



# Merituulivoiman tilanne- ja kehityskuvan kokonaistarkastelu

Raportti



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment  
Finland



Euroopan unionin  
osarahoittama



MSP FI



**YMPÄRISTÖMINISTERIÖ 2024**

**Merialuesuunnittelu**

**Tekijä:** Sitowise Oy

**Taitto:** Elli Huru/Sitowise Oy

**Kuvitus:** Titta Taavitsainen/Sitowise Oy

ISBN 978-952-320-052-4 (PDF)

# Sisällysluettelo

<b>Esipuhe</b>	<b>5</b>
<b>1 Työn tausta ja tavoitteet</b>	<b>6</b>
1.1 Tausta ja tavoitteet	6
1.2 Työn toteutus ja rakenne	7
<b>2 Merellisen energiantuotannon tilannekuva</b>	<b>9</b>
2.1 Mitä on merellinen energiantuotanto?	9
2.2 Merituulivoimahankkeen elinkaari	11
2.3 Merituulivoiman kehitys Suomessa	19
2.4 Haasteet Suomen olosuhteissa	22
<b>3 Uusiutuvan energian kysyntä</b>	<b>25</b>
3.1 Sähkön kulutusennusteet ja siirtoverkot	25
3.2 Energiaintensiivinen teollisuus	28
3.3 Itämeren alueen merituulivoimatuotanto	32
<b>4 Merituulivoiman kehityskuva</b>	<b>36</b>
4.1 Merituulivoimahankkeiden kehitysnäkymät	36
4.1.1 Teknologinen kehitys	36
4.1.2 Luvitus ja poliittinen ohjaus	37
4.1.3 Merituulivoiman osuus tulevaisuuden kysynnästä	37
4.2 Hankekehityksen pullonkaulat	39
4.3 Merituulivoiman potentiaali Suomen merialueilla	39
4.3.1 Skenaarioiden laatiminen	39
4.3.2 Skenaario 1: Koordinoitu kokonaisuus	41
4.3.3 Skenaario 2: Sininen energia-aitta	43
<b>5 Vaikutukset meriympäristölle</b>	<b>46</b>
5.1 Merituulivoimahankkeiden ympäristövaikutusten arviointi	46
5.2 Vaikutukset meriluontoon	47
5.2.1 Yleistä	47
5.2.2 Ekosysteemipalvelut	48
5.2.3 Merinisäkkäät	48
5.2.4 Kalasto	49
5.2.5 Linnusto	51
<b>6 Vaikutukset merellisille toimialoille</b>	<b>54</b>
6.1 Merelliset toimialat	54

6.2	Satamat ja satamaoperointi	54
6.2.1	Suomen satamat ja merikuljetukset	54
6.2.2	Satamien toimintaympäristön muutostrendit	58
6.2.3	Merituulivoiman vaikutukset	58
6.3	Meriliikenne	62
6.3.1	Meriliikenteen toimintaympäristö	62
6.3.2	Merenkulun infrastruktuuri ja palvelut	65
6.3.3	Talvimerenkulku	67
6.3.4	Meriliikenteen trendit ja skenaariot	68
6.3.5	Merituulivoiman vaikutukset	71
6.4	Meriteollisuus	74
6.4.1	Meriteollisuuden nykytila	74
6.4.2	Tulevaisuuden näkymät	75
6.4.3	Merituulivoiman vaikutukset	75
6.5	Merellinen kaivannaisteollisuus	77
6.5.1	Nykytila	77
6.5.2	Tulevaisuuden näkymät	78
6.5.3	Merituulivoiman vaikutukset	79
6.6	Kalastus ja kalankasvatus	79
6.6.1	Kaupallinen kalastus	79
6.6.2	Kalankasvatus	80
6.6.3	Merituulivoiman vaikutukset	82
6.7	Turvallisuus ja huoltovarmuus	83
6.7.1	Aluevalvonta	83
6.7.2	Meripelastus ja ympäristövahinkojen torjunta	84
6.7.3	Huoltovarmuus	86
6.8	Matkailu ja virkistystoiminta	87
6.8.1	Matkailu	87
6.8.2	Vapaa-ajankalastus	91
6.8.3	Metsästys	93
<b>7</b>	<b>Sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset</b>	<b>95</b>
7.1	Sosiaalisten ja kulttuuristen vaikutusten kysely	95
7.2	Merituulivoiman vaikutukset rannikko- ja saaristoyhteisöihin	98
<b>8</b>	<b>Kokonaiskuvan muodostaminen</b>	<b>100</b>
	<b>Liitteet</b>	<b>105</b>
	Liite 1: Haastatellut organisaatiot	106
	Liite 2: Forming an overview	107
	Liite 3: Skapande av helhetsbild	112
	<b>Lähdeluettelo</b>	<b>117</b>



# Esipuhe

Energiamurros ja siirtymä pois fossiilisista polttoaineista on käynnissä. Muutokseen tarvitaan runsaasti uusiutuvaa energiaa, jonka tuottamisessa merituulivoima voi olla osa ratkaisua. Merituulivoimalla voitaisiin tulevaisuudessa tuottaa sähköä myös vihreän vetäytalouden tarpeisiin. Suomen merialueet ovat syvyydeltään ja tuuliolosuhteiltaan otollisia merituulivoimalle.

Itämeri on kuitenkin herkkä ekosysteemi, ja rannikon ja saariston kulttuuriperintöpohja ja elinehto monelle merelliselle toimialalle. Suomalainen yhteiskunta nojaa vahvasti merikulttuurin varaan niin tuonnissa kuin viennissä. Merellisen energiantuotannon yhteensovittaminen merellisten toimintojen kanssa meriympäristö huomioiden on haastava palapeli, joka onnistuessaan voi kuitenkin tuottaa myös paljon hyvää.

Tässä Merituulivoiman tilanne- ja kehityskuvahankkeessa pyrittiin löytämään laajasti merituulivoimaan kytkeytyviä vaikutusketjuja ja arvioimaan niiden toteutumista kahdessa vuoteen 2050 ulottuvassa skenaariossa. Näistä ensimmäisessä merituulivoimaa rakennetaan ajallisesti tasaisemmin ja nykyisen merialuesuunnitelman 2030 osoittamille alueille. Toisessa skenaariossa tuotantoa rakennetaan yksityisten toimijoiden tutkimus- ja hankealueille ja enemmän talousvyöhykkeelle. Merituulivoiman vaikutuksia näissä skenaarioissa on arvioitu merellisten toimialojen kautta: satamat, meriliikenne, meriteollisuus, merellinen kaivannaisteollisuus, kalastus ja kalankasvatus, matkailu ja virkistystoiminta sekä turvallisuus ja huoltovarmuus. Lisäksi on arvioitu sosiaalisia ja kulttuurisia vaikutuksia, jotka yhdessä skenaarioiden ja niiden kehityspolkujen kanssa tuottavat tietoa merialuesuunnittelun toiselle suunnittelukierrokselle.

Hanke tehtiin ympäristöministeriön toimeksiannosta, ja sitä ohjasi merialuesuunnittelun koordinaatioryhmä täydennettynä työ- ja elinkeinoministeriön edustajalla.

Hanke käynnistyi elokuussa 2023 ja valmistui toukokuussa 2024. Selvityksen toteutti Sitowise Oy, jossa työstä vastasi Iida-Maria Seppä. Projektiryhmään kuuluivat lisäksi Johannes Haikonen, Nora Berg, Risto Haverinen, Jenna-Riia Oldenburg, Lauri Nevalainen, Kati Kankainen, Petra Tallberg, Titta Taavitsainen, Sinituuli Untamala, Heidi Laikari, Anna von Zwegberk, Kasper Wendell, Iisa Saunamäki, Elina Levula, Sanna Vaalgamaa ja Elli Huru.

Ympäristöministeriö kiittää työn tekijöitä, haastateltuja, työpajaan osallistuneita sekä kommentteja antaneita tahoja arvokkaasta panoksesta hankkeessa. Lämmin kiitos myös kaikille niille rannikon ja saariston asukkaille, jotka toivat äänensä kuuluviin hankkeessa tehdyssä sosiaalisten ja kulttuuristen vaikutusten kyselyssä.

# 1 Työn tausta ja tavoitteet

## 1.1 Tausta ja tavoitteet

Merellisellä energiantuotannolla ja erityisesti merituulivoimalla on suuri merkitys puhtaan siirtymän ja ilmastotavoitteiden saavuttamisen kannalta. Merituulivoimakapasiteetin rakentamisella on myös merkittäviä vaikutuksia useille eri toimialoille ja toiminnoille. Rakentaminen ja ylläpito tuottavat liiketoimintaa ja työllisyyttä esimerkiksi rannikkoalueille ja satamiin, satamaoperaattoreille sekä kuljetus- ja rakennusaloille. Toisaalta uusien voimaloiden käyttö muuttaa tuotantoalueen meriympäristöä, ja tuotannolla voi olla negatiivisia vaikutuksia esimerkiksi meriliikenteeseen ja merialueiden virkistyskäyttöön sekä saaristo- ja rannikkoyhteisöihin. Myös sähkön siirtoyhteydet muokkaavat maankäyttöä rannikolla. Merituulivoiman kehitys on myös kiinteästi linkittynyt uusiutuvan sähkön tuotannon kysynnän kautta vedyn ja sen johdannaisten tuotantoinvestointeihin.

Merellinen energiantuotanto liittyy vahvasti EU:n tavoitteeseen saavuttaa ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä. Tavoitteeseen pyritään Euroopan vihreän kehityksen ohjelmalla, joka vauhdittaa vihreän teknologian taloutta sekä luo kestävä teollisuutta ja liikennettä. Euroopan komissio auttaa teknisen tuen välineellä EU:n jäsenmaita suunnittelemaan ja toteuttamaan ilmastotavoitteiden saavuttamiseen liittyviä uudistuksia.

Suomen ilmastopolitiikkaa määrittävät EU-tason sopimukset, joihin Suomi on sitoutunut. Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ilmastopolitiikan painopisteenä on päästöjä vähentävien ja hiiltä talteen ottavien ratkaisujen kiihtyvä kehitys teollisuudessa ja energiantuotannossa. Yhtenä tavoitteena on huolehtia myös kehittyneiden uusiutuvien ja synteettisten polttoaineiden investointiympäristöstä.

Työ- ja elinkeinoministeriö asetti lokakuussa 2023 työryhmän, jonka tehtävänä on selvittää keinoja, joiden avulla Suomelle voidaan luo-

da kilpailuetu merituulivoimassa suhteessa muihin Itämeren maihin sekä edistää muita hallitusohjelmaan kirjattuja merituulivoimaa koskevia tavoitteita. Työryhmä tekee myös taustatyötä merituulivoimatavoitteen asettamiseksi. Lähtökohtana on, että merituulivoimalat rakennetaan markkinaehtoisesti. Merituulivoiman laajamittainen rakentaminen ja käyttöönotto edellyttävät kuitenkin selkeää ja ennakoitavaa toimintaympäristöä sekä hankkeiden rakentamiseen ja ylläpitoon vaadittavaa infrastruktuuria kohtuullisella etäisyydellä hankkeista. Merituulivoima tulee voida sovittaa yhteen muiden merellisten toimintojen kanssa niin, että haitat muille toiminnoille voidaan minimoida. Valtiolliset ja muut julkiset toimijat voivat toimillaan edistää näiden edellytysten täyttymistä ja työryhmän tavoitteena on koota näitä toimia yhteen <sup>90</sup>.

Merialuesuunnitteludirektiivillä pyritään edistämään meripolitiikan ja sinisen kasvun strategian mukaisesti merialueiden kestävä talouskasvua sekä merten luonnonvarojen kestävä käyttöä ja ekosysteemien suojelua tilanteessa, jossa merialueen käyttö ja ihmispaineet lisääntyvät. Merialuesuunnitelmien laatimista edellytetään EU:n rannikkovaltioita. Suomessa merialuesuunnittelusta säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa. Rannikon maakuntien liitot vastaavat merialuesuunnitelman laatimisesta, ja ympäristöministeriön tehtävänä on merialuesuunnittelun yleinen kehittäminen ja ohjaus sekä yhteistyö muiden valtioiden kanssa merialuesuunnitelmien yhteensovittamiseksi niiden kanssa. Ahvenanmaalla merialuesuunnittelu kuuluu sen omaan toimivaltaan, ja merialuesuunnittelua koskevat säännökset on annettu vesilaissa. Ahvenanmaa laatii merialuesuunnitelman sille kuuluville aluevesille.

Merialuesuunnittelun tarkoituksena on edistää merialueen eri käyttömuotojen kestävä kehitystä ja kasvua, merialueen luonnonvarojen kestävä käyttöä sekä meriympäristön hyvän tilan saavuttamista. Merialuesuunnit-

telussa on tarkasteltava eri käyttömuotojen tarpeita ja pyrittävä sovittamaan ne yhteen. Tarkasteltavia käyttömuotoja ovat erityisesti energia-alat, meriliikenne, kalastus ja vesiviljely, matkailu, virkistyskäyttö sekä ympäristön ja luonnon säilyttäminen, suojelu ja parantaminen. Merialuesuunnittelussa on kiinnitettävä huomiota merialueen ominaispiirteisiin sekä maan ja meren vuorovaikutukseen. Lisäksi on kiinnitettävä huomiota maanpuolustuksen tarpeisiin. Suomen merialuesuunnittelun kannalta nimenomaan merituulivoiman kehitysnäkymät pitää ottaa toisella suunnittelukierroksella vahvemmin huomioon.

Tämän selvityksen tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva merituulivoiman nykytilanteesta ja kehitysnäkymistä. Työssä tarkastellaan merituulivoiman mahdollisia skenaarioiden mukaisia kehityskuvia vuosiin 2035, 2040 ja 2050. Työssä kuvataan Suomen merellisen energiantuotannon ja muiden tarkasteltavien merellisten toimialojen nykytilaa, ja merituulivoiman määrällistä ja alueellista kehityskuvaa vuosiin 2035, 2040 ja 2050.

Tarkastelun kohteena on koko Suomen merialue sisältäen Ahvenanmaan. Selvityksessä huomioidaan myös muiden Itämeren alueen valtioiden, erityisesti Viron ja Ruotsin, merkittävät merellisen energiantuotannon ja meri-infrastruktuurin hankkeet, jotka voivat vaikuttaa Suomen merelliseen energiantuotantoon ja siihen kytkeytyviin toimialoihin 2035, 2040 ja 2050 mennessä.

Selvityksessä myös arvioidaan, millaisia synergioita ja toisaalta konflikteja eri kehityskulut voivat tuottaa merituulivoiman ja siihen kytkeytyvien toimialojen välillä, sekä merellisen energiantuotannon ja muiden merellisten toimintojen välillä. Selvityksessä arvioidaan myös odotettujen kehityskulkujen sosiaalisia ja kulttuurisia vaikutuksia.

**Tämän selvityksen tavoitteena on koota yhteen kokonaiskuva tämänhetkisen tiedon valossa sekä tuoda esiin tunnistettuja jatko selvitystarpeita.**

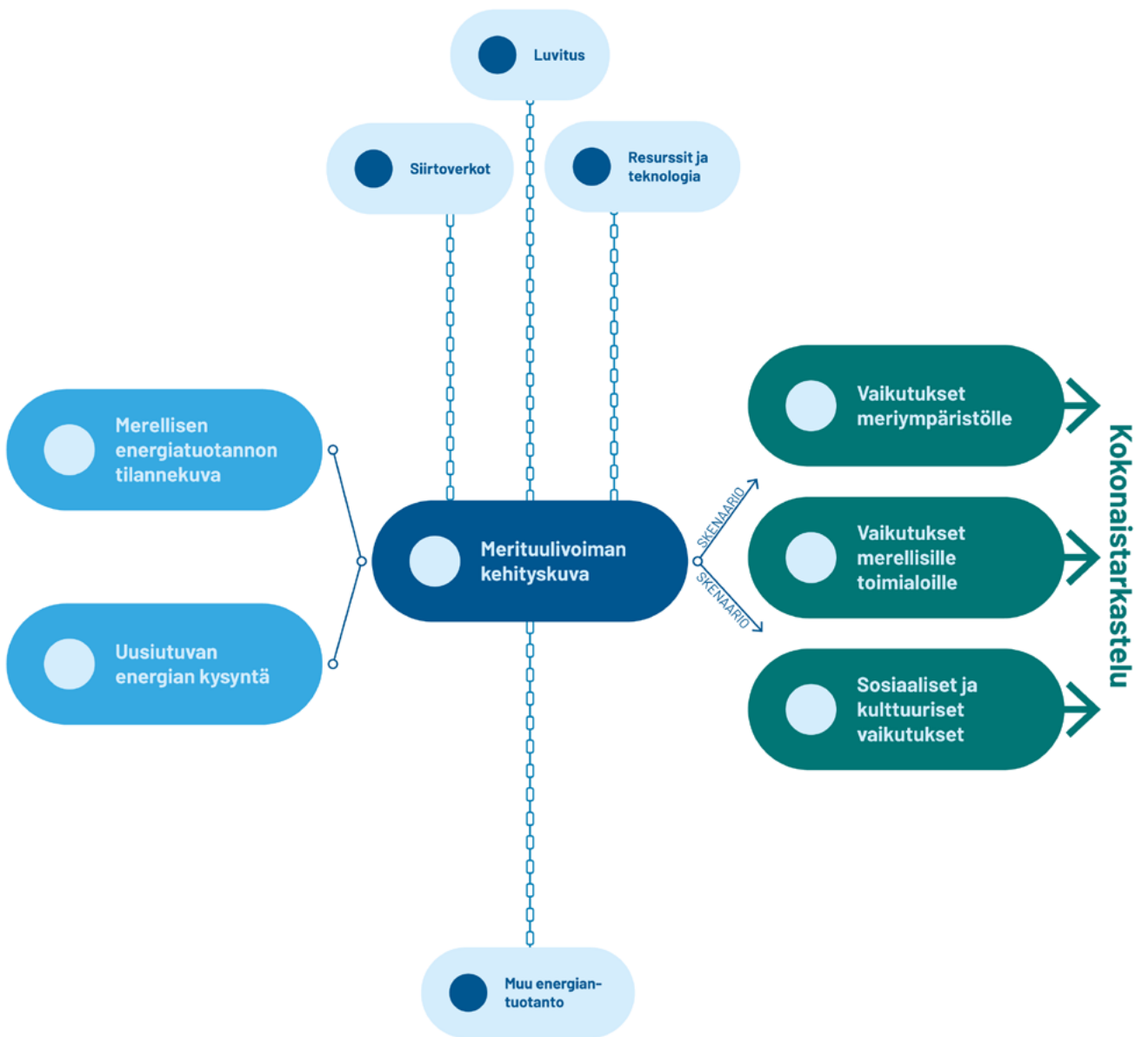
## 1.2 Työn toteutus ja rakenne

Selvitys alkaa merituulivoiman arvoketjun ja nykytilan kuvauksella. Tämän jälkeen luodaan katsaus uusiutuvan energian kysyntään nyt ja tulevaisuudessa sekä merituulivoiman kehitysnäkymiin Itämeren alueella. Näiden pohjalta määritetään merituulivoiman tuotantopotentiaali ja mahdolliset skenaarioiden mukaiset kehityskulut vuosiin 2035, 2040 ja 2050 mennessä.

Kehityskuvien jälkeen kuvataan yleisesti merituulivoiman vaikutukset meriympäristölle ja arvioidaan erityisesti hankkeiden yhteisvaikutuksia. Tämän jälkeen kuvataan merituulivoimaan kytkeytyvät merelliset toimialat ja toiminnot, niiden odotettavissa oleva kehitys vuoteen 2050 mennessä sekä merituulivoiman kehityskuvien vaikutukset niille. Viimeisenä arvioidaan, mitä sosiaalisia ja kulttuurisia vaikutuksia odotetuista kehityskuluista odotetaan aiheutuvan.

Lopuksi eri työvaiheiden synteessä luodaan kokonaiskuva Suomen merellisen energiantuotannon mahdollisista kehityskuluista.

Selvitys perustuu kirjallisiin lähteisiin sekä laajaan joukkoon asiantuntijahaastatteluita. Haastateltujen tahojen lista on esitetty [liitteessä 1](#). Skenaariotyön tueksi työssä järjestettiin myös sidosryhmätyöpaja marraskuussa 2023. Sosiaalisten ja kulttuuristen vaikutusten selvittämiseksi työn aikana järjestettiin syksyllä 2023 kysely, joka kohdennettiin rannikolla ja saaristossa asuville, työskenteleville ja vapaa-aikaansa viettäville. Kyselyn tuloksista on laadittu erillinen analyysiraportti.



Kuva 1. Työn rakenne.

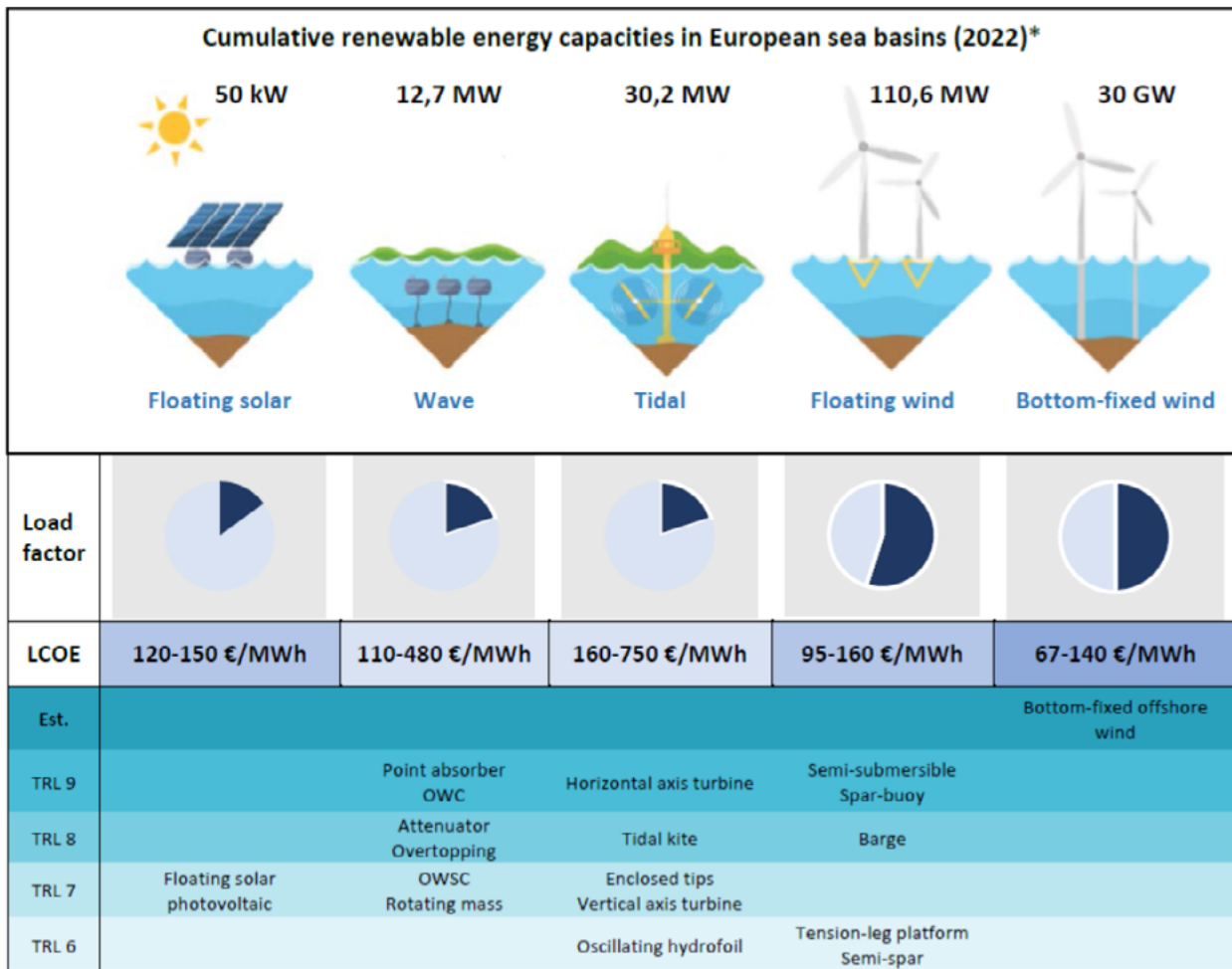
## 2 Merellisen energiantuotannon tilannekuva

### 2.1 Mitä on merellinen energiantuotanto?

Merellinen energiantuotanto viittaa erilaisiin energiantuotantomuotoihin, jotka hyödyntävät meriympäristöjä tuottaakseen sähköä tai muita energiamuotoja. Euroopan komission Blue Economy 2023 -raportissa kiinteät merituulivoimalat ovat vakiintunutta merellisen energiantuotannon teknologiaa, jonka lisäksi teknologisen ja tuotannollisen kehityksen eri vaiheissa edistetään kelluvaa merituulivoimaa, erilaisia aalto- ja vuorovesiratkaisuja sekä kelluvaa aurinkovoimaa.

### Aaltovoima

Aaltovoimassa tuulen synnyttämiä aaltoja hyödynnetään esimerkiksi sähköntuotantoon, suolan poistamiseen vedestä, tai veden pumpaamiseen. Tuuli synnyttää vedessä aaltoliikettä, jonka hyödyntämiseen on tutkittu sekä kehitetty montaa eri, sekä liike-energiaa että veden virtauksia hyödyntävää toteutustapaa, jotka voivat olla veden pinnan ylä- tai alapuolella<sup>7</sup>. Teknologialtaan aaltovoima hyödyntää osittain samoja toteutustapoja kuin vuorovesi- tai merivirtaenergia. Aaltovoima kilpailee ainakin osittain samoista alueista merituuli-



\*Data include cumulative installed capacity in the EU27 and the UK for emerging technologies (based on JRC data for tidal, wave energy and for floating wind, and on the only known floating photovoltaic project in Europe: Oceans of Energy's North Sea farm). Data for bottom-fixed wind is from WindEurope's 2022 Statistics of current installed capacity in Europe.

**Kuva 2.** Merellisen energiantuotannon teknologiat ja niiden kypsyyt<sup>15</sup>.

voiman kanssa, mutta toistaiseksi sitä ei olla saatu kustannustehokkuudeltaan merituulivoiman tasolle. Aaltovoimaa ei kuitenkaan tule nähdä pitkällä tähtäimellä esimerkiksi tuulivoiman kilpailijana, vaan ennemmin täydentävänä teknologiana<sup>53</sup>. Aaltovoimaa on tällä hetkellä käytössä eri puolilla maailmaa, mutta lähinnä pienessä mittakaavassa.

Aaltovoiman etuihin voidaan laskea luotettavuus sekä korkea teoreettinen tuotantopotentiaali (maailmanlaajuisesti noin 29 500 TWh/vuosi<sup>71</sup>), lisäksi aaltovoimalla tuotettu sähkö on päästötöntä. Mahdollisia haittoja tai riskejä ovat esimerkiksi vaikutukset merten ekologisiin ympäristöihin. Myös tuotantopotentiaalın konkreettiseen hyödyntämiseen, kustannuksiin ja skaalautuvuuteen liittyy vielä epävarmuustekijöitä, sillä aaltovoiman kehitys ei ole yhtä pitkällä kuin esimerkiksi tuulivoiman. Tuotantokehitysvaiheessa on myös vielä toistaiseksi rinnakkain monia eri aaltovoiman toteutustapoja, mikä hidastaa sen yleistymistä<sup>71</sup>.

## Kelluva aurinkovoima

Kelluvalla aurinkovoimalla viitataan maalle asennettujen aurinkovoimaloiden sijaan veden pinnalle asennettuihin aurinkovoimaloihin. Esimerkiksi meren tai järvien pinnalle sijoitettujen aurinkovoimaloiden edut ovat lähinnä huomaamattomuus sekä halvemmat kustannukset; maalle sijoitettuina ne tarvitsevat yleensä paljon arvokasta maapinta-alaa. Lisäksi meren pinnalle asennetut aurinkovoimalat pysyvät viileämpinä, mikä lisää niiden tuottaman tehon määrää. Ne myös vähentävät veden pintaan osuvan auringonsäteilyn määrää, mikä puolestaan voi vähentää leväkukintojen määrää.<sup>62</sup>

Kelluvan aurinkovoiman riskit liittyvät lähinnä luonnon ääri-ilmiöihin, kuten myrskyihin ja hyökyaaltoihin. Myös asennus-, ankkurointi- sekä huolto- ja ylläpitotoimet voivat paikan mukaan olla monimutkaisempia verrattuna maalle asennettuihin aurinkovoimaloihin. Kelluvia aurinkovoimaloita voi kuitenkin pitää jo toimivana palasena osana koko päästöttömän energiatuotannon kenttää ja niitä onkin

jo käytössä isossa mittakaavassa eri puolilla maailmaa esimerkiksi Aasiassa ja Euroopassa. Kelluvan aurinkovoiman soveltaminen jäätyville merialueilla kohdannee silti samoja haasteita kuin muut kelluvat rakenteet ja vaatii todennäköisesti vielä teknologiakehitystä.

## Merituulivoima

Merituulivoimalla viitataan nimensä mukaisesti merellä tapahtuvaan tuulivoimaan, joko merenpohjaan perustetuilla tai pohjaan ankkuroiduilla kelluvilla voimaloilla. Kiinnostus merituulivoimaa kohtaan on kasvanut sähkön kysynnän kasvaessa ja tiukkojen ilmastotavoitteiden vuoksi. Verrattuna perinteiseen tuulivoimaan meriolosuhteet tuovat haasteita merellisten tuulivoimaloiden kehittämiseksi. Merituulivoimassa käytetään erilaista teknologiaa, sähköinfrastruktuuria sekä erilaista logistiikkaa asennukselle ja kunnossapidolle. Merituulivoimalan rakentaminen on perusluonteeltaan kalliimpaa kuin maatuulivoiman. Lisäksi vuotuinen merijää lisää merituulivoiman rakennus- ja ylläpitokustannuksia. Jääpeite on yksi syy siihen, miksi tuulivoimatuotot Suomen merialueilla eivät vielä ole yleisiä<sup>98</sup>.

Suomen merialueet ovat tuuliolosuhteiltaan ja syvyydeltään hyvin potentiaalisia merituulivoimalle. Merituulivoimainvestointien edellytyksenä on kuitenkin hankkeiden kannattavuus, johon vaikuttaa myös muun muassa sähkön kysynnän näkymät sekä teknologinen kehitys ja kustannustason muutokset.

Koska merituulivoima on merellisen energiantuotannon teknologioista kypsä ja ominaisuuksiltaan Suomen merialueille hyvin sopiva, tässä työssä keskitytään tarkastelemaan merituulivoimaa.

## 2.2 Merituulivoimahankkeen elinkaari

Merituulivoimapuistot ovat suuren kokoluokan hankkeita, joiden hankekehitys ja rakentaminen kestävät vuosia, jopa vuosikymmenen. Suunnittelu ja luvitus vievät arviolta viidestä seitsemään vuoteen. Investointipäätöksen jälkeen voi alkaa rakentamisvaihe, joka vie hankkeen koosta ja olosuhteista riippuen keskimäärin kaksi tai kolme vuotta. Tuotannon ja ylläpidon aika on elinkaaresta pisin osuus; nykyteknologialla voimaloiden toiminta-aika on noin 25–30 vuotta, tosin ylläpidon kustannukset nousevat elinkaaren loppua kohti.

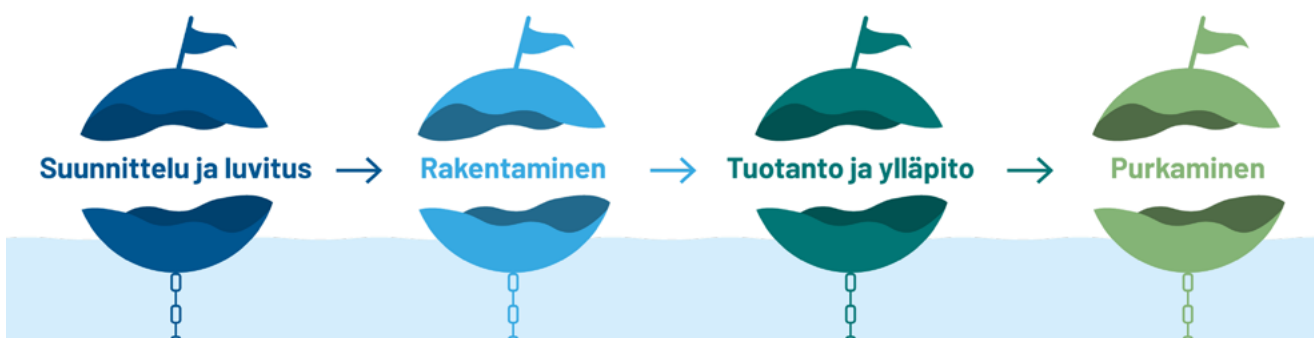
### Merituulivoimahankkeen arvoketju

Koska Suomessa ei toistaiseksi ole kuin yksi toiminnassa oleva merituulivoimapuisto, kustannustasosta Suomen olosuhteissa ei ole juuri tietoa. Teknologinen kehitys, palvelutarjonnan muutokset ja kansainvälinen markkina-tilanne vaikuttavat myös kaikki merituulivoiman rakentamisen kannattavuuteen.

Hankkeen elinkaarikustannukset sisältävät investointikustannukset, operointikustannukset sekä purkamisen kustannukset. Investointikustannuksiin voidaan laskea kuuluvan

hankekehitysvaiheen kustannukset sekä rakentamisen ja käyttöönoton kustannukset. Hankkeen kustannuksiin ja siten kannattavuuteen vaikuttaa suuresti muun muassa voimaloiden koko ja niiden määrä tuotantoalueella; suuremman yksittäisen voimalan rakentaminen on edullisempaa per tuotantoyksikkö kuin useamman pienemmän voimalan rakentaminen. Investointikustannuksiin sisältyy itse voimaloiden rakentamisen kustannusten lisäksi verkkoliitynnän kustannukset. Operointiin ja käytön aikaisiin kustannuksiin sisältyvät erilaiset käytön ja huollon kustannukset sekä merialueiden käytöstä perittävät kiinteistövero ja/tai vuokrat.

Kun tarkastellaan Pohjanmerelle toteutettuja hankkeita, elinkaarikustannuksista arviolta 60 % muodostuu investointikustannuksista ja 40 % operointi-/kunnossapitokustannuksista. Suomen olosuhteissa rakentamisen kustannuksia todennäköisesti lisäävät tarvittavat perusratkaisut, jotka huomioivat sekä Itämeren pohjan että merijään. Jääolosuhteet saattavat vaikuttaa myös operointikustannuksiin nostavasti. Kustannusjakauma saattaa siis olla erilainen kuin aiemmin muualle toteutetuissa referenssihankkeissa <sup>80</sup>.



Kuva 3. Merituulivoimahankkeen vaiheet.



**Taulukko 1.** Osuus Suomeen jäävistä tuloista Suomen tuulivoimayhdistyksen selvityksen eri skenaarioissa<sup>80</sup>.

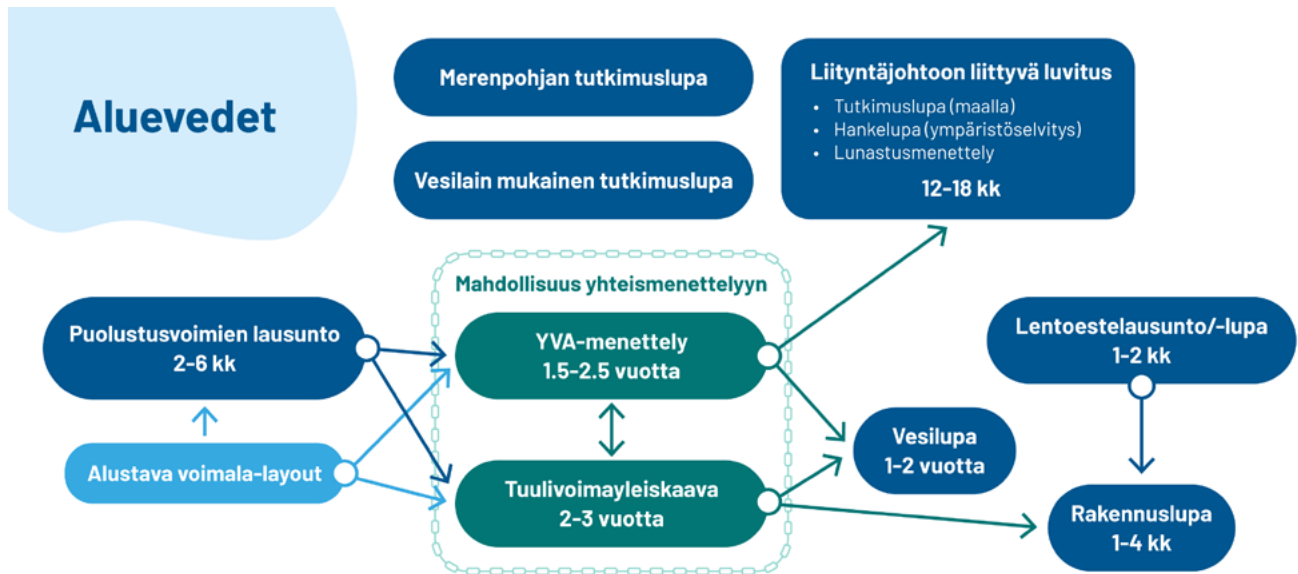
Vaihe			Osuus kustannuksista	Suomeen jäävä tulo, skenaarit		
				Minimi	Neutraali	Optimistinen
Hankekehitys	9 %	Esiselvitykset	8,6 %	100	100	100
		Vakuutukset	0,5 %	100	100	100
Turbiini	25 %	Turbiinin valmistus	23,4 %	0	0	0
		Turbiinin asennus ja kuljetus	1,8 %	0	25	50
Perustustyöt	11 %	Perustusten suunnittelu	1,8 %	100	100	100
		Perustusten valmistus	7,2 %	0	50	100
		Perustusten asennus	2,4 %	0	50	100
Sähköliittynät	15 %	Sähkösuunnittelu	1,9 %	100	100	100
		Sähköliittäntöjen valmistus	7,7 %	0	50	100
		Sähköliittäntöjen asennus	5,4 %	0	50	100
Käyttö ja kunnossapito	38 %	Tuotannon valvonta, hallinto ja vakuutus	12,5 %	80	80	80
		Huolto ja asennus	15,3 %	30	40	50
		Varaosat	10,2 %	30	40	50
Purku ja kierrätys	2 %	Purku, kuljetus, kierrätys ja hävitys	2,0 %	100	100	100

Merituulivoimainvestoinneilla ja niiden arvoketjuilla on merkittävä työpaikka- ja aluetaloudellinen potentiaali. Suomeen jäävän hyödyn määrää lopulta toteutuvien hankkeiden lukumäärän lisäksi se, kuinka suureksi arvoketjun kotimaisuusaste muodostuu. Hankekehitysvaiheiden suorien tulojen voidaan arvioida jäävän kokonaan Suomeen, mutta turbiinien asennusten ja kuljetusten, perustusten valmistusten ja asennusten, sähköliittymöiden valmistusten ja asennusten sekä huollon, varaosien ja asennusten suorista tuloista Suomeen jäävät osuudet riippuvat siitä, miten koko toimialan kehitys Suomessa etenee<sup>80</sup>.

## Merituulivoimahankkeiden luvitus

Merituulivoimahanke voi sijaita aluevesillä tai Suomen yksinomaisella talousvyöhykkeellä. **Aluevesillä** sijaitsevan hankkeen lupamenetely vastaa pääpiirteissään maatuulivoiman luvituskäytäntöjä, tosin merituulivoimahankkeissa edellytetään lupa merenmittaukseen ja merenpohjan tutkimiseen. Yleisvesien osalta tulee tehdä sopimus Metsähallituksen kanssa vesialueiden käytöstä. Merialueilla tehdään aluevesillä kaava kuten maa-alueillakin. Pohjatutkimuksiin tarvitaan lupa Puolustusvoimien pääesikunnalta, ja Puolustusvoimien kaapelilinjat on otettava huomioon hankkeessa. Merituulivoima vaatii myös vesiluvan jokaiselle suunnitellulle tuulivoimalalle.





