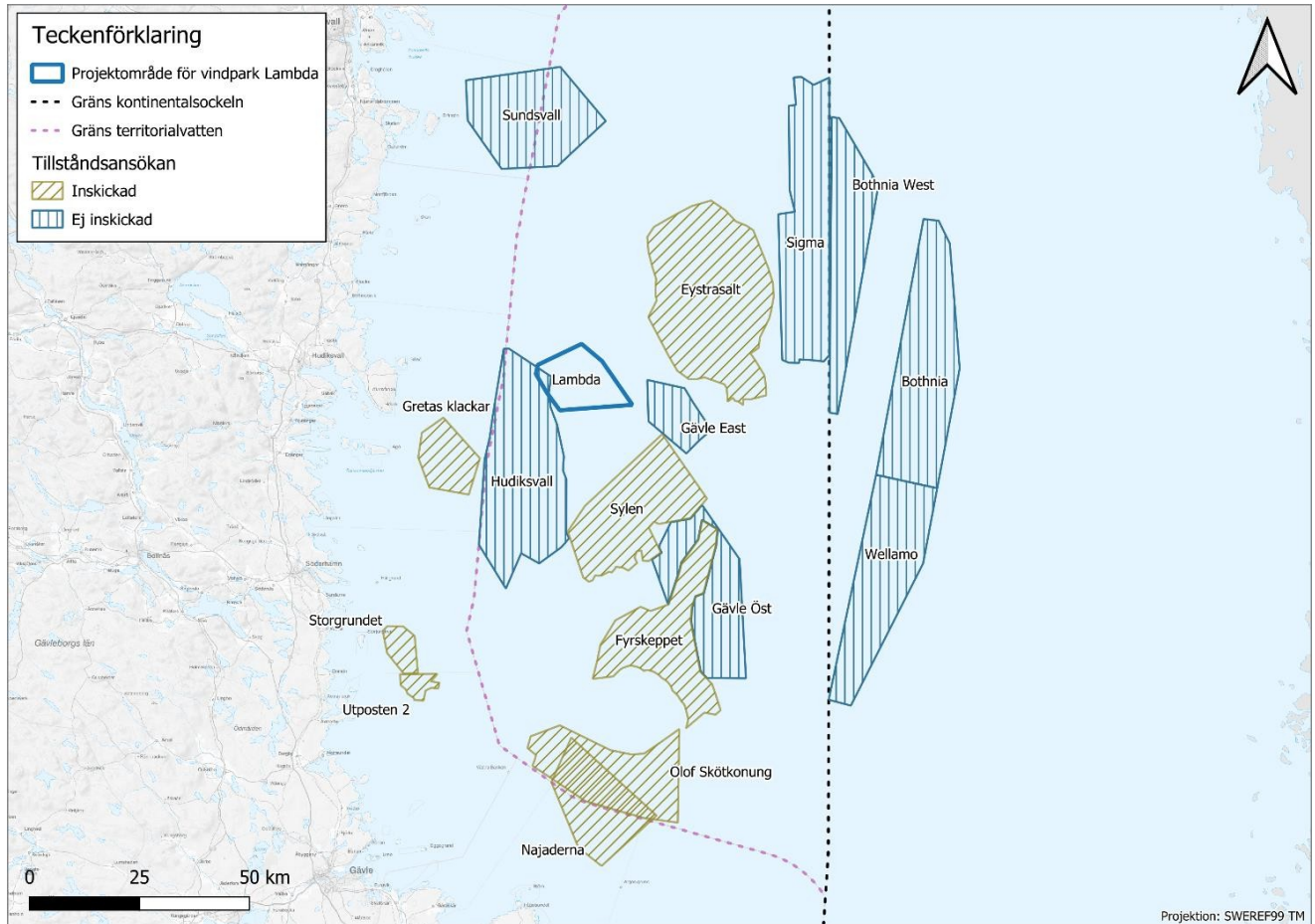
Käytöstäpoistovaiheen aikainen vedenalainen melu aiheutuu muun muassa itse purkamisesta, mutta myös lisääntyneestä laivaliikenteestä alueella. Purkamisessa käytettävää menetelmää ja sen aiheuttamia melutasoja ei voida arvioida tällä hetkellä, mutta pahimmassa tapauksessa voidaan olettaa, että melutasot vastaavat laitoksen melutasoja, vaikka oletetaan, että vedenalainen melu on sekä laajuudeltaan että tasoltaan vähäisempää käytöstäpoiston aikana. Melutasot ja asianmukaiset suojaustoimenpiteet olisi sen vuoksi esitettävä käytöstäpoistomenetelmien kehittämisen yhteydessä.

Sähkömagneettiset kentät

Toiminta ei tuota sähköä käytöstäpoiston aikana, joten sähkönsiirtoa ei t a p a h d u . Siksi sähkömagneettisia kenttiä ei ole tarpeen arvioida käytöstäpoistovaiheen osalta.

4.4 Lambdan tuulipuiston lähialueilla harjoitettava toiminta

Lambdan tuulipuiston läheisyydessä ei ole tällä hetkellä vakiintuneita merituulipuistoja. Perämerellä on useita suunniteltuja merituulipuistoja lupaprosessin eri vaiheissa, ks. kuva 4.2. Kaikki Suomen talousvyöhykkeellä olevat hakemukset on toistaiseksi keskeytetty, koska Suomen hallitus tarkistaa merituulipuistoja koskevaa lainsäädäntöä.



Kuva 4.2. Lambdan tuulipuiston hankealue (sininen kehys) ja suunnitellut toimet lupaprosessin eri vaiheissa. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan tarkemmin vain lähimpänä sijaitsevia tuulivoimapuistoja (kelta-vihreällä värillä). Sinisellä merkityt tuulipuistot on joko keskeytetty tai ne ovat prosessin aiemmassa vaiheessa, eikä niitä käsitellä tarkemmin, mutta ne esitetään tässä suunniteltujen toimien yleiskatsauksen vuoksi. Poikkeuksena on Sigman tuulivoimapuisto, joka sisältyy kumulatiiviseen arviointiin, koska hakemusta käsitellään samanaikaisesti Lambdan kanssa.

Kuvan 4.2 yleiskatsauskartta osoittaa, että suunnitteluvaiheessa on paljon toimintoja alueella, jolla voi olla useita nykyisiä ja uusia intressejä ja toimintoja rinnakkain. Toiminnot ja intressit, kuten meriliikenteen reitit, Ruotsin puolustusvoimien intressit, muut kansalliset intressit, kuten kaupallinen kalastus ja luonnonsuojelu, on yhdistettävä uusiutuvan energian tuotantoon kestäväällä ja tasapainoisella tavalla. Osana tätä on arvioitava nykyisin suunniteltujen ja olemassa olevien toimintojen kumulatiivisia vaikutuksia suhteessa Lambdan tuulipuiston toimintaan ja vaikutuksiin. Tässä kumulatiivisessa arvioinnissa otetaan huomioon sellaisiin tuulipuistoihin liittyvät toiminnot, joilla on lupa tai jotka ovat jättäneet täydellisen lupahakemuksen, sekä itse suunnitellut toiminnot, ks. taulukko 4.8. Taulukossa esitetään myös hankealueiden pinta-ala, suunniteltu vuosituotanto, tuulivoimaloiden lukumäärä sekä rakentamisen ja toiminnan suunniteltu aloitusvuosi, ja tiedot on otettu kunkin hankkeen YVA:sta tai hankkeen verkkosivuilta. Suunniteltujen toimintojen ajankohtia on pidettävä alustavina.

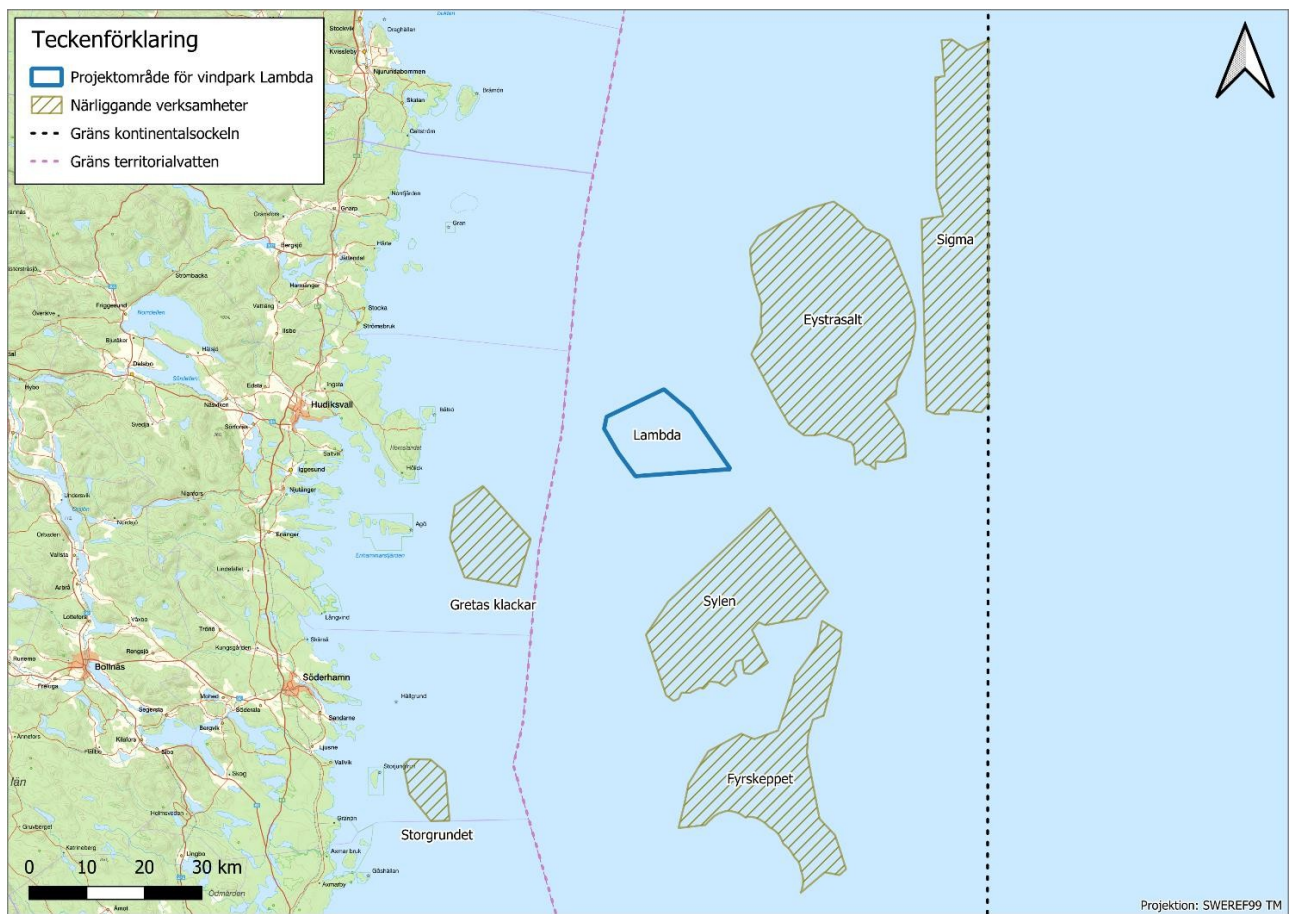


Taulukko 4.8. Lambdan tuulipuiston läheisyydessä suunnitellut toiminnot, joihin on merkitty rakentamisen ja toiminnan suunniteltu aloitus, hankealueen koko (neliökilometreinä), tuulivoimaloiden enimmäismäärä, arvioitu vuosituotanto (TWh) ja etäisyys Lambdan tuulipuistosta (kilometreinä). Lupahakemuksen jättäneet toiminnot on merkitty lupahakemuksen jättämisyvöodella. (-) tarkoittaa, että lupahakemusta ei ole vielä jätetty kyseiselle toiminnolle.