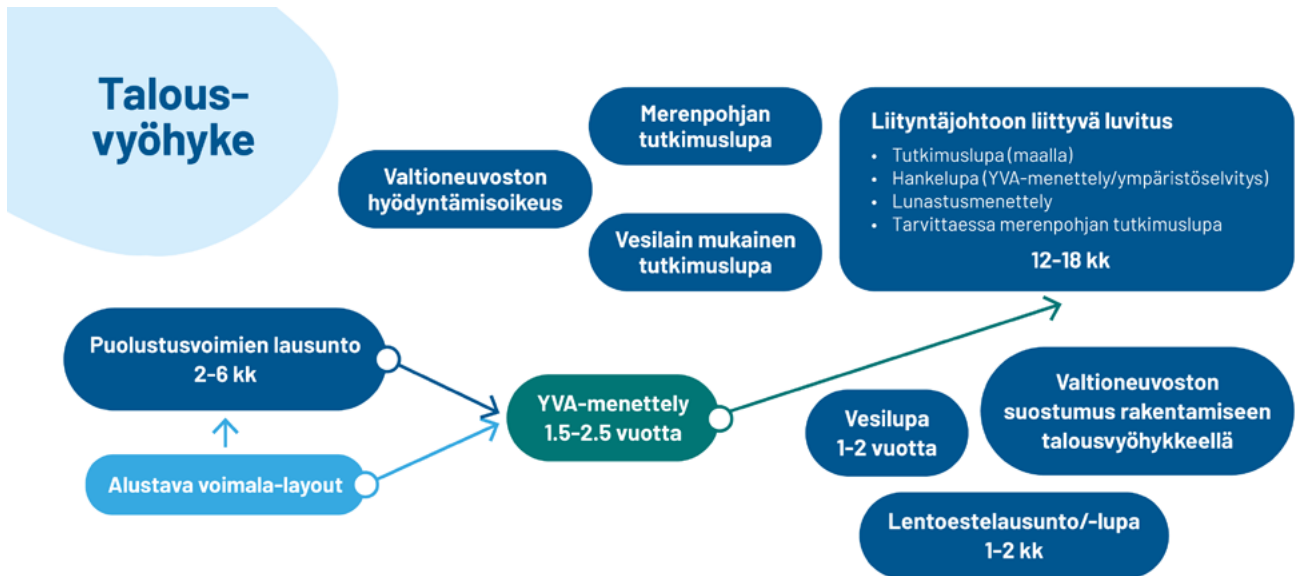
**Kuva 4.** Esimerkki tuulivoimarakentamista koskevien viranomaismenettelyiden kokonaisuudesta ja aikataulusta aluevesillä sijaitsevassa merituulivoimahankkeessa (ilman mahdollisia valitusmenettelyjä).<sup>94</sup>

Yleisvesialueilla Metsähallitus toimii varhaisessa vaiheessa hankekehittäjän roolissa ja tekee esiselvityksiä, joiden perusteella valitaan jatkokehitykseen alueita. Selvityksiin valitaan alueita, jotka soveltuvat alueellisen suunnittelun ja merialuesuunnitelman mukaan tuulivoiman tuotantoon. Suunnittelun eteneminen riippuu paikallisen kunnan mielenkiinnosta hankekehitystä kohtaan. Jatkokehitykseen valitut alueet huutokaupataan kansainvälisessä kilpailutuksessa painottaen laadullisia ja kaupallisia kriteereitä. Kilpailutuksen voittanut sopimuskumppani vastaa jatkosuunnittelusta, luvituksesta ja rakentamisesta sekä tuotannosta. Metsähallitus toimii alueen vuokraajana.

Suomen **talousvyöhykkeellä** sovelletaan osin eri lainsäädäntöä kuin aluevesillä, ja siksi talousvyöhykkeelle sijoittuvien hankkeiden luvitus poikkeaa osin aluevesille sijoittuvista

hankkeista. Talousvyöhykkeelle sijoittuva merituulivoimahanke tarvitsee talousvyöhykelain mukaisen valtioneuvoston suostumuksen tutkimiseen ja rakentamiseen. Puolustusministeriö ottaa kantaa hankkeen hyväksyttävyyteen valtioneuvostossa, kun alueen tutkimus- ja hyödyntämislupia haetaan. Talousvyöhykettä ei kaavoiteta eikä rakentaminen vaadi rakennuslupaa. Talousvyöhykkeelle sijoittuvat merituulivoimalat tarvitsevat vesiluvan aluevesille sijoittuvien voimaloiden tapaan. Työ- ja elinkeinoministeriössä valmistellaan vuoden 2024 aikana talousvyöhykkeen merituulivoimalaki, joka tulee ohjaamaan merituulivoiman sijoittumista ja hankealueiden kilpailutusta talousvyöhykkeellä. Lakihankkeen yhteydessä tarkastellaan myös kansallisen lainsäädännön soveltamista talousvyöhykkeellä.

Ahvenanmaa laatii merialuesuunnitelman maakunnan hallitsemille vesialueille. Myös hankkeiden luvituksesta alueella vastaa maakunnan hallitus.



**Kuva 5.** Esimerkki tuulivoimarakentamista koskevien viranomaismenettelyiden kokonaisuudesta ja aikataulusta Suomen talousvyöhykkeellä sijaitsevassa merituulivoimahankkeessa (ilman mahdollisia valitusmenettelyjä).<sup>94</sup>

## Sijainnin valinta

Tuotantoalueen sijainti on yksi keskeisimmistä valinnoista hankkeen kannattavuuden ja toteutettavuuden kannalta. Sijaintipäätökseen vaaditaan runsaasti selvityksiä ja tutkimuksia, jotta otetaan huomioon sekä hanketoimijan teknistaloudelliset vaatimukset että ympäristön ja sidosryhmien vaatimukset ja rajoitteet. Merituulivoiman yhteensovittaminen muiden merellisten toimintojen kanssa toteutuu strategisessa merialuesuunnittelussa koko merialuetta koskien ja aluevesillä tarkemmassa oikeusvaikutteisessa alueidenkäytön suunnittelussa maakunta- ja yleiskaavoituksessa.

Hanketoimijan näkökulmasta sijaintivalintaan vaikuttavat tuuliolosuhteet, merenpohjan laatu, veden syvyys sekä etäisyys rannikosta, satamista, sähköverkon liitännäkohdista ja kulutuksesta. Merenpohjan laatu ja veden syvyys vaikuttavat perustustavan valintaan. Kaikkein matalimmat rantavedet eivät ole merituulivoiman kannalta parhaita; noin 15 metriä ja sitä syvemmät vesialueet ovat hankekehittäjille kiinnostavia. Etäisyys rannikosta vaikuttaa tarvittavan sähkönsiirron pituuteen ja sähkönsiirtotapaan (AC/DC), mutta myös operointikustannuksiin; mitä kauempana tuotantoalue sijaitsee rannikosta, sitä enemmän liikennöintiin sataman ja sen välillä menee aikaa ja kustannuksia. Alueen tuuliolosuhteet vai-

kuttavat luonnollisesti suoraan suunniteltuun tuotantototeeseen. Turbiinikoko ja hankkeen koko tyypillisesti korreloivat. Hankkeen koko on myös jossain määrin verrannollinen siihen, kuinka kaukana rannasta ja kuinka syvässä vedessä se on.

## Perustustavan valinta

Perustustavan valinnassa otetaan huomioon monia tekijöitä. Tärkeimpiä näistä tekijöistä ovat veden syvyys, merenpohjan geologia, tuuli, aallot ja jääolosuhteet. Lisäksi huomioidaan ympäristöön kohdistuvat vaikutukset ja kustannukset. Suomessa merituulivoimaan soveltuvia kiinteitä perustustapoja ovat tämän hetken tiedon mukaan erityisesti meren pohjaan asennettava gravitaatioperustus ja meren pohjaan paalutettava nk. monopile. Perustuksen ympärille voidaan myös lisäksi asentaa eroosiosuojaus, joka koostuu usein alemmasta sorakerroksesta ja ylemmästä kivistä koostuvasta kerroksesta suojaamaan ja vahvistamaan rakennetta. Kiinteät perustukset soveltuvat noin 50 metrin syvyiseen veteen asti, tätä syvemmissä vesissä tarvitaan todennäköisesti kelluva perustusratkaisu. Myös kiinteiden perustusten osalta tehdään kehitystyötä, joka mahdollistaisi niiden hyödyntämisen entistä syvemmissä vesissä.

**Painovoimaperustus** on todennäköisesti soveltuvim perustustapa Suomessa sekä maaperä- että ilmasto-olojen vuoksi. Perustustapa pohjautuu nimensä mukaisesti painovoimaan. Painovoima- tai gravitaatioperustus on yleensä suuri betoni- tai teräsrakenne, jonka painovoima pitää paikallaan. Painovoimaperustuksia on asennettu Suomen, Ruotsin ja Tanskan vesille, ja ne tulevat kyseeseen erityisesti alueilla, joilla ilmenee suurempia jääkuormia. Painovoimaperustuksille tarvitaan kiinteäkö merenpohja. Painovoimaperustusten asentaminen edellyttää tasaista merenpohjaa, ja merenpohjaa voi olla tarpeen valmistella ennen asennusta. Merenpohjan pinta voidaan poistaa ruoppaamalla, minkä jälkeen pohjasta tehdään tasainen ja kiinteä lisäämällä mursketta tai soraa. Painovoimaperustuksen suunnittelu on riippuvainen voimalan koosta, sillä sen tehtävänä on vastustaa voimalan synnyttämää liikettä, minkä lisäksi on otettava huomioon aalto-, jää- ja syvyysolosuhteet. Eroosiosuojaus saatetaan vaatia rakennettavaksi, jos se on virtausten, aaltojen ja merenpohjan ylimpien kerrosten vuoksi tarpeen.

**Paaluperustus** (monopile) on meren pohjaan juntattava tai paalutettava putkimainen teräspaalu. Se on globaalisti yleisin merituulivoiman perustustyyppi. Se soveltuu käytettäväksi Suomen olosuhteissa vain harvoissa paikoissa merenpohjamme suuresta vaihtelusta johtuen. Suomessa peruskallion rikkonainen ja lohkomainen rakenne sekä jääkausien aikaansaamat kulutus- ja kasaantumismuodot ovat muokanneet merenpohjasta hyvin monimuotoisen ja pienpiirteisen. Lisäksi jäätyvä meri rajoittaa myös paaluperustuksen käyttökel- poisuutta Suomessa.

**Jacket-perustuksia** pidetään soveltuvimpana syvemmillä vesialueille, joissa syvyys on noin 50–80 m. Rakenteen perustus koostuu kolmesta tai neljästä pitkästä teräspylvästä, jotka upotetaan merenpohjaan. Nämä pylväävät muodostavat nelikulmaisen tai kuusikulmisen rakenteen. Pylväävät voivat olla umpinaisia tai avoimia putkia, ja niiden pituus voi vaihdella tuuliturbiinista ja meren syvyydestä riippuen. Jacket-perustus upotetaan merenpohjaan poraamalla tai vasaroimalla pylväävät

maaperään. Perustustapa on suunniteltu vähentämään ympäristövaikutuksia. Sen avoin rakenne mahdollistaa veden virtauksen läpi, mikä vähentää meren ekosysteemiin kohdistuvia haittavaikutuksia, mutta soveltuu siten huonosti jäätyviin olosuhteisiin.

**Kelluvat perustukset** tarjoavat mahdollisuuden hyödyntää tuulienergiaa syvillä merialueilla, missä perinteiset perustukset eivät ole mahdollisia. Kelluvan merituulivoimalan perustus koostuu kelluvasta alustasta, joka pitää tuuliturbiinin pystyssä veden pinnalla. Alustoja on olemassa monenlaisia, kuten ponttooninen verkosto tai sylinterimäinen rakenne, jotka mahdollistavat voimalan kellumisen. Kelluvien perustuksien toiminta perustuu Arkhimedeen lakiin. Kelluvat rakenteet on suunniteltu niin, että niiden paino on pienempi kuin veden nostevoima, jolloin ne voivat kellua veden pinnalla. Usein nämä perustukset on ankkuroitu merenpohjaan ketjulla tai kaapeleilla. Tämä varmistaa tuuliturbiinin vakaan toiminnan vaihtelevissa meriolosuhteissa. Siirtovoima tässä ratkaisussa toteutetaan merenpohjaan ankkuroitujen kaapeleiden kautta.

## Voimalatekniikka ja tuotantoalueen layout

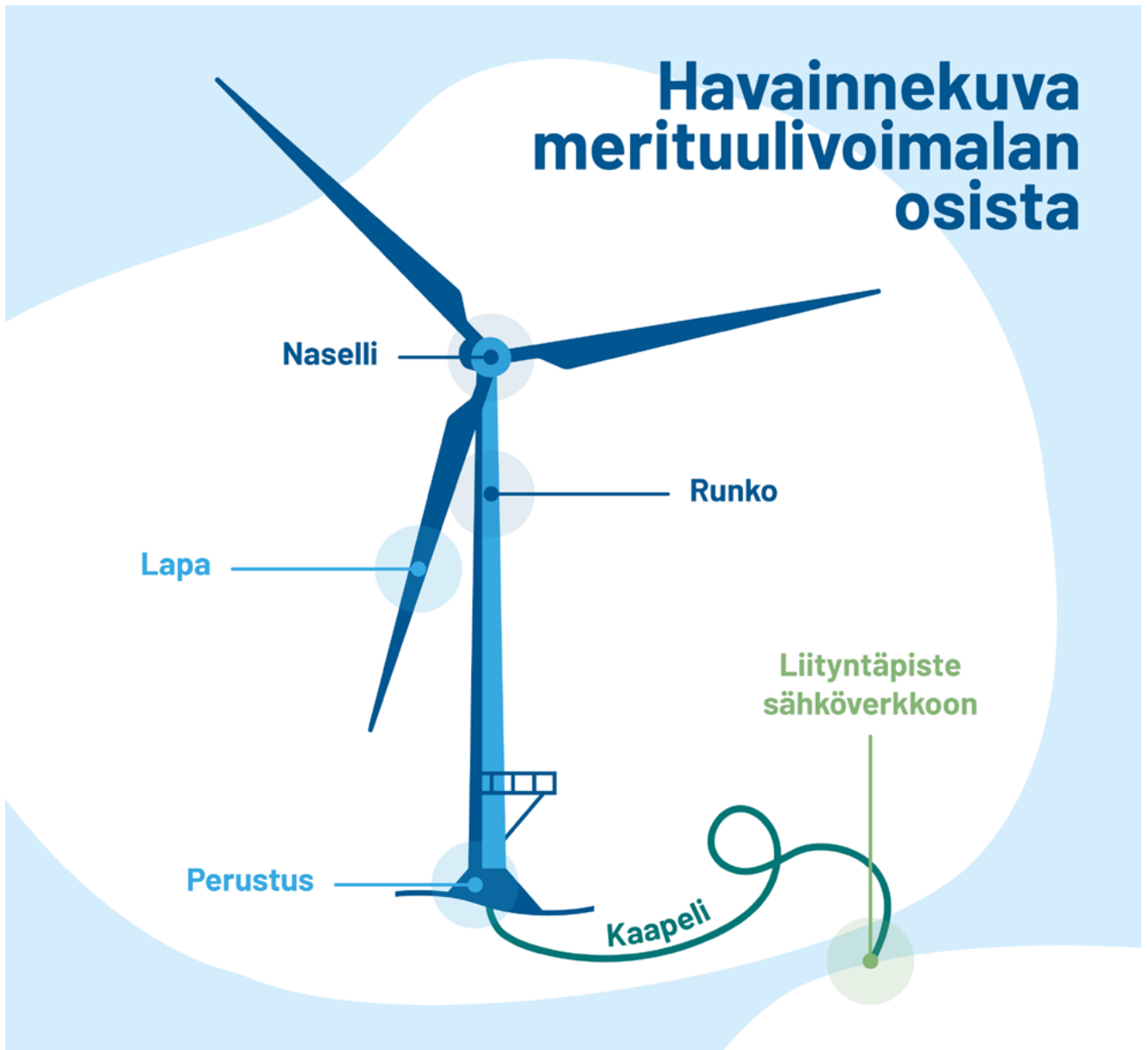
Merituulivoimalat koostuvat perustuksen ja sähkökaapeleiden lisäksi rungosta, nasellista ja lavoista.

**Runko** kantaa tuulivoimalan muita komponentteja, kuten nasellin ja lavat. Rungon koko ja rakenne määräytyvät turbiinimallin ja tuototehon perusteella.

**Naselli** eli konehuone sisältää voimalan ohjausjärjestelmän, voimalaitoksen sekä vaihteiston. Sen etuosaan kiinnittyä roottori. Nasellin koko ja muoto vaihtelevat tuuliturbiinimallin mukaan.

Tuulivoimalan **lavat** muuntavat tuulen liike-energian roottorin pyörimisliikkeeksi. Lavat ovat kriittinen tekijä tuulivoimalan suorituskyvylle ja niiden koko vaihtelee tuuliturbiinimallin mukaan.

# Havainnekuva merituulivoimalan osista



**Kuva 6.** Tuulivoimalan osat.

**Sähkökaapelit** kuljettavat tuotetun sähkön voimalalta maihin. Kaapeleiden koko ja kapasiteetti riippuvat voimalan tuottamasta tehosta ja etäisyydestä rannikolta.

**Nimellisteho** ilmoittaa tuuliturbiinin suurimman mahdollisen tuotantotehon tietyissä olosuhteissa, ja se riippuu tuuliturbiinin kokoonpanosta. Todellinen toteutunut tuotanto vaihtelee sääolosuhteiden mukaan. Vuoden keskimääräinen **kapasiteettikerroin** saadaan jakamalla tuulivoimapuiston tai voimalan vuoden aikana tuottama energiamäärä energiamäärällä, jonka voimala olisi tuottanut, jos se olisi tuottanut sähköä täydellä teholla vuoden ympäri.

Voimaloiden sijoittaminen suhteessa toisiinsa, eli tuotantoalueen layout, on keskeinen tekijä merituulivoimaprojektin suunnittelussa. Sijoittamisen tarkoituksena on optimoida tuotantoalueen hyöty, vähentää varjostusefektejä ja varmistaa tehokas tuulienergian hyödyntäminen. Sijoittelussa otetaan huomioon tuuliturbiinien välinen etäisyys, suunta ja tiheys. Tarkoituksena on minimoida tuulivoimaloiden välisten häiriöiden vaikutukset samalla varmistuen, että jokainen tuuliturbiini saa mahdollisimman paljon tuulivoimaa. Lisäksi sijoittelussa huomioidaan merenpohjan rakennettavuus, ympäristö- ja navigointivaatimukset sekä mahdolliset konfliktit kalastus- tai laivaliikenteen kanssa.

Tuulivoimalan lapojen pyöriminen aiheuttaa ilman virtaukseen häiriön, jota voidaan verrata esimerkiksi moottoriveneen tai laivan aiheuttamaan peräallokoon. Tämän takia tuulivoimaloita ei tule sijoittaa tuulivoimapuistossa liian lähelle toisiaan. Koska tuulen suunta vaihtelee, on joka suunnassa jätettävä riittävästi tilaa tuulivoimaloiden väliin tuotantohäviöiden ja liiallisten kuormitusten välttämiseksi. Harvinaisemmissa tuulensuunnissa voi välimatka olla hieman pienempi.

Yleisenä tuulivoimaloiden sijoittelua koskevana nyrkkisääntönä yksittäisten voimaloiden väliin tulisi jättää vähintään noin viisi kertaa roottorin halkaisijan verran tilaa, eli lavan kärjestä vastakkaisen lavan kärkeen. Hyvin suurissa tuulivoimapuistoissa etäisyyksien on oltava suuremmat. Vastaavasti yhdessä rivissä tai kaarella sijaitsevat tai hyvin pienen ryhmän muodostavat voimalat voivat olla lähempänä toisiaan.

## Sähkönsiirto

Tuulivoimaloiden tuottama sähkö siirretään merenpohjan alla kulkevien eristettyjen sähkökaapeleiden avulla. Nämä kaapelit kulkevat voimalasta merenpohjassa kohti rannikkoa. Kun sähkö saavuttaa rannikon, se johdetaan sähköasemalle, jossa se muunnetaan sopivaksi jännitteeksi ja taajuudeksi ja liitetään valtakunnalliseen sähköverkkoon. Valtakunnallisesta sähköverkosta sähkö siirtyy kulutuskeskittymiin, kuten kaupunkiin tai teollisuusalueille. Tämä vaihe voi sisältää useita muuntamoita, jotka sopeuttavat sähköjännitettä ja taajuutta kulutuskohteen vaatimuksien mukaiseksi. Teknisesti on myös mahdollista liittää tuotanto suoraan esimerkiksi teollisuuden käyttöön.

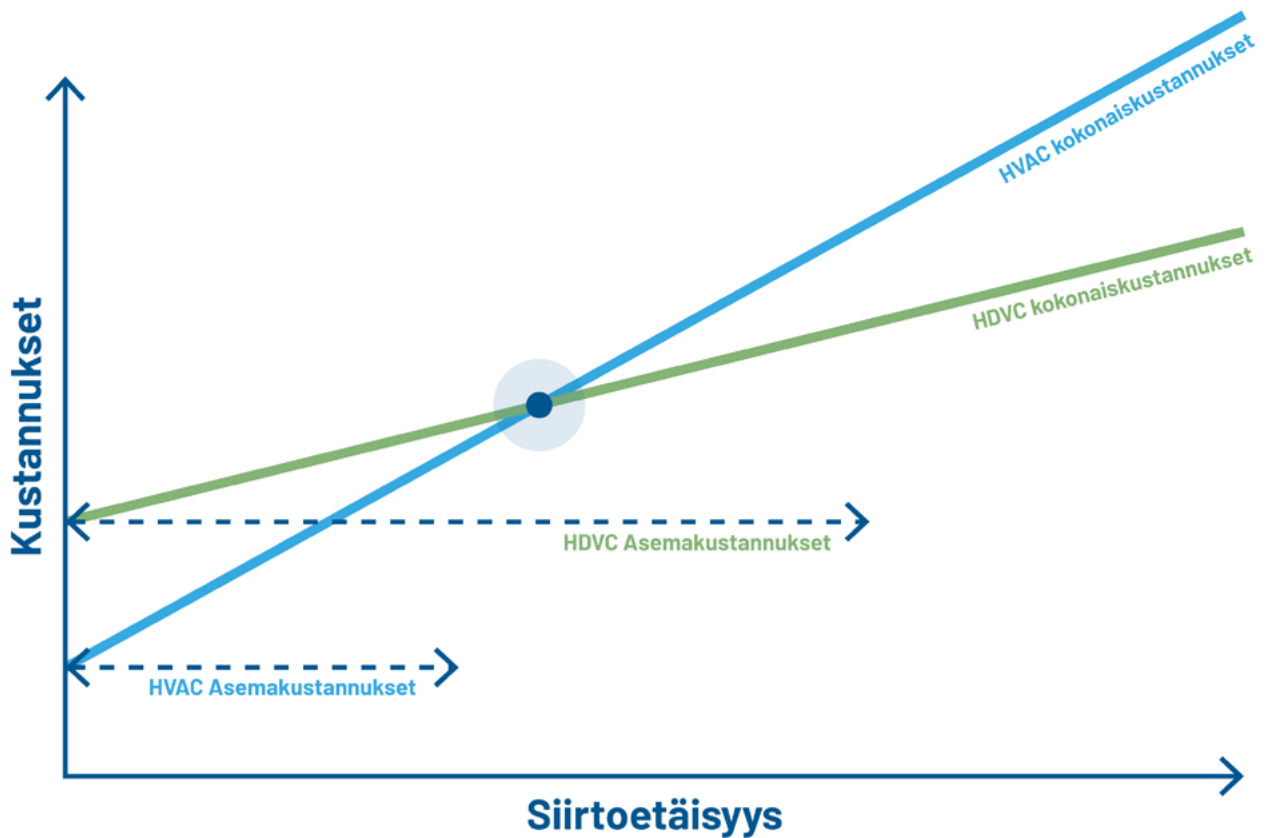
Merisähköasemalta mantereelle sähkönsiirto tuotetaan tarvittavalla määrällä siirtokaapeleita. Mereltä tulevat siirtokaapelit johdetaan mantereella maasähköasemalle, josta sähkönsiirtoa jatketaan ilmajohtototeutuksena aina kantaverkon liityntäpisteeseen asti. Sähkönsiirto tuulivoimapuistosta tapahtuu joko vaihtovirta- (HVAC) tai tasasähköyhteyttä (HVDC) käyttäen. Molemmissa tapauksissa verkon

jännite nostetaan keräinverkon jännitetasosta erillisellä muuntoasemalla siirtohäviöiden minimoimiseksi. Se kumpaa sähköyhteyttä käytetään, riippuu siirtoetäisyydestä ja sen vaikutuksista kustannuksiin.

Kun siirtoetäisyys kasvaa tarpeeksi pitkäksi tulee yhä kannattavaksi valita siirtoyhteydeksi HVDC (**Kuva 7**). Tämä johtuu siitä, että HVDC siirtoyhteydellä saatavien säästöjen myötä tulee kustannuksiltaan kannattavammaksi hankkia kalliimpi HVDC-asema. Vaihtosähköyhteyden suuremmat muuttuvat kustannukset ovat seurausta kolmivaihejärjestelmän suuremmasta johdinmäärästä ja yhteyden vaatimasta loistehon kompensoinnista. Tasasähköyhteyden taloudellista kilpailukykyä lyhyemmällä siirtoetäisyyksillä rajoittaa sen suuret asemakustannukset, jotka ovat seurausta suuntaaja-asemien vaatimasta tehoelektronikasta. Valinta tasa- tai vaihtosähkösiirtoyhteyden välillä on kuitenkin tapauskohtaista. Yhteyksien kannattavuutta vertailevassa kustannusanalyysissä on otettava huomioon monia tekijöitä kuten pääoma, huolto-, ja häviökustannukset, sekä laitteiston luotettavuus.<sup>104</sup> Kannattavuusrajana on pidetty 40–70 km<sup>35, 58</sup>, riippuen lähteestä.<sup>69</sup>

Merituulivoiman laajamittainen käyttöönotto vaatii uudenlaista lähestymistapaa merialueiden verkkosuunnitteluun. On odotettavissa, että merituulivoimapuistojen siirtoverkkojen pituudet tulevat kasvamaan entisestään, kun lähellä rannikkoa sijaitsevien energiantuotannonle soveltuvien alueiden tuulivoimaresurssit on jo valjastettu energiantuotantoon. Siirtoetäisyyksien kasvaessa myös voimala-alueiden verkkoliitännöiden merkitys korostuu. HVDC-yhteydet ovat tulevaisuudessa keskeisessä roolissa Euroopan merialueiden hyödyntämisessä, sillä ne mahdollistavat suurien tehokapasiteettien siirron pitkillä etäisyyksillä.

Fingrid on käynnistänyt selvityksen, jonka tarkoituksena on määrittää merituulivoimahankkeille mahdollisia kantaverkon liittymispisteitä ja -kapasiteetteja sekä alustavia aikatauluja liityntöjen toteuttamiseksi 2030-luvulla. Selvityksen tuloksena tunnistetaan kantaverkoinvestoinnit, jotka todennäköisesti vaadi-



**Kuva 7.** Kustannukset HVAC ja HVDC sähköyhteyksien välillä.

taan merituulivoimahankkeiden liittämiseksi, mutta investointipäätöksiä näistä ei ole vielä tarkoitus tehdä. Selvityksen on tarkoitus valmistua kesään 2024 mennessä <sup>22</sup>.

## Rakentaminen ja logistiikka

Merituulivoimapuiston rakentaminen koostuu perustusten asentamisesta ja niiden vaatimista pohjatöistä, turbiinien asentamisesta sekä tarvittavien kaapelointien tekemisestä.

Turbiinien asentaminen ja sähkönsiirtoyhteyksien rakentaminen vaatii monenlaisia aluksia. Suurten komponenttien kuten rungon, lapojen ja nasellin asentaminen vaativat siihen soveltuvan asennusaluksen (jack-up), samoin merikaapelien asentaminen siihen erikoistuneen aluksen. Lisäksi tarvitaan erilaisia kuljetus- ja miehistönkuljetusaluksia. Kalleimmat päivä-kustannukset ovat asennus- ja kaapelialuksilla, minkä takia rakentaminen suunnitellaan näiden tehokkaan käytön ympärille. Rakennustyöt ajoittuvat jäättömään aikaan, ja etenkin asennustyöt on suunniteltava ja toteutettava

vallitsevat merenkäynti- ja tuuliolosuhteet huomioiden.

Rakentamisen logistiikka painottuu komponenttien koosta ja toimitusketjuista johtuen satamiin. Turbiinikomponenttien ja perustusten varastointi vaatii runsaasti tilaa ja riittävää käsittelykalustoa.

## Tuotantoaika ja ylläpito

Tuulivoiman käyttö- ja kunnossapitokustannukset muodostuvat huoltokustannuksista, vakuutus- ja korjauskustannuksista sekä hallinnointikustannuksista. Huolto- ja korjauskustannukset suhteessa asennettuun tehoon tai tuotettuun energiaan vaihtelevat tuulivoimapuistoon asennettujen voimaloiden lukumäärän mukaan. Kustannuksiin vaikuttaa myös huoltoetäisyys, merituulivoiman tapauksessa etäisyys lähimmästä soveltuvasta satamasta. Voimaloiden ikääntyessä huolto- ja korjauskustannukset yleensä vähitellen kasvavat. Huoltokäyntejä on tarpeen tehdä ympäri vuoden, myös jäisissä olosuhteissa.



## Purkaminen

Merituulivoimaloiden purkaminen on olennainen vaihe, kun voimala saavuttaa elinkaarensa lopun tai jos se on päätetty poistaa käytöstä muista syistä. 2030-luvulla rakennettavien merituulivoimaloiden purkamista voidaan odottaa 2050-luvun loppupuolelle ja 2060-luvulle. Prosessi vaatii huolellista suunnittelua, turvallisuutta ja ympäristön huomioimista. Merituulivoimalan purkamisprosessi voidaan jakaa viiteen vaiheeseen:

### 1. Voimalan irrottaminen

Ennen purkamista voimala irrotetaan sähköverkosta ja sähköntuotanto lopetetaan. Vaihe edellyttää tarkkaa suunnittelua ja yhteistyötä sähköntoimittajien kanssa.

### 2. Laitteiden poistaminen

Voimalan päärakenteet, kuten naselli ja lavat poistetaan yksi kerrallaan. Vaihe vaatii usein erikoislaitteistoa, joka on suunniteltu tätä varten.

### 3. Merestä poistaminen

Purkamisprosessi sisältää myös voimalan perustan ja kaapelit. Työvaiheessa voidaan käyttää nostureita tai sukellusrobotteja voimalan osien poistamiseen merestä.

### 4. Materiaalien lajittelu ja kierrätys

Poistettut materiaalit ja osat lajitellaan ja kierrätetään mahdollisimman laajasti. Tämä edistää kestävästä kehityksestä ja vähentää ympäristövaikutuksia.

### 5. Ympäristön palauttaminen

Merituulivoimalan purkamisen jälkeen on tärkeää palauttaa ympäristö mahdollisimman lähelle alkuperäistä tilaa. Tämä voi sisältää esimerkiksi merenpohjan tasauksen ja kasvillisuuden palauttamisen.

## 2.3 Merituulivoiman kehitys Suomessa

Suomessa on nykytilanteessa tuotannossa vain yksi merituulivoimapuisto, vuonna 2017 käyttöön otettu Porin Tahkoluoto. Tuulipuistossa on 11 voimalaa, joiden nimellisteho on 4,2 MW. Merituulivoimapuiston kapasiteetikertoimeksi on arvioitu 43 % ja vuosituotannoksi noin 155 GWh. Tahkoluodon tuotantoalueen omistaa ja sitä operoi Suomen Hyötytuuli Oy. Yritys suunnittelee myös merituulivoimapuiston laajennusta, joka toteutetaan kahdessa vaiheessa: ensimmäiseksi toteutetaan kahden voimalan demonstraatiohanke, jonka avulla pilotoidaan uuden mittaluokan merituulivoimaloita, aiempaa syvemmälle rakennettavia meriperustuksia sekä merenpohjan rakentamisen menetelmiä näissä olosuhteissa<sup>77</sup>.

Lisäksi Suomen merialueilla on keväällä 2024 kymmeniä eri kehitysvaiheessa olevaa merituulivoimahanketta, joista useat sijaitsevat maantieteellisesti päällekkäin. Aluevesillä valtion omistamilla yleisillä vesialueilla hankekehitystä koordinoi Metsähallituksen Kiinteistökehitys, joka toimii esiselvitysvaiheen hankekehittäjänä ennen kaupallisen kumppanin valintaa. Tämän lisäksi aluevesillä on muutamia yksityisten toimijoiden hankkeita, joiden selvittäminen on alkanut ennen Metsähallituksen vuoden 2021 kilpailutusmalliuudistusta. Talousvyöhykkeellä on hankkeita eri selvitysvaiheissa.

Suomen merialueilla on runsaasti merituulivoimalle potentiaalisia alueita. Käytännössä kuitenkin Suomenlahden lähellä kulutuskeskitymiä sijaitsevan tuotantopotentiaalin hyödyntämisen esteenä on aluevalvonnan tarpeet ja muiden merellisten toimintojen yhteensovittamisen haasteet. Tästä syystä potentiaalisina alueina käsitellään lähinnä Pohjanlahden merialueita. Jos merialueita tarkastellaan hankkeiden elinkaarikustannusten näkökulmasta huomioiden hankkeiden sijainnin vaikutukset niiden taloudellisuuteen, erityisen kustannustehokkaita alueita suurille merituulivoimapuistoille voisi olla avomerialueilla Rauman lähellä, Närpiöstä Korsnäsiin sekä Pietarsaaresta

pohjoiseen Kalajoen suuntaan. Yleisesti ottaen Selkämerellä on suurempia potentiaalisia alueita merituulivoiman tuottamiselle, kun taas Perämerellä elinkaarikustannukset ovat korkeammat<sup>43</sup>. Elinkaarikustannusten näkökulmasta tosin ei ota laajasti huomioon merituulivoiman ja muiden merellisten toimintojen yhteensovittamisen tarvetta.

Merituulivoimalle parhaiten soveltuvia merialueita Suomessa on tunnistettu Smart-Sea-hankkeen tutkimuksessa (Balancing profitability of energy production, societal impacts, and biodiversity in offshore wind farm design), johon osallistui Suomen ympäristökeskuksen, Helsingin yliopiston, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n, Ilmatieteen laitoksen, Luonnonvarakeskuksen ja Metsähallituksen Luontopalveluiden tutkijoita<sup>98</sup>. Tutkimuksessa tunnistettiin merialueita, joille merituulivoimaa voidaan rakentaa kannattavasti ja ilman muille elinkeinoille, ihmisille tai meriluonnon monimuotoisuudelle aiheutuvia suuria haittoja. Tutkimuksessa määritettiin myös alueita, joille merituulivoimaa ei kannata suunnitella rakentamisen aiheuttamien todennäköisten ristiriitojen takia. Laajimmat merituulivoimatuotantoon sopivat alueet löytyvät tutkimuksen mukaan Perämereltä, Merenkurkun eteläpuolelta sekä Selkämeren keski- ja eteläosista. Tutkimuksen tuloksia on käytetty merialue-suunnittelussa merituulivoimalle potentiaalisten alueiden tunnistamisessa voimassa olevaan Suomen Merialuesuunnitelmaan.

Suomen ympäristökeskuksen Merituulivoiman kehittäminen Suomen merialueilla -hankkeessa vuonna 2023 on päivitetty aiemmat Zonation-analyyssissä käytetyt aineistot, ja niiden lisäksi on tuotu analyysiin uusia aineistoja. Kokonaisuudessaan aineistot (N=343) kattavat luontoarvoaineistoja, kuten lajien levinneisyysmallit, uhanalaiset lajit, mereiset luontotyypit, lintu- ja lepakkoaineistoja, kalojen poikastuotantoalueet sekä geodiversiteettiaineistoja. Sosiokulttuuriset aineistot puolestaan kattavat muun muassa kalastusalueet, olemassa olevat ja potentiaaliset kalankasvatusalueet, matkailu- ja virkistystoiminta-alueet, kulttuuriperintökohteet ja maisemat. Rajoitusalueina on huomioitu muun muassa väylät, puolus-

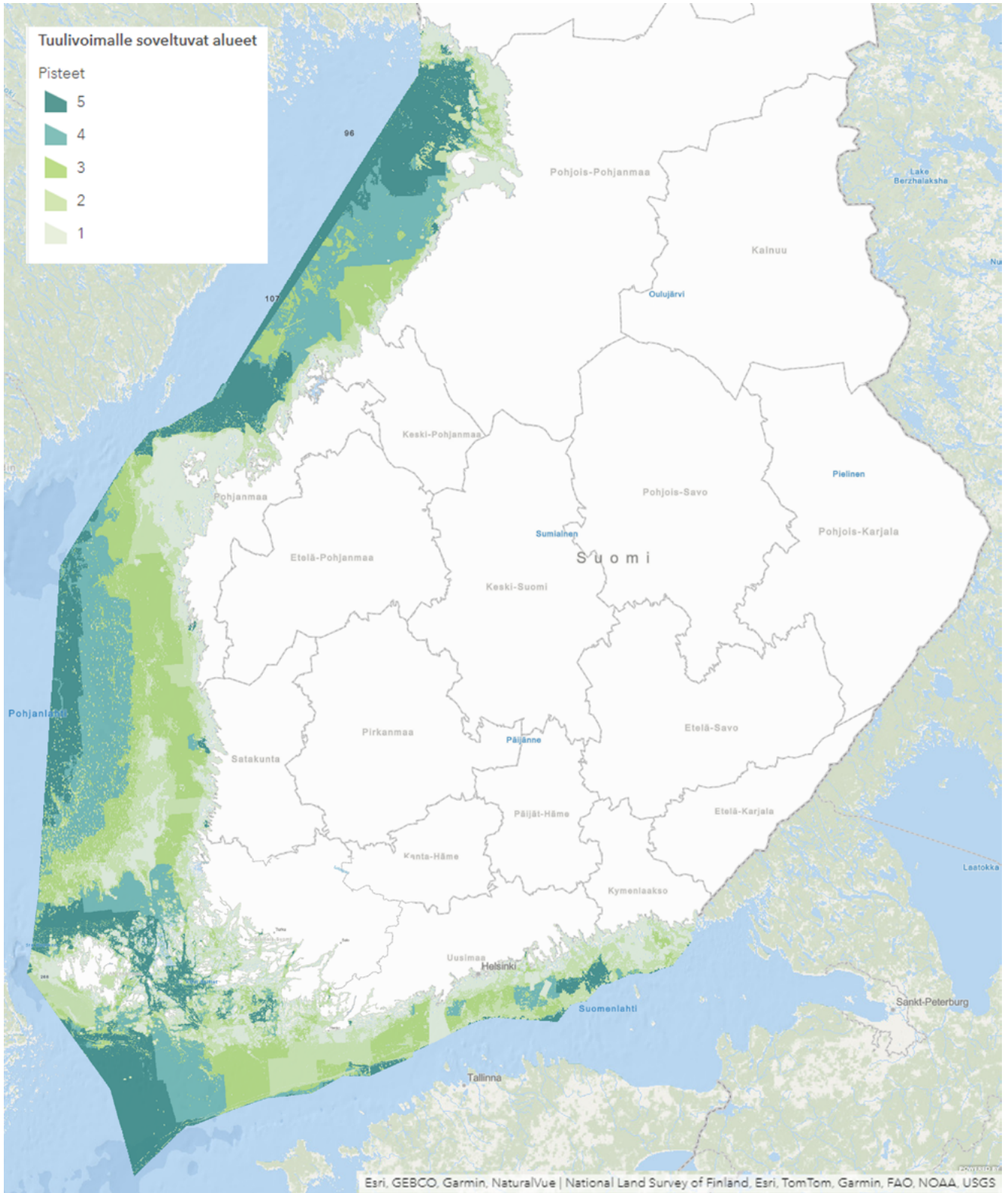
tusvoimien alueet, suojelualueet ja säätutkat. Zonation-analyyssin tuottaman prioriteettijärjestyskartan avulla voidaan tunnistaa merituulivoimalle ja kaapeloinneille alueita, joissa ne aiheuttavat mahdollisimman vähän haittaa luonnolle ja muulle ihmistoiminnalle.

Yhteisesti tunnistettuna haasteena merituulivoiman kehityskuvan yleiskuvan luomiselle on puutteellinen tietopohja: selvitettävistä alueista etenkin talousvyöhykkeen osalta on eri tahojen koostamia kartta-aineistoja, mutta tiedon ajantasainen ylläpitäminen ei ole minikään toimijan vastuulla. Työ- ja elinkeinoministeriöllä on tieto saapuneista tutkimusluvista, mutta hankealueiden paikkatieto on hankemuksissa vaihtelevassa muodossa. Julkisista toimijoista esimerkiksi Fingridillä on kohtuullisen kattava paikkatietoaineisto omassa [karttapalvelussaan](#) perustuen hanketoimijoiden tekemiin liityntäkyselyihin. Suomen merialue-suunnitteluyhteistyön koordinaatio pitää yllä [karttapalvelua](#), jossa esitetään merituulivoiman hankkeiden lisäksi Suomen ja Ruotsin merialuesuunnitelmien merituulivoima-alueet. Kaikkien merialueiden osalta merituulivoiman kehityskuvaa pyrkii seuraamaan esimerkiksi [4C Offshore](#).