Suunnitellut toimet	Toimitettu lupa (vuosi)	Rakentamisen suunniteltu aloitus (vuotta)	Suunniteltu toiminnan aloitus (vuotta)	Hankealueen pinta-ala (km ²)	Tuulivoimaloiden enimmäismäärä	Vuotuinen tuotanto (TWh)	Etäisyys Lambdasta (kilometreinä)
Lambdan tuulipuisto	-	2032	2034	200	74	6	-
Eystrasalt Offshore	2023	2030	2035	949	256	15	14
Sylenin tuulipuisto	2024	2030	2033	524	347	29	10
Gretan korkokengät 1	2023	2026	2028	162	103	7,5	21
Lightship Offshore	2023	2027	2029	488	187	8-11	31
Suuri pyöreä offshore*	2021	2028	2029	88	51	3-3,5	61
Sigman tuulipuisto	-	2032	2034/2035	640	143	13,6	36

*Storgundet Offshoresille myönnettiin lupa, joka peruutettiin vuonna 2024.

Taulukossa 4.8 luetellut toiminnot on esitetty visuaalisesti kuvassa 4.3, jossa esitetään kunkin toiminnan sijainti suhteessa Lambdan tuulipuistoon. Ainoastaan Fyrskippet Offshore -hankkeella ei ole suunniteltua päällekkäistä rakentamisaikaa Lambdan tuulipuiston kanssa. Nykyisen suunnitelman mukaan Sylenin tuulipuiston rakentamisvaihe on päällekkäinen yhden vuoden ajan, Eystrasalt Offshoren rakentamisvaihe on päällekkäinen kolmen vuoden ajan ja Lambdan tuulipuiston rakentamisvaihe on päällekkäinen kahden vuoden ajan. Toimintavaihe on päällekkäinen kaikkien suunniteltujen tuulipuistojen osalta.



Kuva 4.3. Kartta Lambdan tuulipuistosta ja kumulatiiviseen arviointiin sisällystävistä naapuritoiminnoista: Gretas klackar 1, Eystrasalt Offshore, Sylenin tuulipuisto, Sigman tuulipuisto, Storgundet Offshore ja Fyrskippet Offshore.

5. Edellytykset ja seuraukset

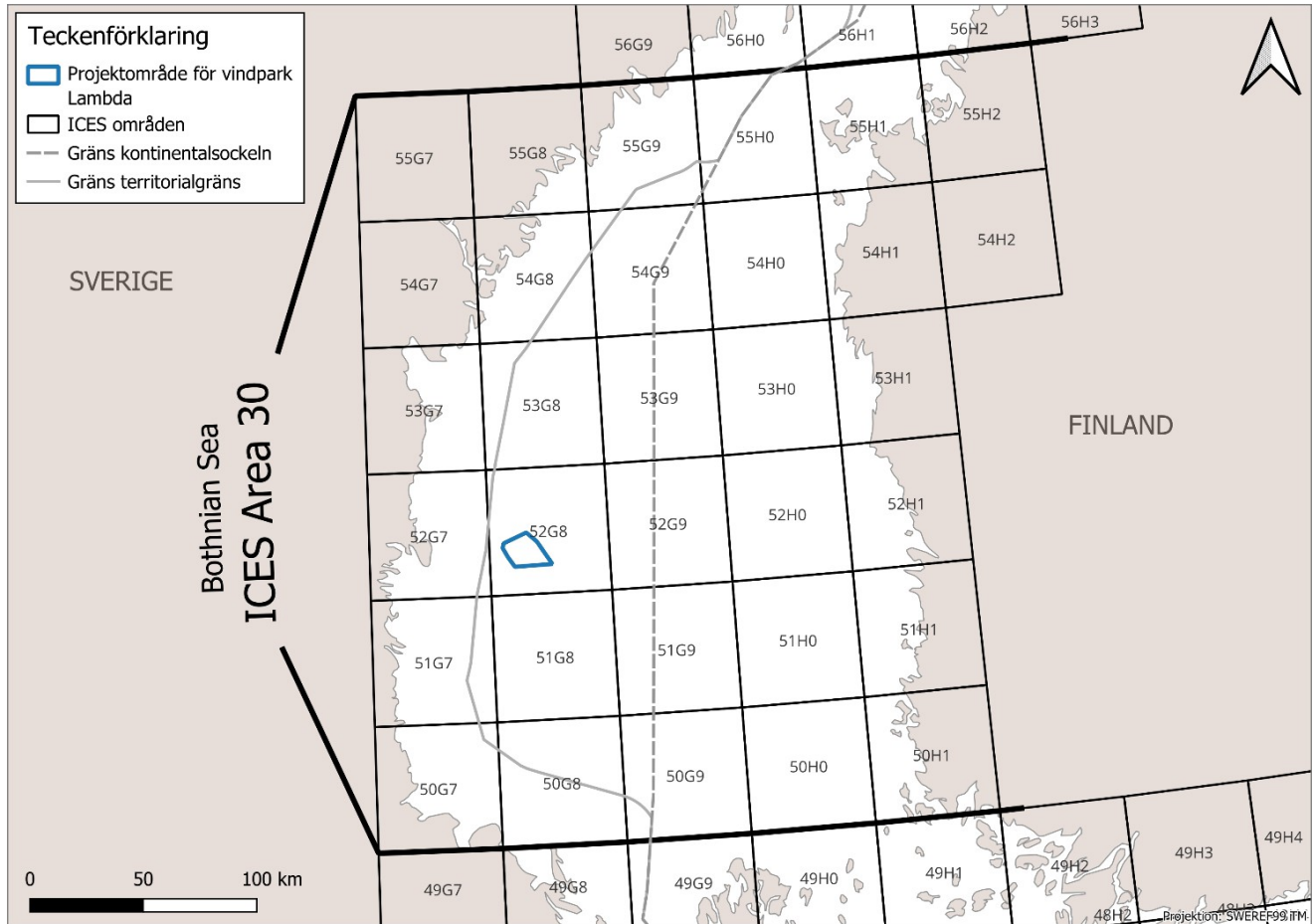
Luku sisältää kaloja, pohjaeläimistöä, pohjaeläinten kasvillisuutta ja merinisäkkäitä koskevia olosuhteita ja arvioita. Kukin luku alkaa taustakuvausella kyseisestä eliöryhmästä, sen esiintymisestä Lambdan tuulipuiston hankealueella ja vaikutusten arvioinnilla vaikutustekijöistä, jotka ovat merkityksellisiä eri vaiheissa, rakentamisvaiheessa, käyttövaiheessa ja käytöstäpoistovaiheessa. Taulukossa 5.1 esitetään, mitkä vaikutustekijät ovat merkityksellisiä eri vaiheissa. Kullekin eliöryhmälle tehty kumulatiivinen arviointi esitetään kunkin jakson lopussa. Lisäksi tarkastellaan suojelualueita ja suunniteltujen toimintojen vaikutuksia niihin sekä vaikutuksia ympäristön laatustandardeihin.

Taulukko 5.1 Taulukko, jossa esitetään vaihe, jossa eri vaikutustekijöiden arvioidaan vaikuttavan eri eliöryhmiin. Risti (X) osoittaa, mitkä tekijät ja missä vaiheessa arvioinnit on tehty kunkin eliöryhmän osalta.

tyyppi	Vaikuttavat tekijät	Kala	Pohjaeläimistö	Pohjakasvillisuus	Merinisäkkäät
TILAT	Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus	X	X	X	X
	Kiintoaine ja laskeuma (* mukaan lukien ympäristömyrkyt).	X	X*	X*	X
	Vedenalainen melu	X	X		X
	Sähkömagneettiset kentät				
DRIFT	Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus	X	X	X	X
	Kiintoaine ja laskeuma (* mukaan lukien ympäristömyrkyt).				
	Vedenalainen melu	X	X		X
	Sähkömagneettiset kentät	X	X		
KEHITYS	Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus	X	X	X	X
	Kiintoaineet ja laskeuma (* mukaan lukien ympäristömyrkyt)	X	X*	X*	X
	Vedenalainen melu	X	X		X
	Sähkömagneettiset kentät				

5.1 Kala

Kansainvälinen merentutkimusneuvosto (ICES) käyttää kaupallisten kalansaaliiden raportoinnissa merialueiden jakamista tilastoruutuihin. Lambda-tuulipuiston hankealue on suunniteltu Perämerelle ICES-tilastoruutuun 52G8 (kuva 5.1). Etäisyys Lambdan tuulipuistosta Ruotsin rannikolle on lyhimmillään noin 30 kilometriä. Lambdan hankealueen syvyys on 35-88 metriä ja keskisyvyys 62 metriä. Itämeri on murtovesi, jonka suolapitoisuus on yleensä alhainen. Pohjanlahden pohjoisosissa suolapitoisuus on vielä alhaisempi, koska jokien makea vesi virtaa sinne. Suolapitoisuus luonnehtii meriekosysteemiä. Tyypillisesti merilajit vähenevät suolapitoisuuden laskiessa, ja monien merilajien pohjoinen levinneisyysraja (Itämeren osalta) on Perämerellä (Havet.nu 2024). Alhainen suolapitoisuus tarkoittaa, että kalafauna koostuu makean ja suolaisen veden lajien sekoituksesta (Isæus ym. 2022). Perämerellä on yhteensä noin 40 kalalajia (SLU Artdatabanken 2024), joista makean veden lajit muodostavat enemmistön, ja ne elävät pääasiassa rannikollisemmillä ja matalammilla alueilla. Tyypilliset suolaisen veden lajit hallitsevat syvemmillä merialueilla (Havet.nu). Lambdan tuulivoimapuiston hankealueen kalojen elinympäristö luokitellaan offshore-ympäristöksi, joka on pääasiassa yli 30 metriä syvää ja jonka suolapitoisuus on noin 5-6 promillea (Havet.nu).



Kuva 5.1. Lambdan tuulipuiston hankealue (sininen monikulmio) suhteessa ICES-alueeseen 52G8 ja aluerajaan.

Saatavilla olevat tiedot

Rannikon näytekalastustietokanta (KUL) ei sisällä näytekaloja Perämeren avomerialueelta (lukuun ottamatta avomeripenkereitä), vaan se kuvaa pikemminkin matalammissa rannikkovesissä esiintyvää kalakantaa. Ruotsin ympäristöviraston tutkimukset avomeripenkeistä (Swedish Environmental Protection Agency 2010) sisältävät suhteellisen lähellä sijaitsevat Västra ja Östra Finngrundens. Avomeripenkeret ovat matalampia ja tarjoavat monimutkaisemman ympäristön ja ovat siten lajirikkaampia kuin muut avomerialueet. Suora vertailu Perämeren avomerialueiden ympäristöön ei siis ole mahdollista. Finngrundensin lajiluettelo antaa kuitenkin jonkin verran suuntaa sen arvioimiseksi, mitä lajeja Lambdan tuulipuiston hankealueella voidaan odottaa esiintyvän. Lähteenä, joka kuvaa parhaiten Perämeren keskiosien kalafaunaa, pidetään läheisellä Eystrasalt Bankilla ICES-alueella 52G8 vuonna 2020 tehtyä tutkimusta (Skyborn renewables 2023, Eystrasalt). Tutkimus sisältää sekä verkkonäytteenottoa että eDNA:ta, ja koska Eystrasalt Bank on lähellä ja sillä on samanlaiset olosuhteet syvyyden ja pohjatyypin osalta, tuloksia pidetään edustavina Lambdan tuulipuiston osalta. Eystrasaltin tutkimus tehtiin syvyysalueella 0-65 metriä. Lisäksi käytiin läpi Suomen ja Ruotsin kaupallisen kalastuksen kalastuspäiväkirjatiedot (saalisilmoitukset) vuosilta 2010-2022, jotta voitiin selvittää, mitä kalalajeja ICES-ruutuun 52G8 kuuluvalla alueella pyydettiin (HaV 2024a; Luke 2024).

Sen määrittämiseksi, esiintyykö hankealueella tai sen läheisyydessä kalojen kutua, on olemassa useita eri tietolähteitä, vaikka todisteet keskittyvät lähinnä kaupallisesti tärkeisiin lajeihin. Kaupallisesti tärkeä silakka on luultavasti laji, josta on eniten tieteellistä tietoa, vaikka se ei olekaan täydellistä. Silloisen Ruotsin kalastushallituksen vuonna 2003 tekemässä laajassa haastattelututkimuksessa kartoitettiin kaupallisten kalalajien kutualueet ja muut kutuolosuhteet koko itämerenlailla (Gunnarsson ym. 2011). HELCOM on myös teettänyt mallinnuksen Itämeren silakan todennäköisistä ja potentiaalisista kutualueista (HELCOM 2024). Ruotsin meri- ja vesihallintovirasto (SwAM) on myös kehittänyt kutuaikaportaalin, joka on työkalu, jolla voidaan havainnollistaa kalojen kutuaikoja eri merialueilla ja sitä, milloin vuoden aikana eri lajit ovat herkimpiä kutumaan.



häiriö (HaV 2020). Yhteenvetona voidaan todeta, että käytettävissä olevien lähteiden ja muiden analyysien, esimerkiksi syvyyssolosuhteiden ja pohjasubstraatin, katsotaan olevan riittäviä, jotta saadaan hyvä käsitys hankealueella esiintyvistä kalalajeista.

Lambdan tuulipuiston kalasto

Taulukossa 5.2 luetellaan lajit, joita on havaittu Perämeren avomerialueella kaupallisen kalastuksen saalisilmoitusten, Eystrasalt-penkereellä tehtyjen tutkimusten ja Finngrundenin avomeripenkereen inventoinnin perusteella. Taulukon viimeisessä sarakkeessa on arvioitu yleisen kalabiologisen kirjallisuuden (esim. SLU Artfakta) avulla, mitkä lajit ovat tyypillisiä Perämeren osalle, jonne Lambdan tuulipuistoa suunnitellaan, ja mitkä lajit esiintyvät vain satunnaisesti. Satunnaisesti esiintyviä lajeja ei pidetä merkityksellisinä vaikutusten arvioinnin kannalta. Kaikki luetellut lajit arvioidaan Punaisen listan (SLU Artdatabanken 2020) mukaan elinvoimaisiksi (LC, least concern) lukuun ottamatta turskaa, jonka Itämeren kantaa pidetään haavoittuvana (VU).

Tutkimuksissa ja saalisraporteissa on havaittu yhteensä 24 kalalajia Lambdan tuulipuiston suunnittelualueella (taulukko 5.2). Yli puolet lajeista esiintyy hankealueella satunnaisesti, joten ne eivät ole merkityksellisiä vaikutusten arvioinnin kannalta. Lajeja, joiden odotetaan esiintyvän satunnaisesti hankealueella, ovat lohi, taimen ja turska. Lohet vaeltavat Perämeren kautta lisääntymisalueilleen ja sieltä takaisin, mutta niiden tärkeimmät lisääntymis- ja ruokailualueet sijaitsevat Itämerellä. Lohen vaellustapoja ei tunneta täysin, mutta vaellus tapahtuu pääasiassa rannikoita pitkin. Taimenet käyttävät Selkämeren poikasalueena, mutta eroavat lohista siinä, että niiden vaelluskuviot eivät ole yhtä laajoja merellä, vaan ne pysyttelevät lähempänä rannikkoa rajoitetummalla alueella, yleensä 100 kilometrin säteellä synnyinjoestaan (Kallio-Nyberg ym. 2017). Lohta tai taimenta ei pidetä tyypillisinä hankealueella, joka sijaitsee Perämeren keskiosassa, eikä niitä sen vuoksi tutkita tarkemmin vaikutusten arvioinnissa. Turskan esiintymisen Perämerellä voidaan sanoa olevan satunnaista. Sitä esiintyy Ahvenanmerelle asti, jossa tutkijat ovat havainneet suhteellisen vahvan turskapopulaation, mutta on jokseenkin epäselvää, voiko turska siellä kutaantua, koska laji vaatii yleensä korkeampaa suolapitoisuutta lisääntymisen onnistumiseksi (Heimbrand ym. 2023). Eystrasalt Bankilla turskaa on havaittu hyvin vähän eDNA-näytteissä (Skyborn renewables 2023, Eystrasalt), eikä sitä ole havaittu näytekaloastuksissa. Turskaa ei käsitellä tarkemmin tässä tutkimuksessa, koska sen oletetaan olevan hyvin satunnainen eikä se varmasti voi kutua hankealueella. Perämerellä ei myöskään harjoiteta lajin kohdennettua kalastusta, ja kaupallisen kalastuksen turskasaaliit vuosina 2010-2022 ovat vain merkityksettä määriä. Kriittisesti uhanalaisen ankeriaskannan (SLU:n lajitietokeskus 2024) katsotaan esiintyvän säännöllisesti Norra Kvarkeniin asti (Helcom 2024). Laji esiintyy ICES-alueiden 51G7, 52G7 ja 53G8 saalisilmoituksissa (kuva 5.1) eli Norrlannin etelärannikolla. Alueelta 52G8 ei ole dokumentoituja ankeriaan löytöjä, mikä ei sinänsä sulje pois satunnaista esiintymistä, mutta lajin sisällyttämistä vaikutusten arviointiin ei pidetä perusteltuna. Samoin tyypillisiä makean veden lajeja ahventa, lahnaa, haukea, särkeä ja särkeä ei pidetä merkityksellisinä Lambdan tuulipuiston vaikutusten arvioinnin kannalta. Tämä johtuu siitä, että kyseisiä lajeja on pyydetty hyvin vähän ja että meri ei ole niiden biologian ja ekologian kannalta lajien varsinainen elinympäristö. Sama koskee muikkua, jota tavataan Norrlannin rannikon edustan merialueilla, mutta joka lisääntyy vain Pohjanlahden pohjoisimmassa osassa. Mustakalaa on pyydetty Finngrundenin koekalastuksissa, ja sitä esiintyy todennäköisesti satunnaisesti myös Lambdan tuulipuistohankkeen alueella, mutta laji elää yleensä lähempänä rannikkoa ja kutee sivujoissa tai jokisissa. Samoin pikkukohoeasimppua on pyydetty Eystrasalt Bankilla, mutta se esiintyy yleensä matalammalla pohjalla kuin Lambdan hankealueella. Eystrasalt Bankin eDNA-tutkimuksissa on havaittu jokihelminsimppukkaa, mutta nämä yksilöt elävät todennäköisesti loisin muissa lajeissa. Se, että ne hakeutuisivat vapaaehtoisesti rannikolta niin kauas rannikosta sijaitseviin merellisiin elinympäristöihin, ei vaikuta todennäköiseltä sen perusteella, mitä lajin biologiasta tiedetään. Lambdan tuulivoimapuiston alueella esiintyy luultavasti isorengashylkeitä, mutta lajin elintavoista ja ekologisesta arvosta Perämerellä tiedetään vain vähän.

Kokonaisarvion mukaan siian, silakan, kilohailin, kilohailin, kampelan, merikroton, rannikkotonnikalan ja tobiskungin, punasimppujen ja merikroton voidaan siis olettaa olevan yleisiä Lambdan tuulipuiston hankealueella (taulukko 5.2). Suunniteltujen toimintojen vaikutukset näihin lajeihin ovat tärkeä osa selvitystä ja vaikutusten arviointia. Hankealueella kaikkialla esiintyvistä lajeista lähinnä silakalla ja kilohaililla on merkittäviä kaupallisia arvoja (Kaupallisen kalastuksen analyysi, YVA:n liite 4). Myös siialla ja kampelalla on jonkin verran taloudellista arvoa, mutta niitä kalastetaan pääasiassa lähempänä rannikkoa.



Taulukko 5.2. Luettelo siitä, missä kukin laji on havaittu (x), ja arvio siitä, minkä lajien voidaan olettaa olevan yleisiä Lambdan tuulipuiston hankealueella ja voidaanko niiden olettaa kutevan alueella. Luettelon perustana ovat Eyrasalt Bankin (Skyborn renewables 2023, Eyrasalt) ja Finngrundenin (Ruotsin ympäristövirasto 2010) tutkimuksissa ja ICES 52G8:n kaupallisen kalastuksen saalistiedoissa (HaV 2024a ja Luke 2024) todetut esiintymät. Lajin uhanalaisuus nykyisen punaisen listan (SLU Artdatabanken 2020) mukaan on esitetty suluissa. (LC) = elinvoimainen, (VU) = haavoittuva.

Tyyppi	Eyrasalt	Finngrunden	ICES-alue 52G8	Arvioitu yleinen Lambdassa	Arvioitu kutemaan Lambdassa
Ahven (LC)			x	Ei ole.	Ei ole.
Ahven (LC)			x	Ei ole.	Ei ole.
Hauki (LC)			x	Ei ole.	Ei ole.
Hauki ahven (LC)	x			Ei ole.	Ei ole.
Lohi (LC)	x		x	Ei ole.	Ei ole.
Pieni simpukka (LC)	x			Ei ole.	Ei ole.
Särki (LC)	x			Ei ole.	Ei ole.
Leijonan silmä (LC)	x			Ei ole.	Ei ole.
Nors (LC)		x		Ei ole.	Ei ole.
Iso hevosenkenkälepakko (LC)	x			Kyllä	Kyllä, luultavasti
Siika (LC)	x	x	x	Kyllä	Ei ole.
Kananputki (LC)			x	Ei ole.	Ei ole.
Miekkakala (sarvikala ja punakala) (LC)	x	x		Kyllä	Kyllä, mahdollisesti
Skarpsill (LC)	x		x	Kyllä	Kyllä, mahdollisesti
Kampela (LC)	x	x		Kyllä	Kyllä, mahdollisesti
Lacy-lapsenlapset (LC)	x			Kyllä	Kyllä, luultavasti
Spiggar (LC)	x		x	Kyllä	Ei ole.
Silakka (LC)	x	x	x	Kyllä	Kyllä, luultavasti
Tobis-kalat (rannikon tuulenkala ja Tobis-kuningas) (LC) (LC)	x			Kyllä	Kyllä, luultavasti
Turska (VU)	x	x	x	Ei ole.	Ei ole.
Merileväsuolaliuos (LC)	x	x		Kyllä	Kyllä, luultavasti
Taimen (LC)	x		x	Ei ole.	Ei ole.