Kattavin ennakkotieto suunnitelmista on todennäköisesti Puolustusvoimien pääesikunnalla, jolta kaikki hanketoimijat tarvitsevat lausunnon varhaisessa vaiheessa. Tässä vaiheessa sijaintitieto on kuitenkin luottamuksellista, eikä sitä voida avata muiden käyttöön.

Helmikuun 2024 loppuun mennessä Puolustusvoimat oli antanut puoltavan lausunnon 51 hankkeelle, jotka sisältävät yhteensä 5 641 voimalaa. Selvitetävistä hankkeista tosin monet sijaitsevat päällekkäin. Hankkeista noin puolet sijaitsee aluevesillä, mutta talousvyöhykkeellä sijaitsevien hankkeiden koko voimalamääränä mitattuna on keskimäärin suurempi. Voimalamääriä tarkastellessa hiukan yli 60 % lausuntoa pyytäneistä voimaloista sijaitsee talousvyöhykkeellä. Kaikki puoltavan lausunnon saaneet hankkeet sijaitsevat Pohjanlahdella Ahvenanmaan pohjoispuolella, noin 60 % Merenkurkun eteläpuolella ja noin 40 % sen pohjoispuolella.





**Kuva 8.** Tuulivoimalle parhaiten soveltuvat merialueet. Sopivimmat alueet ovat kartassa tumman vihreällä ja huonoiten sopivat vaalean vihreällä värillä. Alueellisen priorisoinnin Zonation-analysissä on huomioitu tuulivoiman rakentamisen ja tuotannon kannattavuus, ihmistoimintoihin kohdistuvia haittoja, vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuutta sekä muita luontoarvoja<sup>98</sup>.

## 2.4 Haasteet Suomen olosuhteissa

Vaikka merituulivoimaa suunnitellaan ja toteutetaan laajasti Euroopassa muille merialueille, suomalaisissa hankkeissa on huomioitava Itämeren ominaispiirteitä. Haastavimmat ja toteuttamiseen eniten vaikuttavat tekijät ovat Itämeren merenpohja sekä arktiset olot eli jäätyvä merialue.

Erityisesti Pohjanlahden merenpohja on jääkauden jäljiltä hyvin vaihteleva. Pohjan muodot vaihtelevat laajasti, ja sen geologia vaihtelee

nopeastikin pehmeistä sedimenteistä kovaan kallioon. Pohjaolosuhteiden vaihtelevuus vaikeuttaa tuulivoimapuiston layout-suunnittelua ja haastaa perusratkaisun valintaa. Ver-raten esimerkiksi tasaiseen hiekkapohjaan, jossa voimaloiden sijoittelu voidaan suunnitella tuuliolosuhteet, keskinäinen sijainti ja esimerkiksi lentokäytävät huomioiden, Pohjanlahdella pohjan rakennettavuus ja perustusten kustannukset ohjaavat suunnittelua vahvemmin.

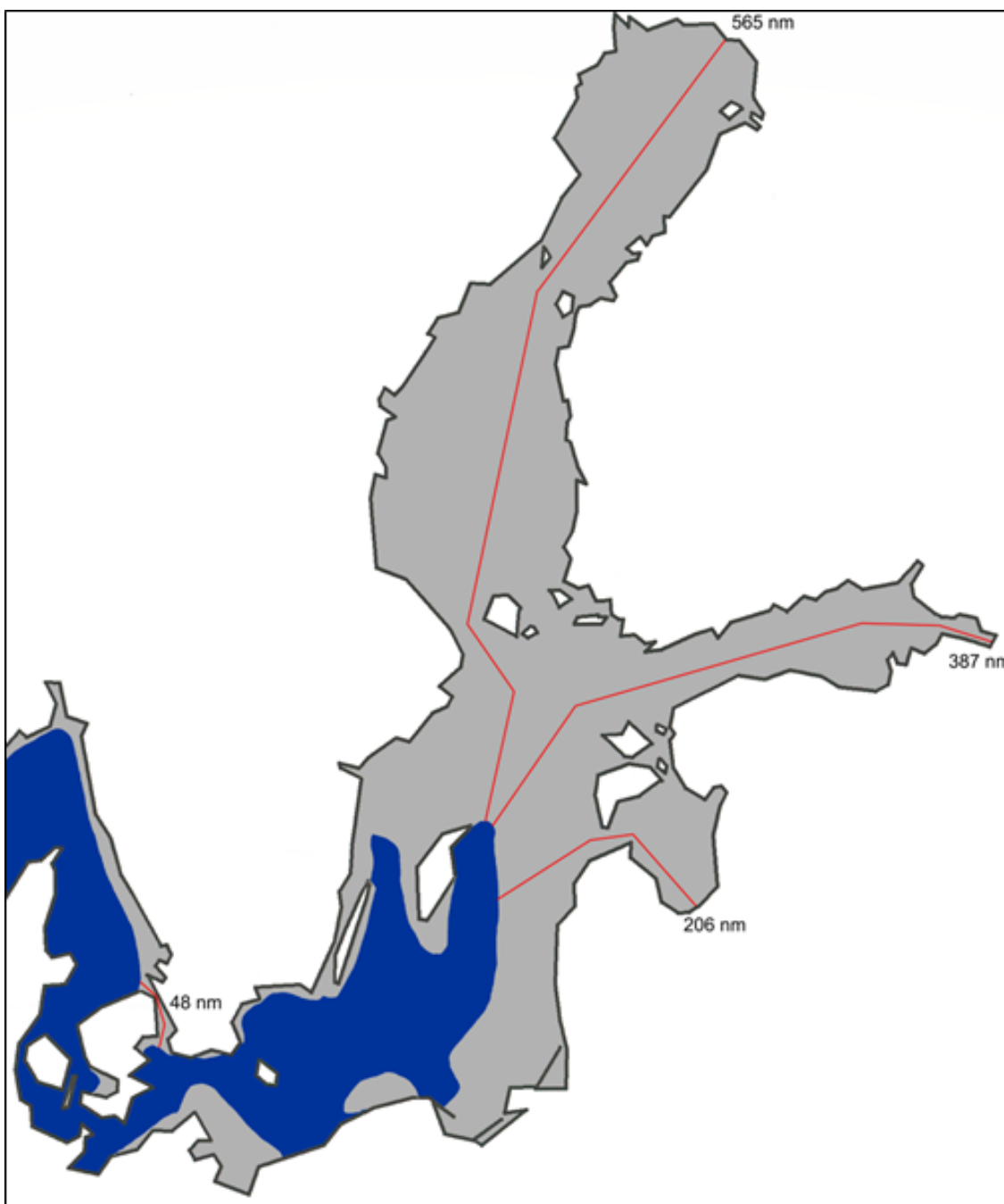
Yksi suurimmista epävarmuuksista suomalaisissa merituulivoimahankkeissa liittyy jäisiin



**Kuva 9.** Hankealueet tämänhetkisten julkisten tietojen mukaan.

olosuhteisiin. Itse voimaloiden jäätymisestä on kokemus- ja tutkimustietoa, mutta merituulivoimapaiston rakentamisesta jäätyvälle merialueelle ei juurikaan. Turbiinin siipiin kertyvän jään on havaittu kasvattavan ilmanvastuskerrointa jään aiheuttavan pinnankarkeuden vuoksi, mikä puolestaan johtaa turbiinin tehon laskuun. Jäisimmissä olosuhteissa tämän on mitattu aiheuttava jopa 20–50 % laskun alkuperäistehosta <sup>42</sup>. Tuulivoiman ope- roiminen olosuhteissa, joissa jääkertymä siivissä on merkittävää, vahingoittaa turbiinia ja vähentää sen elinikää liiallisen kuorman (jopa

50 % siiven painosta) kohdistuessa siipiin <sup>3</sup>. Kun suuria jääkertymiä havaitaan, voimalan käyttö tauotetaan, kunnes jää on poistettu siiviltä. Tämän lisäksi liikkuvat jäämassat voivat aiheuttaa merituulivoimalalle merkittävää vaurioita. Jäämassat voivat liikkua kovaakin (1 m/s) vauhtia ja täten vaurioittaa voimalan rakennetta. Tuulivoimaloiden runko on perinteisesti rakennettu hiilikuidusta, joka voi kokea vauriota, kun runkoon kohdistuu lisävärinää jäämassasta aiheutuen. Hiilikuiturakenteen korroosioprosessin on myös havaittu mahdollisesti vauhdittuvan jäätymissä myötä <sup>57</sup>.



**Kuva 10.** Jääpeite laajimmillaan ankarana jäätalvena helmikuussa 2011: Itämerestä oli jään peitossa 309 000 km<sup>2</sup>. <sup>34</sup>

Joissain tilanteissa meri jäätyy voimalaitoksen ympäriltä hankaloittaen yllä- ja kunnossapitoa, vaikuttaen sitä kautta myös energiantuotantoon. Lisäksi jäätymisen on havaittu vaikuttavan erilaisten mittalaitteistojen toimintaan ja tarkkuuteen. Esimerkiksi anemometrien, tuuliviirien, lämpötilasensoreiden ja jäänilmäsimien kohdalla voidaan havaita mittausvirheitä jäisillä alueilla. Mittausvirhe voi olla jopa luokkaa 30 % kuten havaittiin eräässä tuulennopeusmittauksessa<sup>41</sup>. Myös sähkökaapeleiden syvyys, sijainti ja rantautuminen pitää suunnitella niin, että jäämassat eivät pääse vaurioittamaan niitä.

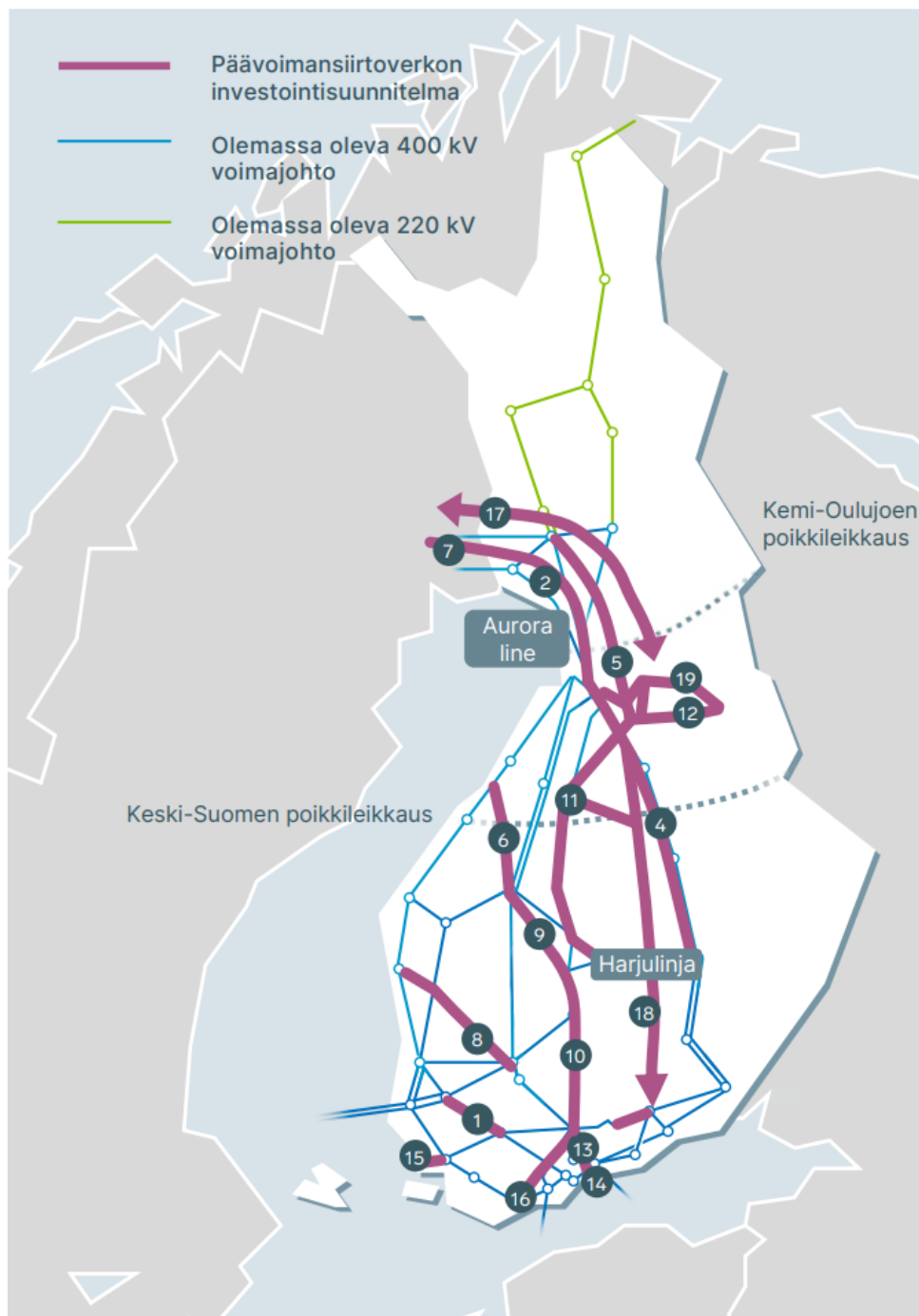
Jäätyvä meri vaikuttaa luonnollisesti huolto- toiminnan järjestämiseen, mutta merijäällä ja sen liikkeillä voi siis olla myös vaikutusta voimaloiden perustuksiin. Jäinen aika rajaa myös tuulivoimapuiston rakentamisen aikataulua. Sen lisäksi, että jäätyvällä merellä on vaikutusta merituulivoimapuistoon, merituulivoimapuisto itsessään voi vaikuttaa jäätymisolosuhteisiin ja siten korostaa niiden vaikutuksia esimerkiksi meriliikenteelle ja jäänmurron tarpeeseen. Merijään ja talvimerenkulun näkökulmaa on esitetty enemmän luvussa 6.3. Jääolosuhteista ja niiden muutoksista kaivataan myös lisää tutkimusta ja mallinnuksia, jotka tukisivat sekä hanketoimijoiden suunnittelutyötä että merituulivoiman vaikutusten arviointia.

# 3 Uusiutuvan energian kysyntä

## 3.1 Sähkön kulutusennusteet ja siirtoverkot

Tulevaisuuden yhteiskunnan hiilestä irtaantuminen tulee kasvattamaan sähköntarvetta vuoteen 2035 mennessä ja vielä enemmän vuoteen 2050 mennessä<sup>1</sup>. Sähkön tuotantorakenne muuttuu uusiutuvien energiamuotojen lisääntyessä ja säätökykyisten fossiilisten

tuotantomuotojen vähentyessä. Tästä aiheutuu sähköjärjestelmän ajoittainen niukkuus tehosta, joustavuudesta sekä inertiasta ja oikosulkutehosta. Toisaalta seurauksena voi myös olla uusia liiketoiminnan mahdollisuuksia joustavalle tuotannolle ja kulutukselle sekä sähkön varastointitekniikoille<sup>21</sup>.



**Kuva 11.** Kantaverkon kehittämissuunnitelma pääsiirtoverkon osalta. Uudet 400 kV yhteydet punaisella värillä<sup>21</sup>.



Suurimmat merituulivoimahankkeet ovat valtavia, nimellisteholtaan suurimpia voimalaitoshankkeita, joita Suomeen on koskaan suunniteltu. Tästä seuraa aivan uudenlaisia haasteita sähköjärjestelmille ja kantaverkon suunnittelulle. Ison merituulivoimahankkeen toteuttaminen vaatii lähes kaikissa tapauksissa myös kantaverkon huomattavaa vahvistamista ja uudenlaisia, hajautettuja liityntäratkaisuja. Lähes kaikki suunnitellut merituulivoimahankkeet sijoittuvat jo nykyisin sähkötaseeltaan ylijäämäiselle länsirannikolle, mikä lisää edelleen kantaverkon vahvistustarpeita. Jos merituulivoimaa olisi mahdollista sijoittaa myös Suomenlahdelle, lähelle etelän kulutuskeskittymiä, merituulivoimahankkeet voisivat parhaimmillaan hillitä kantaverkon vahvistustarpeita.

Sähköntuotannon ja -siirron vahvistamiseksi tarvitaan merkittäviä investointeja. Vuosina 2024–2033 Fingrid suunnittelee investoivansa kotimaan verkkoon ja rajasiirtoyhteyksiin yhä kiihtyvällä vauhdilla noin 4 miljardia euroa <sup>21</sup>. Sähköntuotannon painottuminen yhä enemmän Pohjanlahdelle haastaisi sähkönsiirtoa länsirannikolta kulutuskeskittymiin. Vastatakseen nopeasti muuttuviin tarpeisiin Fingrid valmistuu luomalla mahdollisuuksia uuden sähkön tuotannon ja kulutuksen verkkoon liittämiseen

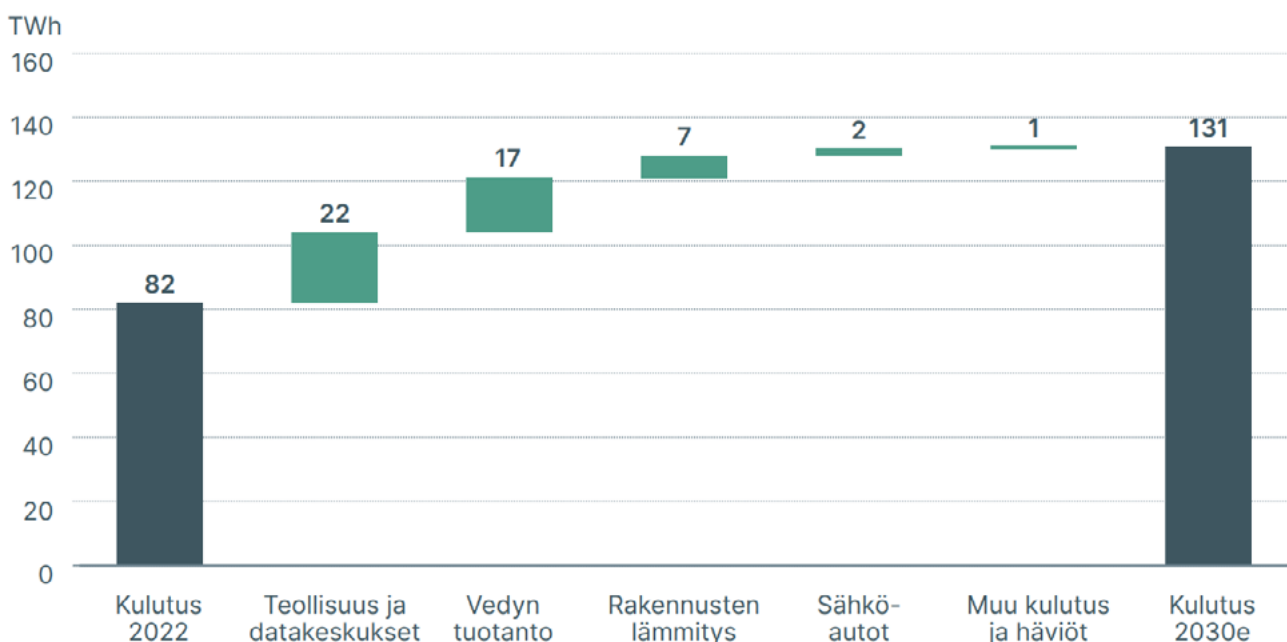
sekä kehittämällä sähkönsiirron mahdollisuuksia Suomen sisällä ja rajasiirtoyhteyksiä naapurimaihin. Tulevaisuuden sähköjärjestelmältä odotetaan entistä suurempaa luotettavuutta (ml. varastointi, kysyntä- ja kulutusjousto), jotta yhteiskunnan keskeiset toiminnot voidaan turvata. Fingrid on havainnut merkittäväksi sähkönsiirrolliseksi kehityskohteeksi siirtokapasiteetin lisäämisen tuotanto- ja kulutuskeskittymien välille. Lisäksi sähkökulutuksen kasvaessa eteläisen Suomen kulutuskeskittymissä samalla kun etelän yhteistuotantolaitosten sähköntuotanto vähenee, alijäämä kasvaa entisestään ja siirtokapasiteettia tarvitaan yhä enemmän. Tällä on merkittävä vaikutus siirron lisäämiseen eteläiseen Suomeen. Merituulivoiman voimakas kasvu Länsi-Suomessa tulisi haastamaan kantaverkon siirtokyvyn, jos sähkön kulutus ei samalla kasvaisi vastaavasti länsirannikolla.

Sähkönkulutus Suomessa oli 82 TWh vuonna 2022. Fingridin ennusteen mukaan kulutuksen kasvun suurimmat ajurit tämän vuosikymmenen loppuun mennessä ovat teollisuus ja datakeskukset sekä vedyn tuotanto. Lisäksi rakennusten lämmitysmuotojen muutoksen ja liikenteen sähköistymisen arvioidaan kasvattavan sähkön kulutusta vuoteen 2030 mennessä.

## Sähkön kulutus (TWh)

Fingridin ennuste, tammikuu 2024.

**FINGRID**



**Kuva 12.** Sähkön kulutuksen kasvuajurit 2020-luvulla <sup>21</sup>.

Suomessa on perinteisesti ollut useita kaukolämmön tuotantoon käytettyjä yhteistuotantolaitoksia (CHP-laitoksia), joissa tuotetaan samanaikaisesti sähköä ja lämpöä. Esimerkiksi hiilen käyttö energiantuotannossa on tarkoitus lopettaa Suomessa kokonaan vuoteen 2030 mennessä. Näin ollen CHP-laitoksissa poltettaviksi jäävät jäljelle bioenergian eri muodot, poliittisesti epävarma maakaasu, sekä turve, jonka asemaa ja tulevaisuutta parhaillaan pohditaan Suomessa. Tulevaisuudessa myös esimerkiksi ydinenergialla voi olla mahdollista tuottaa kustannustehokkaasti lämpöä sähkön ohella modulaarisissa ydinreaktoreissa (SMR). Kaukolämmöntuotanto tulee tulevaisuudessa olemaan yhä enemmän riippuvainen uusiutuvista energiamuodoista ja hukkalämmöstä. Täten merituulivoimalla ja vedyllä voi olla tässä merkittävä osuus. Jos vedyntuotannon hukkalämpöä halutaan hyödyntää kaukolämmön tuotannossa, elektrolyysin pitäisi sijaita lähellä kulutuskeskittymää eikä merituulivoima-alueella.

Ympäri Suomea on tehty investointeja sähkökattiloihin. Sähkökattiloilla korvataan polttoainetuotantoa, kun sähkön hinta on edullista. Vuonna 2023 sähkökattiloilla tuotettiin lämpöä 710 GWh. (Energiateollisuus, 2024) Kun kiehutusratkaisuja käytetään kaukolämmöntuotantoon, tarvitaan halpaa ja päästötöntä sähköä, jotta saavutetaan ilmastotavoitteet. Kaukolämmöntuotannossa sähkön kysynnän kasvaminen onkin tunnustettu. Täten merituulivoimalla voi olla iso merkitys osana edullisen ja päästöttömän sähkön tuotantoa.

Myös datakeskuksilla on vaikutusta uusiutuvan energian kysyntään. Datakeskukset tuottavat paljon lämpöä niiden toiminnan aikana. Tätä lämpöä voidaan hyödyntää lämmön talteenotolla ja siirtää lämpöenergiaa lämmitysjärjestelmiin tai käyttää teollisissa prosesseissa. Tämä auttaa säästämään energiaa ja vähentämään lämmityksen tarvetta, erityisesti kylmässä ilmastossa. Datakeskukset tarvitsevat suuria määriä sähköä toimiakseen tehokkaasti ja ne voivat toimia suurina sähkökuluttajina tarjoten kysyntää, mikä voi auttaa tasapainottamaan tuulivoiman vaihtelevaa tuotantoa. Suomessa suuria datakeskuksia ovat muun muassa

Googlen keskus Haminassa, Yandexin keskus Mäntsälässä, Hetznerin keskus Tuusulassa sekä Microsoftin keskus Uudellamaalla. Lisäksi Microsoft on lähitulevaisuudessa sijoittamassa Suomeen kolme suurta datakeskusta Kirkkonummelle, Vihtiin ja Espooseen sekä atNorth Kouvolaan, joten sähkön kysyntä datakeskusten toimesta kasvaa yhä.

Datakeskusten mittava varavoimakapasiteetti mahdollistaa niiden nopean irrottautumisen valtakunnan verkosta. Tämä mahdollistaa esimerkiksi niiden hyödyntämisen sähköverkon säätövoimana. Kaikki tahot, jotka kykenevät tuottamaan vähintään 10 MW tehonmuutoksen 15 minuutin kuluessa, voivat jättää säätötarjouksia kantaverkkoa hallinnoivalle Fingridille. Säätövoimalajeja on useita erilaisia. Datakeskukset soveltuisivat esimerkiksi osaksi taajuusohjattua säätöreserviä. Edellytyksenä tähän on nopea vasteaika, joka ei datakeskuksille ole ongelma. Tulevaisuudessa keskukset voisivatkin toimia osana älykästä sähköverkkoa.

Arviolta 2030-luvulta eteenpäin vetytalouden kasvulla on merkittävä vaikutus suomalaiseen sähkön kysyntään. Suomi tavoittelee johtavaa asemaa eurooppalaisessa vetytaloudessa. Vetytalouden kasvun mahdollistamisessa energiansiirto ja investointien sijainti ovat keskeisessä roolissa sähkön ja vedyn saatavuuden varmistamiseksi <sup>26</sup>.

Vedyn tuotantolaitosten sijoittumiseen vaikuttaa se, siirretäänkö energiaa sähkönä vai vetyinä. Merituulivoimalla voidaan tuottaa suoraan puhdasta vetyä elektrolyysierillä, joka on kiinni tuulivoimapuistossa, ja josta vety voidaan siirtää edelleen sen kulutuskohteisiin. Toisaalta, jos energiaa siirretään sähkönä, elektrolyyseri voi sijaita suoraan kulutuskohteiden läheisyydessä kaukana merituulivoiman tuotantopaikasta. Tilanteessa on huomioitava että sähköä kuluu häviöihin noin 30 %; kun sähkönsiirto tapahtuu ennen elektrolyysiä, tarvitaan siis enemmän sähköä kuin päinvastaisessa tilanteessa <sup>26</sup>. Kuten todettu, tällöin suurin osa tästä häviöstä on hyödynnettävissä hukkalämpönä, ja elektrolyysin sijoituessa kaupungin läheisyyteen voidaan se yhdistää kaukolämpöverkoston ja käyttää lämmöntuotantoon.

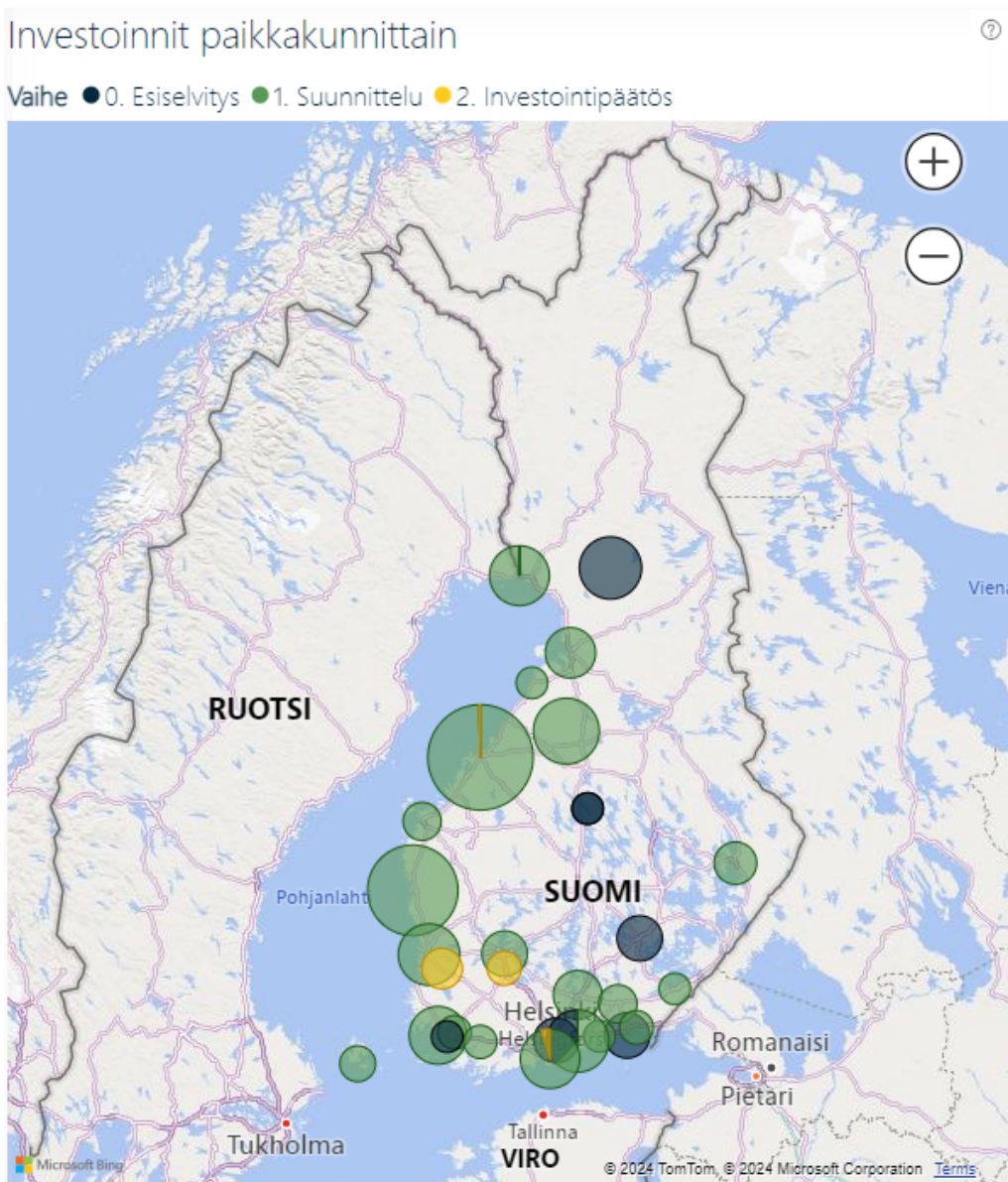
## 3.2 Energiaintensiivinen teollisuus

Merituulivoiman investointipäätösten edellytyksenä on riittävä kysyntä tuotettavalle sähkölle; merituulivoimahankkeiden toteutumisen ehtona on siis energiaintensiivisen teollisuuden investointien toteutuminen. Samaan aikaan energiaintensiivisen teollisuuden investoijat vaativat luotettavan näkymän tulevaisuuden sähköntuotannosta. Siksi aloja tulee edistää yhtä aikaa rinnakkain, toinen ei toteudu ilman toista.

Elinkeinoelämän keskusliitto ylläpitää [dataikunaa](#), johon on kerätty yritysten vihreiden investointien hankeaihia vuodesta 2021

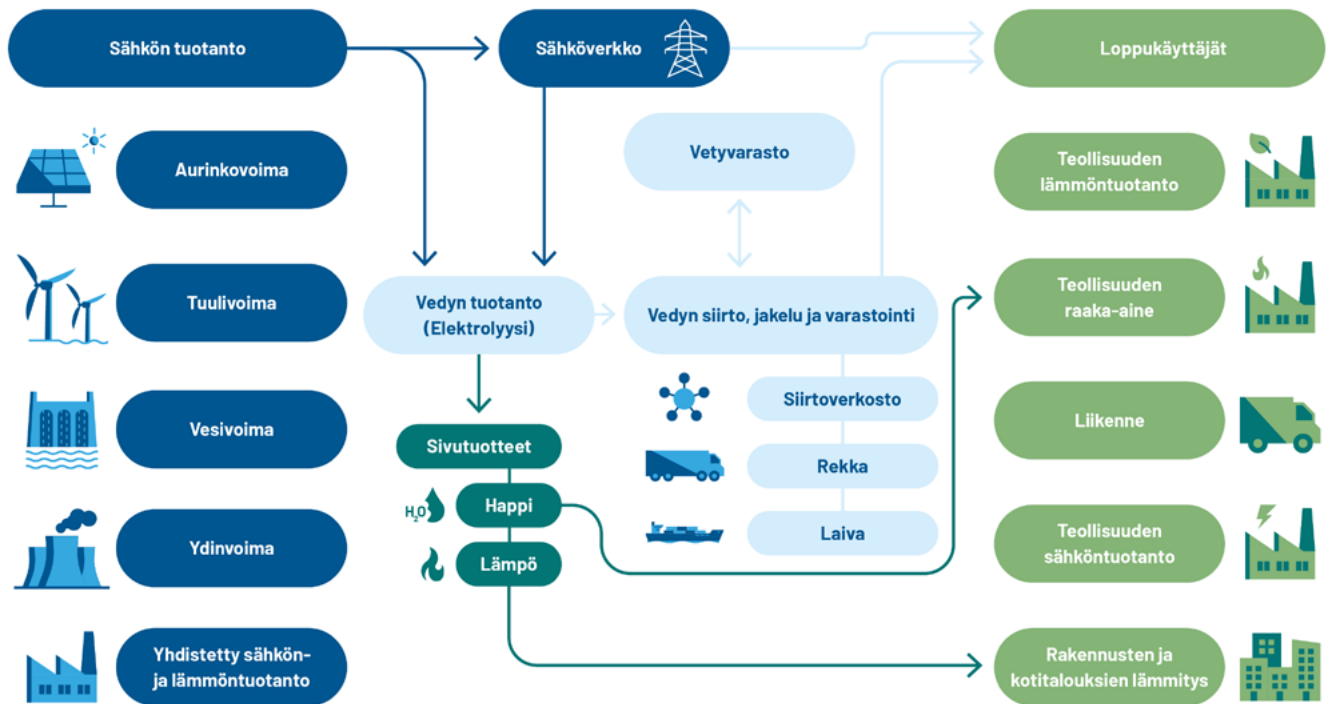
alkaan. Energiaturroksen liittyviä investointihankkeita on uutisoitu Suomessa yli 200 miljardin euron edestä. Kuitenkin varsinaisia investointipäätöksiä on tehty verrattain vähän, ja iso osa hankkeista on eri selvitysvaiheissa. Hankkeet ovat vaativia ja pääomaintensiivisiä, ja niiden teollisuuden investointipäätökset vaativat vahvan kysyntäpotentiaalin sekä luotettavan ja ennakoitavan toimintaympäristön.

Suomen tulevaisuuden sähkön kysynnästä merkittävä osa lasketaan vetytalouden varaan. Vetyä itsessään käytetään jo nyt lukuisissa käyttökohteissa ja teollisuudenaloilla, mutta pääosa nykyisin teollisesti käytetystä vedystä on tuotettu maakaasulla. Uudenlainen vetytalous taas on perustumassa vihreän vedyn



**Kuva 13.** Vihreän siirtymän hankkeet: suunnitellut ja päätetyt vetyhankkeet (maaliskuun 2024 tilanne)<sup>8</sup>.





Kuva 14. Vedyn arvoketju.

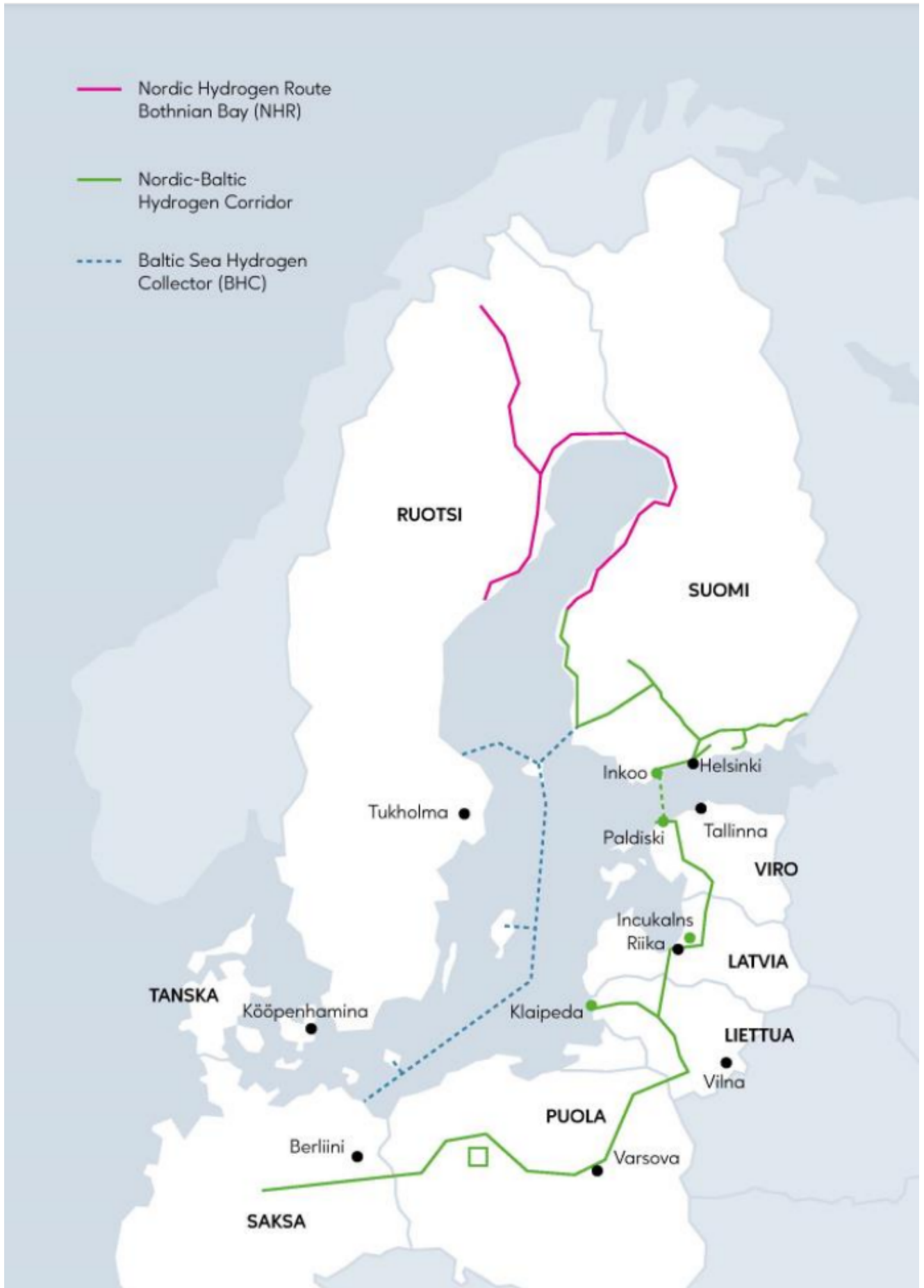
tuotantoon eli elektrolyysillä uusiutuvan energian avulla vedestä tuotettuun vetyyn. Prosessin sivutuotteena syntyy runsaasti lämpöä ja happea. Lämmön hyödyntäminen voi parantaa vetylaitoksen kannattavuutta, sen sijaan kaikelle syntyvälle hapelle ei ole toistaiseksi valmiita markkinoita. Sivutuotteena syntyvän hapen hyödyntämistä kuitenkin selvitetään esimerkiksi ruotsalaisessa tutkimushankkeessa, jossa tutkitaan hapen pumppaamista merenpohjaan parantamaan pohjan hapettomuutta<sup>81</sup>.

Vety itsessään on hankala varastoitava, joten se voidaan jatkojalostaa heti helpommin kuljetettaviksi ja varastoitaviksi tuotteiksi. Vedyn siirtäminen suuremmissa mittakaavoissa on järkevää käytännössä vain putkiverkoston avulla. Suomessa Gasgrid on edistämässä useampaa siirtoverkoston hanketta yhteistyössä naapurimaiden kanssa. Vetytalouden merkittävän mittaluokan skaalautuminen tapahtuu todennäköisesti aikaisintaan siinä kohtaa, kun näistä siirtoverkoista on tehty investointi- ja rakentamispäätökset oletettavasti 2020-luvun loppupuolella. Vetytalouden skaalautuminen riippuu myös elektrolyysireiden teknisestä ja kustannuskehityksestä sekä kriittisten materiaalien saatavuudesta. Tuotannon kannattavuuteen vaikuttaa myös

tuotantolaitoksen käyttöaste, jonka tämän hetken teknologialla pitäisi olla melko korkea.