Kalojen esiintyminen Lambdan tuulipuiston hankealueella

Jotta suunniteltujen toimien vaikutukset kalayhteisöön olisivat selvät, on tärkeää tietää, mitä kutu- ja poikasalueita hankealueella mahdollisesti on. Kalojen kutu- ja poikastuotantoalueista avomerellä on vain vähän asiakirjoja. Yleisesti voidaan todeta, että matalat ja erityisesti rannikkoalueet ovat tärkeitä lisääntymisalueita useimmille Perämerellä esiintyville lajeille. Taulukossa 5.2 esitetään arvio Lambdan tuulipuiston hankealueella esiintyvien lajien kutuvaelluksen todennäköisyydestä.

Lajit, joiden katsotaan todennäköisimmin kutevan hankealueella tai sen läheisyydessä, ovat kilohaili, kilohaili, silakka, rannikon tuulenkala, tuulenkala ja molva. Kaikki nämä lajit ovat merestä peräisin, eli niillä on biologiset edellytykset ja niiden oletetaan löytävän alueelta sopivia pohjasubstraatteja, joille ne voivat kutua. Miekkakalan (sarvikalmarin ja punakalmarin) ja kampelan kutuvaelluksen alueella katsotaan olevan epätodennäköisempää, ja ne on merkitty mahdollisesti taulukkoon 5.2. Nämä kolme lajia suosivat joko merellisempiä olosuhteita, joissa suolapitoisuus on korkeampi, tai matalampia alueita. Kampela vaatii lisääntymiseensä vähintään kuuden promillen suolapitoisuuden, samoin kuin turska vähintään yksitoista promillea (SLU Artdatabanken 2024). Merikrotti on alun perin makean veden laji, joka ei vaadi suolaisempaa vettä, mutta se suosii matalampia kutualueita. Myös siian ja isokalan katsotaan olevan yleisiä hankealueella, mutta niiden ei odoteta pystyvän kutemaan alueella. Ne kutevat lähellä rannikkoa, yleensä sivujoissa tai avoimissa rannikkovesissä. Ne myös kutevat suhteellisen matalalla eli muutaman metrin syvyydessä. On olemassa siikamuotoja, jotka kutevat meressä, esimerkiksi Gävleborgissa, mutta ne kutevat myös rannikon ja rannikon läheisyydessä hiekka-, kivi- ja sorapohjaisilla pohjilla ja jopa kuuden metrin syvyydessä (Gunnartz ym. 2011).



Ruotsin meri- ja vesihallintoviraston kutuaikaportaalista tehty haku Perämeren avomerialuetta vastaavilla kriteereillä eli Lambdan tuulipuiston kannalta merkityksellisillä hakukriteereillä tuottaa seitsemän lajin luettelon, taulukko 5.3 (HaV 2020). Haku ei poimi sarvitonnikalaa, punatonnikalaa ja rannikotonnikalaa, mutta sisältää meriharjuksen, joka saattaa mahdollisesti kutia Selkämeren edustalla. Härkäsimpua esiintyy Norra Kvarkeniin asti (SLU Artdatabanken 2024), mutta se on harvinainen eikä sitä ole löydetty koealastuksissa tai tutkimuksissa. Sarvitonnikala, punatonnikala ja rannikotonnikala kutevat yleensä lähempänä rannikkoa ja matalammilla pohjilla, minkä vuoksi niitä ei ole sisällytetty kutuaikaportaaliin, mutta tämä ei sulje pois mahdollisuutta kutumiseen. Rannikotonnikaloja esiintyy rantaviivasta 40 metrin syvyyteen asti, kun taas sukulainen tobiskung elää kesällä lähellä rannikkoa hiekkapohjilla 60 metrin syvyyteen asti (SLU Artdatabanken 2024). Se, että tobiskungin katsotaan menevän hieman syvemmälle, on oletettavasti syy siihen, miksi se poimitaan haun yhteydessä offshore-olosuhteilla kutuaikaportaalissa. Lisäksi molempien lajien oletetaan esiintyvän ja luultavasti kutevan Lambda-hankkeen alueella samoina kutuaikoina, minkä vuoksi niitä käsitellään tässä yhtenä lajina. Rengasrapu ja rantasipi kutevat todennäköisesti alueella, vaikka ne eivät olekaan kovin yleisiä lajeja. Portaaliin kirjataan myös kalalajien kutuajat, joista käy ilmi, milloin ne ovat herkempiä häiriöille (taulukko 5.3). Portaali tarjoaa myös yleisen herkkyyssindeksin, joka osoittaa erityisen herkeit kuukaudet, jolloin monet kalalajit kutevat. Vuoden aikana ei ole selvästi muita herkempiä kuukausia, koska eri lajien kutu tapahtuu eri vuodenaikoina (taulukko 5.3).

Taulukko 5.3 Ote kutuaikaportaalista (HaV 2020), josta käy ilmi, minkä kalalajien odotetaan kutevan Perämerellä 30-100 metrin syvyydessä ja milloin ne kutevat. Taulukon punainen väri osoittaa todennäköisen kutuajan ja vaaleanpunainen väri viitekirjallisuuden mukaisen teoreettisen kutuajan. Kutuaikaportaalissa on myös yleinen herkkyyssindeksi (taulukon alin rivi), jossa korkeammat indeksiarvot ja punaisemmat värit osoittavat herkempiä kuukausia ja matalammat indeksiarvot ja vihreät värit vähemmän herkkiä kuukausia.

Känsliga perioder - Tabell & Diagram

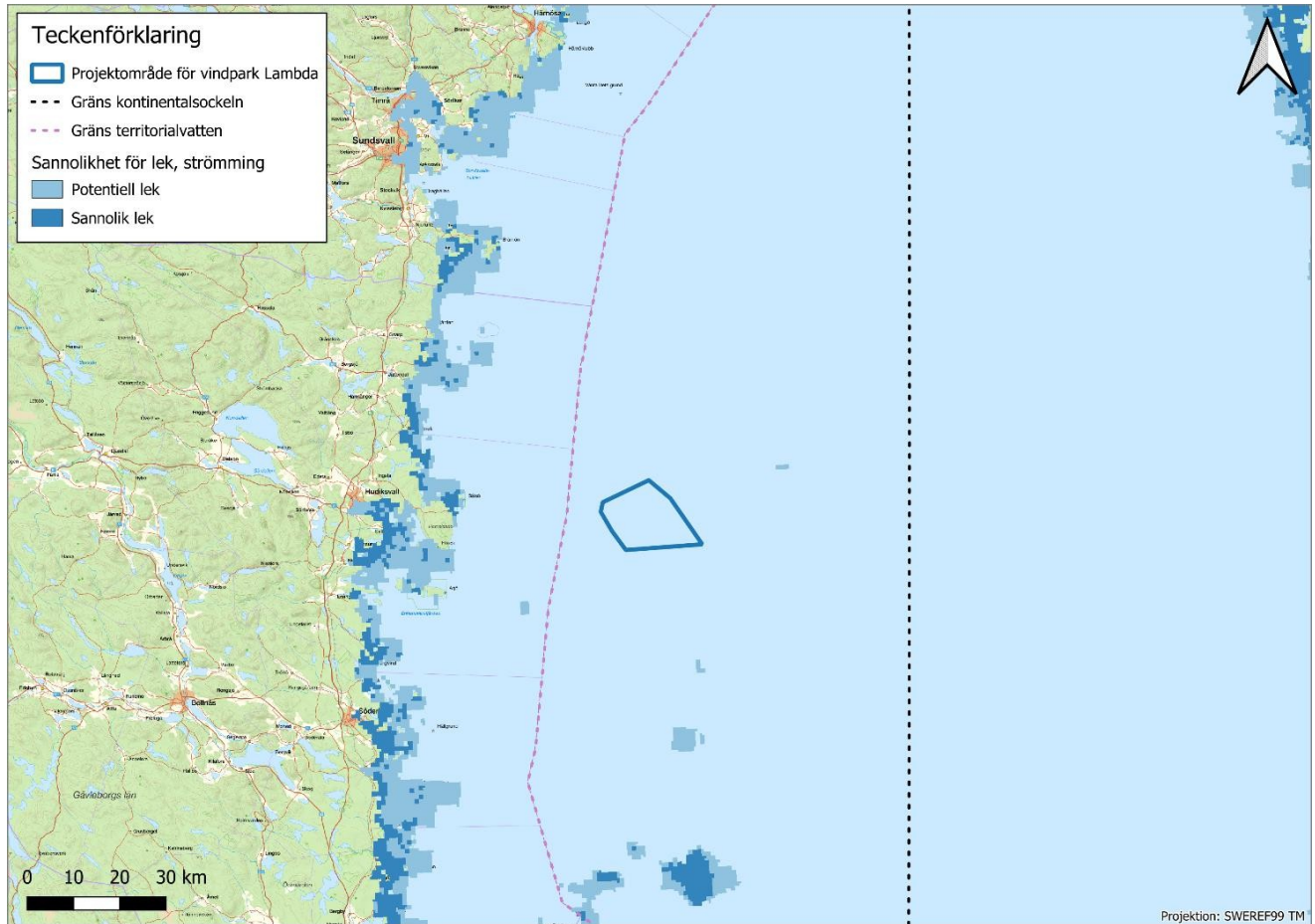
Län: Gävleborgs län Vattentyp: Utsjö Delvattentyp: Bottenhavet Höjd: 0 - 200 Lekdjup från: 30 Lekdjup till: 100 Lekhabitat beskrivning: (alla kolumnvärden)

Art	Lekperiod	Lektemperatur °C	Lekdjup meter	Kommentarer	Illustrerad grafisk period	Jan 2 °C	Feb 1 °C	Mar 1 °C	Apr 2 °C	Maj 4 °C	Jun 9 °C	Jul 15 °C	Aug 16 °C	Sep 15 °C	Okt 8 °C	Nov 6 °C	Dec 4 °C
Ringbuk	Nov - Mar	2 - 6	5-300														
Sill/Strömming (höst)	Sep - Feb	4 - 13	0-40	Mer info													
Sjurygg	Feb - Maj	3 - 15	5-40	Mer info													
Skarpsill	Jan - Aug	5 - 13	0-40														
Spetslångbarn	Dec - Jan	0 - 3	10-100														
Tobiskung	Mar - Aug	3 - 19	20-100	Mer info													
*KÄNSLIGHETSINDEX						6	5	4	3	5	3	4	4	1	2	4	5

Itämerellä on ainakin kaksi erillistä geneettistä silakkapopulaatiota, joiden katsotaan olevan keväällä tai syksyllä kutevia silakoita (Wennerström ym. 2022; Wennerström ym. 2023). Selkämerellä keväällä kutevat silakat ovat vallitsevia. Molemmat vaihtoehdot pysyttelevät talven ajan syvillä avomerialueilla. Aikaisin keväällä kevätkutuinen variantti hakeutuu kutualueille, jotka koostuvat matalista saaristoalueista, joiden syvyys on 0-15 metriä (Polte ym. 2017). Koska se kutee matalammalla kuin 30 metrin syvyydessä, sitä ei ole sisällytetty kutuaikaportaalin otteeseen, taulukko 5.3. Kuvassa 5.2 on esitetty silakan kutualueet Selkämerellä Helcomin mallinnettujen tietojen mukaan (Helcom 2024). Syksyllä kutevien silakoiden katsotaan kutevan ulkosaaristoissa ja rannikon edustalla olevilla rannoilla yleensä 20 metrin syvyyteen, mutta mahdollisesti 40 metrin syvyyteen asti, minkä vuoksi syksyn kutuvaihtoehto on mainittu kutuaikaportaalissa. Lambdan tuulipuiston nykyisellä hankealueella ei kuitenkaan tiedetä olevan silakan kutualueita. Muutaman kymmenen kilometrin säteellä on useita pienempiä alueita, jotka on tunnistettu silakan potentiaalisiksi kutualueiksi (Helcom 2024). Kilohaili kutee yleensä etelämpänä Itämerellä (Helcom 2024). Koska lajin mätimunat kehittyvät pelagisesti (vapaasti kelluen vesimassassa), vaaditaan vähintään 5-6 promillen suolapitoisuus (SLU Artdatabanken 2024). Selkämeren suolapitoisuus on todennäköisesti lajille maantieteellisesti rajoittava tekijä. Yhteenvetona voidaan todeta, ettei silakan eikä kilohailin odoteta kutevan merkittävässä määrin Lambdan tuulipuiston hankealueella.

Lambdan tuulivoimapuiston hankealueen kalalajistoa pidetään suhteellisen vähäarvoisena, koska se on todennäköisesti lajiköyhä ja tyypillinen syville merivesille, joita Perämerellä on laajoja alueita. Hankealueella ei ole havaittu erityisiä kutualueita tai uhanalaisten kalalajien tärkeitä elinympäristöjä.





Kuva 5.2. Itämeren silakan todennäköiset (tummansininen) ja potentiaaliset kutualueet (vaaleansininen) HELCOMin kartta- ja tietopalvelun mukaan (Helcom 2024). Lambdan tuulipuiston hankealueella ei ole tiedossa Itämeren silakan kutualueita.

5.1.1 Kasvi

Merituulipuiston rakentaminen voi vaikuttaa kaloihin. Seuraavassa arvioidaan mahdollisia riskejä ja vaikutuksia, joita kaloille voi aiheutua elinympäristön muutoksista ja riuttojen vaikutuksista, materiaalin suspendoitumisesta ja sedimentoitumisesta, vedenalaisesta melusta ja sähkömagneettisista kentistä Lambdan tuulipuiston suunnitellun toiminnan yhteydessä. Arviointi perustuu edellä kohdassa 5.1 esitettyyn yleiskuvaukseen hankealueen kalafaunasta ja biologiasta.

Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus

Elinympäristömuutosten laajuus sekä pohjaolosuhteiden että uusien pystysuuntaisten rakenteiden osalta kasvaa asteittain tuulipuiston rakentamisen aikana ja saavuttaa maksiminsa, kun kaikki laitokset ovat paikoillaan. Riuttovaikutus syntyy tietyn ajan kuluttua, sillä se on seurausta siitä, että kasvit ja eläimet asuttavat uusia pintoja ja rakenteita. Arvioidaan, että elinympäristön muutoksen ja riuttavaikutuksen ympäristövaikutukset ovat rakentamisvaiheessa merkityksellisiä. Kalat saattavat käyttää aluetta koko rakennusvaiheen ajan, mutta ne todennäköisesti välttävät alueita, joilla on paljon toimintaa, ja aikoja, jolloin rakennustyön aikana on kova tai häiritsevä melu.

Rakennusvaiheen aikana tapahtuvalla elinympäristön muutoksella arvioidaan olevan **vähäinen** vaikutus, ja koska ympäristönäkökulman kalat on arvioitu **olevan vähäinen**, vaikutukset ovat näin ollen **vähäisiä tai olemattomia**. Arvioinnin varmuus on **suuri**.

Kiintoainepitoisuus ja sedimentaatio

Materiaalin suspendoitumisella eli sameudella ja sitä seuraavalla sedimentaatiolla voi olla suoria ja epäsuoria vaikutuksia kaloihin. Suoria vaikutuksia voivat olla kuolleisuus, erityisesti sedimenttihiukkasten aiheuttamat fyysiset vauriot kiduksissa ja munakalvoissa, psykologinen stressi ja käyttäytymismuutokset (Kjelland ym. 2015; Wenger ym. 2017). Epäsuorat vaikutukset voivat olla vähintään yhtä vakavia kuin suorat vaikutukset (Barbier ym. 2011). Esimerkkejä epäsuorista vaikutuksista voivat olla saaliin (erityisesti pohjaeläimistön) saatavuuden väheneminen ja elinympäristöjen häviäminen, jolloin esimerkiksi kasvillisuuden väheneminen voi merkitä saaliin suojautumismahdollisuuksien vähenemistä tai näkyvyyden heikkenemistä, mikä voi vaikuttaa esimerkiksi petojen pyydystysmekanismeihin ja ravinnonhakuun. Toinen esimerkki ovat muuttuneet kutupaikkojen olosuhteet (substraatti) (Kjelland ym. 2015; Wenger ym. 2017). Riski sameuden vakavista vaikutuksista kalayhteisöihin riippuu pääasiassa altistumisen voimakkuudesta ja kestosta (Newcombe & MacDonald 1991; Karlsson ym. 2020), mutta myös eri lajien stressinsietokyvystä, sedimenttityypistä ja paikan luonnollisista taustakosteustasoista (Browne, Tay & Todd 2015; Erftemeijer & Lewis 2006; Wilber & Clarke 2001). Vaikka kalat saattavat välttää alueita, joilla sameus on liian korkea, on osoitettu, että kalat sietävät suhteellisen hyvin lisääntynyttä sameutta vesipatsaassa. Altistumisella 100 mg/l kiintoainepitoisuudelle enintään 14 päivän ajan tai altistumisella enintään 1 000 mg/l pitoisuudelle enintään 24 tunnin ajan on yleensä vähäinen suora vaikutus altistuviin eliöihin (Karlsson ym. 2020).

Kutuaika on herkkä osa kalojen elinkaarta, jolloin sameus voi heikentää mätimunien ja toukkien selviytymistä pohja-alustassa peittämällä ne sedimentin alle, jolloin ne myöhemmin kuolevat hapenpuutteeseen (Karlsson ym. 2020). Myös pelagisiin mätimuniin ja toukkiin voi kohdistua sekä tappavia (suoraan tappavia) että subleetaalisia (ei suoraan tappavia mutta pitkällä aikavälillä haitallisia) vaikutuksia. Leijuvan sedimentin vaikutus pelagisiin mätimuniin ja toukkiin voi johtaa viivästyneeseen tai heikentyneeseen kuoriutumiseen, kasvun vähenemiseen ja epämuodostumien yleistymiseen (Corell et al. 2023). Toleranssirajat ovat lajikohtaisia, ja pohjaeläinlajit, kuten kampelakalat, sietävät yleensä korkeampia pitoisuuksia. Yleisesti ottaen aikuiset kalat ovat suhteellisen epäherkkiä sameudelle, ja nuorten ja aikuisten kalojen välttämiskäyttäytymistä esiintyy pitoisuuksissa, jotka ovat suuruusluokkaa milligrammaa litrassa, kun taas tappavien vaikutusten aikaansaamiseksi tarvitaan pitoisuuksia, jotka ovat suuruusluokkaa grammaa litrassa (Bruton 1985). Silakalla välttämiskäyttäytymisen kynnsarvon katsotaan olevan noin 10 mg/l (Johnston & Wildish 1981; Westerberg ym. 1996). Kalojen mätimunilla ja toukilla ei ole kykyä välttää sameutta, ja ne ovat yleensä herkempiä kuin vanhemmat elinvaiheet. Poikkeuksena on silakka, jonka mätimunien kehitykseen ei ollut vaikutusta, kun ne altistettiin suspendoituneelle sedimentille pitoisuuksina 300 mg/l (Kiörboe ym. 1981). Samanlaisessa tutkimuksessa silakan mätimuniin ei havaittu vaikutusta jopa 7 000 mg/l pitoisuuksissa (Messieh 1981), vaikka mätimunien kuolleisuus oli suurta, jos ne peittyivät kokonaan. Silakan toukat ovat osoittaneet heikentyneen ravinnon syönnin pitkäaikaisen sameuden aikana noin 20 mg/l (Johnston & Wildish 1981), mutta sietävät lyhytaikaista altistumista yli 500 mg/l pitoisuuksille (Messieh ym. 1981).

Lambdan tuulivoimapuiston rakennusvaiheen aikana odotetaan esiintyvän yli 1 000 mg/l:n sedimenttipitoisuuksia noin tunnin ajan lähimpänä rakennustöitä (Sedimentin leviäminen, YVA:n liite 5). Vaikutuksen arvioidaan kohdistuvan rajoitetulle, yhteensä noin 5,5 neliökilometrin suuruiselle alueelle, jonka kesto on yksi tunti koko rakennustyön aikana. Yleisesti ottaen kalat kestävät näin lyhyet altistukset vahingoittumatta (Karlsson et al. 2020), mutta kalat todennäköisesti välttävät alueita, joilla on tällaisia pitoisuuksia, joko itse korkeiden pitoisuuksien tai muiden häiriöiden, kuten kovan melun ja tärinän, vuoksi. Nuoruvaiheet voivat kärsiä suuremmassa mittakaavassa, mutta esimerkiksi silakan toukatkin kestävät lyhytaikaista altistumista yli 500 mg/l:n pitoisuuksille (Messieh ym. 1981), joiden on laskettu kestävän enintään 36 tuntia.

Yli kymmenen millimetrin sedimenttikerrostuman on arvioitu esiintyvän vajaan viiden neliökilometrin alueella koko rakentamisaikana. Tällainen sedimentaatio voi vaikuttaa kalojen kutumenestykseen, jos mätimunat ja toukat ovat päällekkäin. Vaikutusalue on kuitenkin suhteellisen pieni, ja niillä lajeilla, joiden odotetaan voivan kutua kyseisellä alueella, kuten tuulenkalalla ja miekkakalalla (täydellinen luettelo kohdassa 5.1), on laaja maantieteellinen levinneisyys ja siten hyvä pääsy vastaaville kutualueille. Lisäksi kalalajit, jotka voivat kutua alueella, on lueteltu elinkelpoisiksi kansallisessa punaisessa luettelossa (taulukko 5.2). Lambdan tuulipuiston hankealueella tai alueella, johon sedimentaation odotetaan vaikuttavan tuulipuiston ulkopuolella, ei ole havaittu silakan kutualueita.