Vetytalouden kehitystä edistetään Suomessa monella alueella. VTT:n<sup>99</sup> raportin mukaan erityisesti Oulu ja Raahe tarjoavat erinomaisia paikkoja vetykeskuksille, joissa vedyn tuotanto ja käyttö voi tapahtua samassa paikassa. Lisäksi alueella on hiilidioksidipäästöjen lähteitä sellu- ja paperiteollisuudessa sekä energiasektorilla, jotka voitaisiin yhdistää vetyyn P2X-prosessien avulla. Pohjoisessa hankkeita on myös esimerkiksi Torniossa ja Kemissä. Myös Itä- ja Kaakkois-Suomessa on merkittävää sekä uusiutuvan sähkön tuotantopotentiaalia että runsaasti bioperäistä hiilidioksidia, mikä tekee alueesta potentiaalisen vetytalousalueen<sup>39</sup>. Myös Ahvenanmaalla on potentiaalia kehittää vedyn tuotantoa nimenomaan merituulivoimatuotantoon perustuen. Ensimmäisiä P2X-hankkeita on myös jo vireillä eri puolilla Suomea, mutta mantereella sijaitsevat ensimmäiset hankkeet luottavat ensisijaisesti maatuulivoimalla ja aurinkoenergialla tuotettuun uusiutuvaan sähköön.

Fingridin ja Gasgridin<sup>26</sup> yhteisessä skenaarioreportissa esitetään kolme skenaariota, joiden mukaan Suomessa voisi vuoteen 2040 mennessä olla 23...41 GW elektrolyyserikapasiteet-

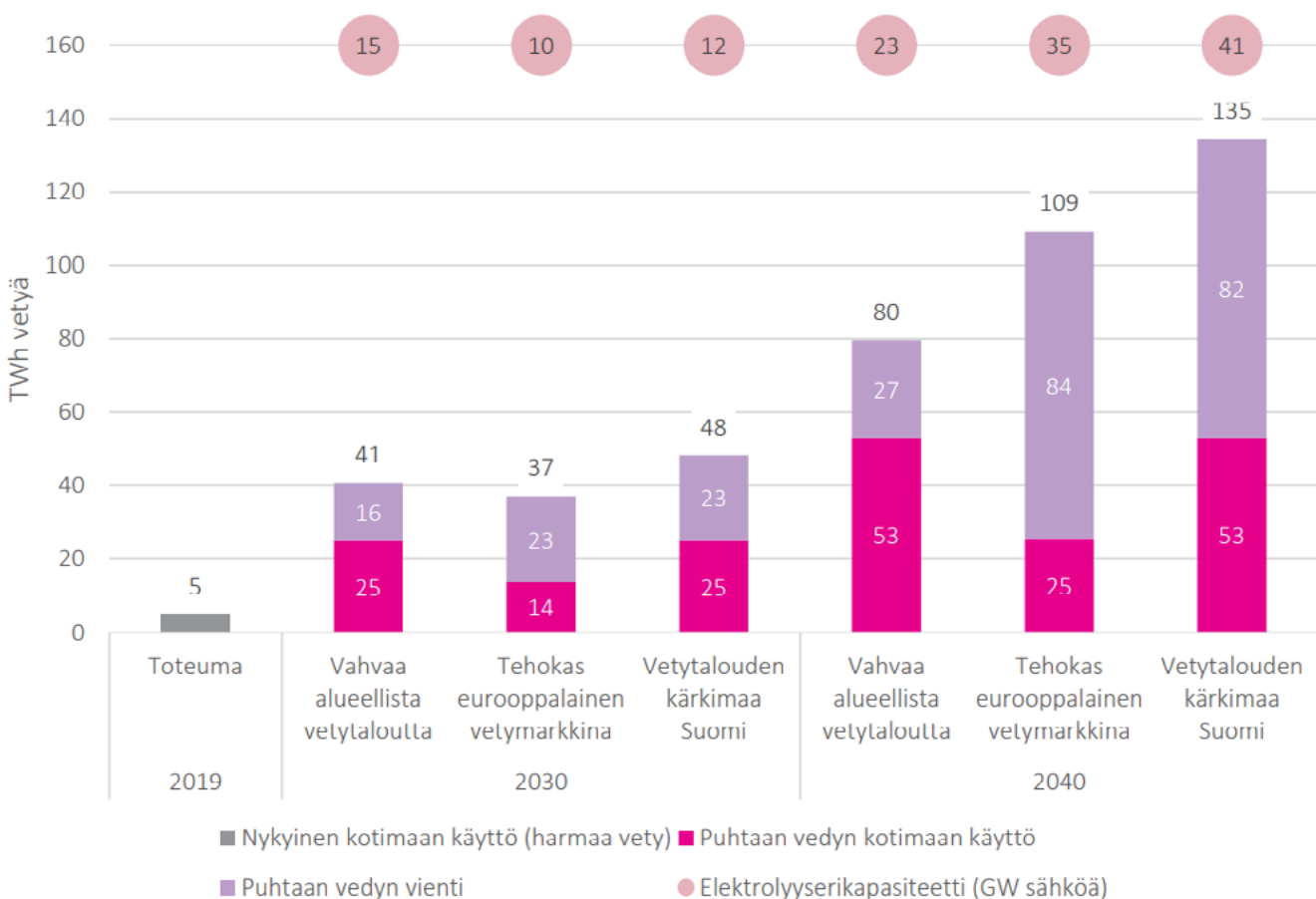


**Kuva 15.** Gasgrid Finlandin suuren kokoluokan vedynsiirtoinfrastruktuurin kehityshankkeet kartalla <sup>26</sup>.

tia ja tuotantoa kotimaan käyttöön ja vientiin yhteensä 80...135 TWh. Skenaarioiden toteutuminen vaatisi vuoteen 2040 mennessä noin 60–90 miljardin investoinnit sähkön ja vedyn tuotantoon, siirtoon ja varastointiin.

Koska vedyn kulutus on oletettavasti tasaista etenkin teollisessa käytössä, väliin tarvitaan todennäköisesti suuren kokoluokan vedyn varasto. Energiajärjestelmään tarvitaan muutenkin enenevässä määrin suuren kokoluokan energiavarastoja tasaamaan tuotannon vaihteluita. Vetyratkaisuilla on myös mahdollisuus tarjota koko järjestelmää palvelevaa kulutusjoustoa.

Vedyn jatkojalosteista merkittäviä sovelluskohteita suunnitellaan esimerkiksi raskaan liikenteen ja meriliikenteen polttoaineissa. Yhdistettynä hiilen talteenottolaitokseen vedystä voidaan tuottaa esimerkiksi e-metaania ja samalla pienentää jo olemassa olevan teollisuuden suoraa hiilidioksidipäästöjä. Vedystä ja typestä taas saadaan tuotettua ammoniakia, jota tarvitaan laajasti teollisuudessa ja jota voidaan myös käyttää esimerkiksi meriliikenteen polttoaineena. Vetyä ja uusiutuvaa energiaa voidaan tarvita merkittäviä määriä myös esimerkiksi kuparisulatoilla tai terästeollisuudessa, kuten SSAB:n HYBRIT-hanke osoittaa.



**Kuva 16.** Skenaariot puhtaan vedyn kotimaan käytöstä ja viennistä, sekä puhtaan vedyn tuottamiseen tarvittavasta elektrolyserikapasiteetista.<sup>26</sup>

### Case: SSAB HYBRIT hanke

SSAB:n HYBRIT-hanke yhteistyössä LKAB:n ja Vattenfallin kanssa tavoittelee fossiilivapaata teräksentuotantoa ja siten tuotannon hiilidioksidipäästöjen vähentämistä marginaalisen pieniksi. Perinteisessä teräksenvalmistuksessa rautamalmista pelkistetään happi koksen polttamisesta syntyvän hiilimonoksidin avulla, jolloin sivutuotteena syntyy hiilidioksidia. Uudessa tuotantoteknologiassa rautamalmi kuumennetaan uusiutuvalla energialla lämmitettävässä valokaariuunissa, jossa malmissa oleva happi pelkistetään vedyn avulla ja prosessin sivutuotteena syntyykin vettä.

Suomessa Raahan terästehtaan hiilidioksidipäästöistä noin 90 % aiheutuu raakauraudan tuotannossa, loput 10 % tuotantoprosessin muissa vaiheissa kuten fossiilisten polttoainoiden kulutuksen sekä kuljetusten kautta. Raahan tehtaan teknologisella muutoksella voitaisiin vähentää Suomen hiilidioksidipäästöjä 7 %.

Uusi teknologia on hyvin energiantensiivinen. Arvioiden mukaan hanke kuluttaisi sähköä useita terawattitunteja, eli hankkeen taloudellinen kannattavuus on hyvin riippuvainen sähkön hinnasta. On myös huomioitavaa, että hiilidioksidipäästöjen hinnat kasvavat jatkuvasti samalla kun uusiutuvasti tuotetun sähkön hinta alenee. Tällä hetkellä SSAB on kuitenkin arvioinut fossiilivapaan teräksen tuotannon olevan n. 20–25 % kalliimpaa kuin perinteisesti tuotetun teräksen, mikä haastaa vielä tuotannon kannattavuutta. SSAB teki huhtikuussa 2024 investointipäätöksen Luulajan tehtaan muuttamisesta, Raahan tehtaan muutoshanke seuraa myöhemmässä vaiheessa.

Kun tällaiset ja vastaavat teollisuuden hankkeet tulevat ajankohtaisiksi, kantaverkon kantokyky on kovassa kuormituksessa hankkeiden suuren sähkönkulutuksen myötä. Merituulivoiman kannalta on tunnistettu mahdollisuuksia teollisuuden sähköistymisessä. Merituulivoimalla on teknisesti mahdollista liittää suoraan laitoksella käytettävään elektrolyysiin. Kytkenät suoraan teollisuuden käyttöön vähentäisivät myös investointitarvetta kantaverkon liityntäpisteisiin liittyen. Suoraa kytkentää

rajoittaa kuitenkin nykyinen sähkömarkkina-alue. Lain uudistamista onkin tarkoitus edistää muun muassa siitä näkökulmasta, että merituulivoimatuotannon suorat kytkennät olisivat mahdollisia. TEM on käynnistänyt lakimuutoksen valmistelusta erillisen hankkeen.

## 3.3 Itämeren alueen merituulivoimatuotanto

Euroopassa oli helmikuussa 2024 34 GW asennettua merituulivoimakapasiteettia, josta 19 GW on EU-valtioiden alueilla<sup>102</sup>. Euroopan tasolla eri hallitusten tavoitteissa on lisätä merituulivoiman tuotantoa 111 gigawattiin vuoteen 2030 mennessä. Tämä vaatii sekä teknologian kehittämisen että rakentamisen vauhdin kiihdyttämistä. Suurimman osan mainitusta tavoitteesta aikovat kattaa Iso-Britannia (40 GW, josta 1 GW kelluvaa tuotantoa), Saksa (20 GW erityisesti Pohjanmerellä), Alankomaat (11,5 GW), Tanska (10 GW sekä kaksi energiasaarta), Ranska (7,5 GW, josta merkittävä osa kelluvaa tuotantoa) sekä Puola (5,9 GW). Wind European vuoden 2021 arvion mukaan eurooppalaisesta kapasiteetista noin 29 GW voisi rakentua vuoteen 2025 mennessä ja toiset 47 GW vuoteen 2030 mennessä. Itämerelle tuotantoa alkaa todennäköisesti rakentua merkittävämmän vasta lähempänä vuotta 2030<sup>102</sup>.

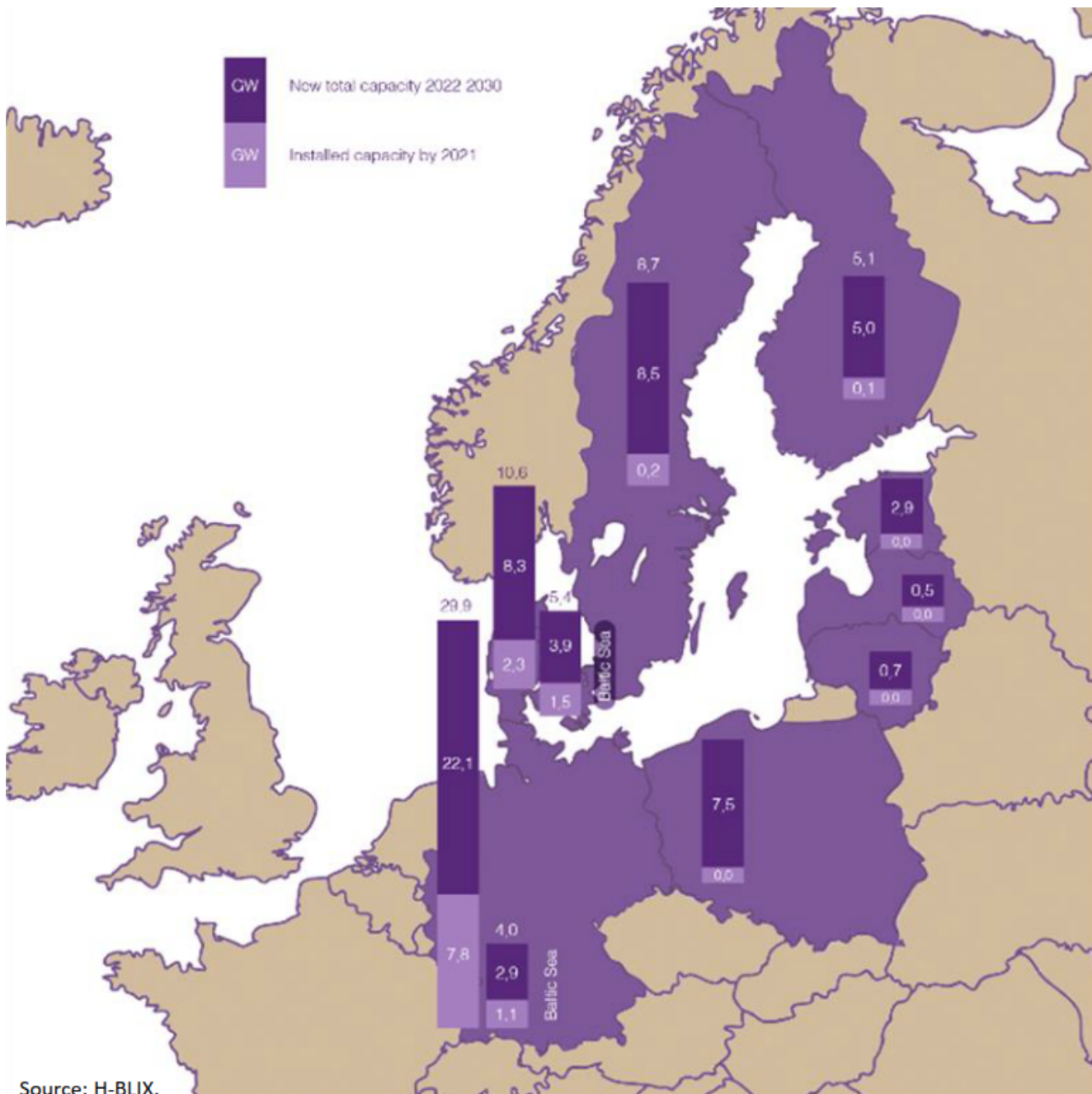
Itämerta rajaa yhdeksän valtiota: Saksa, Tanska, Ruotsi, Suomi, Viro, Latvia, Liettua, Puola ja Venäjä. Itämeren olosuhteet ovat merituulivoimalle otolliset: matalat vedet, kovat tuulet, matalat aallot ja heikko vuorovesi-ilmiö. Vuonna 2022 Itämerelle oli asennettu merituulivoimaa 2,8 GW. Samana vuonna laaditussa ennusteessa Itämeren merituulivoiman tuotannoksi arvioitiin 35 GW vuoteen 2030 mennessä. Ennusteen pohjalla oli WindEuropean tilastot sekä avoimesti saatavilla ollut tietoa hankkeista. Suomen osalta ennusteessa arvioitiin, että merituulivoimaa voitaisiin asentaa 5 GW vuoteen 2030 mennessä. On kuitenkin huomattava, että ennusteessa huomioitujen hankkeiden aikatauluissa on tapahtunut muutoksia ennusteen laatimisen jälkeen. Toisin kuin monet muut Euroopan maat, Suomi ei ole määrittänyt määrällistä tavoitetta merituulivoimatuotannolle.

## Hybridihankkeet merituulivoimapuistojen sähkönsiirtoon

Erilaiset yhteistyöt naapurimaiden kanssa voivat ajaa merituulivoiman hankekehitystä. Yhä pidemmiksi kasvavat siirtoyhteydet muun muassa lisäävät kustannuksia, mikä on luonut kannusteita hybridihankkeille. Hybridihankkeita edustavat myös siirtoverkkojen yhteiskäytöt, joissa merellä sijaitseva sähköntuotanto ja voimajärjestelmien välinen sähkönsiirto on yhdistetty samaan verkkoratkaisuun<sup>13</sup>. Yhteiskäytön seurauksena siirtoverkolla on

kaksi toiminnallisuutta; sähkönsiirto merituu- livoimapuiston ja mannerverkon välillä, sekä sähkönsiirto valtioiden välillä<sup>12</sup>.

Siirtoverkkojen hybridimallit voivat olla tehokas tapa alentaa investointikustannuksia ja mahdollistaa merituulivoimahankkeet myös Suomessa, erityisesti kun sähköä siirretään maiden välillä. Sähkö voidaan siirtää maiden välillä merikaapeliavulla. Konsulttitoimisto Roland Bergerin<sup>72</sup> suorittaman tutkimuksen mukaan siirtoverkkojen yhteiskäytöllä voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä



Source: H-BLIX.

Kuva 17. Itämeren alueen nykyinen ja ennustettu merituulivoimatuotanto maittain.<sup>59</sup>



koko projektien elinkaarten ajalta verrattaessa tilanteeseen, jossa projektit toteutettaisiin erillisinä kokonaisuuksina. Siirtoverkkojen yhteiskäyttöjen kustannussäästöjen suuruus on tapauskohtaisia, mutta niiden voidaan yleistää perustuvan yhteiskäyttöratkaisun vaatimaan pienempään kaapelitarpeeseen ja muuntoasemien määrään, sekä pienempiin huolto- ja käyttökuluihin<sup>13</sup>. Yhteiskäyttöprojektien toteutumiseen liittyy kuitenkin vielä epävarmuutta esimerkiksi HVDC-katkaisijoiden tekniseen kypsytyteen ja kaupalliseen saatavuuteen liittyen<sup>18</sup>.

Tanska suunnittelee kahta **energiasaarta**.

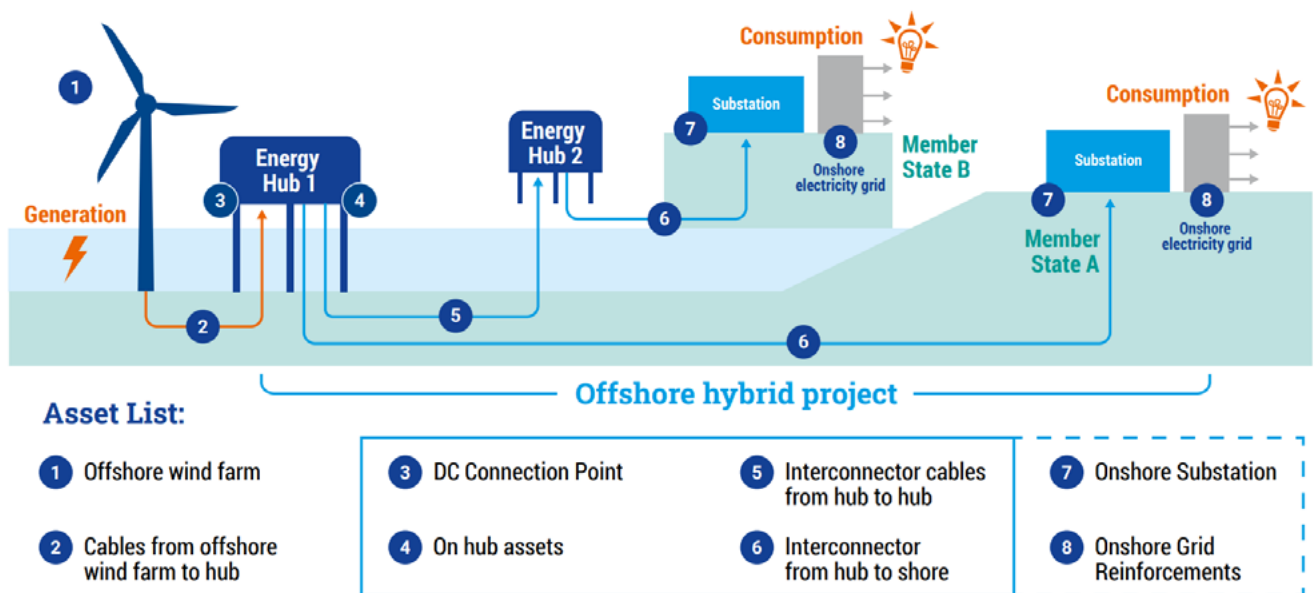
Toinen saari sijoittuisi Pohjanmerelle ja toinen puolestaan Itämerelle. Saaret toimisivat keskuksina merituulivoimapuistoille. Itämeren energiasaaren kapasiteetti on 3 GW, ja Pohjanmerellä sijaitsevan saaren kapasiteetti on aluksi 3 GW vuonna 2033, mutta tavoitteena on nostaa se 10 GW:n myöhemmin. Projektin tavoitteena on tarjota uusiutuvaa sähköä vähintään viidelle miljoonalle kotitaloudelle<sup>10</sup>.

Saariin siirretään energiaa useasta eri merituulivoimapuistosta ja saarten kautta syötetään suoraan energiaa useaan eri maahan. Tämä poikkeaa aikaisemmasta filosofiasta merituulen hyödyntämisen suhteen, jossa rakennetaan yksittäisiä vain yhteen maahan yhdistettyjä merituulivoimapuistoja. Energiasaaren myötä merituulivoimaloista saatava

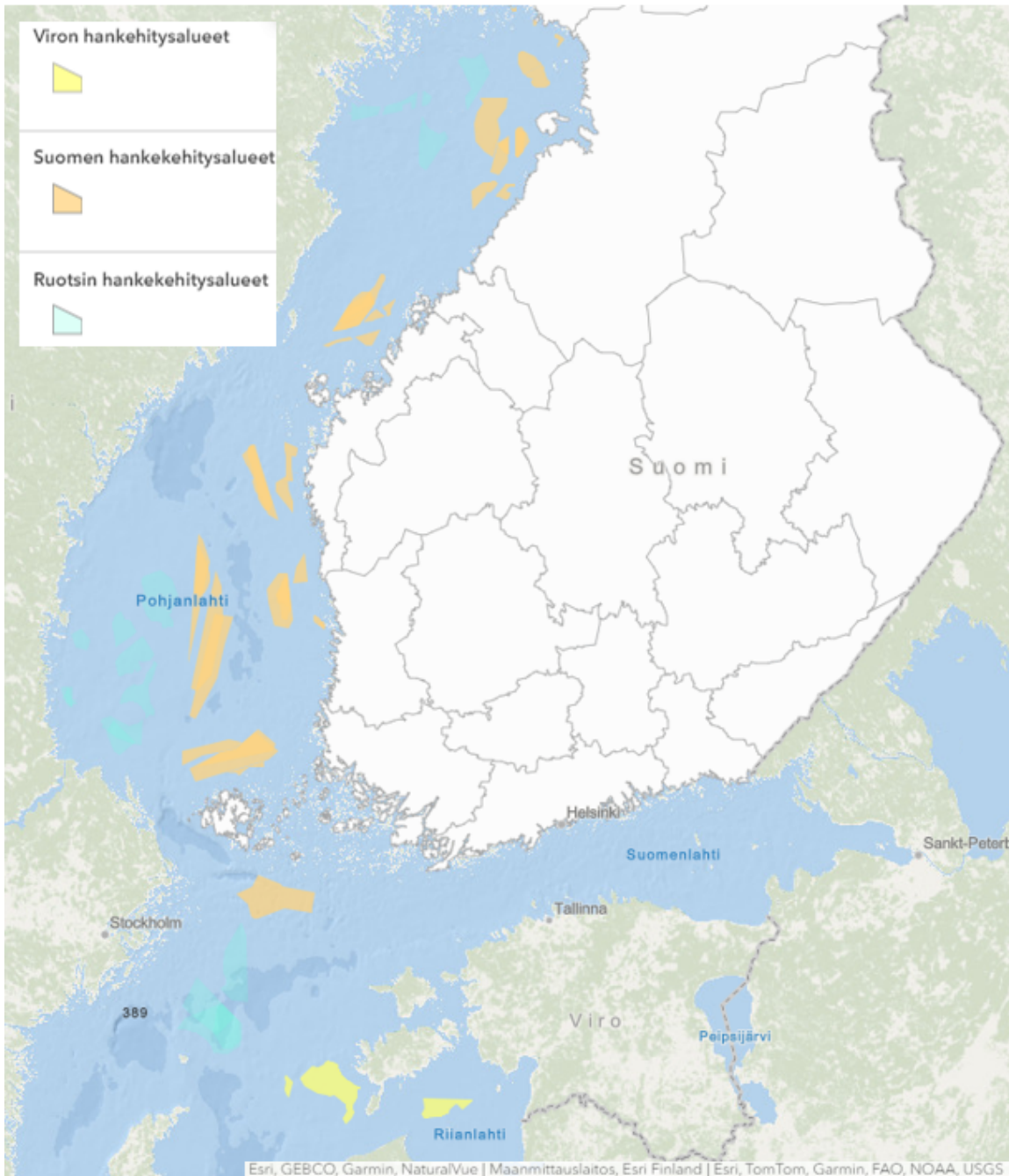
energia voidaan johtaa saarille, joista voitaisiin toteuttaa suurten merituulivoimaprojektien vaihtovirran muuntaminen ja sähkön jakelu. Lisäksi energiasaarille voidaan keskittää vihreän vedyn tuotantoa ja energian varastointia. Tällöin ne voivat toimia myös vedyn jatkojalosteiden kuten meriliikenteen polttoaineiden jakeluhubeina tarjoten esimerkiksi meriliikenteelle suoraan bunkrausmahdollisuuden. Energiasaarten käyttäminen mahdollistaa myös keskitetyimmät kaapeloinnit mantereelle, jolloin kaapelikäytävien aiheuttamat vaikutukset mantereen puolella voidaan keskittää.

Eurooppalaisten kantaverkkoyhtiöiden yhteistyöjärjestö ENTSO-E julkaisi tammikuussa 2024 ensimmäiset visiot merisähköverkkojen kehittymisestä vuoteen 2050 asti. Itämeren meriverkkosuunnitelmassa suurin osa merituulivoima-alueista liitettäisiin säteittäisillä siirtoyhteyksillä mantereelle, mutta mallinnukset osoittivat myös alustavasti tarpeita merisähköverkoille, jotka yhdistävät sähkömarkkina-alueita ja merituulivoiman tuotantoa<sup>23</sup>.

Itämeri on yksi viidestä meriverkkojen suunnittelualueesta. Meriverkkosuunnitelmat pohjautuvat valtioiden alustaviin merituulivoimatavoitteisiin, joiden mukaisesti Itämeren merituulivoimatuotanto olisi 70 gigawattia vuoteen 2050 mennessä. Itämeren meriverk-



Kuva 18. Hybridihankkeen infrastruktuuri<sup>18</sup>.



**Kuva 19.** Tiedossa olevat selvittävät hankealueet Suomessa, Ruotsissa ja Virossa.

kosuunnitelma koostuu alkuvaiheessa pääosin suoraan merituulivoimatuotantoa liittävästä siirtoyhteyksistä. 2030-luvun lopulla hybridiyhteyksien osuus kasvaa, mutta edelleen suurin osa merituulivoimatuotannosta liitetään suoraan kotimarkkinalle. Suomen osalta suunnitelmaan muodostui 2040-luvulle neljä hybridiyhteyttä, jotka yhdistäisivät Selkämeren ja Ahvenanmaan eteläpuolen merituulivoiman tuotantoalueita Keski-Ruotsiin ja Viroon<sup>23</sup>.

Eri sähkömarkkina-alueita ja merituulivoiman tuotantokeskittymiä yhdistävät hybridiyh-

teydet vaativat toteutuakseen myös sähköverkkoteknologian kehittymistä. Mallinnustulokset ovat vahvasti riippuvaisia teknologian kehitysoletuksista ja kustannuskehityksestä. Itämerellä vuoteen 2050 mennessä 70 gigawatin merituulivoiman liittämiseksi vaadittavien investointien arvioitiin olevan 80–90 miljardia euroa. Summa sisältää sekä säteittäiset että hybridi-merikaapeliyhteydet, mutta ei mantereiden puolen sähköverkkojen vahvistustarpeita, joiden arvioidaan olevan myös huomattavia. Yhtenä ratkaistavana jatkoteemana on merisähköverkkojen monikansalliset kustannustenjakoperiaatteet<sup>23</sup>.

# 4 Merituulivoiman kehityskuva

## 4.1 Merituulivoimahankkeiden kehitysnäkymät

### 4.1.1 Teknologinen kehitys

Merituulivoimateknologia on kehittynyt lähivuosina nopeasti, ja on odotettavissa, että kehitystä ja innovaatioita nähdään jatkossakin.

**Turbiinikoot ovat kasvussa.** Merellä tuulen nopeus on yleensä suurempi kuin maalla, mikä mahdollistaa suurempien ja tehokkaampien turbiinien käytön. Tehokkaammat turbiinit nostavat yksittäisen voimalan tuotantotehoa ja siten tuulipuiston tuottavuutta. Turbiinien koko on kasvanut nopeasti vuodesta 2015 lähtien; vuonna 2021 keskimääräinen asennetun merituulivoimalan turbiinikoko Euroopassa oli 8,5 MW, kun se vuonna 2010 oli 2,9 MW. 14–15 MW turbiinien asennuksia tehdään jo, ja seuraavan sukupolven 17–18 MW turbiineja voidaan odottaa tuotantoon jo lähivuosina. 2030-luvulla voidaan ajatella asennettavan jo yli 20 MW turbiineita<sup>59</sup>. Voimalakoon kasvu mahdollistaa saman kapasiteetin vähemmällä voimalalukumäärällä. Turbiinikokojen kasvussa voidaan toisaalta myös saavuttaa kannattavuuden raja; kokonaistaloudellisesti kannattavin voimalakoko selvinnee kehityksen myötä.

**Perusratkaisut mahdollistavat syvempien merialueiden hyödyntämisen.** Kelluvien perusratkaisujen kehittäminen ja teknologian kustannusten alentuminen avaavat mahdollisuuden hyödyntää entistä syvempiä merialueita, joille ei nykyisillä perusratkaisulla kannata rakentaa tuulivoimaa. Samaan aikaan myös kiinteiden perustusten kehittäminen jatkuu, jolloin myös niitä voidaan tulevaisuudessa mahdollisesti käyttää entistä syvemmässä vesissä. Toisaalta sekä syvemmille vesialueille rakentaminen että suuremmat turbiinikoot vaativat myös suurempaa kokoa perustuksilta. Perustusten kehitystyössä on myös mahdollista kehittää ratkaisuja, jotka

tukevat merellisiä ekosysteemejä ja siten vähentävät haitallisia vaikutuksia tai paikallisesti jopa parantavat meriluonnon tilaa.

**Älykkäät järjestelmät parantavat tuottavuutta ja alentavat kustannuksia.** Älykkäillä verkonhallintajärjestelmillä voidaan optimoida tuulivoimaloiden toimintaa, parantaa ennustettavuutta ja tasata tuotantoa sähköverkoissa. Lisäksi muut älykkäät järjestelmät kuten etävalvonta, diagnostiikka ja ennakoiva huolto voivat optimoida turbiinien suorituskykyä ja vähentää huoltokustannuksia.

**Alustekniikan kehitys** tehostaa rakentamisen logistiikkaa, mutta voi haastaa satamien infrastruktuuria. Ro-ro-alusten hyödyntäminen suurten komponenttien kuljettamisessa tehostaa niiden toimituksia perinteisiin menetelmiin verrattuna. Kelluvat asennusalukset mahdollistavat asennustyön veden syvyydestä riippumatta ja merenpohjaa häiritsemättä. Riittävän nostokapasiteetin varmistamiseksi aluskoko kuitenkin kasvaa, mikä rajaa niille mahdollisten satamien määrää. Miehistönkuljetus- ja huoltoalusten hiilijalanjälki halutaan minimoida, ja kysyntä hybridi- ja sähkökäyttöisille aluksille kasvaa, jolloin myös satamien pitää pystyä tarjoamaan latausmahdollisuus.

**Repowering** eli voimalan nasellin ja lapojen uusiminen elinkaaren päässä koko voimalan purkamisen sijaan voi pidentää merituulivoimapuiston elinkaarta. Osittainen uusiminen on mahdollista, jos voimalan muiden rakenteiden ja perustusten elinkaari on merkittävästi pidempi. Uusiminen purkamisen sijaan mahdollistaa pidemmän tuotantoajan kerran rakennetulla infrastruktuurilla pienentäen esimerkiksi ympäristövaikutuksia alueella. Uusimisen reunaehtona on esimerkiksi vanhojen voimalaosien ja kaapeliyhteyksien yhteensopiisuus uusien kanssa.



## 4.1.2 Luvitus ja poliittinen ohjaus

Suomen valtion omistamilla vesialueilla, eli yleisvesialueilla aluevesirajan sisäpuolella merituulivoimahankkeiden alkuvaiheen kehityksestä vastaa Metsähallitus, jonka valmistelun pohjalta hankeoikeudet huutokaupataan kansainvälisessä kilpailutuksessa. Metsähallituksen kilpailutukseen valitsemat alueet ovat strategisessa merialuesuunnittelussa ja oikeusvaikutteisessa alueidenkäytön suunnittelussa eli kaavoituksessa osoitettuja alueita.

Haastattelujen mukaan tuulivoimatoimijat jakavat huolen, että hankkeiden lupakäsittelyyn menevä aika laskee hankkeiden kilpailukykyä, sillä käynnissä on kansainvälinen kilpailu ja kunkin osallisen maan hallitukset tekevät töitä houkutelukseen energia-alan investointeja. Hankekehittäjiä toiveena on, että valmistelussa oleva talousvyöhykkeen merituulivoimlaki tekee toimintaympäristöstä ennakoitavan ja riittävän ketterän, jotta investointipäätöksiä voidaan tehdä suunnitellulla aikataululla.

Talousvyöhykkeen kokonaiskuvan hallinta ei varsinaisesti ole minkään yksittäisen tahon vastuulla, eikä kumulatiivisista vaikutuksista toistaiseksi tiedetä riittävästi. Merituulivoimahankkeiden YVA-selvitysvaiheissa tarkastellaan yksittäisiä hankealueita, eikä niitä vaadita kattamaan laajempia kokonaisuuksia. Kokonaisuuden hallinnan puute vaikuttaa viranomaisten kykyyn reagoida tilanteisiin nopeasti ja aiheuttaa tuulivoimatoimijoille lisäkustannuksia esimerkiksi ylimääräisten selvitystarpeiden muodossa. Kokonaiskuvan hallintaa voitaisiin tehostaa tekemällä merialuesuunnitelmasta sitovampi, jolloin toisaalta sen laatimisen tueksi tarvittaisiin runsaasti taustatietoa. Tarvittavan tiedon keräämisen aikataulu taas arvioidaan epärealistiseksi toisen suunnittelukierroksen kannalta<sup>96</sup>.

## 4.1.3 Merituulivoiman osuus tulevaisuuden kysynnästä

Sähköä ennustetaan tuotettavan Euroopassa tuulivoimalla vuonna 2050 yli 2 500 TWh, ja siitä noin puolet merituulivoimalla. Kansainvälisesti merituulivoimalle ennustetaan hyvin voimakasta kasvua seuraavien kymmenien vuosien aikana. Tätä kasvua ajaa mm. hiilidioksidipäästöjen hinta, jonka myötä elinkaaren ajalta laskettu tuotantokustannus (LCOE) tulisi vuonna 2035 olemaan alempi tuulivoimalle kuin hiilivoimalle (vrt. 30 €/MWh, 60 €/MWh). Uusiutuvien polttoaineiden odotetaan siis olevan yhtä kustannustehokkaita vaihtoehtoja kuin fossiilisetkin polttoaineet, vaikuttaen täten myös positiivisena vetovoimana uusiutuviin polttoaineisiin sijoittamiseen<sup>4</sup>.

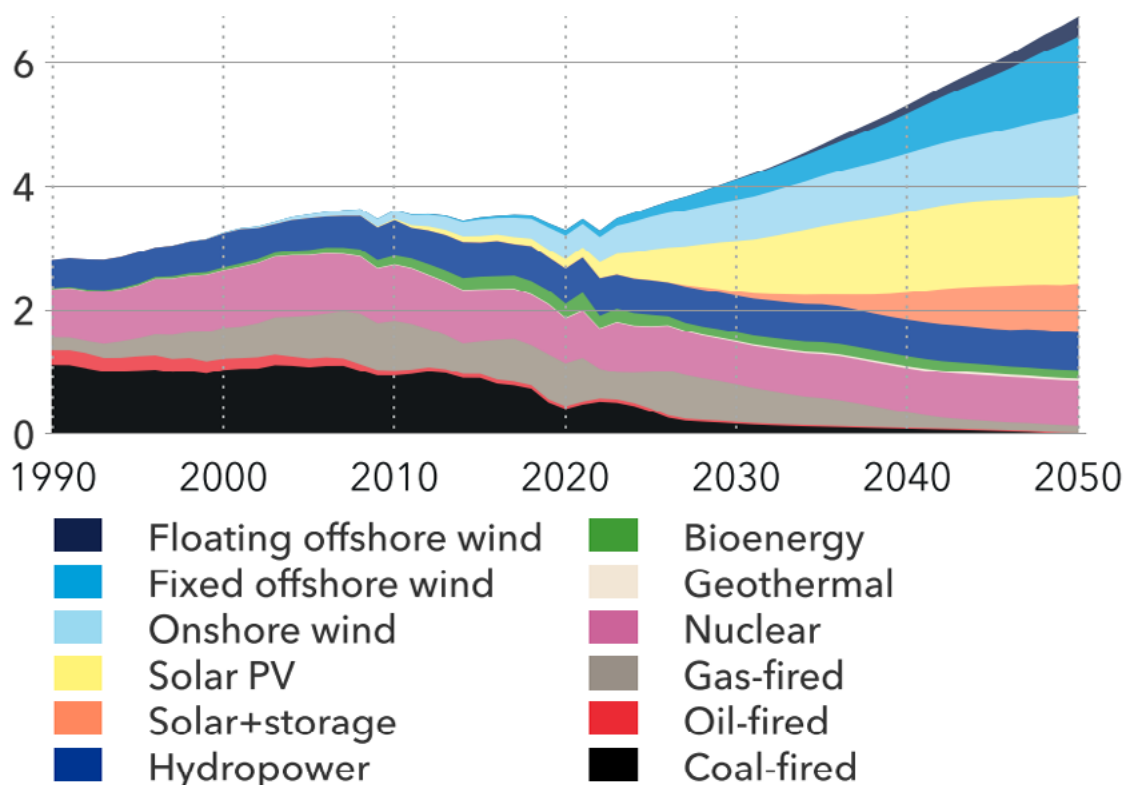
Fingrid ennustaa sähkön tuotannon kasvavan Suomessa 140 terawattituntiin vuoteen 2030 mennessä. Tästä tuotannosta kasvava osuus tuotettaisiin tuulivoimalla, joka Fingridin ennusteen mukaan olisi kuitenkin 2020-luvulla vielä käytännössä kokonaan maatuulivoimaa. Ennusteessa arvioidaan, että ensimmäiset suuret merituulivoimahankkeet valmistuvat 2030-luvun alkupuolella<sup>24</sup>.

Fingridin ja Gasgridin vetytalouden skenaarioissa on oletettu, että Suomeen rakennetaan kaikissa skenaarioissa 4–9 GW merituulivoimatuotantoa vuoteen 2040 mennessä, eli 7–25 % samojen skenaarioiden vedyn tuotantoon tarvittavasta uusiutuvien tuotantokapasiteetista.<sup>26</sup>

Haastatteluissa sähkön kulutuksen kehitys nähtiin merituulivoiman kehityksen määrittävänä tekijänä. Suomessa maatuulivoimalla tuotetaan merkittävä määrä sähköä jo nyt, ja kysynnän on kasvettava entisestään, jotta merituulivoimahankkeet olisivat kannattavia. Myös energiaa pitää voida varastoida jatkossa, varsinkin jos kysyntä ei kasva riittävästi. Varastointiteknologioiden kuten pumppuvoimaloiden, akkuvoimalaitosten, lämpövarastojen sekä vedyn ja synteettisten polttoaineiden varastoinnin pitäisi kehittyä tuotanto- ja kysyntäinvestointien rinnalla.

## Europe grid-connected electricity generation by power station type

Units: PWh/yr



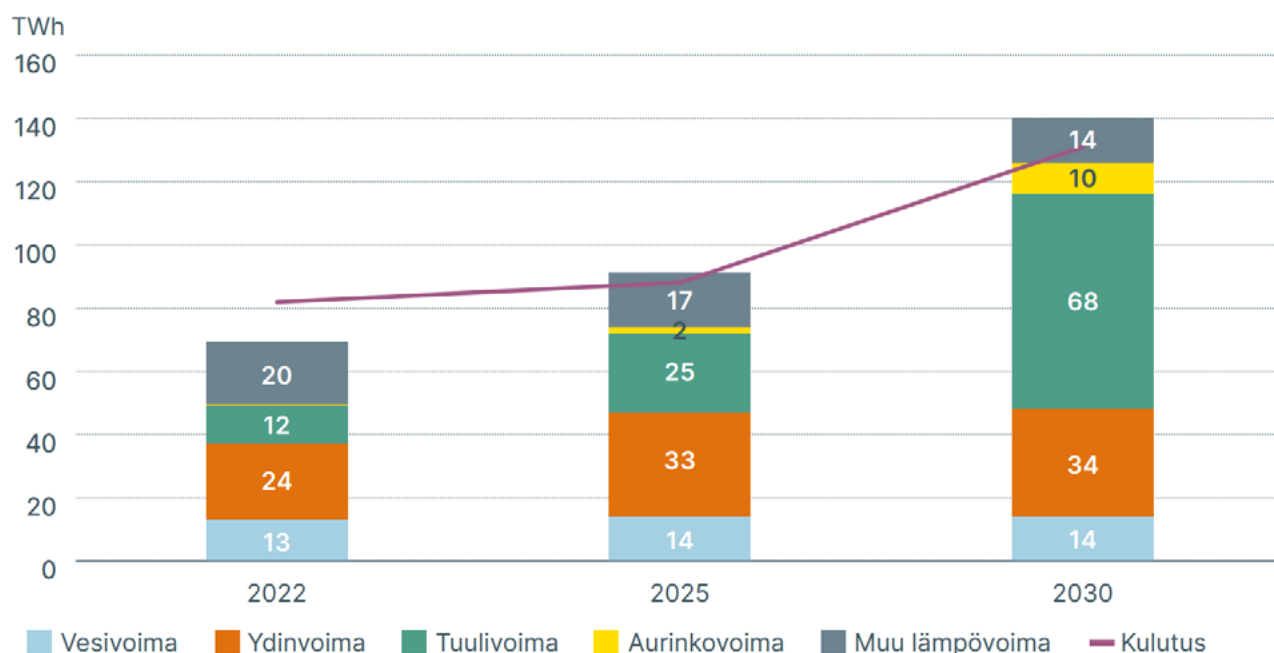
Historical data source: GlobalData (2023), IRENA (2023), IEA WEB (2023)

Kuva 20. Eurooppalainen sähköntuotanto 1990-2050 <sup>4</sup>.

## Sähkön tuotannon ennustettu kehitys (TWh)

Fingridin ennuste, tammikuu 2024.

FINGRID



Kuva 21. Sähkön tuotannon ennustettu kehitys. <sup>24</sup>

## 4.2 Hankekehityksen pullonkaulat

Tuotantoteknologioiden saatavuus voi olla riskinä tai hidasteena hankkeiden toteutumisen osalta. On myös riskinä, että niiden kehittäminen keskittyy Kiinaan, jolloin saatavuus ja osaaminen Euroopassa heikentyvät. Myös sähkönsiirron ja merikaapeleiden hintakehityksellä on merkittävä vaikutus hankkeen investointikustannuksiin. Samoin komponenttien materiaalien kehitys voi auttaa alentamaan rakennuskustannuksia, mutta kriittisten materiaalien saatavuus ja riippuvuudet Euroopan ulkopuolisiin maihin voivat haastaa rakentamista.

Hankekehityksen eri vaiheissa on myös tarve hyvin erikoistuneille resursseille. Esimerkiksi rakentamisvaiheessa tarvittavia aluksia (perustusten, turbiinien ja kaapeleiden asennusalukset) on maailmanlaajuisestikin vain rajallinen määrä. Kilpailu resursseista ei siis rajoitu Suomen eikä edes Itämeren alueelle. Asennusalusten lisäksi rakentamisen aikana tarvitaan miehistönkuljetusaluksia. Toimijahaastattelujen mukaan tällä hetkellä Suomesta ei löydy riittävästi soveltuvia alustyyppisiä edes varhaisiin hankekehitysvaiheisiin; aluksia tarvitaan esimerkiksi lintujen tarkailua ja muita tutkimuksia varten. Lisäksi on tunnistettava alustyyppit, jotka palvelevat merituulivoiman asennusta ja operointia Suomen olosuhteissa.

Myös tuulivoiman ammattilaisia, kuten merimiehiä, asentajia ja offshore-projektinjohtoa tarvitaan tulevaisuudessa lisää. Suurin tarve paikalliselle työvoimalle syntyy hankkeiden operointivaiheessa. Ensimmäisten hankkeiden sähköntuotannon ennakoidaan alkavan vuosien 2030–2035 välillä, joten työvoimatarpeet kasvavat tästä eteenpäin. On kuitenkin valmistauduttava tulevaisuuden tarpeisiin niin, että merituulivoimaloille riittää jatkossakin tarpeeksi osaamista suunnitteluun, operointiin ja kunnossapitoon.

Satamien infrastruktuurin ja palvelutarjonnan pitää kehittyä myös oikea-aikaisesti, jotta merituulivoimahankkeiden rakentaminen on

mahdollista. Satamissa tarvitaan muun muassa tilaa varastointiin ja kokoonpanolle, riittävä nosto- ja asennuskapasiteetti sekä riittävä syväys sekä meriväylän että satama-altaan osalta.

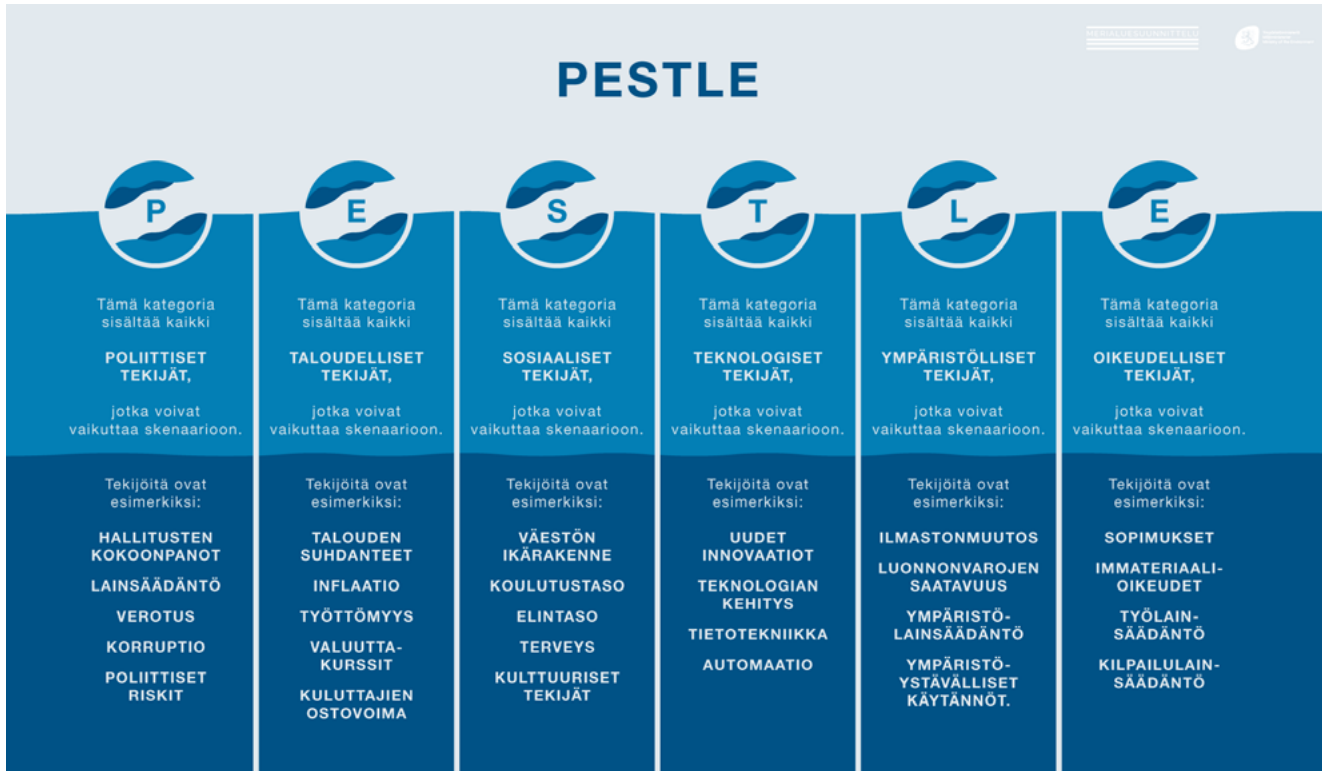
Jotta merituulivoimahankkeille riittää kysyntää ja niillä tuotettu sähkö voidaan syöttää kantaverkkoon, vetytalouden ja muiden energiantensiivisten teollisuushankkeiden täytyy edetä samassa aikataulussa. Samaan aikaan uutta tuuli- ja aurinkovoimaan rakennetaan myös runsaasti. Kulutuksen kasvun toteutuminen uusien kasvun ajureiden myötä on siis merituulivoiman edellytyksenä.

Henkilöresurssit voivat olla hankekehityksen pullonkaulana jo selvitysvaiheessa, kun samoja asiantuntijaresursseja tarvitaan sekä hankkeissa että viranomaispuolella. Muun muassa ympäristövaikutusten arvioinneissa käytettäviä asiantuntijaresursseja tarvitaan samaan aikaan myös muissa hankkeissa kuten kantaverkon kehittämisessä tai satamainvestoinneissa.

## 4.3 Merituulivoiman potentiaali Suomen merialueilla

### 4.3.1 Skenaarioiden laatiminen

Työssä syvennettiin kahta ennalta määriteltyä skenaariota merituulivoiman toteutumisesta. Skenaarioista ensimmäisessä, Koordinoitu kokonaisuus, merituulivoiman tuotantoteho vuoteen 2050 mennessä olisi 15 GW. Toisessa, Sininen energia-aitta, tuotantoteho vuoteen 2050 mennessä olisi 26 GW. Näihin lukuihin perustuen on karkeilla nyrkkisäännöillä ja oletuksilla laskettu, mitä se tarkoittaisi tuotettuna energiana (kapasiteettikerroin 45...50 %), voimaloiden määränä (voimalakoko 15...20 MW) ja tilantarpeena (0,02 TWh/km<sup>2</sup>). Koska Suomenlahdella merituulivoiman yhteensovitamista muiden toimintojen kanssa ei nähdä realistisena vuoteen 2050 mennessä, molemmissa skenaarioissa tuotantoa on oletettu sijoittuvan vain Pohjanlahdelle.



Kuva 22. PESTLE-analyysi.

Asiantuntijatyönä tehdyn skenaariotyön lisäksi skenaariokohtaisia mahdollistajia, esteitä ja muutostekijöitä tunnistettiin sidosryhmäasiantuntijoiden avulla työpajatyöskentelyssä. Työpajassa osallistujat tarkastelivat merituulivoimaskenaarioita PESTLE-menetelmää hyödyntäen. PESTLE-menetelmässä analysoidaan ilmiöitä poliittisten, ekonomisten, sosiaalisten, teknisten, juridisten sekä ekologisten muuttujien kautta, tavoitteena tunnistaa skenaarioihin vaikuttavia muutostekijöitä.

Työpajaosallistujat jaettiin kolmeen ryhmään, joista kukin tarkasteli kumpaakin skenaariota kahden PESTLE-teeman kautta hyödyntäen vuoteen 2050 asti asetettua aikajanaa muuttujien tunnistamiseen. Työpajatyöskentelyssä merkittäviksi muutostekijöiksi tunnistettiin:

### Kapasiteetti

Kapasiteettiin liittyvät pullonkaulat voivat olla merkittävä merituulivoiman toteutumista hidastava tekijä. Kapasiteettiriskejä ovat niin sähkönsiirtokapasiteettiin, raaka-aineisiin kuin komponenttien sekä laitteiden ja alusten saatavuuteen liittyvät kysymykset,

samoin kuin etenkin pidemmällä aikavälillä epävarma osaavan työvoiman saatavuus koko merituulivoiman arvoketjussa.

Kapasiteettiriski on olemassa jo ensimmäisen skenaarion kokoluokassa, ja toisen skenaarion volyymin riskit kasvavat. Rakennusvaiheen aikaiset kapasiteettikysymykset kuten sata-mien ja rakentamiseen tarvittavan kaluston saatavuus korostuvat toisessa skenaariossa.

Kapasiteettimuuttujia on haastavaa ennakoida, sillä arvoketjut ja vaikuttavuusajat ovat pitkiä. Luotettavien alihankintaketjujen muodostusta tulisi tukea.

### Regulaatio

Regulaatio on potentiaalisesti merituulivoimakäytystä vauhdittava ja mahdollistava tekijä. Erityisesti uusiin energiamuotoihin, kuten vetytalouteen tai synteettisiin polttoaineisiin liittyvässä, vielä kehittyvässä lainsäädännössä on useita avoimia kysymyksiä, jotka voivat myös hidastaa kehitystä.

Regulaatiota ja verotustekijöitä kehittämällä voidaan vakauttaa myös toimintaympäristöä. Ohjaavaa kehitystä tukemaan ja vauhdittamaan tarvitaan kansallisia tuulivoiman kehitystavoitteita.

## Yhteistyö

Kansainvälisen yhteistyön merkitys korostuu erityisesti markkinaskenaariossa. Rakentamisen ulottuessa entistä kauemmas merelle yhteistyö muiden Itämeren valtioiden, korostetusti Ruotsin kanssa on edellytys merituulivoiman edistämiseksi. Euroopan unionin yhteiset tavoitteet, strategiat ja sääntely liittyvät myös Itämeren alueen valtiolliseen yhteistyöhön.

Yhteinen vaikutusten arviointi muiden valtioiden kanssa avaisi erityisesti kumulatiivisten vaikutusten tulevaisuutta.

## Systemitason epävarmuus

Kummassakin tarkastellussa skenaariossa sekä kaikissa tarkastelluissa teemoissa nostettiin esiin sekä merituulivoimaan että koko uusiutuvaan ja kehittyvään energijärjestelmään liittyvä kompleksisuus. Pitkät arvoketjut, epävarma lainsäädännöllinen tulevaisuus ja monimutkaiset kumulatiiviset vaikutukset

niin ympäristöön kuin uusiutuvien energioiden kysyntään ovat systeemitason ilmiöitä, joilla on vaikutuksia myös toisiinsa.

Etenkin uusiutuvien energianlähteiden kysynnän ja tuotantokapasiteetin lisäämisen välillä on voimakas keskinäinen riippuvuussuhde.

### 4.3.2 Skenaario 1: Koordinoitu kokonaisuus

Ensimmäisen skenaarion lähtöoletuksena on, että tulevaisuuden merellinen energiantuotanto pohjautuu nykyiseen Suomen Merialuesuunnitelmaan 2030. Aluevesillä merituulivoimaa rakentuu merialuesuunnitelman mukaisille alueille sekä kaavoitetuille ja Metsähallituksen kilpailuttamille alueille. Talousvyöhykkeellä energiantuotantoa toteutuu vain merialuesuunnitelman 2030 mukaisille alueille.

Iso osa hankkeista toteutuu aluevesille, missä hankekehitystä voidaan ohjata kaavoituksella ja varmistaa, että merituulivoiman yhteensovittaminen muiden merellisten toimialojen sekä meriluonnon kanssa toteutuu ja eri hankkeiden yhteisvaikutukset tulee huomioida. Metsähallituksen kilpailutusmallin kautta aluevesien hankkeita edistetään vaiheittain, ja niitä toteutuu peräkkäin.



Tuotantoa on rakennettu erityisesti aluevesille. Tuotannosta noin 3/4 sijoittuu Merenkulun eteläpuolelle.

**5 000 MW, 20 TWh**  
250-300 voimalaa  
Noin 1 000 km<sup>2</sup>



Tuotantoa on rakennettu myös talousvyöhykkeelle. Tuotannosta noin 2/3 sijoittuu Merenkurkun eteläpuolelle.

**+5 000 MW, +22 TWh**  
**10 000 MW, 42 TWh**  
500-700 voimalaa  
Noin 2 100 km<sup>2</sup>



Tuotannossa on 12-18 hanketta, joiden keskimääräinen hankekoko on 0,8-1,3 GW. Tuotantoa on Perämerellä, Saaristomerellä, Selkämerellä ja Ahvenanmaalla sekä aluevesillä että talousvyöhykkeellä.

**+5 000 MW, +22 TWh**  
**15 000 MW, 64 TWh**  
750-1000 voimalaa  
Noin 3 200 km<sup>2</sup>

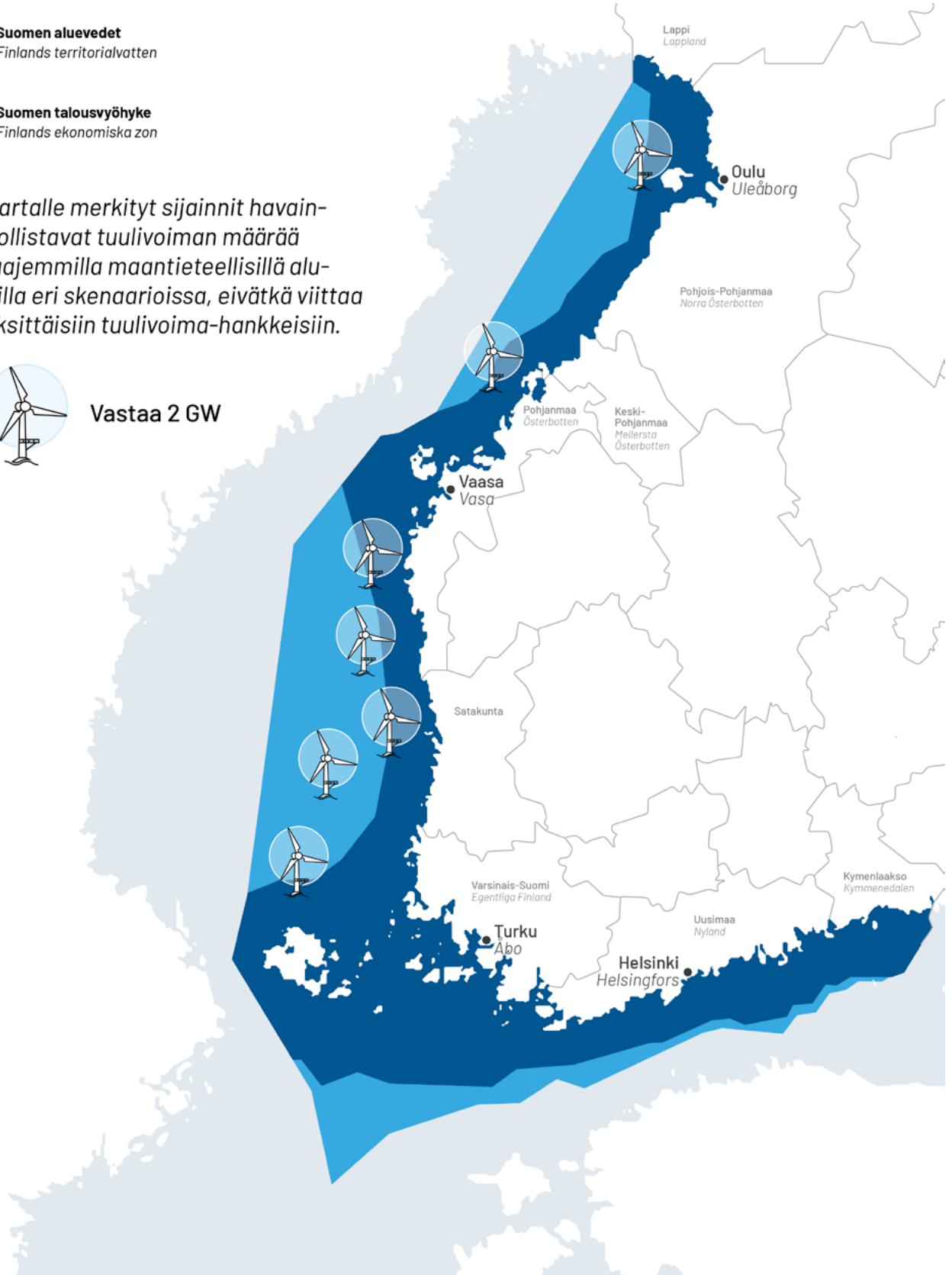




Kartalle merkityt sijainnit havainnollistavat tuulivoiman määrää laajemmilla maantieteellisillä alueilla eri skenaarioissa, eivätkä viittaa yksittäisiin tuulivoima-hankkeisiin.



Vastaa 2 GW



**Kuva 23.** Merituulivoiman tuotanto 2050 ensimmäisessä skenaariossa. Kartalle merkityt sijainnit ovat suuntaa antavia ja kuvaavat karkeasti tuotannon määrää laajemmilla maantieteellisillä alueilla.

Jotta tuotannon rakentaminen olisi edennyt näin, skenaariossa on oletettu tapahtuneeksi seuraavia:

**Uusiutuvan energian kysyntä** on kasvanut, isoja energiaintensiivisen teollisuuden hankkeita on käynnistynyt. Merkittävä osa uudesta kysynnästä on katettu esimerkiksi maatuulivoimalla, aurinkovoimalla ja pienydinvoimalla, joiden rakentaminen on nopeampaa ja kustannustehokkaampaa kuin merituulivoiman.

**Talousvyöhykkeen sääntely ja suunnittelu-prosessit** ovat ohjanneet merituulivoimahankkeita alkuun erityisesti aluevesille. Talousvyöhykkeen sääntelyä on uudistettu, mutta aluevesien toimintaympäristö on silti koettu alkuun ennakoitavampana ja teknologisesti saavutettavampana.

**Riittävät investoinnit kantaverkon vahvistamiseksi ja liitynnän mahdollistamiseksi** on tehty vaiheittain.

**Merituulivoimapuistojen suunnittelun, luvituksen ja rakentamisen resurssit** on rajallisesti, mikä on hidastanut hankkeiden etenemistä. Rakentamisen volyyymi ei ole

ollut riittävä toimialojen merkittävään kasvamiseen. Hankkeita on rakennettu tasaiseen tahtiin.

Haastateltujen viranomaistahojen näkökulmasta ensimmäinen skenaario olisi hallitumpi, jossa esimerkiksi meriliikenteen tarpeet voitaisiin ottaa helpommin huomioon.

### 4.3.3 Skenaario 2: Sininen energia-aitta

Toisen skenaarion lähtöoletuksena on, että yksityiset toimijat tunnistavat potentiaaliset tuotantoalueet omista lähtökohdistaan. Energiantuotantoa toteutuu laajasti myös Suomen merialuesuunnitelmassa 2030 osoitettujen alueiden ulkopuolella.

Aluevesillä kehitystä ohjaavat merialuesuunnitelma, maakuntakaavat ja yleiskaavat sekä Metsähallituksen kilpailutukset. Talousvyöhykkeellä uusi talousvyöhykkeen merituulivoimlaki ohjaa kilpailutusta ja siten rakennuslupien myöntämistä. Metsähallituksen kilpailutusmalli ohjaa aluevesien yleisvesialueiden hankkeiden aikataulua, talousvyöhykkeellä hankkeet etenevät luvituksen ja suunnittelu-, lupa- ja rakentamisen resurssien sallimassa aikataulussa.



Tuotantoa on rakennettu aluevesille ja talousvyöhykkeen lähempänä rannikkoa sijaitseville alueille. Tuotannon painopiste on Merenkurkusta etelään.

**7 000 MW, 27 TWh**  
350-450 voimalaa  
Noin 1 400 km<sup>2</sup>



Tuotantoa on rakennettu Metsähallituksen kilpailuttamille alueille, aluevesien kaavoitetuille alueille sekä talousvyöhykkeelle Satakunnan, Pohjanmaan, Pohjois-Pohjanmaan ja Ahvenanmaan edustalle.

**+10 000 MW, +44 TWh**  
**17 000 MW, 71 TWh**  
850-1150 voimalaa  
Noin 3 600 km<sup>2</sup>



20-26 hanketta, joiden keskimääräinen hankekoko on 1-1,3 GW. Tuotantoa on Pohjanlahdella Ahvenanmaalta Perämerelle. Tuotannosta merkittävä osa sijaitsee talousvyöhykkeellä, sekä lähellä rannikkoa että kauempana avomerellä.

**+9 000 MW, +39 TWh**  
**26 000 MW, 110 TWh**  
1300-1750 voimalaa  
Noin 5 600 km<sup>2</sup>



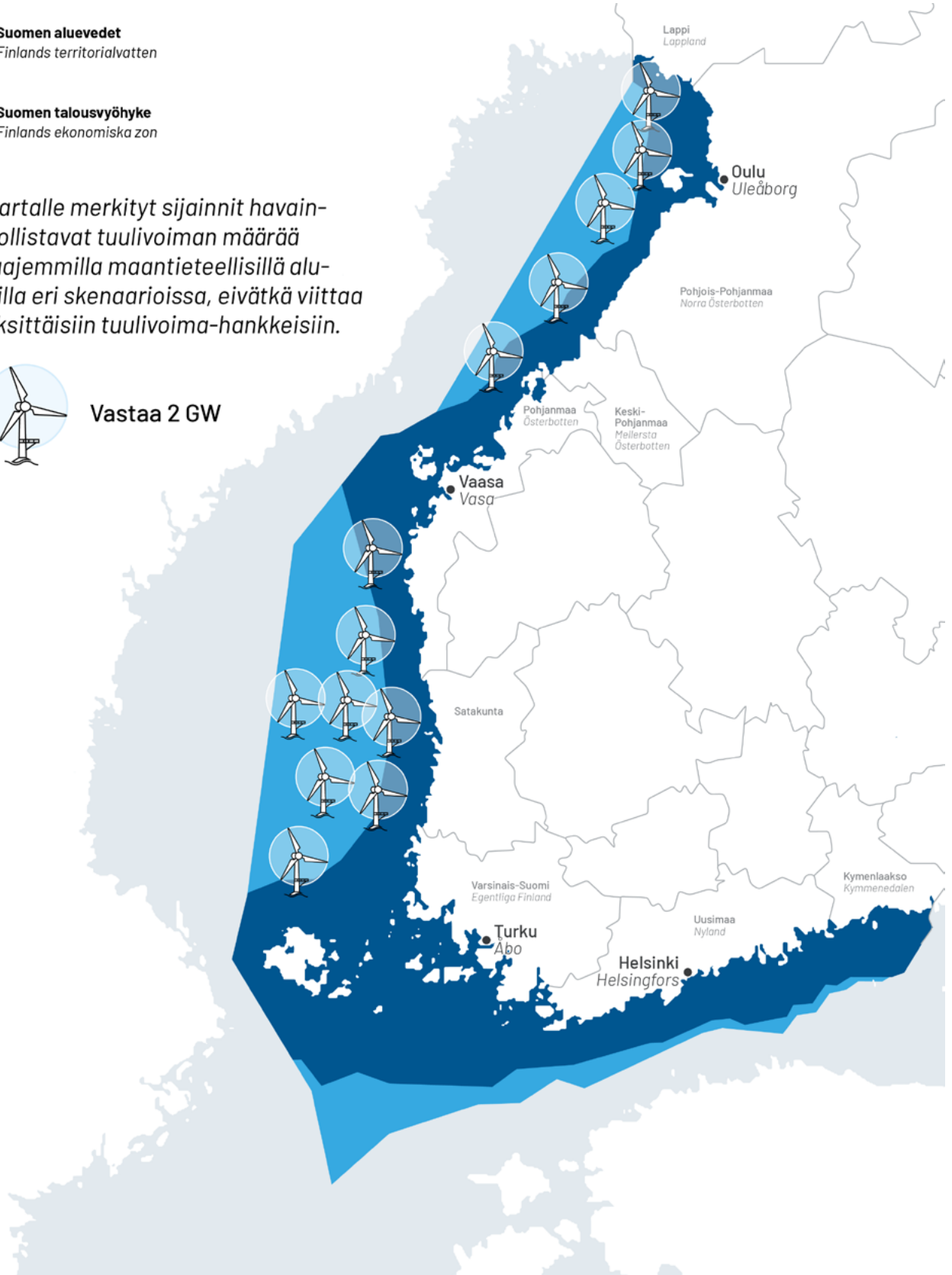
**Suomen aluevedet**  
Finlands territorialvatten

**Suomen talousvyöhyke**  
Finlands ekonomiska zonen

Kartalle merkityt sijainnit havainnollistavat tuulivoiman määrää laajemmilla maantieteellisillä alueilla eri skenaarioissa, eivätkä viittaa yksittäisiin tuulivoima-hankkeisiin.



Vastaa 2 GW



**Kuva 24.** Merituulivoiman tuotanto 2050 toisessa skenaariossa. Kartalle merkityt sijainnit ovat suuntaa antavia ja kuvaavat karkeasti tuotannon määrää laajemmilla maantieteellisillä alueilla.

Jotta tuotannon rakentaminen olisi edennyt näin, skenaariossa on oletettu tapahtuneeksi seuraavia:

**Uusiutuvan energian kysyntä** on kasvanut merkittävästi, ja Suomeen on tehty merkittäviä energiaintensiivisen teollisuuden investointeja. Vedyn tuotanto ja sen arvoketju on skaalautunut voimakkaasti. Vahvistetut siirtoyhteydet naapurimaihin sekä energian varastointiteknologian ja vedyn arvoketjujen ja sen siirtoverkoston kehittäminen kannustavat Suomea tuottamaan energiaa myös vientiin. Teknologinen kehittyminen on tehnyt muun muassa kelluvista perustuksista teknis-taloudellisesti kannattavia, mikä on mahdollistanut entistä syvempien merialueiden hyödyntämisen.

**Talousvyöhykkeen sääntelyn** uudistaminen on luonut ennakoitavan ja luotettavan toimintaympäristön, mikä on houkuttanut kansainvälisiä sijoittajia kehittämään merituulivoimahankkeita. Sääntely on yhtenäistä naapurimaiden (erityisesti Ruotsi) kanssa.

**Riittävät investoinnit kantaverkon vahvistamiseksi ja liitynnän mahdollistamiseksi** on tehty vaiheittain, ja kansainvälisiä siirtoyhteyksiä on vahvistettu sekä sähkö- että vetyverkon osalta. Itämeren alueen meriverkkoja on kehitetty suunnitelmien mukaisesti. Lisäksi vedyn ja synteettisten polttoaineiden tuotantoa on sijoittunut lähelle sähköntuotantoa, mikä on hillinnyt uusien kantaverkon liityntäpisteiden tarpeen kasvua.

**Merituulivoiman suunnittelun, luvituksen ja rakentamisen resursseja** on rajallisesti, ja tietyistä avainresursseista käydään kansainvälistä kilpailua. Samaan aikaan merituulivoimaosaamisen kysyntä Suomessa on noussut, mikä on luonut kasvua uudelle toimialalle houkuttellen uusia osajia ja uutta taloudellista toimintaa. Rakentaminen on erityisen kiivasta 2030-luvun loppupuolella, jolloin hankkeita on rakenteilla yhtä aikaa.

Haastattelujen perusteella tuulivoimatoimijoiden keskuudessa tämän skenaarion toteutumista pidetään todennäköisempänä, sillä Suomen merialuesuunnitelmassa 2030 tunnistetut alueet eivät lukumääränsä tai laajuutensa puolesta riitä vastaamaan kysyntään niin, että kaikki merituulivoimapotentialiaali voitaisiin kartoittaa ja hyödyntää. Teknologian kehitys tukee myös osaltaan markkinaskenaarion toteutumista, esimerkiksi mahdollisen syvemmille vesille siirtymisen.

# 5 Vaikutukset meriympäristölle

## 5.1 Merituulivoimahankkeiden ympäristövaikutusten arviointi

Merituulivoimaloiden ympäristövaikutukset arvioidaan kunkin tuulivoimahankkeen yhteydessä tapauskohtaisesti. Ympäristövaikutuksia arvioidaan hankkeen lakisäätöisessä YVA-menettelyssä ja/tai kaavoituksessa. Ympäristövaikutusten arviointimenettelystä on Suomessa säädetty YVA-lailla (252/2017) ja -asetuksella (277/2017). YVA-lain tavoitteena on edistää ympäristövaikutusten arviointia ja sen yhtenäistä huomioonottamista suunnittelussa ja päätöksenteossa sekä lisätä kaikkien tiedonsaantia ja osallistumismahdollisuuksia.

YVA-menettelyä sovelletaan hankkeisiin ja niiden muutoksiin, joilla todennäköisesti on merkittäviä ympäristövaikutuksia. YVA-lain liitteessä 1 on luettelo hankkeista, joihin on aina sovellettava YVA-menettelyä. YVA-menettelyä sovelletaan aina tuulivoimahankkeissa, joissa tuulivoimaloiden määrä on vähintään 10 kpl tai kokonaisteho vähintään 45 megawattia. Mikäli hankkeen kokoluokka on tätä pienempi, YVA-tarve selvitetään ELY-keskukselta YVA-tarveharkintaan liittyvällä lausuntopyyntöllä. Päätöksen pyytäminen ELY-keskukselta YVA-menettelyn soveltamisesta yksittäistapauksessa on vakiintunut käytäntö pienemmissä hankkeissa<sup>19</sup>.

Ympäristövaikutusten arviointi (YVA) ei ole lupamenettely, eikä YVA:ssa tehdä päätöksiä hankkeen toteuttamisen osalta. Ympäristövaikutusten arviointiselostus (YVA-selostus) ja siitä annettu perusteltu päätelmä liitetään hanketta koskeviin lupahakemuksiin. YVA-menettelyn tarkoituksena on tuottaa kansalaisille lisätietoa hankkeesta, tuottaa hankkeesta vastaavalle tietoa ympäristön kannalta sopivimman vaihtoehdon valitsemiseksi ja viranomaisille tietoa sen arvioimiseksi, täyttääkö hanke luvan myöntämisen edellytykset ja millaisin ehdoin lupa hankkeen toteuttamiselle voidaan myöntää.

Merituulivoimahankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa huomioidaan merelle rakentuvien tuulivoimaloiden lisäksi merenpohjassa kulkevat sähkönsiirtokaapelit ja maa-alueille sijoittuvat sähköasemat. YVA-menettelyssä vaikutuksia arvioidaan koko elinkaaren ajalta, eli voimaloiden rakentamisen, käytön ja purkamisen osalta.

Merituulivoimaloiden vaikutukset ympäristöön vaihtelevat riippuen muun muassa hankkeen sijainnista ja voimaloiden määrästä. Merituulivoimaloiden vaikutukset ympäristöön voivat olla kielteisiä tai myönteisiä. YVA-menettelyssä arviointi kohdennetaan erityisesti hankkeen todennäköisesti merkittäviin ympäristövaikutuksiin, joita voivat hankkeesta riippuen olla muun muassa seuraavat:

Merialueen osalta:

- Vaikutukset ulappaekosysteemin fyysiseen, kemiallisiin ja biologisiin olosuhteisiin (esimerkiksi virtaukset, melu, vedenlaatu, kasvi- ja eläinplankton, nisäkkäät)
- Vaikutukset kalastoon
- Vaikutukset merenpohjan fyysisiin ja biologisiin olosuhteisiin (geologia, pohjan laatu, pohjaeläimet, kasvillisuus, muu eliöstö)
- Vaikutukset luontoarvoiltaan merkittäviin kohteisiin (suojelualueet, Natura-alueet, kansallispuistot)
- Vaikutukset kalastukseen
- Vaikutukset meriliikenteeseen
- Vaikutukset ilmastoon

Maa-alueiden osalta:

- Vaikutukset maankäyttöön
- Vaikutukset luontoarvoihin
- Vaikutukset maisemaan
- Vaikutukset elinympäristön viihtyisyyteen
- Vaikutukset elinkeinoihin

Lisäksi vaikutusten arvioinnissa huomioidaan mahdolliset vaikutukset lentoliikenteelle ja langattomille viestintäverkoille.

Jos merituulivoimahankkeesta aiheutuu todennäköisesti merkittäviä ympäristövaikutuksia Suomen ulkopuolelle, tulee hankkeessa noudattaa Espoon sopimusta valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arvioinnista (YVA-laki, 5 luku sekä 28 ja 29 §).

## 5.2 Vaikutukset meriluontoon

### 5.2.1 Yleistä

Merituulivoimalan rakentamisesta sähkönsiirtoineen aiheutuu jonkin verran häiriöitä sekä elottomalle että elolliselle meriluonnolle. Voimaloiden ja sähköasemien rakennuspaikoilla ja sähkönsiirtoreiteillä merenpohja muokataan vahvasti ja pysyvästi, jolloin eliöstö (pohjaeläimet, kasvillisuus, levät) tuhoutuu ja/tai muuttuu ja pohjan fyysiset ominaisuudet muuttuvat. Rakenteista aiheutuu lisäksi jonkin verran muutoksia virtausolosuhteisiin. Rakentamisen aikana syntyy myös sedimentin häiriintymisestä aiheutuvaa, ohimenevää, kiintoaines- ja ravinnepitoisuuden kasvusta johtuvaa veden samentumista sekä mahdollisesti haitallisten aineiden vapautumista vesipatsaaseen, mikä voi vaikuttaa ulappaekosysteemin toimintaan sekä laajemmin muuhun vesiekosysteemiin ravintoverkkojen kautta. Toisaalta voimalaperustukset voivat luoda uusia kasvualustojen kovien pohjien lajeille.

Tuulivoimaloiden toiminnan aikana vaikutukset kohdistuvat luonnon osalta lähinnä kalastoon, merinisäkkäisiin ja linnustoon ja aiheutuvat lähinnä melusta sekä lintujen kohdalla myös törmäysriskistä. On arvioitu, että merkityksellisimmät vaikutukset painottuvat hankkeiden rakennusvaiheeseen. Tuotantovaiheessa melun voimakkuus on rakennusvaihetta vähäisempää, mutta se on ajallisesti jakautunut paljon pidemmälle ajalle.<sup>27</sup> Pohjanmerelle sijoittuvan kumulatiivisia merituulivoiman vaikutuksia tutkivan analyysin perusteella lähes 70 prosenttia

meriekosysteemille haitallisista vaikutuksista ajoittuu tuotantovaiheeseen. Haitallisten vaikutusten osuus ja jakautuminen ovat tietysti tapauskohtaisia ja riippuvaisia toteutuvien hankkeiden lukumäärästä, laajuudesta sekä niiden toteutusaikataulusta.

Vaikutukset luontoon korostuvat lähimpänä rannikkoa, missä eliöstön monimuotoisuus on korkeampi ja suojeltavia luontotyyppejä enemmän. Erityisesti siellä on myös huomioitava, että luonnonsuojelulaille suojeltujen ja luontodirektiivin IV-liitteessä mainittujen lajien lisääntymis- ja levähdyspaikkojen hävittäminen ja heikentäminen on kiellettyä ilman poikkeuslupaa. Poikkeusluvan myöntämisen edellytyksenä on, että lajin suotuisa suojelutaso ei heikkene, hankkeella ei ole muuta toteuttamisvaihtoehtoa ja hanke on yhteiskunnan kokonaisedun mukainen. Rannikon tuntumassa esiintyviä suojeltuja luontodirektiivin lajeja ovat muun muassa meriupokaskuoriainen, lepakot ja saukko. Myös EU:n lintudirektiivin liitteessä I mainitut lajit on huomioitava suunnittelussa. Lintudirektiivin tavoitteena on lajien ja niiden elinympäristöjen suojelu, lajien hoitaminen ja sääntely. Liitteessä I mainitaan yhteisön tärkeinä pitämät lajit, joiden suojelemiseksi on osoitettu erityissuojelualueita Natura 2000 -alueverkoston muodossa. Liitteen I lajeja ja niitä vastaavia muuttolintuja on Suomessa yhteensä 119 lajia.

On myös muistettava, että merialueen kestävä käytön edellytyksenä on luonnon monimuotoisuuden säilymisen sekä ekosysteemien toiminnan turvaaminen. Rannikon vedenalaiset luontotyytit ylläpitävät monimuotoisuutta tarjoamalla elinympäristöjä ja ravintoa lajirikkaille eliöyhteisöille ja uhanalaisille lajeille. Lajimäärä pohjoisella Itämerellä on pääasiassa suolaisuudesta johtuen vähäinen, jolloin ravintoverkot ovat suppeita ja riippuvaisia tietyistä avainlajeista sekä tiettyjen lajien/lajiryhmien muodostamista luontotyypeistä. Esimerkiksi ilmastomuutoksen välittömät ja välilliset seuraukset lisäävät niiden eliöiden ahdinkoa, jotka eivät pysty sopeutumaan lämpenevään, vähäsuolaisempaan ja jäätömään elinympäristöön. Tietyn valtalajin heikkenemi-

nen antaa elintilaa toisille, generalistisimmille, kuten vieraslajeille, jotka pystyvät sopeutumaan ja sietämään muuntuneita elinolosuhteita.