Kaiken kaikkiaan arvioinnin mukaan rakennusvaiheen aikaisella suspendoituneella materiaalilla ja sedimentaatiolla **ei ole juurikaan** vaikutusta. Tämä yhdessä sen kanssa, että ympäristönäkökohtia pidetään vähäarvoisena, tarkoittaa sitä, että kaloihin kohdistuvien seurausten **katsotaan olevan merkityksettömiä**. Arvioinnin varmuus on **suuri**, koska arvioinnin perustana on tieteellisiä tutkimuksia ja sedimentaation leviämisen paikkakohtainen mallintaminen.



Vedenalainen melu

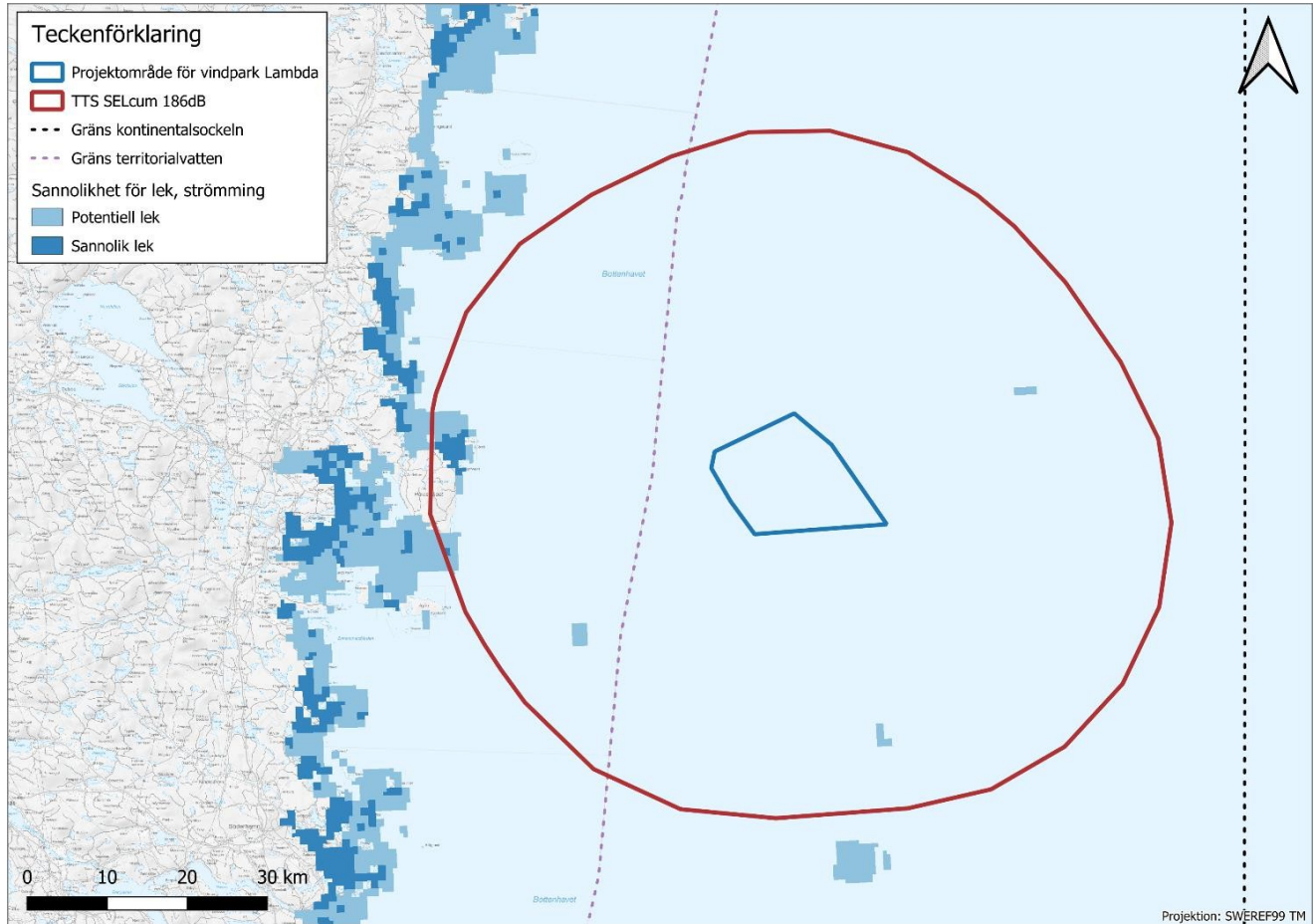
Äänen eteneminen vedessä tapahtuu hiukkasten liikkeenä ($m \cdot s^{-2}$) ja paine-/ääniaaltoina (dB) (Axenrot & Didrikas 2012). Hiukkasliike vähenee nopeasti etäisyyden kasvaessa lähteestä, kun taas kalat voivat havaita paine-/ääniaaltoja pitkällä etäisyyksillä. Useimmat lajit pystyvät havaitsemaan molemmat äänityypit. Yleensä kaloilla on hyvä kyky havaita matalataajuisia ääntä (alle 100 Hz) (Axenrot & Didrikas 2012). Kalojen ääniherkkyys on kuitenkin hyvin lajiriippuvainen. Kalojen kaasua sisältävät elimet (kuten uimarakko ja ruoansulatuskanava) ja kuulojärjestelmät ovat erityisen alttiita vaurioille. Korkeiden äänitasojen kaloille aiheuttamat vauriot voivat liittyä pitkälti siihen, onko lajilla uimarakkoa, ja uimarakon rakenteeseen, kun taas matalammat äänitasot voivat aiheuttaa samankaltaisia vaurioita eri kalalajeille riippumatta siitä, onko niillä uimarakkoa vai ei (Halvorsen ym. 2012). Äänilähteen läheisyydessä oleville kaloille aiheutuvien suorien fyysisten vahinkojen lisäksi kyse on lähinnä subletaalisista vaikutuksista, kuten tilapäisestä kuulon heikkenemisestä ja käyttäytymisen muutoksista, jotka voivat johtaa kielteisiin seurauksiin sekä yksilö- että populaatiotasolla (Popper & Hawkins 2019). Popper & Hawkins (2019) ja Popper ym. (2020) toteavat, että ymmärryksessämme ihmisen aiheuttamien äänien vaikutuksista ja erityisesti niiden vaikutuksista populaatiotasoon ja vesiekosysteemeihin on edelleen suuria puutteita osittain siksi, että monet tutkimukset on tehty vankeudessa elävillä kaloilla laboratorio-olosuhteissa eikä luonnonvaraisilla kaloilla. Tekijöitä, joiden on havaittu vaikuttavan vasteeseen ääniärsykeille, ovat muun muassa elämänhistoria, koko suhteessa äänen aallonpituuteen, anatomiset erot ja sijainti vesipatsaassa suhteessa äänilähteeseen (Popper & Hawkins 2016).

Sweco on Lambdan tuulivoimapuiston akustisessa tutkimuksessa tehnyt laskelmia etäisyyksistä äänilähteestä, joilla Itämeren silakan raja-arvot eivät enää ylitä (Vedenalainen melu, YVA:n liite 6). Itämeren silakkaa pidetään niin sanottuna kuulospesialistina, sillä on matala kuulokynnys ja siten suuri herkkyys vedenalaiselle melulle (Båmstedt ym. 2009), ja se on myös kaupallisesti tärkeä laji. Näistä syistä on tullut yleiseksi käytännöksi, että silakka on kohdelaji pahimmissa skenaarioissa, kun arvioidaan vedenalaisen melun vaikutuksia. Ruotsissa ei kuitenkaan ole hyväksyttyjä ohjeita vedenalaisesta melusta ja kynnysarvoista, joten Sweco on käyttänyt TTS- ja PTS-kynnysarvoja, jotka ovat peräisin Popper et al. (2014). Ruotsin ympäristönsuojeluviraston raportissa (Andersson et al. 2016) ehdotetaan haitallisia äänitasoja (PTS) kaloille. Ehdotus PTS:lle perustuu Popper et al. (2014) tutkimukseen, mutta TTS:n kynnysarvo ei sisällynyt Ruotsin ympäristönsuojeluviraston ehdotukseen. Tätä perusteltiin sillä, että toisin kuin sisäelinten fysiologiset vauriot, sekä pakokäyttäytyminen (käyttäytymisen muutos) että tilapäiset kuulovauriot liittyvät lajin erityiseen herkkyyteen taajuudelle ja äänen voimakkuudelle. Olemassa olevan kirjallisuuden perusteella ei myöskään ole mahdollista arvioida, vaikuttaako pakokäyttäytyminen negatiivisesti lajiin populaatiotasolla vai liittyykö vaikutuksen vaikutus alueeseen ja ajanjaksoon. Turskaa (Mueller-Blenkle ym. 2010) ja kilohailia, jonka kuulo on samankaltainen kuin silakan (Popper ym. 2014), koskevat tutkimukset osoittavat, että kalat reagoivat paalutusmeluun ja niiden odotetaan siten pakenevan ääntä. Samaan aikaan on tutkimuksia, jotka osoittavat, että korkealle melutasolle altistuvat kalat pysyvät alueella, jos se on riittävän tärkeä niiden selviytymisen tai lisääntymisen kannalta (Wardle ym. 2001; Peña ym. 2013). Kalojen mätimunilla ja toukilla on vain vähän tai ei lainkaan mahdollisuuksia paeta äänilähteestä, mikä tekee niistä haavoittuvampia (Andersson ym. 2016).

Akustinen arviointi (Vedenalainen melu, YVA:n liite 6) osoittaa, että ilman lieventämistoimenpiteitä kaikki silakat 62 kilometrin säteellä äänilähteestä pystyvät havaitsemaan paalutusmelun niiden tasojen rajoilla, jotka voivat aiheuttaa TTS:n. Lisäksi vaimennuksen puuttumisen ennustetaan aiheuttavan pysyvästi haitallisia äänitasoja (PTS) kahden kilometrin etäisyydellä lähteestä. Vähintään 6 dB:n vaimennus tarkoittaa, että etäisyys, jolla TTS-raja ylittyy, lähes puolittuu, ja jos käytetään HSD:tä, etäisyys pienenee kolmannekseen. Toisin sanoen 6 dB:n vaimennuksella silliin voi vaikuttaa ääni jopa 36 kilometrin päässä lähteestä ja HSD:llä 21 kilometrin päässä. Kaikilla lieventämistoimenpiteillä (-6 dB, HSD ja DBBC) PTS-rajat eivät ylitä yli 1,1 kilometrin etäisyydellä lähteestä (taulukko 4.7; vedenalainen melu, YVA:n liite 6). Seuraavassa vaikutusten arvioinnissa keskitytään ensisijaisesti silakkaan ja sen kutuun, koska laji on yleinen tarkastelualueella ja sillä on kaupallista arvoa. Arvioinnissa on tärkeä lähtökohta se, että melun aiheuttamaan häiriöön tieteellisessä kirjallisuudessa usein esiintyvä käyttäytymisen muutoksen käsite ei välttämättä ole synonyymi pakenemiskäyttäytymiselle tai kutumenestykseen vaikuttamiselle. On osoitettu, että silakan reagointikynnys melulle on korkeampi kutuaikana. Skaret et al. (2015) osoittivat, että laji ei reagoi laivameluun samalla tavalla pakenemiskäyttäytymällä, joka on muuten normaalia kutuajan ulkopuolella. Tutkijat päättelivät, että kutuaikana lisääntymisvaisto asetetaan tärkeämmälle sijalle kuin normaali vaaraa välttelevä pakokäyttäytyminen.