MERIAVAIN-hankkeessa tunnistettiin monimuotoisuuden säilymisen sekä ekosysteemin toiminnan kannalta tärkeiksi merenpohjan luontotyypiksi erityisesti pehmeiden pohjien vita-, ärviä- ja meriajokaspohjat, merenrantaruovikot, kovien pohjien hauru- ja sinisimpukkayhteisöt sekä pehmeiden pohjien selkärangattomien joukosta liejusimpukka- ja valkokatkavaltaiset pohjat. Nämä tärkeät merenpohjan luontotyypit säätelevät ja ylläpitävät Itämeren ekologista ja fysikaalis-kemiallista tilaa sekä puhdistamalla ja suodattamalla haitta-aineita ja sitomalla hiiltä että tarjoamalla ravintoa tai suoja- ja lisääntymispaikkoja muun muassa kaloille ja linnuille <sup>60</sup>.

Merenpohjan laajat elinympäristöt ovat pohjamateriaalin ja syvyyden mukaan eroteltuja alueita, joihin kuuluu pohjaeläinyhteisöjä ja putkilokasvien ja/tai levien muodostamia kasviyhteisöjä. Merenpohjien laajat elinympäristöt ovat hyvässä tilassa, kun ihmisen toiminta merellä ja maa-alueiden käyttö ei aiheuta niille haitallisia vaikutuksia. Merenpohjan hyvä tila arvioidaan pinta-alana.

Tarkastelu on merialue ja elinympäristökohtainen, josta

- 10 % pitäisi olla häiriötöntä aluetta per merialue
- Maksimissaan 25 % merenpohjan elinympäristöstä voidaan häiritä vahingollisesti
- Näiden rajojen sisällä voidaan menettää enintään 2 % elinympäristöstä

Merenpohjan elinympäristöjen hyvä tila on osa merenhoidon tavoitteita. Hyvän tilan saavuttaminen tulee olemaan haastavaa Pohjanlahdelle sijoittuvien merituulivoimahankkeiden osalta. Etenkin rannikon matalat, tuottavat elinympäristöt ovat uhattuina <sup>2</sup>.

## 5.2.2 Ekosysteemipalvelut

Ekosysteemipalvelut jaetaan yleisesti ylläpito-, säätely, tuotanto- ja kulttuuripalveluihin. Itämeren tärkeimpiin ekosysteemipalveluihin kuuluu esimerkiksi kalastus. Kalastus ei tuota vain ravintoa, vaan se on myös tärkeä elinkeino ja vapaa-ajanviettotapa monille ihmisille. Ekosysteemipalveluiden arvoa ei kuitenkaan ole kunnolla määritetty eikä meriluonnon monimuotoisuutta juuri tarkastella eri hankkeiden lupaprosesseissa. Hankkeiden, sekä merituulivoima- että muiden merellisten toimintojen, yhteisvaikutusten arviointi meriluonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemipalveluiden vaikutusten osalta kaipaa systemaattista työtä ja seurannan indikaattoreiden kehittämistä.

Ekosysteemin tila vaikuttaa suoraan sen tuotamiin ekosysteemipalveluihin, ja eri palvelut ovat usein alueellisesti kytköksissä keskenään: rehevöityminen vaikuttaa niin eliöstöön kuin virkistysmahdollisuuksiinkin (Paulus ym. 2024 ja raportin viitteet). Täten hankkeiden sijoittumisella alueelle, jossa toimenpiteet kohdistuvat ekosysteemin tilan kannalta tärkeisiin tekijöihin, voi olla hyvin laajoja vaikutuksia. Itämerellä merkittävimmät ylläpito- ja säätelypalvelut sijoittuvat tiiviisti rannikon tuntumaan, kun taas tuotanto ulottuu esimerkiksi troolikalastuksen osalta ulommas merelle. Kulttuuripalvelut ovat keskittyneet saariston matkailun ja kulttuurihistorian kannalta merkittäviin kohteisiin<sup>60</sup>.

## 5.2.3 Merinisäkkäät

Tuulivoimalat voivat lähinnä meluvaikutusten kautta aiheuttaa haittoja Itämeressä esiintyville merinisäkkäille eli harmaahylkeelle, itämerennorpalle ja pyöriäisille. Nisäkkäiden kohdalla melun arvioidaan olevan merkittävinkin haitallinen tekijä, sillä sekä hylkeet että valaat kommunikoivat ja saalistavat äänen avulla. Haitalliset meluvaikutukset keskittyvät rakentamisaikaan, jolloin meluhaitta ainakin ajoittain voi aiheuttaa sen, että merinisäkkäät välttävät aluetta. Alueen välttäminen voi olla myös välillistä, sillä hylkeet liikkuvat myös saa-



liskalojen perässä. Käytönaikainen meluhaitta on todennäköisesti vähäisempi, ja hylkeiden on merituulivoimahankkeiden yhteydessä havaittu hyödyntävän merituulivoimaloiden lähiympäristöä ravinnonhankintaan.

Vaikutuksia voi kohdistua myös lisääntymiseen. Perämeri on Itämerennorpan pääasiallista esiintymisaluetta. Norppa ei harmaahylkeestä poiketen voi lisääntyä maalla, joten se on riippuvainen lumesta ja jääpeitteestä. Myös harmaahylkeen kohdalla jäälle, synnyttämien on parempi vaihtoehto sillä se vähentää poikaskuolleisuutta. Merituulivoiman rakennusvaiheen tai voimaloiden vaikutuksesta jäänmuodostumiseen ei toistaiseksi ole vielä tarpeeksi tietoa.

#### 5.2.4 Kalasto

Silakka, kilohaili, lohi ja turska muodostavat kilpailu- ja peto-saalissuhteen. Silakka ja kilohaili kilpailevat osittain samoista ravintokohteista: kilohaili ja pienemmät silakat kilpailevat vesipatsaan eläinplanktonista, kun isompien silakkojen ravinto koostuu myös pohjaeläimistä, kuten katkoista. Kilohaili on turskan pääravintoa, kun taas lohi saalistaa sekä silakkaa että kilohailia. Itämeren turskakannat ovat olleet pitkään ahdingossa vähäsuolaisuuden ja hapettomien pohjien vuoksi, eikä turskia siten pohjoisella Itämerellä juurikaan esiinny.

Silakat tekevät Itämerellä laajoja syönnösvaelluksia, mutta palaavat usein samoille kutemaan. Silakka kutee keväällä ja syksyllä. Samalla alueella voi esiintyä kantoja, jotka kutevat eri aikaan. Kevätkutuiset kannat kutevat tavallisesti lähemmäs rannikkoa, ja käyttävät kutualustanaan vesikasvillisuutta (kuten rakkohaurua) tai sorapohjia. Syyskutuiset kannat suosivat ulompia alueita ja kutevat täten enimmäkseen sorapohjille. Silakan kutusvyvyys voi siten vaihdella hyvinkin paljon. Kilohaili sen sijaan kutee vapaaseen veteen. Kutualuetta rajaa suolaisuus, sillä kilohailin mätimunat eivät kello alle kuuden promillen suolapitoisuudessa.

Lohet sekä taimenten vaeltavat kannat tekevät syönnös- ja kutuvaelluksia Itämeren altaan

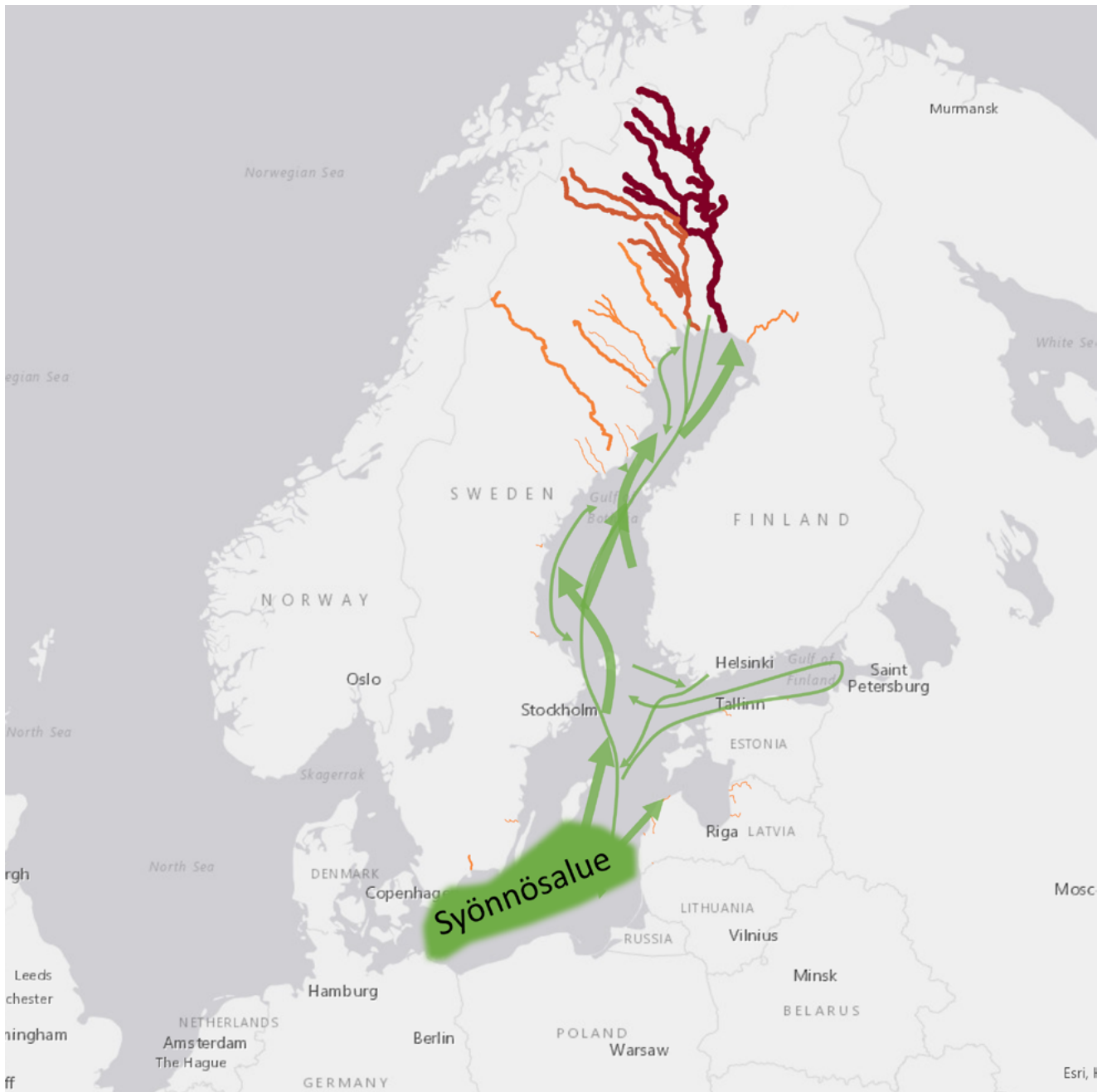
alueella. Lohien vaellusreiteistä tiedetään jonkun verran ravintoon perustuvien tutkimusten, merkkipalautusten sekä telemetriatutkimusten perusteella. Havainnot painottuvat pyynnin mukaan rannikolle, jolloin tiedot ulkomereltä ovat puutteellisia. Tämä puute heijastuu myös ulkomerelle suunniteltuihin hankkeisiin ja niiden vaikutuksiin.

Lohen elinkierto, syönnösalue ja tärkeimmät joet on esitetty kuvassa **(Kuva 25)**. Vaikka suurin osa lohista päätyy kutuvaelluksellaan Perämereen laskeviin jokiin, käyvät lohityksilöt haistelemassa oikeaa kotijokea matkalla pohjoiseen. Lohet liikkuvat lämpötilapreferenssin mukaan, ja saattavat näin suunnata vaellustaan laskujoen vesien tai esimerkiksi ydinvoimaloiden lauhdevesien mukaan.

Taimenien merivaelluksesta tiedetään vähemmän kuin lohista. Lohien syönnösvaellukset ovat tutkimuksien mukaan pidempiä kuin taimenien: lohien vaeltaessa pohjoiselta Itämereltä eri puolelle merialuetta, taimenet suosivat kotijokiensa rannikkoalueita<sup>38</sup>. Tärkeimmät lohijoet painottuvat Perämeren alueelle, kun taas taimenjokia on sekä Perämerellä, Selkämerellä että Suomenlahdella. Lohet eivät taimenen tapaan muodosta paikallisia, vaeltamattomia, kantoja, mikä rajoittaa niiden esiintymistä.

Muista kaupallisesti tärkeistä lajeista siika on muodostanut geneettisesti eriäviä muotoja, joiden ulkonäkö, elinympäristö ja -tavat poikkeavat toisistaan. Meressä elävistä muodoista vaellussiika nimensä mukaisesti vaeltaa merestä syönnökseltä syksyisin jokiin kutemaan, kun taas karisiika elää ja kutee pelkästään meressä.

Suomen puolella luontaista ja vahvaa siian lisääntymistä tavataan ainoastaan Tornionjoessa, kohtalaista lisääntymistä tavataan muutamassa muussa Perämereen laskevassa joessa. Merikutuisen siian osalta kanta on hyvässä tilassa ainoastaan Perämerellä. Merenkurkun alueella tila on heikentynyt ja Selkämerellä sekä Saaristomerellä heikko (Jokikokko ja Veneranta, 2022). Yhtenä merkittävänä, alueellisesti rajoittavana tekijänä on jääpeitteisyys, joka suojaa kehittyvää mätiä. Toinen



**Kuva 25.** Itämeren lohien syönnös- ja kutuvaellusreittien pääsuunnat karkealla tasolla ja tärkeimmät lohijoet (Lähde: Rajajokikomissio)

merkittävä tekijä on pohjien liettyminen, mikä vaikuttaa niin ikään mädin kehittymiseen ja on seurausta ravinnepitoisuuksien kasvusta.

Itämeren neuvoo-antavan toimikunnan (BSAC) merituulivoiman ja kalastuksen yhteensovittamista koskevan suosituksen (2023) mukaan tietoa kaivataan varsinkin merituulivoiman vaikutuksista kalojen lisääntymiseen sekä vaelluskäyttäytymiseen. Näiden toteuttamiseksi tulee kehittää nykyistä laajempia tutkimushankkeita.

Merituulivoiman vaikutuksissa kalastoon korostuvat ajalliset ja paikalliset tekijät. Ajallisia tekijöitä ovat elinkiertoon liittyvät asiat kuten vaellukset ja kutu, paikallisia ovat esimerkiksi syönnös- ja lisääntymisalueet. Vaikutusten voimakkuus kasvaa näiden tekijöiden päällekkäisyydestä. Tämän lisäksi, mietittäessä yhteisvaikutuksia, ajallisesti ja paikallisesti herkällä alueella yhtä aikaa tapahtuvat häiriöt lisäävät vaikutusten voimakkuutta. Samalla korostuu vaikutusten kohdentuminen yksilötasolta populaatiotasolle.



Merituulivoiman vaikutukset kalastoon syntyvät rakennusvaiheessa melusta sekä ruoppauksien, läjityksien sekä muiden vesistöiden pohjanmuokkauksista johtuvista merenpohjan tuhoutumisesta, sekä kiintoaineen ja sameuden leviämisestä. Pohjan tuhoutuminen kalastollisesti merkityksellistä kutu- ja poikasaluiden menetyksien sekä pohjaeläinyhteisöjen häviämisen näkökulmasta. Alueelliset menetykset ovat pysyviä, kun taas pohjaeläinyhteisöt palautuvat ajan kuluessa.

Käyttövaiheessa vaikutukset saattavat syntyä käytönaikaisesta vedenalaisesta melusta ja sähkökaapeleiden sähkömagneettisesta kentästä, sekä toisaalta voimaloiden vaikutuksesta tuuli- ja virtausolosuhteisiin sekä näiden myötä esimerkiksi jääpeitteeseen. Rakennus- ja käyttövaiheen häiriöillä voi olla vaikutusta sekä kalojen käyttäytymiseen, kommunikointiin että lisääntymiseen. Avoimessa meriympäristössä häiriö voi ulottua pitkälle, ja saada kalat välttämään häiriintyneitä alueita laajallakin mittakaavalla. Se kuinka kalat reagoivat ärsykkeeseen riippuu sekä lajikohtaisista ominaisuuksista että niiden tottumuksesta esimerkiksi meluun. Yleisesti lohikalat kuulevat huomattavasti enemmän kuin esimerkiksi silakka ja turska.

Vaelluskalojen osalta on toistaiseksi hankalaa sanoa miten häiriöt vaikuttavat vaelluskäyttäytymiseen. On epätodennäköistä, että vaellus epäonnistuisi, mutta muutoksia voi esiintyä vaellusreiteissä, jolloin vaikutukset kohdistuvat varsinkin rannikkokalastukseen. Vaikutukset voivat olla suurempia jokisuiden läheisyyteen sijoittuvien toimintojen sekä rakenteiden osalta. Epävarmuutta lisää lajikohtaisen käyttäytymistietojen puute.

Rakennusvaiheen melu on käyttövaiheen tausta melua epäsäännöllisempää ja toisaalta yksittäiset korkean desibelin/äänipaineen meluärsykkeet ovat todennäköisempiä. Korkeat yksittäiset, esimerkiksi paalutuksesta syntyvät, äänet voivat olla kuolettavia kaloille. Avoimessa meriympäristössä ääni etenee nopeasti ilman saariston vaimentavaa vaikutusta. Myös tavallisesti käytettyjen lievennystoi-

menpiteiden, siltti- (kiintoaine ja samennus) ja kuplaverhon (melu), käyttö voi olla hankalaa hankkeiden laajuuden ja merenkäynnin takia.

## 5.2.5 Linnusto

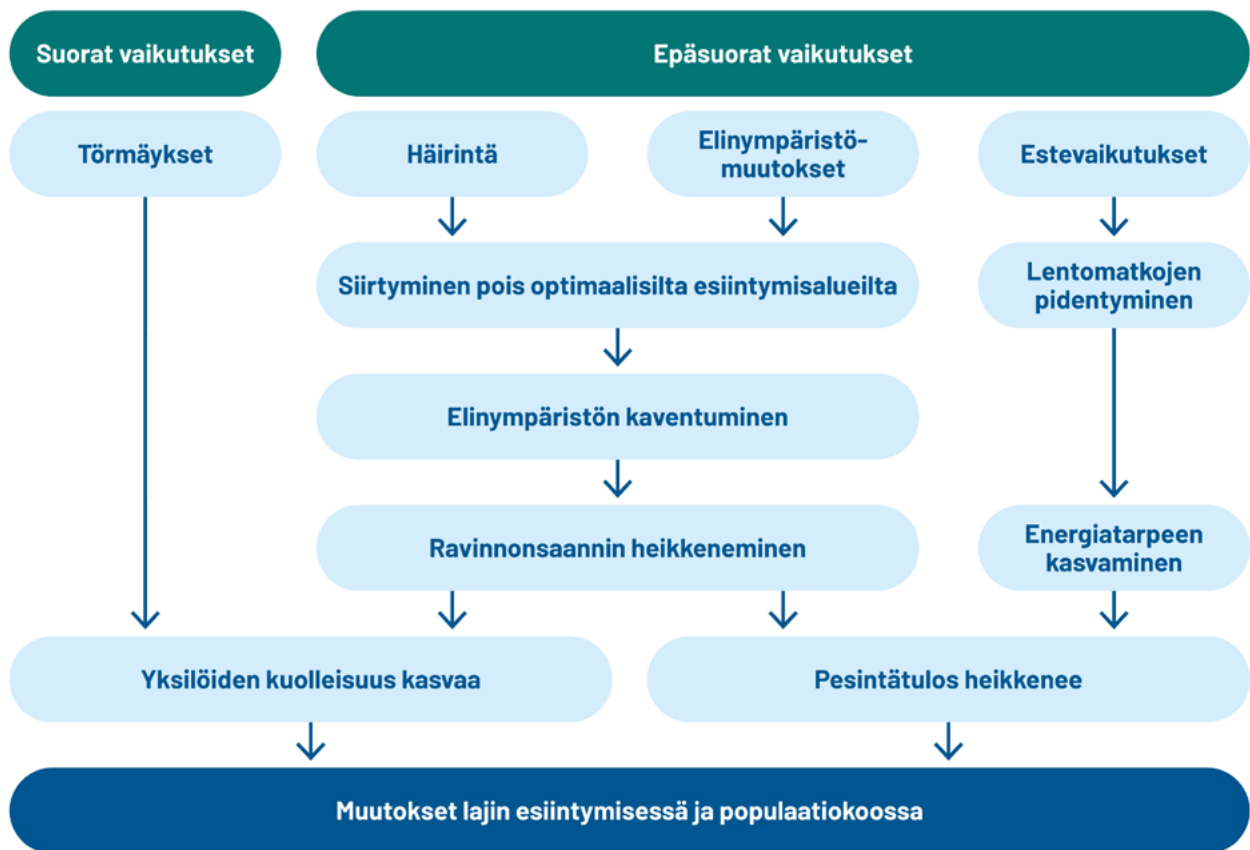
Kansainvälisesti, kansallisesti ja maakunnallisesti tärkeät pesimä-, levähdys- ja ruokailualueet sekä päämuuttoreitit tulee ottaa huomioon tuulivoimapuistojen sijainnin suunnittelussa. Hankkeen vaikutuksia linnustolle arvioidaan osana YVA-prosessia. Merellä sijaitsevien voimaloiden lisäksi maalla sijaitsevien sähkönsiirtoyhteyksien vaikutukset tulee huomioida.

Merituulivoimalla voi olla linnustoon suoria ja epäsuoria vaikutuksia. Suoria vaikutuksia ovat törmäysvaikutukset, epäsuoria häirintä- ja estevaikutukset sekä elinympäristön muutoksista aiheutuvat vaikutukset.

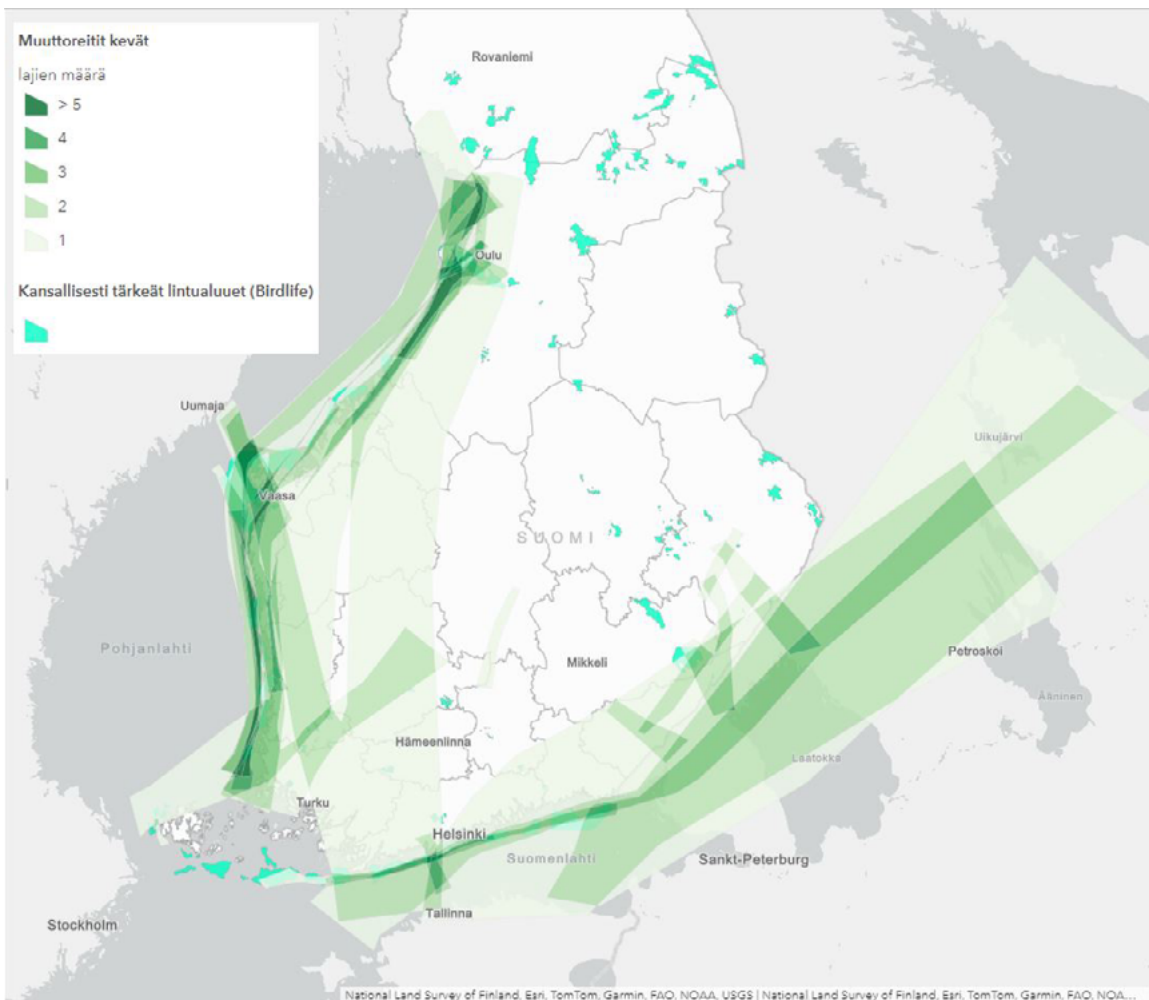
Törmäysvaikutukset riippuvat voimaloiden sijainnista. Yleisesti ottaen lintujen törmäminen tuulivoimaloihin ei ole merkittävä ongelma, mutta kohdistuessaan vähälukuisiin, vähentyneisiin ja hitaasti lisääntyviin lajeihin kuten merikotkaan voi aiheuttaa populaation pienenemisen. Törmäysriski on arvioitava aina tapauskohtaisesti ja perustuen lintujen käyttäytymiseen alueella (esim. lentokorkeus)<sup>5</sup>.

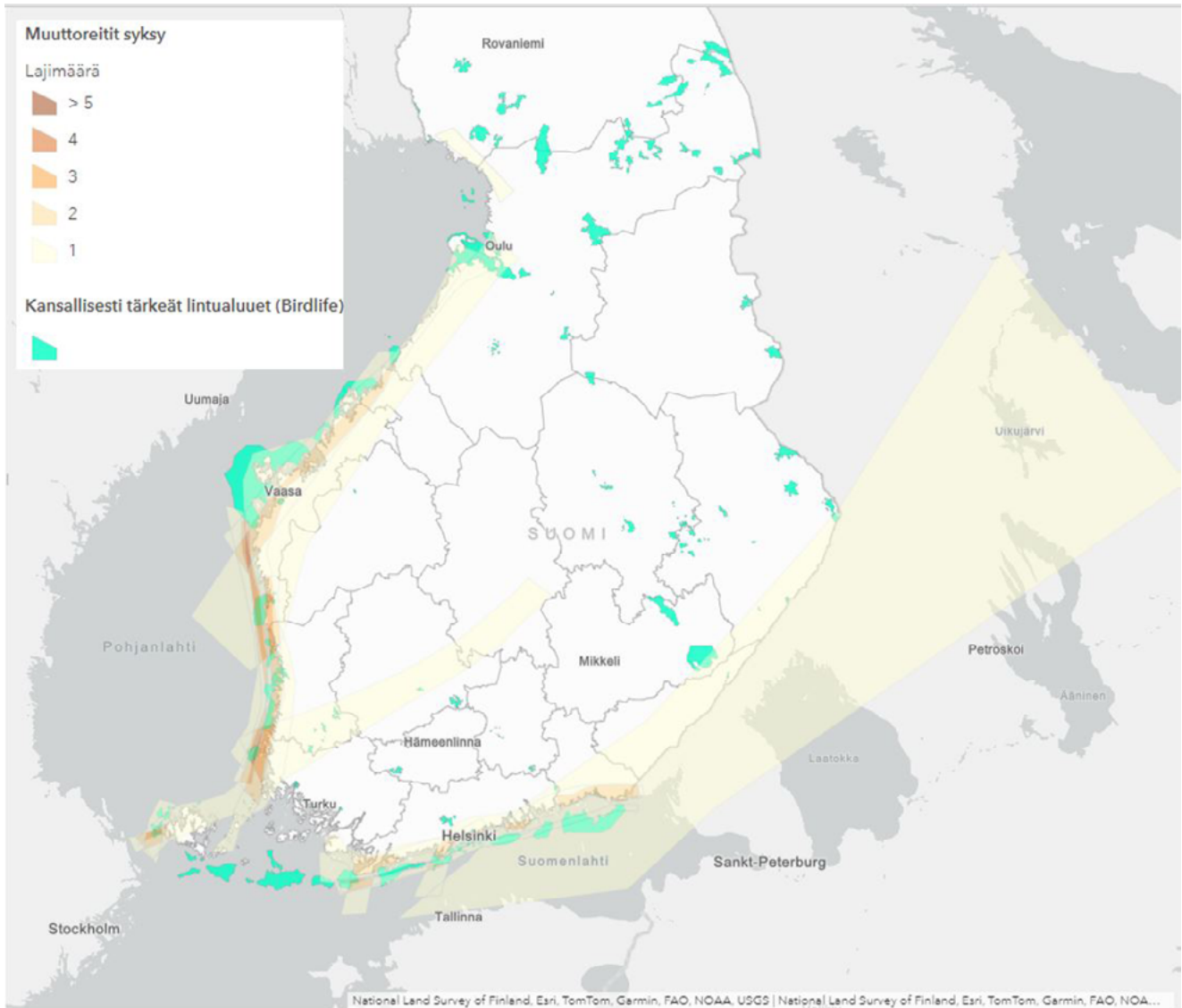
Törmäysvaikutuksia merkittävämpiä ovat häirintä- eli karkotusvaikutukset, joiden vuoksi linnut välttävät voimaloita ja niiden läheisyyttä ruokailu- ja pesimäalueina. Lajien välillä on kuitenkin huomattavaa eroa; jotkin lajit välttelevät voimaloita jopa yli 10 kilometrin säteellä joidenkin lajien jopa suosiossa tuulivoimaloiden lähialueita. Tutkimuksia merituulivoiman vaikutuksista on tehty Euroopassa (esim. Marques et al. 2021). Kattavaa tutkimustietoa lintulajien häirintäherkkyydestä Suomen oloissa ei kuitenkaan ole<sup>5</sup>.

Päämuuttoreittien huomioiminen on erittäin tärkeä aihe merituulivoimaloiden kohdalla. Päämuuttoreitit kulkevat rannikon linjaa pitkin merellä, ja vaikutukset ovat huonosti tutkit-



Kuva 26. Yleistetty kaavio tuulivoimatuotannon linnustovaikutuksista<sup>105</sup>.





**Kuva 27.** Muuttolintujen kevät- ja syysmuuttoreittien pääsuunnat.

tuja. Merellä kulkevia reittejä pitkin lentää vuosittain satojatuhansia lintuja. Esimerkiksi niiden kannalta yksittäisen tuulivoimapuiston vaikutusten lisäksi keskeistä on myös arvioida hankkeiden yhteisvaikutuksia. Usean hankkeen kumulatiiviset vaikutukset saattavat näkyä populaatiotasolla, vaikka yksittäisen hankkeen vaikutukset jäisivätkin pieneksi. Kumulatiivisissa vaikutuksissa pitää tarkastella koko muuttoreittiä eli useamman valtion alueelle ulottuvaa aluetta. Suomessa potentiaalisin kumulatiivisten vaikutusten uhka kohdistuu nykytiedon mukaan merikotkaan, maakotkaan ja metsähanneen<sup>5, 61</sup>.

Linnustovaikutusten arviointia varten tarvitaan runsaasti lisää tutkimusta ja linnustoselvityksiä, jotta etenkin kumulatiiviset vaikutukset saadaan arvioitua riittävään tietopohjaan perustuen. Muun muassa Birdlife on kerännyt saatavilla olevia datalähteitä ja tutkimusmenetelmiä sekä tunnistanut jatkotutkimustarpeita<sup>6</sup>.

# 6 Vaikutukset merellisille toimialoille

## 6.1 Merelliset toimialat

EU:n sininen talous viittaa kaikkiin meriin ja rannikkoseutuihin liittyviin toimintoihin Euroopan unionissa. Sininen talous pyrkii edistämään kestäväää kasvua ja työllisyyttä varmistuen samalla merellisten resurssien ja ekosysteemien säilyttämisen. Se kattaa seitsemän vakiintunutta sektoria: elävät merelliset resurssit (kalatalous, tuotanto ja jakelu), elottomat merelliset resurssit (öljy ja kaasu, muut mineraalit, tukitoiminnot), merellinen uusiutuva energia, satamatoiminnot, laivanrakennus, merikuljetukset, ja rannikkomatkailu. EU:n tasolla sinisen talouden bruttolisäarvo vuonna 2020 oli 129,1 miljardia euroa ja työllisti noin 3,3 miljoonaa ihmistä<sup>15</sup>.

Sinisen talouden sektoreita mukaillen tässä työssä tarkastellaan tarkemmin seuraavia merellisiä toimialoja: satamat ja satamaoperaointi, meriliikenne, meriteollisuus, merellinen kaivannaisteollisuus, kalastus ja kalan kasvatus sekä matkailu ja virkistystoiminta. Näiden lisäksi arvioidaan erikseen turvallisuutta ja huoltovarmuutta. Merituulivoiman

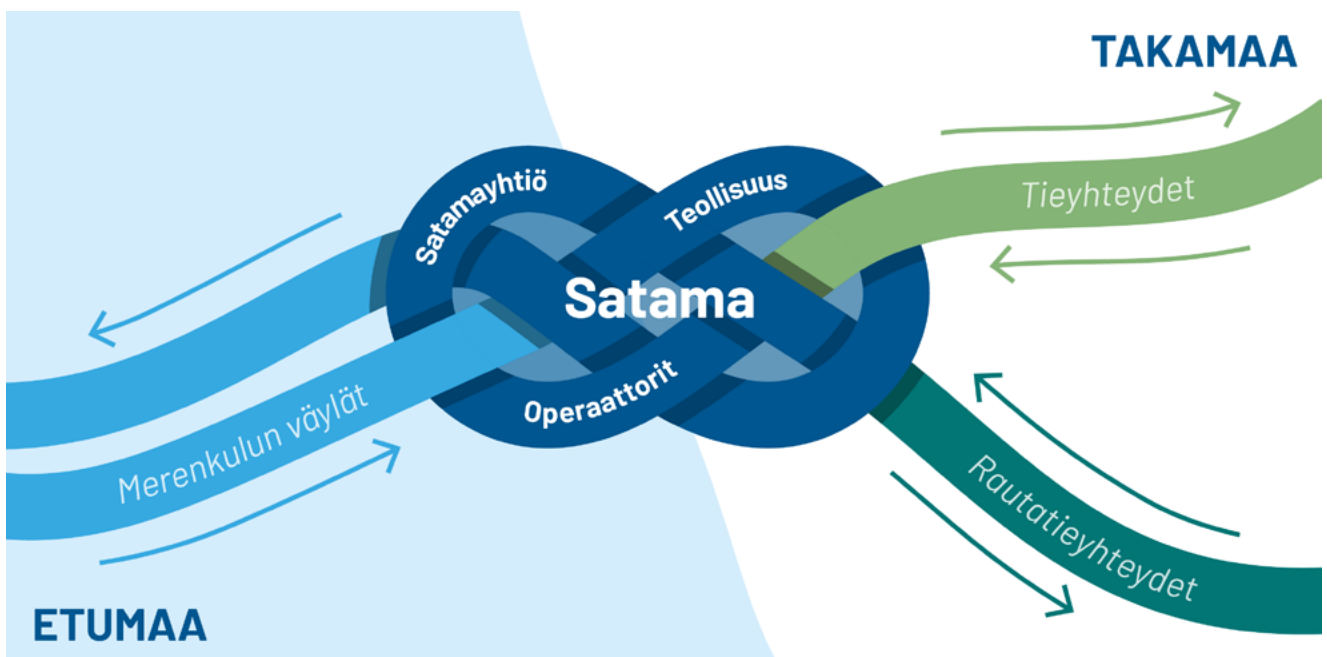
vaikutuksia näille toimialoille arvioidaan suhteessa merituulivoiman kehityskuvaan sekä toimialojen muihin tunnistettuihin kehityskuluihin ja yleisiin megatrendeihin.

## 6.2 Satamat ja satamaoperaointi

### 6.2.1 Suomen satamat ja merikuljetukset

Suomi on riippuvainen merikuljetuksista, ja siten myös satamien rooli liikennejärjestelmän keskeisinä solmuina korostuu. Tarkasteltaessa satamia liikennejärjestelmän osana on tärkeää huomioida sekä satamien oma infrastruktuuri ja palvelutarjonta että meri- ja maayhteyksien kunto ja palvelutaso.

Satama on monitoimijaympäristö, jossa itse satamayhtiö toimii satamanpitäjänä tarjoten palveluita ja infrastruktuuria muille toimijoille. Suomessa kilpailluilla markkinoilla toimivat satamat yhtiöitettiin vuonna 2015, ja toiminta on markkinaehtoista. Satamayhtiöt yleisissä



Kuva 28. Satama liikennejärjestelmän solmuna.

satamaissa ovat pääosin kuntien omistuksessa, mutta on myös yksityisessä omistuksessa olevia yleisiä satamia. Näiden lisäksi Suomessa toimii useita teollisuuden satamia.

Satamaoperointi on satamissa tapahtuvaa lastinkäsittelyä: aluslastien, lastinkäsittely-yksiköiden ja maakuljetusyksiköiden purkua ja lastausta. Lisäksi operointi on tavaravaroitusta, huolintaa, dokumentointia, lastikirjanpitoa, laivanselvitystä ja rahdinvälitystä. Toiminnan muoto ja laajuus riippuvat kysynnästä ja toimintaympäristöstä. Suomessa toimivat satamaoperointia harjoittavat yritykset hoitavat toimintaa sekä yleisissä satamissa että teollisuuden omissa satamissa.

Ulkomaan meriliikenteen kuljetuksia oli vuonna 2022 95 miljoonaa tonnia, josta oli vientiä 46 miljoonaa tonnia ja tuontia 49 miljoonaa tonnia. Lisäksi kotimaan vesiliikenteen kuljetuksia oli 5,9 miljoonaa tonnia. Valtakunnallisissa liikenne-ennusteissa on tehty ennuste ulkomaan meriliikenteen kuljetusten kasvusta vuoteen 2060 mennessä. Liikenne-ennusteet ovat perusennusteita, jotka kuvaavat sitä, mihin kehitys johtaa nykyisillä toimenpiteillä. Niissä ei ole huomioitu sellaisia poliittisia ohjauskeinoja, väyläinvestointeja tai muita toimenpiteitä, joista ei ole tehty päätöksiä. Ennusteen mukaan kokonaisvientä on vuonna 2060 noin 45 miljoonaa tonnia, mikä on noin 9 prosenttia enemmän kuin vuonna 2021. Vastaavasti kokonaistuonti on ennusteen mukaan vuonna 2060 noin 52 miljoonaa tonnia, mikä on noin 19 prosenttia enemmän kuin vuonna 2021. Liikenne-ennusteiden lähtökohdissa on merkittäviä epävarmuustekijöitä toimintaympäristössä tapahtuneiden suurten muutosten takia<sup>85</sup>.

Satamien palvelut tuotetaan kaupallisiin perusteisiin kysynnän mukaan. Suomalainen satamaverkko on maan kokoon nähden kohtalaisen laaja, ja ulottuu pitkin koko rannikkoa. Rannikon ja Ahvenanmaan satamista noin 20 suurinta vastaa noin 98 prosentista Suomen ulkomaan meriliikenteestä. Satamien kautta kulkee tonneissa mitattuna myös pääosa Suomen tuonnista ja viennistä. Ulkomaankaupan

merisatamilla on erilaisia profiileita riippuen muun muassa asiakkaista ja käsiteltävistä lastityypeistä:

- **Irtotavarasatama:** satamassa käsitellään erilaisia bulkkilasteja kuten malmia, hiiltä, lannoitteita, viljaa, öljyä tai kemikaaleja
- **Yksikköliikenteen satama:** satamassa käsitellään erilaisissa kuljetusyksiköissä (esim. kontit, rekat, trailerit) kulkevaa kappaleta-varaa
- **Yleissatama:** satamassa käsitellään sekä bulkkilasteja että kappaleta-varaa

Suomessa liikennejärjestelmää tarkastellaan kansallisesti tyypillisesti hallituskausittain, jolloin tehdään päivityksiä sen kehittämistävoitteisiin. Järjestelmään sisältyvät liikenteen verkot ja palvelut, keskeisen tavoitteen ollessa sekä Suomen saavutettavuus ulkomaanliikenteen näkökulmasta että kansallisesti henkilö- ja tavaraliikenteen tarpeita palveleva verkko palveluineen. Valtio vastaa omistamiensa väylien ja niihin liittyvien palveluiden kehittämisestä, yksityinen sektori mukaan lukien satamayhtiön omistaan. Suomessa ei ole kansallista satamapolitiikkaa satamien paikallisen omistuspohjan vuoksi. Sitä korvaavaan asemaan on noussut EU:n eurooppalaisten verkkojen järjestelmä, jossa sisältyminen verkostoon perustuu etupäässä toimijoiden kokoon ja yhdistävyyteen unionin tasolla. Yleiseurooppalaisten verkkojen ulkopuolelle jää esimerkiksi alueellisesti merkittäviä liikenneverkon osia ja solmukohtia kuten satamia, jotka sijaitsevat edullisissa paikoissa esimerkiksi merituulivoima-alueisiin nähden.

Euroopan laajuisen TEN-T-liikenneverkon (Trans-European Transport Network) tavoitteena on turvallinen ja kestävä EU:n liikennejärjestelmä, joka edistää tavaroiden ja ihmisten saumatonta liikkumista. Verkko koostuu kahdesta tasosta: ydinverkosta ja kattavasta verkosta, joista ydinverkko keskittyy tärkeimpiin yhteyksiin ja solmukohtiin. Suomen satamista joulukuussa 2023 määritetyn asetusehdotuksen mukaan TEN-T- ydinverkkoon kuuluvat Helsingin, HaminaKotkan, Oulun, Turun ja Naantalin satamat. TEN-T-kattavaan

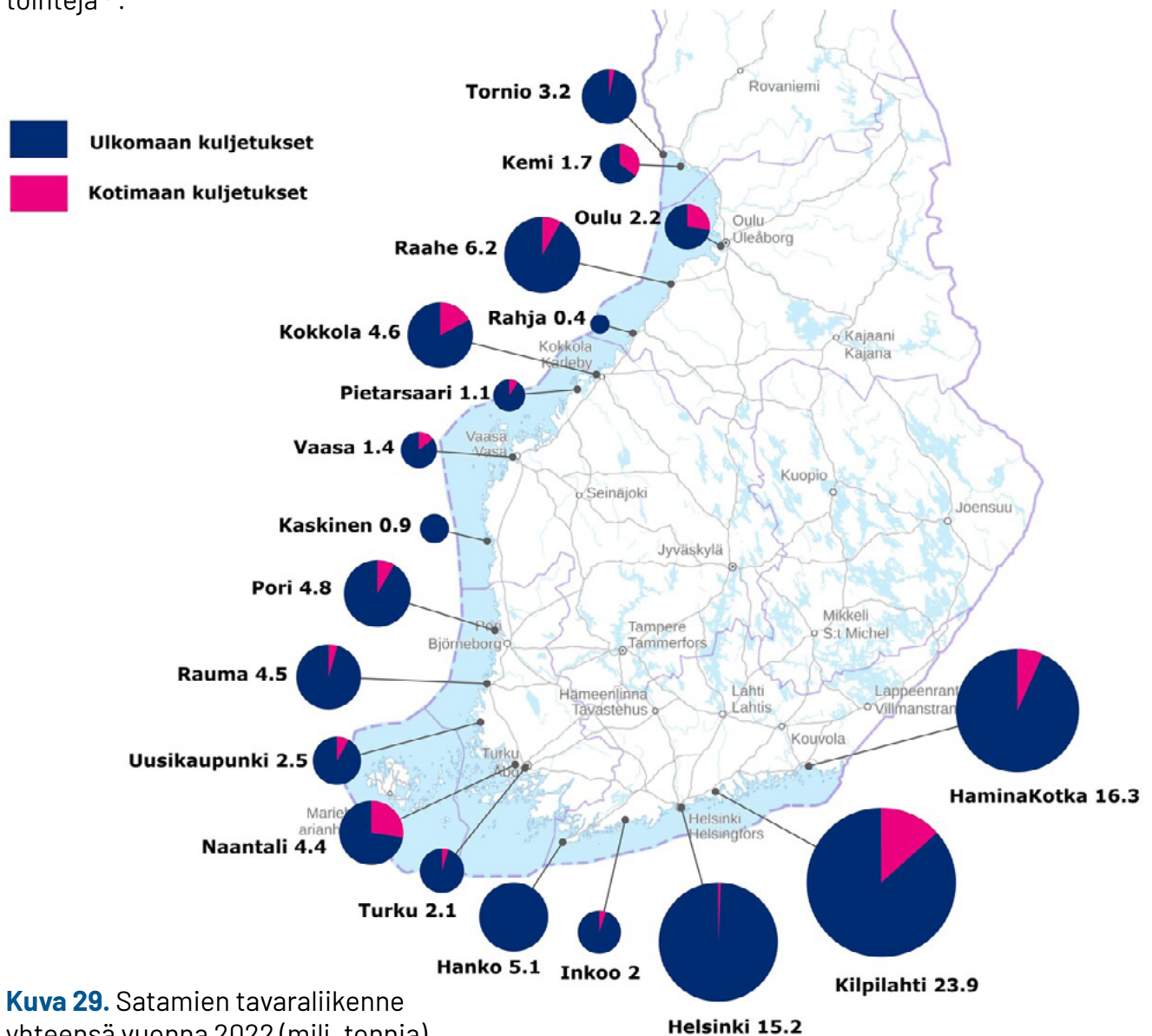


verkkoon kuuluvat lisäksi Eckerön, Hangon, Inkoon, Kaskisten, Kemi, Kokkolan, Maarianhaminan, Porin, Rauman, Raahen ja Tornion satamat<sup>15</sup>. TEN-T-verkon kehittämiseksi on haettavissa rahoitusta mm. CEF-rahoitusvälineen kautta.

Vuosina 2016–2020 satamanpitäjät toteuttivat 600 miljoonalla eurolla investointeja, josta kaksi kolmasosaa kohdistui laitureihin, väyliin ja satamakenttiin sekä niiden kunnallistekniikkaan. Samalla ajanjaksolla satamaoperaattorit investoivat noin 283 miljoonaa euroa, pääosin lastinkäsittelylaitteisiin. Vuoden 2021 arvion mukaan satamainvestoinnit olisivat kasvussa vuosina 2021–2025, mutta markkinatilanteen muutokset ja kohonnut kustannustaso saattavat lykätä tai peruuttaa suunniteltuja investointeja<sup>31</sup>.

Kymmenestä suurimmasta satamasta kuusi sijaitsee eteläisessä Suomessa ja loput Porista pohjoiseen. Kolme suurinta satamaa sijaitsee Suomenlahdella. Konttikäsittelykapasiteetin kannalta kolme suurinta satamaa ovat Helsinki, HaminaKotka ja Rauma, jotka käsittelevät 90 % Suomen konttiliikenteestä. Konttien käsittely vaatii sopivan kaluston lisäksi merkittävän kenttätilan sekä varastointiin että lastaamiseen<sup>31</sup>.

Ro-ro-liikenteen käsittelykapasiteettia on ainakin 14 satamassa, joista tärkeimpänä Helsinki käsittelee tästä liikenteestä noin 55 %. Muita keskeisiä ro-ro-satamia ovat Hanko, Naantali ja Turku, ja nämä neljä satamaa yhdessä käsittelee noin 92 % ro-ro-yksiköistä<sup>31</sup>.

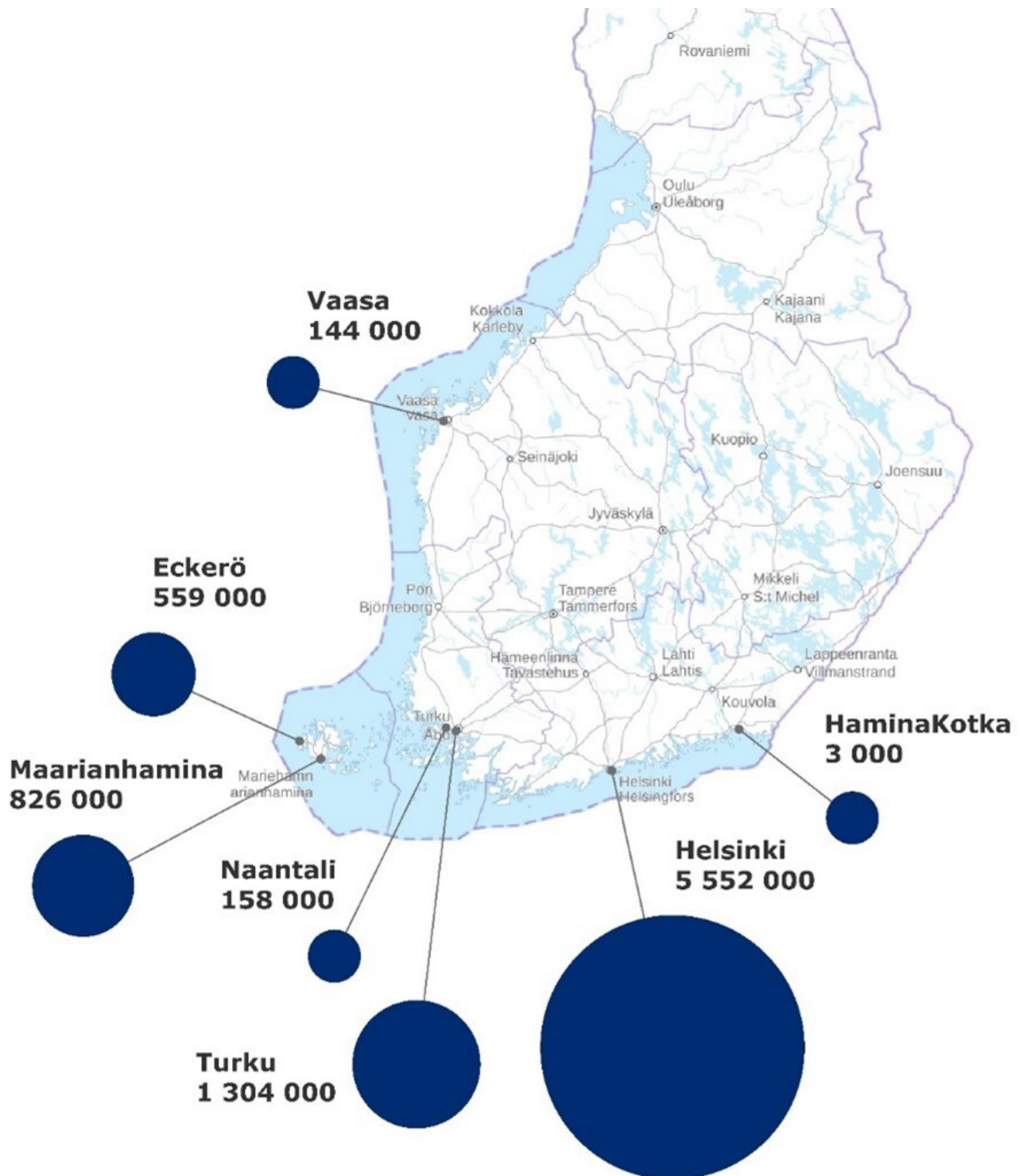


**Kuva 29.** Satamien tavaraliikenne yhteensä vuonna 2022 (milj. tonnia).



Erilaisia irtolasteja kuten raakapuuta, raakamineraaleja ja sementtiä sekä metalleja ja metallituotteita käsitellään useissa satamissa. Käsitelyn volyymista merkittävä osa on kuitenkin tyypillisesti keskittynyt muutamaankin satamaan. Esimerkiksi Naantali ja Rauma käsittelevät yhteensä 45 % meritse kuljetetusta viljasta, ja Uudenkaupungin kautta kulkee 25 % lannoitteista. Raakaöljyn ja öljytuotteiden käsittely puolestaan on keskittynyt vahvasti Sköldvikiin<sup>31</sup>.

Suomen satamien kautta kulki vuonna 2022 12,8 miljoonaa matkustajaa. Suurimmat matkustajasatamat ovat Helsinki ja Turku, joista kulkee säännöllistä autolauttaliikennettä. Helsingin sataman ulkomaan matkustajaliikenteestä 77 % suuntautuu Viroon, Turusta taas 99 % liikenteestä suuntautuu Ruotsiin. Ruotsinlaivat näkyvät myös Ahvenanmaan matkustajamäärissä.



**Kuva 30.** Matkustajaliikenne Suomen ja ulkomaiden välillä vuonna 2022<sup>87</sup>

## 6.2.2 Satamien toimintaympäristön muutostrendit

Venäjän hyökkäyssota Ukrainaan vaikutti satamien toimintaympäristöön. Transitoliikenne ei ole loppunut kokonaan, mutta sen määrä on tippunut merkittävästi. Muutos on näkynyt luonnollisesti satamissa, joiden kautta sitä kulki merkittävästi (HaminaKotka, Kokkola, Hanko, Pori). Samaan aikaan Venäjän tuonti on korvautunut tuonnilla muista maista, minkä seurauksena esimerkiksi raakapuun kuljetusvirrat ovat siirtyneet uusille reiteille myös uusien satamien kautta. Yleisesti ottaen satamat ovat sopeutuneet hyvin viime vuosien muutoksiin <sup>86</sup>.

Aluskokojen ja kuljetettavan määrän kasvu haastavat sekä satamaoperointia että satamia tehostamaan toimintaansa. Samaan aikaan tiukentuvat ympäristövaatimukset edellyttävät myös toiminnan tehostamista sekä muutoksia koneiden ja laitteiden käyttövoimiin. Lastinkäsittelyn tehokkuusvaatimukseen liittyy myös satamassaoloaikojen lyheneminen, joka vaatii sekä tehokkaita operaatioita että hyvää suunnittelua ja ajantasaista tilankuvaa. Samaan aikaan teknologinen kehitys kasvattaa konetehoja ja tehostaa kaikin tavoin toimintaa, mikä vähentää työvoiman tarvetta. Toisaalta kehittyvät digitaaliset palvelut ja automaatio tuovat paljon uusia mahdollisuuksia toiminnan kehittämiseen.

Aluskoon kasvaminen eli sekä pituuden että leveyden kasvu lisäävät satamien investointitarpeita. Myös merkittävät teollisuuden investoinnit tai sulkemiset voivat vaikuttaa merkittävästi yksittäisten satamien liikennemääriin ja siten niiden palvelutaso- ja investointitarpeisiin <sup>86</sup>.

Alusten siirtyminen uusiin käyttövoimiin edellyttää toimivaa jakeluinfrastruktuuria, jonka kehittämiseen satamien pitäisi osata panostaa oikea-aikaisesti. Vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuria koskevan AFIR-asetuksen (Alternative Fuels Infrastructure Regulation) myötä joillekin satamille tulee vaatimuksia maasähkön tarjontaan liittyen, mutta myös muut satamat todennäköisesti vähin-

tään selvittävät jakelun toteuttamista, mikäli sille näyttää olevan riittävästi kysyntää <sup>86</sup>.

Joka tapauksessa satamilla ja satamaoperoinnilla on tulevaisuudessakin merkittävä rooli suomalaiselle teollisuudelle ja yhteiskunnalle. Satamien erikoistuminen ja palvelukysynnän muutokset voivat muuttaa satamien keskinäistä asemaa. Suomalainen satamaverkko on suhteellisen tiheä, minkä takia yksittäisten satamien kuljetusmäärät ovat eurooppalaisittain pieniä. Erikoistumalla pienikin satama voi kuitenkin toimia tehokkaasti asiakkaitaan hyvin palvellon. Nykyisessä geopolittisessä tilanteessa satamien merkitys huoltovarmuudelle tunnustetaan myös entistä vahvemmin, ja laajan satamaverkoston nähdään lisäävän liikennejärjestelmän resilienssiä.

Myös sotilaallisen liikkuvuuden kehittäminen edellyttää, että liikenneväylät, niiden solmukohtat, rajanylityspaikat, satamat ja lentokentät vastaavat sotilaallisen kaksikäyttöisyyden edellyttämiä teknisiä vaatimuksia (esimerkiksi raskaat sotilaskuljetukset) sekä että niiden välityskyky, materiaalin käsittelykapasiteetti ja käytettävyys on tarpeeseen nähden riittävä <sup>86</sup>. Sotilaallista liikkuvuutta edistäviin investointeihin on saatavilla myös rahoitusinstrumentteja.

Yleisesti koko logistiikka-alaa haastavat talouden ja geopolitiikan epävarmuudet, kustannusten ja inflaation nousu sekä työvoiman saatavuuden haasteet, ja ne näkyvät myös satamissa. Myös satamien ja satamaoperoinnin toiminta on tänä päivänä vahvasti tietoliikenteen varassa, joten kyberturvallisuuteen panostaminen on tärkeää.

## 6.2.3 Merituulivoiman vaikutukset

Satamat ovat kuljetusketjujen solmupisteitä, joiden toimivuudelle ja liiketoiminnalle merkityksellisiä ovat myös etu- ja takamaayhteydet. Takamaan eli tie- ja rautatieyhteyksien kannalta merituulivoimalla ei liene merkittäviä vaikutuksia, ellei niiden parantaminen ole edellytyksenä hankkeiden raaka-aine- tai komponenttivarroille. Etumaan osalta satamiin vaikuttaa niiden saavutettavuus meritse.

Merituulivoimahankkeiden sijainnilla voi olla tähän vaikutusta, jos niiden takia alusliikenne joutuu kulkemaan pidemmän matkan. Nämä vaikutukset tiedostetaan jo meriliikenteen näkökulmasta, ja asiaan kiinnitetään huomiota hankkeiden luvituksessa.

Satamat ja niiden toiminta ovat keskeisessä roolissa merituulivoiman rakentamisen ja tuotannon kannalta. Rakentamisen logistiikka edellyttää toimivaa satamainfrastruktuuria, joka mahdollistaa komponenttien käsittelyn ja varastoinnin sekä tarvittavien aluskäyntien hoitamisen myös tuotannon aikana. Satamat rakennettuna ympäristönä ovat myös vaihtoehto kaapelien rantautumispaikaksi sekä potentiaalisia sijaintipaikkoja uusiutuvaa energiaa käyttävälle teollisuudelle kuten vedyntuotannolle. Satamat tyypillisesti sijaitsevat jo muutenkin lähellä teollisuutta, joka voisi myös hyötyä uusiutuvan energian tai vedyn tuotannosta. Satamat ovat myös luonnostaan eri kuljetusmuodot yhdistäviä hubeja, jolloin myös esimerkiksi uusien käyttövoimien jakelu niiden kautta on todennäköisesti kysyttyä<sup>102</sup>.

Jotta suomalaiset satamat voivat palvella merituulivoiman rakentamista, niiden pitää sijaita lähellä hankealueita sekä investoida infrastruktuuriinsa. Merituulivoimahankkeiden kokoluokka ja yksittäisten komponenttien koko vaativat suuria alueita varastointiin ja satamassa tapahtuviin esiasennuksiin. Lisäksi raskaat osat vaativat kenttien ja laitureiden kantavuudelta paljon, joten niitä pitää mahdollisesti vahvistaa. Komponenttitoimituksissa voidaan hyödyntää myös ro-ro-aluksia, jolloin raskaita komponentteja kuten naselleja ei tarvitse nostaa kuljetusaluksesta. Ro-ro-alusten hyödyntäminen vaatii satamalta sopivan laituripaikan sekä riittävän kantavan rampin. Komponenttien kuljetuksiin ja turbiinien asennuksiin käytettävien alusten koko saattaa vaatia väylän ja satama-alueen syventämistä.

Kaikkien satamien sijaintiin ja toimintaan merituulivoimaan erikoistuminen ei sovi, mutta erikoistuvilla voi olla mahdollisuus kehittää uutta liiketoimintaa. Esimerkiksi Esbjergin satama Tanskassa oli vielä 2000-luvun vaihteessa pääosin kalastussatama. Satama on

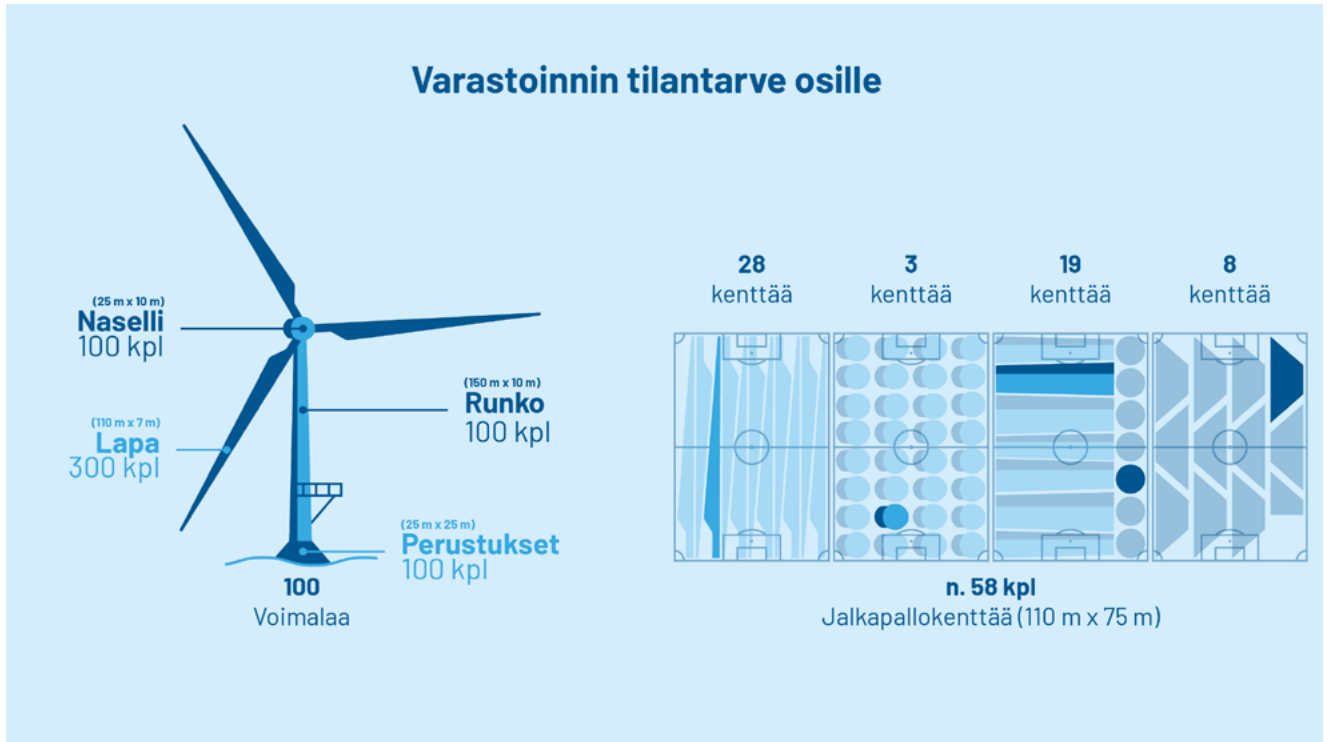
2000-luvulla kehittänyt toimintaansa vahvasti merituulivoiman ympärille ja on saavuttanut johtavan merituulivoimasataman roolin Pohjanmerellä. Satama toimii nykyään useita hankkeita yhtä aikaa palvelevana hubina, jonka kautta kulkee merkittävä osa Euroopassa tällä hetkellä asennettavasta merituulivoimasta. Merituulivoiman ja laajemmin energiamurroksen mukanaan tuomat uudet tarpeet voivat siis Suomessakin muuttaa satamien roolia nykyisestä, kun uudet liiketoimintamahdollisuudet keskittyvät muualle kuin eteläiseen Suomeen.

Isot investoinnit pitäisi ajoittaa niin, että satamien infrastruktuuri on valmiina, kun hankkeiden rakentaminen alkaa. Satamilla vaikuttaa olevan investointihalukkuutta, mutta niiden rahoitus tippuu TEN-T ja TEN-E-rahoitusinstrumenttien väliin. Laajennus- ja parannusinvestointien edellytyksenä on luonnollisesti myös riittävän vahva luotto niiden mahdollistaman liiketoiminnan toteutumiseen. Joihinkin tarvittaviin investointeihin saattaa löytyä myös synergiaa sataman muiden parantamis- ja kehittämistarpeiden kuten sotilaallisen liikkuvuuden hankkeiden kanssa.

Satamien logistiikka ja infrastruktuuri pitää suunnitella turbiinien lukumäärän ja mittojen mukaan, ei niinkään tuotantokapasiteetin. Kuljetus- ja asennusalusten lisäksi satamien kautta kulkee kaapelialuksia sekä pienempiä miehistönkuljetusaluksia. Tuotantoaikana huollon kustannuksiin vaikuttaa etäisyys satamasta tuulipuistoon.

Satamat joutuvat myös miettimään miten nykyisiä asiakkaita palvellaan jatkossa, jos merituulivoimahankkeiden vaatima tila on ristiriidassa muun maankäytön ja tilantarpeen kanssa. Sähköverkon osalta joudutaan myös miettimään jääkö sähkö satama-alueelle, vai kulkeeko se sataman lävitse kantaverkkoon. Toisaalta merituulivoimarakentamiseen voi liittyä myös kuljetustarpeita, jotka eivät vaadi merkittäviä muutoksia sataman infrastruktuuriin, kuten perustusten kiviainekset.

Satamien palvelutaso ja kapasiteetti vaikuttavat hankkeiden toteutumisen aikatauluun,



**Kuva 31.** Suuntaa antava 100 voimalan merituulivoimahankkeen tilantarve satamassa.

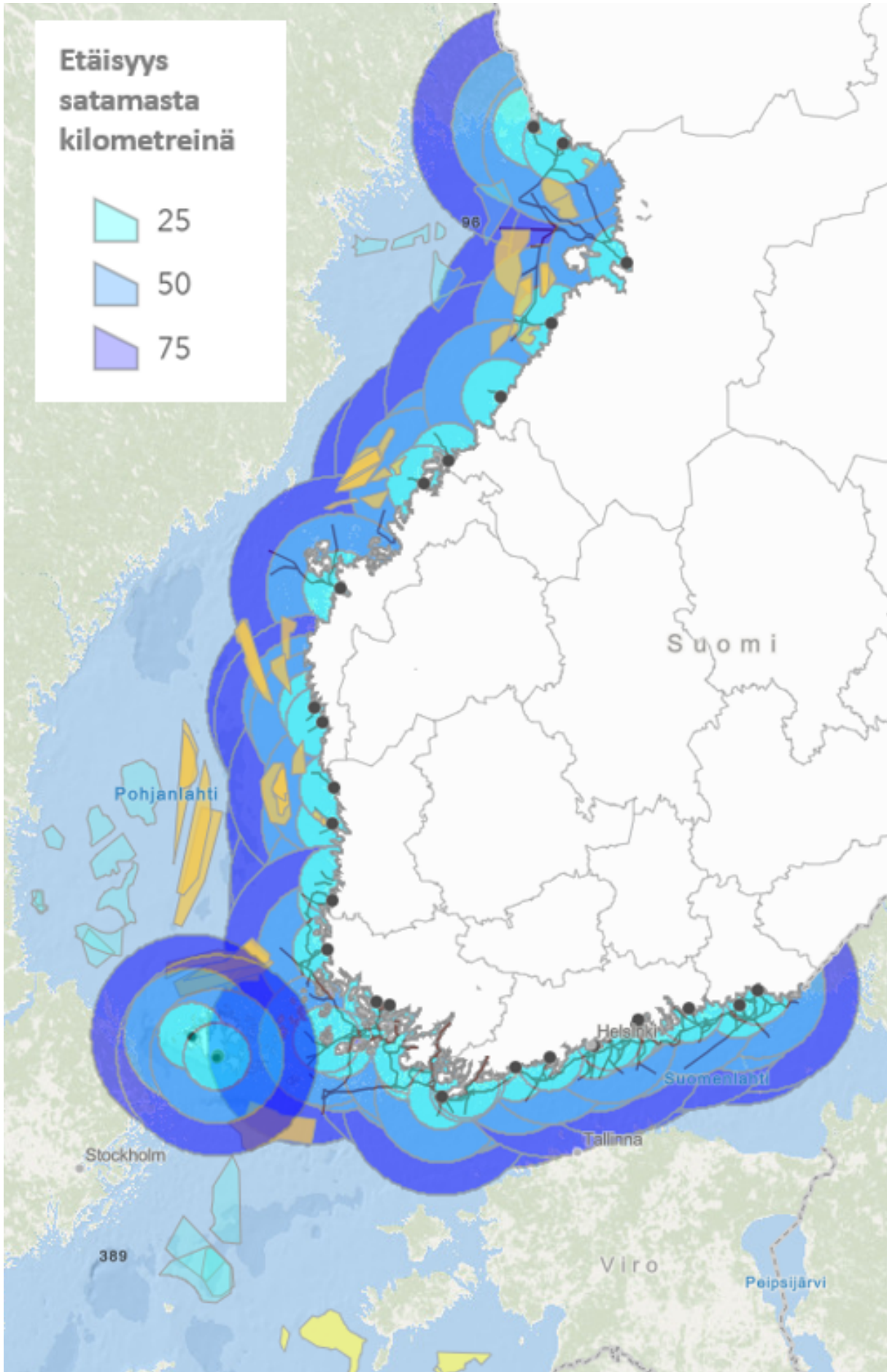
jos ne muodostuvat rakentamisen pullonkaulaksi. Jos merituulivoimahankkeiden volyymi on riittävän suuri, toiminta voi myös tarjota satamalle erikoistumisen mahdollisuuden. Alueellisella yhteistyöllä voidaan saada aikaan tehokkuutta kehittämiseen. Suomalaiset satamat ovat kuitenkin osakeyhtiöitä, joita sitoo kilpailulainsäädäntö eivätkä ne siten voi tehdä keskenään yhteistyötä investoinneissa.

Suomalaiset satamat toisaalta kilpailevat hankkeiden kumppanuuksista myös muiden Itämeren satamien kanssa. Rakentamisen kannalta sataman etäisyydellä hankealueeseen on toki suora kustannusvaikutus, mutta Pohjanlahden osalta suomalaiset satamat voisivat palvella hyvin myös Ruotsin puolelle suunniteltuja hankkeita.

Maatuulivoiman kuljetuksia kulkee jo nykyään monen suomalaisen sataman kautta, ja myös merituulivoiman tarjoamat mahdollisuudet kiinnostavat toimijoita vahvasti. Merituulivoimatoimijoiden ja satamien välille on myös Suomessa solmittu jo yhteistyösopimuksia, joiden nojalla satamien infrastruktuurin ja palvelutarjonnan kehittäminen voi edetä.

Merituulivoimahankkeiden toivotaan tuovan mukanaan uusia ja uudentlaisia työpaikkoja, jotka auttaisivat parantamaan osaltaan logistiikka-alan houkuttelevuutta ja työvoiman saantia.





**Kuva 32.** Pohjanlahden merituulivoimahankkeiden sijainti suhteessa Pohjanlahden satamiin



## 6.3 Meriliikenne

### 6.3.1 Meriliikenteen toimintaympäristö

Kuten todettu, merenkulun ja vesiväylien merkitys Suomen ulkomaankaupalle ja siten koko yhteiskunnalle on hyvin keskeinen. On tärkeää, että meriliikenne sujuu sujuvasti ja turvallisesti niin väylillä kuin väylien ulkopuolisilla merialueilla ympäri vuoden.

Vuonna 2023 Suomen satamissa oli ulkomaan alusliikenteen käyntejä 24 000 kappaletta. Näistä noin 60 % kohdistuu Suomenlahdelle ja eteläisen rannikon satamiin HaminaKotkasta

Turkuun, noin 20 % Pohjanlahden satamiin ja noin 20 % Ahvenanmaalle. Aluskäyntien määrässä on kuukausittaista vaihtelua, jota todennäköisesti selittää muun muassa jäinen aika. Liikenne onkin vilkkainta Suomenlahdella sekä kapeammissa kohdissa Ahvenanmaan länsipuolella ja Merenkurkussa.

AIS (Automatic Identification System) -aineistoon eli alusten kulkutietoon perustuen voidaan määrittää meriliikenteen keskeiset liikennöntialueet. Myös merialuesuunnitelmassa esitetyt merenkulun alueet perustuvat tähän tietoon. Liikennöntialueet ovat väylien ja reittijärjestelmän ulkopuolelle jääviä yhteisiä alueita, joilla on paljon alusliikennettä tai ovat muuten alueellisesti tärkeitä.



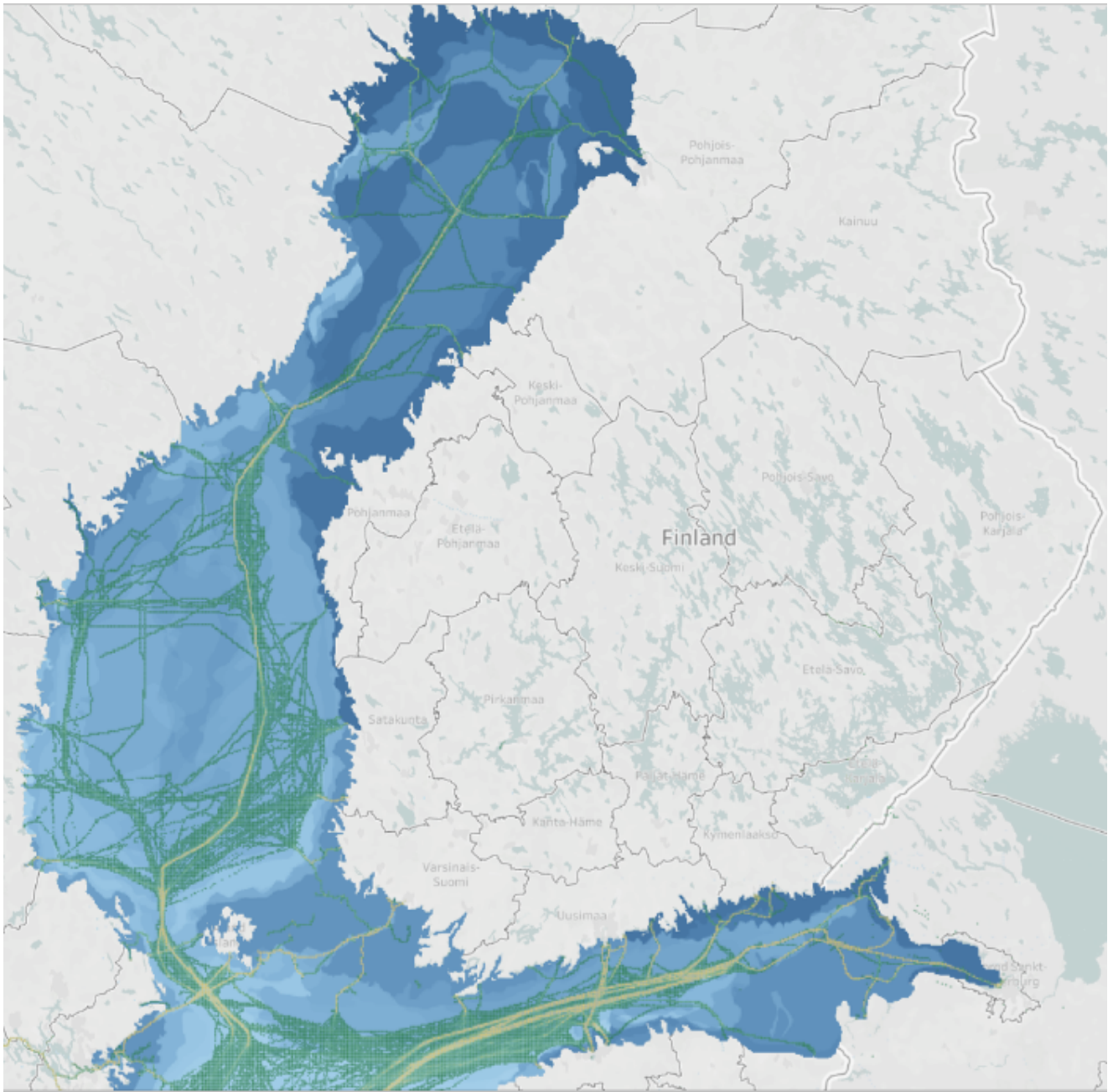
**Kuva 33.** Satamien ulkomaanliikenteen aluskäynnit kuukausittain 2020-2023. Aluskäyntien määrä vaihtelee kuukausittain. (Lähde: Tilastokeskus)



**Kuva 34.** Meriliikenteen tiheys merialueilla AIS-dataan perustuen: mitä tummempi punainen väri, sitä suurempi laivaliikenteen tiheys <sup>29</sup>.

Alusten reittisuunnittelun lähtökohtana on hyvissä olosuhteissa lyhin mahdollinen reitti; alusliikenteen kustannuksista polttoaine on merkittävin kustannuserä, joten suurin ja nopein reitti on taloudellisin. Sääolosuhteiden muuttuessa tärkeämmäksi periaatteeksi nousee turvallisuus: esimerkiksi kovassa länsituulella Selkä- ja Perämerellä alukset ajavat lähellä Ruotsin rannikkoa ja itätuulella

vastaavasti lähellä Suomen rannikkoa. Meren ollessa jäässä reitti valitaan vastaavasti olosuhteiden mukaan sieltä, missä kulku jäissä on helpointa ja turvallisinta. Jäiseen aikaan siis alusten reitit poikkeavat merkittävästi AIS-tiheyskartan suorista viivoista ja liikenne hajautuu jäätilanteen mukaan laajalle alueelle.



**Kuva 35.** Meriliikenteen reittien muuttuminen talven 2010–2011 aikana jääolosuhteiden mukaan (Lähde: Väylävirasto)

Jäätilanteen niin edellyttäessä myös normaalisti voimassa olevat reittijakojärjestelmät voidaan poistaa tilapäisesti viranomaisten päätöksellä käytöstä. Suomessa reittijakojärjestelmiä on perustettu sekä Suomenlahdelle että Pohjanlahdelle <sup>87</sup>.

Reittijärjestelmän tarkoituksena on edistää laivaliikenteen turvallisuutta, sujuvuutta ja kestävyyttä kansainvälisillä merialueilla. Reittijärjestelmään voi kuulua reittijakojärjestelmiä, kaksisuuntaisia reittejä, suositeltuja reittejä, kierrettäviä ja vältettäviä alueita, rannikkoliikennevyöhykkeitä, liikenneympyröitä,

varoalueita ja syvävesireittejä. Sopiva järjestelmäratkaisu ja sen tarkemmat ominaisuudet päätetään aina tapauskohtaisesti ja usein IMO:n (International Maritime Organization) Formal Safety Assessment (FSA) perusteista riskiarviota hyödyntämällä <sup>87</sup>.

SOLAS -yleissopimuksen (kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä) mukaisesti kansainväliset reittijärjestelmät ovat aina kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n vahvistamia. IMO on antanut järjestelmien perustamisesta myös päätöslauseلمان ja yleiset ohjeet siinä esitet-

tyjen vaatimusten noudattamiseksi. Lisäksi reittijärjestelmien operatiivisesta käytöstä ja valvonnasta on annettu kansainväliset säädökset. Suomessa reittijärjestelmää koskevat kansainväliset säädökset on saatettu voimaan kansallisella sääntelyllä <sup>87</sup>.

Merenkulun sääntelyä tehdäänkin monella tasolla kansainvälisesti, alueellisesti ja kansallisesti. Pääosin kansainvälistä meriliikennettä ja aluksia koskevat päätökset tehdään YK:n alaisessa kansainvälisessä merenkulkujärjestössä (IMO) sekä EU-tasolla. IMO:ssa laaditut yleissopimukset ja EU:n direktiivit pannaan jäsenvaltioissa toimeen kansallisella lainsäädännöllä. Lisäksi meriliikenteen toimintaympäristöön vaikuttavat monet elinkeinoelämän kuljetusten tehokkuustavoitteista johtuvat tekijät kuten varustamoiden päätökset laivareiteistä, käytettävät aluskoot ja lopputuotteiden maailmanmarkkinat <sup>101</sup>.

### 6.3.2 Merenkulun infrastruktuuri ja palvelut

Valtion omistamalla väyläverkolla toimii vesiväylän pitäjänä Väylävirasto. Väylävirasto vastaa väyläverkon kunnossapidosta ja kehittämisestä, talvimerenkulun edellytysten turvaamisesta, meriliikenteen ohjauksen järjestämisestä sekä vesiväylätiedoista. Väylävirasto vastaa kauppamerenkulun väyläverkon kunnossapidosta ja kehittämisestä myös Ahvenanmaan maakunnan alueella maakuntahallinnon vastatessa siellä muista väylästä. Meriliikenteen ohjauksen VTS (Vessel Traffic Service)-viranomaisena toimii Traficom, joka määrittelee mm. tarjottavien palveluiden minimivaatimukset. Liikenteenohjauspalvelut tilaa näiden palvelujen järjestämisestä lakisääteisesti vastaava Väylävirasto palveluntuottajalta (Fintraffic Meriliikenteenohjaus Oy). Luotsauspalvelusta vastaa valtion erityistehtäväyhtiö Finn-pilot Pilotage Oy (Väylävirasto, 2023).