Jos suojaustoimenpiteenä käytetään vähintään 6 dB:n vaimennusta, vaikutuksen katsotaan olevan **pieni**. Suurimmassa osassa merta, johon vaikutus kohdistuu, arvo on **pieni**, eli kalakannan arvo on suhteellisen pieni, joten vaikutus arvioidaan **vähäiseksi**. Itämeren silakan TTS-kynnysarvon ylittävä ääni saavuttaa kuitenkin alueita, jotka on määritelty Itämeren silakan potentiaalisiksi ja todennäköisiksi kutualueiksi (Helcom 2024). Itämeren silakkaan kohdistuvan vaikutuksen odotetaan ilmenevän Hornslandetin ympäristössä Lambdan tuulipuiston länsipuolella ja kolmella pienemmällä alueella merellä Lambdan tuulipuiston lounais-, etelä- ja koillispuolella (kuva 5.3). Yhden tai kahden vuoden ajan, kun paalutustyöt ovat käynnissä, silakka saattaa poistua alueilta, eikä kutua välttämättä tapahdu, jos paalutustyöt tehdään kutuaikana. Vaikutuksen kohteena olevat kutualueet edustavat kuitenkin suhteellisen pientä osaa käytettävissä olevasta kutualueesta, mikä tarkoittaa, että ympäristönäkökohdan arvo on **kohtalainen** ja seuraukset ovat **vähäiset**.



Kuva 5.3. Lambdan tuulipuiston hankealue (sininen monikulmio). Punainen viiva osoittaa, missä melu ei enää ylitä Itämeren silakan TTS-kynnysarvoa rakennusvaiheessa -6 dB:n suojaustoimenpiteellä.

5.1.2 Drift

Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus

Ruotsin merenpohjan ympäristö voidaan jakaa pääasiassa kahteen tyyppiin: kovaan ja pehmeään pohjaan (Öhman & Wilhelmsson 2005). Kovat pohjat ovat periaatteessa riutta-ympäristöjä riippumatta siitä, koostuvatko ne koralleista, mineraaleista vai keinotekoisesta materiaalista (Öhman ym. 1997; Öhman & Rajasuriya 1998; Öhman ym. 1998). Kovat pohjat ovat usein tärkeitä kalojen kutu- ja poikasalueita, ja niiden biologinen monimuotoisuus on yleensä suuri (Pihl ym. 1994; Arnio ym. 1996; Kääriä & Esko 1997; Malm 1999). Tätä hyödynnetään tietoisesti keinotekoisien riuttojen rakentamisessa kaloille suotuisten elinympäristöjen luomiseksi. Riuttavaikutus määritellään kalatiheyden paikallisen lisääntymisenä (Bohnsack 1996; Hylkema ym. 2020). Kalatiheyden lisääntymisen keinotekoisella riutalla ei kuitenkaan tarvitse johtua lisääntyneestä tuotannosta, vaan se voi johtua jo olemassa olevien kalojen kerääntymisestä lähialueelta (Bohnsack 1996). Merituulivoimalat voivat toimia keinotekoisena riuttana. Merituulivoimaloiden rakentamiseen liittyvä merenpohjan olosuhteiden fyysinen muuttaminen ja keinotekoisien riuttojen luominen.

kovat pystysuorat pinnat koko vesipatsaassa. Perustukset ja eroosiosuojaukset lisäävät uusia pintoja ja rakenteita, jotka voivat synnyttää riuttavaikutuksen eli houkutella ja suosia lajeja (Wright ym. 2020). Esimerkiksi kalat voivat vetää puoleensa näitä kiinteitä rakenteita, joita niiden tarjoama suoja suosii, mikä voi johtaa kalojen määrän kasvuun (Bergström ym. 2012).

Tutkimuksia riuttojen vaikutuksista Itämeren meritulivoimaan on tehty Kalmarsundin (Andersson & Öhman 2010) ja Öresundin (Bergström et al. 2013) tuulipuistoissa. Nämä tutkimukset osoittivat, että jälkimmäisellä oli suurempi riuttovaikutus. Selityksenä pidetään Öresundin korkeampaa suolapitoisuutta, jonka vuoksi siellä on suurempi kalayhteisö. Ruotsin vesillä riuttovaikutuksen laajuuden voidaan olettaa vaihtelevan tuulipuiston sijainnin mukaan, koska lajien esiintymisessä on eroja rannikon eri osissa (Isäus 2022; Andersson 2010; Bergström ym. 2022). Keinotekoisien rakenteiden ympärillä oleva riuttavaikutus on hyvin dokumentoitu selvästi merialueilla, kuten Pohjanmerellä, jossa vallitsee yksimielisyys sekä kalojen lisääntyneestä houkuttelevuudesta että lisääntyneestä tuotannosta. Samaa ei voida sanoa suurimmasta osasta Itämerta eikä varsinkaan Perämerestä. Riuttavaikutusta on toki tutkittu ja osoitettu Lillgrundin tuulipuistossa Öresundissa ja Utgrundenissa Kalmarsundissa, mutta koska Itämeren pohjoisempana sijaitsevia tuulipuistoja ei ole, ei ole tutkimuksia elinympäristön muutosten ja riuttavaikutuksen vaikutuksesta kaloihin. Useissa artikkeleissa ja yhteenvetoraporteissa korostetaan, että lajirikkauden vähenemisellä voidaan olettaa olevan heikompi vaikutus (Andersson & Öhman 2010; Isäus ym. 2022; Langhamer 2012; Öhman 2023).

Lajien esiintymisen lisäksi monet muut tekijät vaikuttavat siihen, esiintyykö ketun vaikutus ja miten se ilmenee. Tällaisia tekijöitä voivat olla rakentamistavan valinta, laitosten ympärille syntyvä virtauskuvio ja valon saatavuus (Paine 1974; Knott ym. 2004). Jossain määrin ei ole tietoa odotettavissa olevista vaikutuksista, jotka liittyvät elinympäristön muutokseen ja riuttavaikutukseen, kun tulivoimaa rakennetaan Lambdan tulivoimapuistossa esiintyville syvyyksille ja kun tulivoimalat sijoitetaan 1,5-2 kilometrin etäisyydelle, kuten Lambdan tulivoimapuistoon on suunniteltu (Bergström ym. 2022).

Koska kalojen monimuotoisuus on vähäisempää Perämerellä Lambdan tulivoimapuiston kohdalla verrattuna tutkittuihin tulivoimapuistoihin, jotka sijaitsevat selkeämmin erottuvilla merialueilla, elinympäristön muutoksen ja riuttojen vaikutuksen voidaan odottaa johtavan **vähäisiin tai vähäisiin myönteisiin** ympäristövaikutuksiin. Alueen kalataloudellisen arvon arvioidaan jäävän **vähäiseksi**. Luontotyyppimuutoksen aste riippuu siitä, kuinka paljon käyttöön otetut rakenteet ja substraatit eroavat alkuperäisestä tilasta. Suurin vaikutus elinympäristöön on, jos tulivoimalat sijoitetaan pehmeille pohjille, jolloin uutta kovaa materiaalia on lisättävä enemmän kuin jos ne rakennetaan nykyisille kovalle pohjille. Rakenteet saattavat houkutella kaloja, jos ne tarjoavat suojaa tai luovat elinympäristöjä ravinto-organismeille, mutta vaikutuksen ei odoteta olevan merkittävä. Kaupallisen kalastuksen lopettaminen voidaan katsoa elinympäristön muutokseksi kalakuolleisuuden muuttumisen kautta, mutta tällaisen vaikutuksen katsotaan olevan vähäinen, koska alueella ei harjoiteta kaupallista kalastusta merkittävässä määrin (kaupallista kalastusta koskeva analyysi, YVA:n liite 4). Kaiken kaikkiaan vaikutukset arvioidaan **vähäisiksi tai lievästi myönteisiksi**. Arvioinnin varmuus on **kohtalainen**, koska riuttavaikutuksen myönteisten vaikutusten asteeseen liittyy jonkin verran epävarmuutta.

Vedenalainen melu

Akustisen tutkimuksen mukaan (Vedenalainen melu, YVA:n liite 6) Lambdan tuulipuiston toiminnasta aiheutuvan melun arvioidaan olevan alle sen taustamelun tason, joka aiheutuu pääasiassa meren aaltojen liikkeistä. On mahdollista, että toiminnan aiheuttama melu voidaan havaita vedenpinnan alapuolella alhaisissa tai normaaleissa tuuliolosuhteissa, mutta nämä ovat suhteellisen alhaisia tai tuskin havaittavia äänitasoja. Tämän vuoksi arvioidaan, että toiminnan aiheuttaman melun ympäristövaikutukset **ovat merkityksettömät, eikä sillä ole tai ole vähäisiä** vaikutuksia kaloihin.

Sähkömagneettiset kentät

Sähkömagneettisia kenttiä syntyy kaapeleiden ympärille, kun tuotettua sähköä siirretään puiston sisällä ja vientikaapeleiden kautta mantereelle. Sähkömagneettiset kentät voivat vaikuttaa esimerkiksi kalojen ravinnonhankintaan, suunnistukseen ja ympäristön havainnointiin, kuten petojen havaitsemisen peittämiseen (Tricas & Gill 2011).

Sähkömagneettisten kenttien mahdollisia vaikutuksia kaloihin olisi tarkasteltava kahdessa mittakaavassa: yhden (1) kaapelin läheisyydessä ja koko tuulipuiston kaapeliverkoston läheisyydessä, sen suunnittelussa ja sijainnissa suhteessa esimerkiksi kutualueisiin ja vaellusreitteihin. Kirjallisuudessa on tavallista, että sähkömagneettisten kenttien vaikutuksia koskeissa tutkimuksissa keskitytään kalojen käyttäytymisen havainnointiin vain yhden kaapelin kohdalla/ympäri (Dunlop ym. 2016; Westerberg & Lagenfelt 2007). Westerberg & Lagenfelt (2008) ovat poikkeus, he tutkivat kolmen kaapelin järjestelyä. Tutkijat päättelivät



totesivat, että toistuvien kaapelin läpikulkujen vaikutuksista tarvitaan lisää tietoa. Tuulipuiston (sen kaapeliverkoston kokonaisuuden) kumulatiivista vaikutusta on tutkittu vain vähän, ja tämän tyyppisten tutkimusten tuloksia on usein vaikea tulkita, koska kalojen vaelluskäyttäytymiseen vaikuttavat monet tekijät, kuten virtaukset (Lagenfelt, Andersson & Westerberg 2012).

Kolme tekijää määrittää sen, missä määrin jännitteisten kaapeleiden sähkömagneettisille kentille altistuminen vaikuttaa kaloihin: 1) kaapelin virranvoimakkuus, 2) kaapelin rakenne ja 3) kaapelin ja kalojen välinen etäisyys. Kaapeleiden eristys vähentää sähkömagneettisia kenttiä ja ne pienenevät nopeasti etäisyyden kasvaessa, minkä vuoksi merenpohjaan upottaminen toimii vesieliöiden suojelutoimenpiteenä. Magneettikentän rms-arvo Lambdan sisäisen kaapeliverkoston läheisyydessä merenpohjassa on jopa 12,5 μ T:n luokkaa, ja noin 6-8 metrin etäisyydellä arvo on pienentynyt lähelle nollaa (Tekninen kuvaus, liite 2a).

Kalat, jotka ovat evolutiivisesti sopeutuneet havaitsemaan Maan staattisen magneettikentän (taajuudella 0 Hz), eivät pysty havaitsemaan sähkömagneettisia kenttiä, joiden taajuudet ovat tavanomaisia vaihtovirtakaapeleissa (50 Hz), ellei kentän voimakkuus ole riittävän suuri. Näin ollen vaihtovirtakaapeleilla on vain vähän tai ei lainkaan vaikutusta kalojen käyttäytymiseen. Tasavirtakaapeleiden sähkömagneettiset kentät muistuttavat enemmän maapallon luonnollista staattista kenttää, ja kalat, joilla on magneettisesti herkäät aistielimet, voivat havaita ne, mutta ne eivät vaikuta niihin merkittävästi (Snyder ym. 2019). Öhman, Sigray & Westerberg (2007) korostavat, että vaihtovirta- (AC) ja tasavirtakaapeleita (DC) ei tulisi pitää samoina ympäristöarvioinnin näkökulmasta, kalat kokevat staattiset ja vaihtovirtakentät todennäköisesti eri tavalla.

Joillakin kaloilla on magneettikenttiä aistivia elimiä, ja erityisesti vaelluskaloilla on tutkittu magneettikentän vaikutuksia. Useita eri lohikaloja on tutkittu poikasvaiheesta aikuisvaiheeseen havaitsematta magneettikenttien vaikutuksia (Kavet ym. 2016; Snyder ym. 2019; Wyman ym. 2018; Fey ym. 2019). Joitakin vaikutuksia lohikalojen varhaisiin kehitysvaiheisiin on kuitenkin havaittu (Fey ym. 2019; Formicki ym. 2021). Selkämierellä esiintyy kuitenkin vain aikuisia lohikaloja. Yano et al. (1997) eivät havainneet todisteita desorientaatiosta kirjolohilla (*Oncorhynchus keta*), jotka altistuivat kentänvoimakkuudelle, joka oli suuruusluokkaa kaksi kertaa Maan magneettikentän suuruinen. Merisimpukoita (*Ammodytes marinus*) koskeva tutkimus osoitti, että magneettikentillä (50-150 μ T) ei ollut vaikutusta tähän pelagiseen lajiin (Cresci ym. 2022).

Sähkömagneettisten kenttien, riippumatta siitä, onko kaapeleissa vaihto- vai tasavirtaa, ei odoteta vaikuttavan Lambdan tuulipuiston alueella esiintyviin pelagisiin lajeihin, kuten silakkaan, kilohailiin, kilohailiin, siikaan ja tuulenkalaan. Ympäristövaikutuksen arvioidaan olevan **vähäinen, eikä sillä ole/ole vähäisiä** seurauksia.

Vaikutukset pohjaeläinlajeihin, erityisesti muihin kuin kaupallisesti merkittäviin lajeihin, näyttävät olevan suhteellisen tutkimaton alue. Näin ollen kampelaa, lapasimpukkaa, miekkakalaa ja merilevää koskeva arviointi on hieman epävarmempi, ja siksi ympäristövaikutukset arvioidaan näihin lajeihin kohdistuviksi **vähäisiksi**, ja ympäristönäkökohtien **pienen** arvon vuoksi myös seuraukset ovat **vähäisiä**.

5.1.3 Käytöstäpoisto

Elinympäristön muutos ja riuttojen vaikutus

Rakentamisen ja toiminnan aikana elinympäristön muutosten odotetaan vaikuttavan kalakantoihin vain vähän tai ei lainkaan, ja tämä arvio säilyy myös käytöstä poistamisen aikana. Käytöstäpoiston aikana tapahtuvien elinympäristömuutosten pitäisi johtaa siihen, että elinympäristö palaa perustasolle tai sen kaltaiseen tilanteeseen, jolloin vaikutuksia **ei synny lainkaan tai ne ovat vähäisiä**, jolloin vaikutuksia **ei synny lainkaan tai ne ovat vähäisiä**.

Kiintoainepitoisuus ja sedimentaatio

Lambdan tuulipuiston purkamisen odotetaan aiheuttavan jonkin verran kiintoainetta ja sedimentaatiota, mutta sen vaikutus **on vähäinen**. Sen laajuus riippuu menetelmän valinnasta, ja se olisi arvioitava käytöstäpoiston yhteydessä. Arvion mukaan vaikutuksia voidaan odottaa **vähäisiksi**.



Vedenalainen melu

Tuulipuiston käytöstä poistaminen aiheuttaa vedenalaista melua toistaiseksi tuntemattomassa määrin. Melutasot riippuvat käytöstäpoiston menetelmästä, tekniikasta ja laajuudesta. Jos oletetaan, että käytöstäpoiston aikana voidaan soveltaa pahinta rakennusaikaista skenaariota vastaavia arvoja, on arvioitu, että tarvitaan samanlaisia tai vastaavia suojatoimenpiteitä, jotta vältetään kalojen altistuminen äänitasoille, jotka voivat aiheuttaa TTS- ja PTS-oireita. Vaikutukset hankealueella käytöstäpoiston aikana voivat näin ollen olla samankaltaisia kuin rakennusvaiheessa, eli vaikutukset voivat olla **vähäisiä** tai **vähäisiä** riippuen siitä, vaikuttavatko ne silakan kutuun.

5.1.4 Kumulatiiviset vaikutukset

Tässä arvioidaan kumulatiivisia vaikutuksia olettaen, että taulukossa 4.8 kuvatut tuulipuistot rakennetaan määritellyn aikataulun mukaisesti. Suunnitelmien mukainen toteutus merkitsisi kahdeksan tai yhdeksän vuoden rakennustöitä suhteellisen rajallisessa osassa Perämeren. Kaloihin kohdistuvien kumulatiivisten vaikutusten arviointi perustuu peruskysymykseen: voisiko pitkittynyt/pitkä rakennusaika mahdollisesti johtaa kumulatiivisiin vaikutuksiin populaatio- tai kantatasolla. Kuten muissakin vaikutustenarvioinneissa, tässä kumulatiivisessa arvioinnissa keskitytään ensisijaisesti silakkaan. Lambdassa tavatun silakan katsotaan kuuluvan Pohjanlahden kalakantaan, joka käsittää kaiken silakan Perämerellä ja Pohjanlahdella, ja sitä hoidetaan osana tätä kantaa. Viimeaikaiset tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että on olemassa useita geneettisesti erillisiä osapopulaatioita, joilla on paikallisia sopeutumismahdollisuuksia (Han et al. 2020). Jälkimmäinen sekä se, että lisääntyminen on populaatioiden kestävyys kannalta olennaisen tärkeää, johtavat siihen, että suspendoituneen sedimentin ja sedimentaation sekä vedenalaisen melun kumulatiivisessa arvioinnissa keskitytään mahdollisiin vaikutuksiin tunnetuilla ja potentiaalisilla kutualueilla eteläisellä Perämerellä. Yleisesti ottaen elinympäristömuutosten ja riuttojen vaikutusten arvo arvioidaan vähäiseksi Perämeren tarkasteltujen tuulipuistojen osalta, Lambdan tuulipuisto mukaan luettuna. Merkittäviä kumulatiivisia vaikutuksia ei odoteta.

Kaupallisen kalastuksen kieltämistä voidaan pitää elinympäristön muutoksena siinä mielessä, että muuttunut elinympäristö johtaa eloonjäämisen lisääntymiseen. Tässä arvioinnissa mukana olevat tuulipuistot näyttäisivät ottaneen hyvin huomioon kaupallisen kalastuksen maantieteellisen jakautumisen, sillä tuulipuistoja ei ole suunniteltu alueille, joilla troolausta harjoitetaan usein, mikä tarkoittaa, että lajin kausittaisen vaelluksen vuoksi eloonjäämisen merkittävää lisääntymistä ei ole syytä odottaa.

Sedimentaatoraportin (Sedimentin leviäminen, YVA:n liite 5) mukaan Lambda-alueelta tulevan sameuden ei odoteta pääsevän silakan kutualueelle, joten kumulatiivista vaikutusta ei odoteta. Leijuvan aineksen ja sedimentaation kumulatiivinen vaikutus voisi teoriassa ilmetä, jos Lambdan tuulipuisto yhdessä toisen puiston kanssa vaikuttaisi merkittävästi jonkin lajin kutumenestykseen. Kaiken kaikkiaan sedimentin leviämisen ei kuitenkaan odoteta vaikuttavan merkittävästi mihinkään lajiin populaatiotasolla.

Lambdan tuulipuiston rakentamisajat ovat päällekkäisiä useiden muiden suunniteltujen tuulipuistojen kanssa (taulukko 4.8). Jos silakan kutu tapahtuu tunnistetuilla potentiaalisilla silakan kutualueilla (kuva 5.2), se voi tapahtua sekä keväällä että syksyllä, koska syksyllä kuteva variantti kutee avomerellä sijaitsevilla rannoilla. Eystrasaltin merituulipuisto (Skyborn renewables 2023, Eystrasalt) raportoi eDNA-tutkimuksesta, jonka mukaan silakka kuti keväällä/alkukesällä, mutta näytteenottopäivän (syyskuu) jälkeen myöhemmin syksyllä tapahtuvaa kutua ei voitu todistaa eikä sulkea pois. Kuten aiemmin on kuvattu, Lambdan tuulivoimapuiston rakentamisen aiheuttaman melun odotetaan kantautuvan sekä todennäköisille että mahdollisille kutualueille, mutta vain rajoitetuissa osissa rakennusvaihetta, jolloin vaikutukset **ovat vähäisiä**. Vaikka sekä Lambdan tuulipuiston että muiden suunniteltujen tuulipuistojen mahdollisia vaikutuksia näillä alueilla sijaitseviin potentiaalsiin kutualueisiin pidetään vähäisinä, päällekkäisiä rakennusvaiheita pidetään pikemminkin etuna kuin haittana, koska ajallinen vaikutus on tällöin lyhyempi.

Perämerelle suunniteltujen tuulipuistojen toimintavaiheessa merialueen kokonaisuus, jolla voi esiintyä (tuulivoimaloiden aiheuttamaa) vedenalaista melua, kasvaa. Tuulivoimaloiden toiminnallisesta melusta ei kuitenkaan odoteta aiheutuvan kumulatiivisia vaikutuksia kaloihin. Tällä hetkellä on mahdotonta arvioida, aiheuttaako alusliikenne merkittäviä muutoksia melun kokonaiskuvaan. Tuulivoimalat vaativat huoltoa, mikä luonnollisesti aiheuttaa alusliikennettä, mutta samalla kaikessa muussa alusliikenteessä on todennäköisesti otettava huomioon tuulivoimalat. Laivamelun ei myöskään odoteta vaikuttavan merkittävästi kalojen lisääntymiseen.

Kaikkien tarkasteltujen tuulipuistojen sähkömagneettisten kenttien vaikutukset ovat vähäisiä, ja arvioinnin mukaan kumulatiivisten vaikutusten riski on vähäinen.