**Väylä** on maastoon ja kartalle merkitty yhtenäinen kulkureitti vesialueella, ja vesilain (587/2011) mukainen yleinen kulkuväylä on vesistöissä tai meressä oleva väylä, joka on lain säännösten mukaan määrätty julkiseksi kulku-

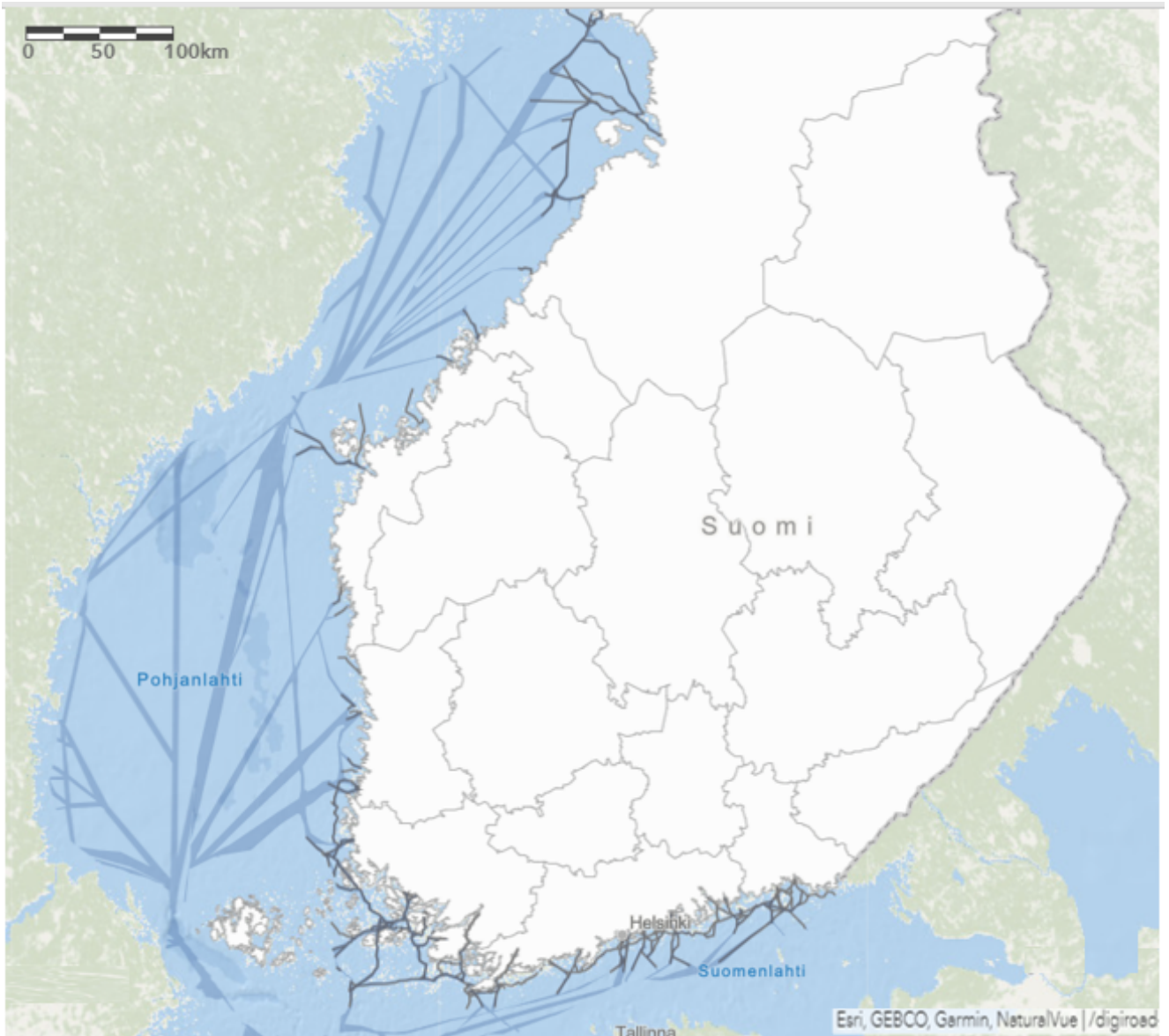
väyläksi tai yleiseksi paikallisväyläksi. **Väyläalue** on vesiliikenteen käyttöön tarkoitettu väylän reunalinjojen rajaama alue. Väyläalueeseen kuuluvat myös väylän yhteyteen suunnitellut vesiliikenteen erityisalueet, kuten odotus-, kohtaamis- ja kääntöalueet. Väyläalueen reunat osoitetaan tarvittaessa maastossa reunamerkinneillä (viitat, pojut, reunamerkit). **Väylälinja** taas osoittaa ohjeellisen ajolinjan, jonka mukaisesti aluksen on suunniteltu väylällä navigoivan. **Väylän lähestymisalueella** tarkoitetaan väylän ulkopään edustaa, jonka kautta meriliikenne saapuu väylälle ja lähtee väylältä kohti määränpäättään <sup>84</sup>.

Väyläalueiden lisäksi merenkululle on osoitettu tarpeen mukaan paikkoja. **Ankkurointialue** on nimensä mukaisesti alusten ankkurointia varten varattu alue, joka merkitään merikarttoille ja tarpeen mukaan myös maastoon ja se voi liittyä väyläalueeseen tai olla siitä erillään esimerkiksi väylän ulkopään edustalla. Suomen aluevesillä ja talousvyöhykkeellä on myös nimettyjä **alueita, joilla saa suorittaa alusten välisiä lastinsiirtoja ja polttoaineen toimituksia**. Lisäksi merihädässä olevien alusten vastaanottamiselle on osoitettu **merenkulun suojapaikkoja**, joiden sijaintitieto ei ole julkinen <sup>87</sup>.

Väylät merkitään **merenkulun turvalaitteilla**, jotka voivat olla kiinteitä tai kelluvia. Turvalaitteet kertovat väylän sijainnin havaittavasti, ja lisäksi useissa turvalaitteissa on tutkaheijastin tai tutkamajakka. Kauppamerenkulun väylillä tärkeimmät turvalaitteet on varustettu valoilla, muuten suurimmassa osassa turvalaitteista on pimeässä navigointia varten valoheijastimet. Navigointi perustuu turvalaitteiden lisäksi muihin nähtäviin kiintopisteisiin kuten majakoihin, linjatauluihin ja maalla oleviin loistoihin, mutta myös muihin selvästi erottuviin kiinteisiin rakennuksiin kuten kirkontorneihin, voimalaitosten piippuihin tai tukiasemien mastoihin tai muihin selkeisiin maamerkkeihin <sup>100</sup>.

Suomen rannikolla on yli 10 000 km yleisiä kulkuväyliä, joista satamia palvelevia kauppamerenkulunväyliä on lähes 3 500 km. Helmikuussa 2024 Väylävirastolla on suunnittelussa





**Kuva 36.** Meriväylät ja meriliikenteen liikennöintialueet.

kaksi meriväylähanketta: Vaasan meriväylän leventäminen ja Tornion meriväylän parantaminen. Rannikon väylillä on yhteensä yli 16 300 merenkulun turvalaitetta.

**Luotsaus** on alusten ohjailuun liittyvää toimintaa, jossa luotsi toimii aluksen päällikön neuvonantajana sekä vesialueen ja merenkulun asiantuntijana. Luotsauksen tavoitteena on edistää alusliikenteen turvallisuutta sekä ehkäistä alusliikenteestä ympäristölle aiheutuvia haittoja. Luotsaustoimintaa sääntelee luotsauslaki (561/2023), ja sen mukaan vain luotsausyhtiö saa tarjota luotsauspalveluja ja harjoittaa luotsaustoimintaa tai etäluotsausta. Laissa tarkoitettu luotsausyhtiö on valtion omistama Finnpiilot Pilotage Oy. Luotsauslain

mukaisesti kaikkien Suomen satamiin saapuvien ja niistä lähtevien laivojen on käytettävä luotsia, jos aluksen kuljettaman lastin vaarallisuus, haitallisuus tai aluksen koko sitä edellyttävät <sup>25</sup>.

**Meriliikenteenohjauksen** eli alusliikennepalveluiden (VTS) tarkoituksena on alusliikenteen turvallisuuden lisääminen ja tehokkuuden parantaminen sekä alusliikenteestä ympäristölle aiheutuvien haittojen ehkäiseminen. VTS-alueet kattavat kaikki rannikon kauppamerenkulun väylät sekä Saimaan syväväylän.



Lisäksi Suomi on yhdessä Viron ja Venäjän kanssa perustanut Suomenlahdelle pakollisen ilmoittautumisjärjestelmän, GOFREP:n (Gulf of Finland Reporting), joka vastaa Suomenlahden kansainvälisten merialueiden alusliikenteen valvonnasta <sup>101</sup>.

Meriliikenteenohjauksen toiminta pohjautuu reaaliaikaisesti ylläpidettävään meritilannekuvaan, joka muodostetaan koko rannikon kattavan tutkaverkon sekä rannikon ja Saimaan syväväylän kattavien AIS- ja VHF-radioverkkojen avulla. Meriliikennetilannekuvan avulla voidaan seurata VTS-alueilla kulkevaa alusliikennettä ja tarvittaessa järjestellä liikennettä ruuhkien ehkäisemiseksi sekä puuttua kehittyviin vaaratilanteisiin <sup>101</sup>. Rannikotutkien kuvaa käytetään myös jäätilan seurantaan väylien ulko-osilla ja jatkossa myös mahdollisesti merituulivoimapuistojen läheisyydessä. Meritilannekuvan AIS-tietoja hyödynnetään myös Suomen ja Ruotsin yhteisen talvimerenkulun operatiivisen johtamisen tilannekuvan luomiseksi IBNet-järjestelmässä.

Tällä hetkellä meriliikenteenohjauksen operatiivinen toiminta hoidetaan kahdesta meriliikenteenohjauskeskuksesta, jotka sijaitsevat Helsingissä ja Turussa. VTS-palveluntarjoajan Väyläviraston tilauksesta tuottama ajantasainen meriliikenteen tilannekuva jaetaan korvauksetta myös puolustus- ja turvallisuusviranomaisten käyttöön <sup>101</sup>.

VTS:llä ja Finnpilotilla on merenkulun sujuvuuden ja turvallisuuden varmistajina omat, erilaiset roolinsa. VTS ohjaa Suomen vesialueiden liikennevirtoja sekä alusliikennettä maa-ase milta käsin. Finnpilotin luotsit ohjaavat komentosillalla laivaa, navigoivat haastavilla väylillä ja huolehtivat usein päällikön pyynnöstä myös aluksen satamaohjailusta aina laituriin kiinnittymiseen tai siitä lähtemiseen asti <sup>25</sup>.

Muusta luotsaustoiminnasta poiketen **itämerenluotsauksella** tarkoitetaan toimintaa Itämeren alueella Suomen kansallisten luotsausalueiden ulkopuolella. Uuden luotsauslain mukaan itämerenluotsausta voi tarjota luotsausyhtiö tai muu oikeushenkilö, jonka lukuun toimivalla on itämerenluotsin lupakirja, tai

luonnollinen henkilö, jolla on itämerenluotsin lupakirja. Suomessa itämerenluotsin lupakirjan myöntää Liikenne- ja viestintävirasto (Luotsauslaki 561/2023).

### 6.3.3 Talvimerenkulku

Tehokas jäänmurto ja muut talvimerenkulkuun liittyvät toimet ovat edellytys sille, että vesiväylät ovat käytettävissä ympäri vuoden. Etenkin Pohjanlahdella jäänmurto varmistaa kuljetusten toimivuuden talviaikaan. Normaalitalvinakin kaikki Suomen satamat jäätyvät ja vaikeimpina talvina jäänmurron tarve on merkittävää käytännössä kaikkiin manner-Suomen satamiin suuntautuvan meriliikenteen turvaamiseksi. Jäänmurron ohella keskeisiä osia talvimerenkulkua ovat liikenteen ohjaus jääolosuhteissa sekä suomalais-ruotsalaisiin jääluokkavaatimukseen perustuvat, avustettaville aluksille asetettavat avustusrajoitukset, joilla varmistetaan turvallinen ja sujuva liikenne. Talvimerenkulku on järjestelmä, joka koostuu jäänmurtajalaivastosta ja elinkeinoelämän merikuljetuksia hoitavasta kauppalaivastosta. Järjestelmän tehokkuuteen vaikuttaa kummankin suorituskyky. Tehokkuus peilautuu elinkeinoelämälle tarjottavaan palvelutasoon <sup>101</sup>.

Jäänmurtopalvelu on jäissä tapahtuvaa alusten avustamista, hinaamista ja liikenteen turvallisuuden varmistamista sekä siihen liittyvää liikenteen ohjaamista. Jäänmurtopalvelua tarjotaan yli 8 m syville VL1-luokan väylille sekä Väyläviraston muihin erikseen määriteltyihin kohteisiin. Tällä hetkellä talvimerenkulkua avustetaan yhteensä 30 satamaan rannikolla. Avustustoiminnasta merkittävä osa tapahtuu avomerialueella väylien ulkopuolella. Talvimerenkulun palvelutason mittareina käytetään keskimääräistä odotusaikaa sekä odottamatta läpi päässeiden alusten osuutta. Keskimääräinen odotusaika ei saisi ylittää neljää tuntia, ja 90–95 % kauppalaivastosta pitäisi päästä läpi odottamatta <sup>101</sup>.

Jäänmurtaja-avustusta joudutaan talvella jääolosuhteiden kehittyessä rajoittamaan turvallisuusperusteisesti avustusrajoituksilla. Avustusrajoitukset perustuvat yhteistyössä

Ruotsin kanssa kehitettyihin suomalais-ruotsalaisiin jääluokkiin (vahvimasta heikoimpaan: IA Super, IA, IB, IC ja II). Avustusrajoituksia asetetaan yhteistyössä koordinoiden Ruotsin jäänmurrosta vastaavan viranomaisen, Sjöfartsverketin, kanssa <sup>101</sup>.

Talvimerenkulun erityisvaatimukset vaikuttavat Itämeren meriliikenteeseen operatiivisen toiminnan lisäksi kustannuksina. Jotta alus voi toimia esimerkiksi Pohjanlahdella ympäri vuoden myös talviolosuhteissa, alukselta edellytetään jäissäkulkukykyä. Aluksen rungon pitää olla vahvistettu, jotta se kestää jään aiheuttaman paineen ja rasituksen. Lisäksi alusten tulee kyetä liikkumaan vähintään jäänmurtajan avustamana jään tai jäämurskan aiheuttamasta lisääntyneestä vastustuksesta huolimatta. Tästä seuraa se, että jäävahvistetut alukset ovat tyypillisesti kalliimpia rakentaa, ne ovat raskaampia ja niillä on siten vahvistamattomia aluksia alhaisempi lastinkantokyky. Jäävahvistetuilla aluksilla on myös tehokkaammat, enemmän polttoainetta kuluttavat moottorit, jolloin niillä on liikennöinti kalliimpaa myös avovesiolosuhteissa <sup>45</sup>.

### 6.3.4 Meriliikenteen trendit ja skenaariot

Kansainvälisen merenkulun kehitys riippuu vahvasti globaalista toimintaympäristöstä ja kansainvälisestä lainsäädännöstä. Isot ilmiöt kuten ilmastonmuutos vaikuttavat myös merenkulkuun monin tavoin; päästövähennystavoitteet ohjaavat alusteknologian kehittymistä ja aluksille asetettavia vaatimuksia, samaan aikaan ilmaston muuttamat jääolosuhteet ja toisaalta yleistyvät ääriolosuhteet haastavat talvimerenkulkua tavoin, joita ei vielä tarkkaan osata ennustaa.

### Jäänmurtokapasiteetin kysyntä kasvaa

Leutojen talvien yleistyessä ovat jääolosuhteissa koetut haasteet erilaisia. Leutojen talvien aikana kovat tuulet ja myrskyt aiheuttavat jääkentässä kovaa ja joskus vaarallista puristusta, muodonmuutoksia ja vaikeita vallikenttiä, jotka ovat kauppa-aluslaivastolle ylitsepääsemättömiä esteitä. Ohuen jään alueilla rannikolle

muodostuu tuulien ansiosta monia merimaileja leveitä sohjovöitä, joista kauppalaivat eivät pääse avustuksetta läpi. Sohjovyön avovesipuolella taas on usein jäänmurtajille haasteellinen kova merenkäynti. Lisäksi rannikolla joudutaan siirtymään pitkiä matkoja merenkäynnissä, joka lisää jäänmurtajien avovesikelpoisuuden vaatimusta. Erityisesti perinteisten jäänmurtajien avomerikelpoisuus on optimoidun jäänmurtokyvyn vuoksi heikko, mutta uusimpien murtajien toimivuus avovesissä on aikaisempaa parempi <sup>101</sup>.

Tulevaisuudessa jäänmurtajalaivaston tulee pystyä vastaamaan toimintaympäristön muutoksiin, minkä takia sen tulee olla monipuolinen ja avovesikykyisempi. Lisäksi aluskoon kasvun myötä vaatimukset jäänmurtajan tuotamalle uoman leveydelle kasvavat. Talvimerenkulkujärjestelmän palvelutasoon vaikuttaa myös oleellisesti avustusnopeus, joka asettaa jäänmurtajalle esimerkiksi ketteryteen ja hinnauskykyyn liittyviä vaatimuksia. Jäänmurtokalusto ikääntyy paitsi Suomessa, myös Ruotsissa ja Virossa. Yhteistyön kasvattaminen ja syventäminen sekä yhteisen näkemyksen luominen jäänmurtokaluston yhteiskäytöstä auttaa varmistamaan kapasiteetin riittävyden myös tulevaisuuden muuttuvassa toimintaympäristössä. Talvimerenkulun palvelutason ja turvallisuuden varmistamiseksi jäänmurtokalustoa tulee kuitenkin uusia tarpeeksi ajoissa, jotta kapasiteetti riittää jatkossa suuremman avustustarpeen kattamiseen <sup>101</sup>.

Vihreän vedyn ja muiden fossiilittomien raaka-aineiden avulla tuotetut merenkulun ja muun liikenteen polttoaineet muuttavat meriliikenteen ja teollisuuden toimintaympäristöä merkittävästi. Toisaalta fossiilittomat polttoaineet tulevat todennäköisesti nostamaan meriliikenteen kustannuksia, toisaalta fossiiliton sähkö ja sen avulla tuotettu vihreä vety luovat merkittäviä teollisia investointeja erityisesti Pohjanlahden alueelle. Tämä tulee muuttamaan myös alueen meriliikenteen määrää ja aluskokoja. Jäänmurtaja on kokonsa nähden suuritehoinen alus, joka kuluttaa paljon polttoainetta ja tästä syystä käytetyn polttoaineen energiasisältö on oleellinen. Jäänmurtajien toiminta-alueen rajoittuessa Pohjoiselle Itä-

merelle, on fossiilittomien ja vaihtoehtoisten polttoaineiden saatavuus Suomessa ja etenkin Perämerellä merkittävä tekijä, teknisen soveltuvuuden lisäksi <sup>101</sup>.

Talvimerenkulussa eletään muutoksen aikaa. Jäänmurtaja-avustustarve kasvaa, kun kaupapalaivaston jäissäkulkukyky heikkenee kiristävän ympäristösääntelyn takia. Lisäksi leudot talvet ovat yleistyneet ja niille tunnusomaiset kovat tuulet aiheuttavat suuria haasteita kauppalaivastolle. Trendi laivaston koossa on ollut kasvava, toisaalta tavaravirtojen ja raaka-aineiden suuntien muutokset kansainvälisen markkinan muutosten seurauksina saattavat johtaa myös laivausten määrien kasvuun ja käytetyn kaluston koon pienenemiseen <sup>101</sup>.

## Energiatehokkuusvaatimukset muokkaavat alusteknologiaa

IMO:n alusten energiatehokkuusvaatimukset (EEDI ja EEXI), alusten hiili-intensiteettimäärittely CII sekä seurantajärjestelmä SEEMP edellyttävät aluksilta jatkuvasti paranevaa energiatehokkuutta. Lisäksi IMO valmistelee erilaisia lyhyen tähtäimen päästövähennykeinoja, jotka vaikuttavat merenkulun markkinaan. Erityisesti EEXI ja hiili-intensiteetin (CII) määrittely ovat Suomen merenkululle haasteellisia mm. talvimerenkulun vuoksi. Suomen ulkomaan meriliikenteestä pääosa hoidetaan jäävahvisteisilla aluksilla, jotka kuluttavat enemmän energiaa kuin avoveteen suunnitellut alukset <sup>31</sup>.

EU sisällyttää merenkulun osaksi EU ETS-päästökauppamekanismia asteittain 2024–2026 siten, että EU:n sisäinen liikenne on mukana päästökaupassa 100-prosenttisesti ja EU:n ulkopuolelle suuntautuva liikenne 50-prosenttisesti; mukana ovat kaikki yli 5 000 GT:n alukset. Talvimerenkulun osalta päästökaupassa huomioidaan alusten jäävahvisteisuus väliaikaisen siirtymäajan pituisesti, mutta ei jäissä kulusta aiheutuvaa lisäkulutusta. Kasvihuonekaasuista huomioidaan hiilidioksidin lisäksi vuodesta 2026 lähtien myös metaani ja typpioksiduuli <sup>31</sup>.

EU:n energiaverodirektiivin uudistus tulee toteutuessaan nostamaan merenkulun ja erityisesti Suomen ulkomaankaupan kuljetuskustannuksia jo lyhyellä aikavälillä. Myös FuelEU Maritime -aloitteen keskipitkän ja pitkän aikavälin tavoitteet merenkulun polttoaineiden hiilisisällölle ovat Suomelle vaikeita. Biopolttoaineet ovat käytännössä ainoa teknisesti ja kaupallisesti valmis ratkaisu polttoaineiden hiilisisällön alentamiseksi. Niiden tuotantomäärä ja -potentiaali on kuitenkin hyvin rajallinen <sup>31</sup>.

Suomen merenkululle haasteellisimmat kohdat liittyvät mahdollisuuteen harjoittaa jatkossakin talvimerenkulkua siihen soveltuvalla, mutta samalla sääntelymukaisella kalustolla. Tilanne on jo johtanut siihen, että nyt Suomen liikenteeseen tilataan aluksia, joiden jäissäkulkukyky on aiempaa heikompi. Samalla alusten keskikoko on ollut kasvussa, ja niiden leveys voi ylittää nykyisten jäämurtajien tekemän rännin leveyden. Vaikeina jäätalvina ongelmat tulevat korostumaan erityisesti Perämeren liikenteessä <sup>31</sup>.

Merenkulussa tutkitaan tällä hetkellä monia vaihtoehtoisia polttoaineita, joilla voidaan korvata nyt käytössä olevia fossiilisia polttoaineita. Siirtymävaiheessa LNG on noussut merkittäväksi alusten polttoaineeksi, sillä sen avulla meriliikenne on pystynyt saavuttamaan tiukentuneet rikkirajoitukset. Koska LNG kuuluu fossiilisiin polttoaineisiin, se pitää pidemmällä aikavälillä korvata synteettisillä polttoaineilla, metanolilla, ammoniakilla tai biokaasulla. Tällä hetkellä näiden polttoaineiden saatavuus ei kuitenkaan ole riittävä, jotta niillä voitaisiin korvata fossiilisia polttoaineita. Vaihtoehtoisia polttoaineita varten on myös rakennettava ja luotava kuljetus- ja jakeluinfraa. Saatavuuden lisäksi ratkaistavana on erilaisia alusteknologiaan liittyviä kysymyksiä <sup>31</sup>.

## Kasvava aluskoko haastaa infrastruktuuria

Suomen satamiin saapuneiden alusten keskimääräinen koko on kasvanut. Varsinkin risteily-, ro-ro-matkustaja-, ro-ro -lasti- ja konttialusten pituus ja leveys ovat kasvaneet

suhteessa enemmän kuin syväys, ja kasvun odotetaan edelleen jatkuvan. Tämä aiheuttaa tarvetta siirtää väyläsuunnittelun ja väyliä kehittämishankkeiden painopistettä väylän leveyteen ja geometriaan, jotta voidaan varmistaa turvallinen ja sujuva liikenne vesiväylillä jatkossakin. Aluskoon kasvaessa alusten tuulipinta-ala on entisestään kasvanut, mikä vaikeuttaa navigointia ahtailla väylillä. Väyliä geometrian parantamiselle on tämän takia tarve: jyrkkiä mutkia pitää loiventaa ja kääntöalueita leventää. Väylän syventäminen ei myöskään saa johtaa väylän kaventamiseen, vaan väyliä kapeita osuuksia pitäisi leventää<sup>101</sup>.

Talvimerenkulku ja alusten jäissäkulkukyky on oleellinen osa aluskaluston kehitystä. Uusien alusten kohdalla panostetaan yhä vähemmän itsenäiseen jäissäkulkukykyyn ankarimmisissa olosuhteissa. Poikkeuksen muodostavat ro-ro-lasti- ja ro-ro-matkustaja-alukset, joiden pitää pystyä liikennöimään aikataulunsa mukaisesti ja jotka kuljettavat niin arvokasta lastia, että aluksen rakentaminen ylimpään jääluokkaan on kannattavaa kalliimmista rakennus- ja operointikustannuksista huolimatta. Aluksilla on suurista nopeuksista ja hotellikuormista johtuen joka tapauksessa suuret koneistot, jotka parantavat jäissäkulkukykyä. Aluskoon ja erityisesti alusten leveyden kasvu tuo haastetta jäänmurtoon, sillä murtajan avaama ränni ei riitä leveään ro-ro-aluksen omatoimiseen etenemiseen kovissa jääolosuhteissa. Lisäksi uusien alusten rungot optimoidaan polttoainesäätöjen takia avoosiin ja vaikka tehoa onkin suhteellisen paljon, saattaa rungon muoto toisaalta heikentää jäissäkulkukykyä. Aluskannan koon kasvu ja muutos heijastuu myös vahvasti jäänmurtajakaluston kehittämistarpeisiin<sup>101</sup>.

## Automaatio kehittyy

Merenkulun automaation tavoitteena on parantaa laivojen operatiivista tehokkuutta, alentaa kustannuksia, lisätä turvallisuutta ja vähentää ympäristövaikutuksia. Se voi myös auttaa vähentämään inhimillisiä virheitä ja siitä johtuvia onnettomuuksia ja sitä kautta myös ympäristöriskejä. Kuitenkin on odotetta-

vissa, että merenkulun automaation laajuus ja toteutus tulevat vaihtelevaan erilaisten alusten ja alueiden välillä<sup>101</sup>. Avovesiolosuhteissa toimivan automaation soveltaminen jäissä kulkuun lisää myös uusia haasteita ja vaikeusasteita toimivien ja turvallisten ratkaisujen löytämiseksi.

Automaation kehittyminen tulee asettamaan uusia tarpeita myös väyläinfrastruktuurille. Uusien älykkäiden turvalaitteiden avulla voidaan kerätä ja välittää aluksille väylänavigoinnin kannalta merkittäviä tietoja. Uuden luotsauslain mahdollistama etäluotsaus ja siihen liittyvät kokeilut tulevat osaltaan myös luomaan ensimmäisiä uusia käyttötarpeita älykkäille turvalaitteille ja väyläpalveluille<sup>101</sup>.

Liikenteen automaatiotason noustessa turvalaitteiden merkitys muuttuu ja monikäyttöisyys korostuu. Koneellisen paikanmäärittäksen luotettavuus ja suositellun kulkureitin osoittaminen korostuvat tulevaisuudessa. Paikannuksessa tulee korostumaan useamman vaihtoehdoisen paikannusmenetelmän hyödyntäminen ja mahdollisten ensisijaisten navigaatiojärjestelmien häiriötilanteisiin varautuminen. Automaatiotason noustessa turvalaitteiden tulee samanaikaisesti täyttää myös alemman automaatiotason väylänkäyttäjien tarpeet ja vaatimukset. Turvalaitteisiin liitetään lisätoiminnallisuuksia tukemaan digitaalisia väyläratkaisuja, ns. älykkäitä turvalaitteita. Turvalaitteita hyödynnetään esimerkiksi olosuhdetiedon keräämiseen ja tiedonsiirtoratkaisuihin. Kelluvien turvalaitteiden osalta automaation tarpeet on huomioidava jo valmistusvaiheissa. Jälkiasenteiset ratkaisut ovat vaikeita tai lähes mahdottomia ja energiaratkaisut rajatut. Mitä laajempi älykkäiden turvalaitteiden verkosto on, sitä tarkempaa olosuhdetilannekuvaa tai kattavampaa tiedonsiirtoverkkoa on mahdollista muodostaa. Älykkäät turvalaitteet ovat perinteisiä turvalaitteita huomattavasti kalliimpia, minkä vuoksi automaation tarpeiden tulee olla selvillä<sup>101</sup>.

## Osaajapula uhkaa

Pätevyyden omaavan suomalaisen kansipäällystön (merikapteenit ja perämiehet) määrä on supistunut viime vuosina selvästi, eikä muutosta näytä selittävän muutokset Suomen aluskannassa. Yksittäistä syytä kansipäällystön pätevyyksien määrän laskuun ei ole, vaan tilanne on kehittynyt eri syiden yhteisvaikutuksena. Suuria ikäluokkia on eläköitynyt ja pätevyyskirjan uusimisen vaatimukset ovat tiukentuneet, lisäksi henkilöitä on poistunut aktiivisesta merityöstä tai kokonaan alalta. Meripäällystön pätevyyskirjojen omaavien ikäjakauma on lisäksi vahvasti yläpainoinen, mikä haastaa tilannetta jatkossakin <sup>31</sup>.

Pieni ja nopeasti vähenevä suomalaisten aktiivimerenkulkijoiden määrä nostaa esiin kysymyksen suomalaisten merenkulkijoiden riittävydestä merenkulun eri tehtäviin lähitulevaisuudessa. Merenkulkualan oppilaitoksia on Suomessa neljä (Kotkassa, Raumalla, Turussa ja Maarianhaminassa), mutta alan koulutusmäärät ovat kokonaisuutena pienet. Merenkulkualan osaamista tarvitaan lisäksi muun muassa merenkulun hallinnossa, VTS-palveluiden tuottamisessa, luotsaustoiminnassa ja jäänmurrossa. Näin ollen varustamoita kohtaava pula osaavista ja pätevistä työntekijöistä näkyy viimeistään vuosikymmenen lopulla myös näissä tehtävissä <sup>31</sup>.

### 6.3.5 Merituulivoiman vaikutukset

Merituulivoimapuistojen rakentaminen vaikuttaa väistämättä meriliikenteeseen. Nykytilanteessa alukset valitsevat olosuhteiden salliessa suorimman mahdollisen reitin; jos tuulivoimapuiston takia reittivalintaa pitää muuttaa pidemmäksi, se vaikuttaa polttoaineen kulutukseen ja sitä kautta aluksen päästöihin ja kustannuksiin.

Väylävirasto ja Traficom julkaisivat marraskuussa 2023 yhteisen ohjeen merituulivoiman ja merenkulun sekä merenkulun infrastruktuurin yhteensovittamisesta. Vaikutukset ja keskeisimmät yhteensovittamisen haasteet vaihtelevat osin sen mukaan, tarkas-

tellaanko aluevesiä rannikon läheisyydessä vai avomerialueita talousvyöhykkeellä. Jos tuulivoimapuisto sijoittuu väylän tai alusten liikennöntialueen läheisyyteen, voimat voivat aiheuttaa haittaa alusten paikannus- ja tutkajärjestelmille, merenkulun langattomille viestintäverkoille sekä meriliikenteen ohjauksen tutkavalvonnalle. Lisäksi uhkana on, että merenkulun ja väyliä käytön turvallisuus heikenee. Ulkomerelle sijoittuvat hankealueet ovat tyypillisesti laajempia alueiltaan, mistä voi aiheutua lisäksi merkittäviä vaikutuksia merenkulun käyttämiin reitteihin etenkin kovissa tuuli- ja jääolosuhteissa. Talvimerenkulun osalta uhkana on myös avustustarpeen ja -tehtävien lisääntyminen, kun operointialueet pienenevät <sup>84</sup>.

Merituulivoimahankkeiden liikenteellisiä vaikutuksia arvioidaan osana ympäristövaikutusten arviointia. Hankekohtaisessa arvioinnissa otetaan kantaa muun muassa siihen, mitä vaikutuksia hankkeen rakentamisen- ja tuotannon aikainen liikenne aiheuttavat. Hankkeiden ja voimaloiden sijoittelussa tulee ottaa huomioon sekä väyläalueet ja niiden päät, että merenkulun liikennöntialueet. Lähtökohtaisesti tuulivoimaloiden ja väyläalueiden, ankkurointialueiden sekä merenkulun suoja- paikkojen välille tulisi mitoittaa vähintään 1,5 kilometrin suojaetäisyys, joka voi talvimerenkulun kannalta hankaliksi tiedetyillä alueilla olla suurempikin. Ulkomerellä merenkulun liikennöntialueiden, väyliä lähestymisalueiden sekä reittijärjestelmien ja tuulivoimatuotannon alueiden välinen etäisyys tulee olla lähtökohtaisesti 1–3 merimailia. Tarkempi etäisyys on harkittava tapauskohtaisesti perustuen mm. hankealueen sijaintiin, talvimerenkulun toimintaedellytysten varmistamiseen sekä muiden merituulivoima-alueiden yhteisvaikutuksiin alueen merenkululle. Sijaintikysymyksiä voidaan tarkastella tarkemmin hanke- ja voimalakohtaisesti yhteistyössä Väyläviraston ja Traficomien kanssa jo esisuunnitteluvaiheessa.

Lisäksi hankkeilla voi olla vaikutuksia VTS-tutkien toimintaan ja merenkulun turvalaitteiden ja kiintopisteiden näkymiseen. Merituulivoimapuistot ja niiden yksittäiset rakenteet



voivat aiheuttaa merenkulun tutkille (alus-  
ten tutkajärjestelmät, liikenteenohjauksen  
VTS-tutkat) ja paikannusjärjestelmille häiriö-  
vaikutuksia, jotka pahimmillaan haittaavat  
signaalien tulkintaa. Merenkulun tutka- ja  
paikannusjärjestelmien toimiminen luotetta-  
vasti on olennainen osa merenkulun yleisen  
turvallisuuden ylläpitoa. Merituulivoimat voi-  
vat häiritä myös radiojärjestelmien signaalien  
kulkemista ja vastaanottoa sekä langattomien  
viestintäverkkojen toimintaa, joiden häiriö-  
tön toiminta on keskeisessä asemassa muun  
muassa meriturvallisuuden ylläpidossa. Näitä  
vaikutuksia voidaan arvioida kuitenkin vasta  
myöhemmässä suunnitteluvaiheessa, kun  
tuulivoimapuiston voimallasijainnit tiedetään  
tarkemmin.

Haitallisia vaikutuksia voidaan myös poistaa  
lisäämällä alueelle tarvittaessa uusia tutka- ja  
turvalaitteita. Toisaalta voimat voivat tar-  
jota myös uusia kiintopisteitä navigointiin.  
Vaikutuksia on mahdollista vähentää myös  
muun muassa huomioimalla riittävä etäisyys  
merenkulun käyttämien alueiden ja merituu-  
livoimaloiden välillä sekä huomioimalla ole-  
massa oleva rannikon tutka- ja viestintäverkko  
sekä laajentamalla tutkaverkostoa tarvittavin  
osin, jolloin meriliikenteenohjauksen valvon-  
ta-alueita on mahdollista laajentaa nykyistä  
ulommaksi kohti ulkomerta.

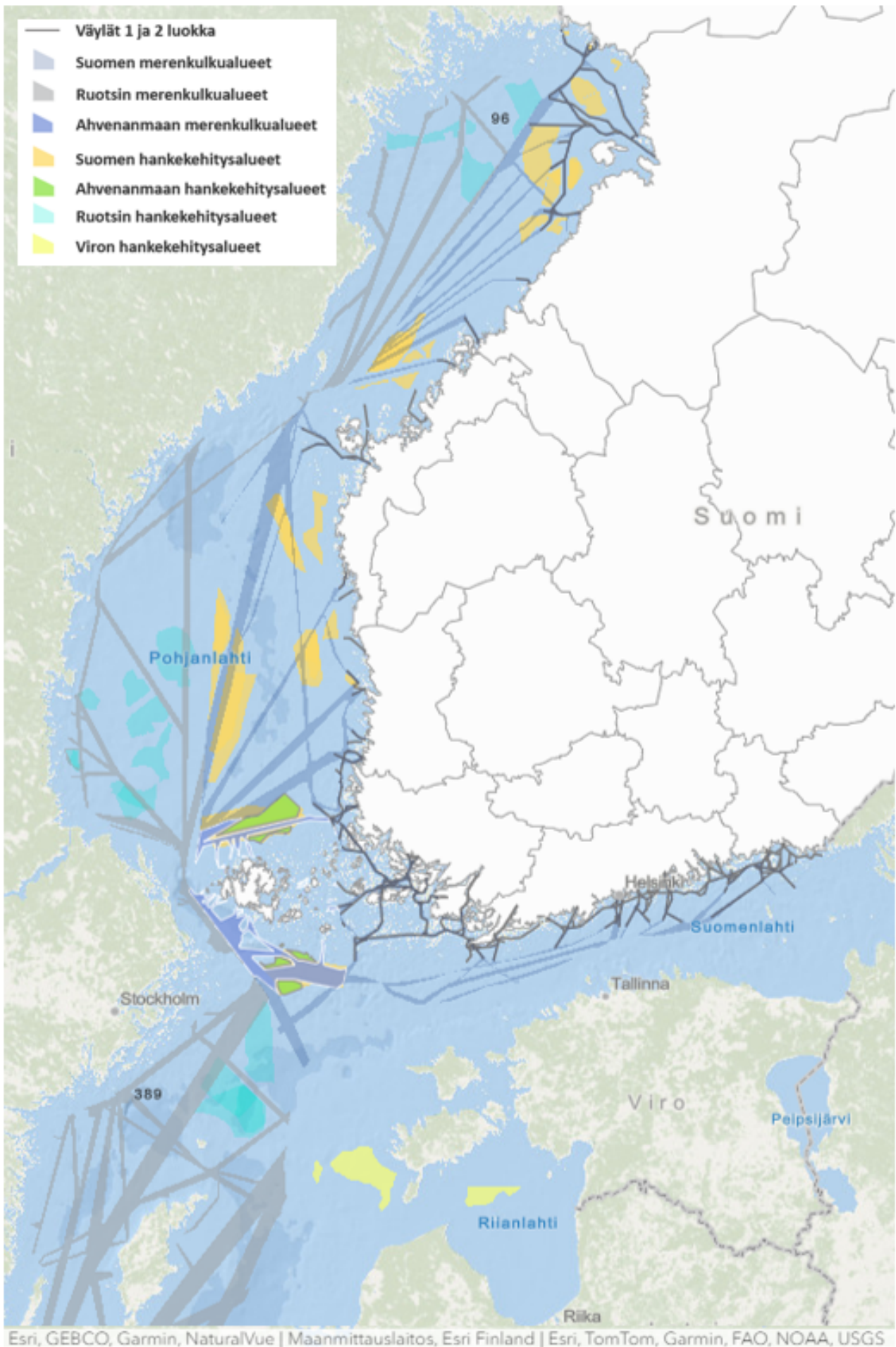
Vaikeimmat kysymykset merituulivoiman  
vaikutuksista liittyvät hankkeiden yhteisvai-  
kutuksiin. Kun merituulivoimapuiston suun-  
nitteluvaiheessa huomioidaan merenkulku ja  
sen toimintaedellytykset, yksittäisen puiston  
rakentamisella ei välttämättä ole merkittäviä  
vaikutuksia meriliikenteelle. Jos merituulivoi-  
mapuistoja taas rakennetaan useita lähekkäin,  
merenkulun käytössä olevat alueet voivat  
kaventua merkittävästi. Pohjanlahdella on  
myös Ruotsin puolella suunnitteilla merkittävä  
määrä merituulivoimahankkeita, jotka pitää  
myös ottaa huomioon, kun arvioidaan vaiku-  
tuksia meriliikenteelle. Nyt selvityksessä Sel-  
kämerelle on esimerkiksi molempien maiden  
talousvyöhykkeillä alueita, joiden toteutuessa  
merenkululle jäisi ulkomerellä pitkä kapea  
käytävä. Myös aluevesien ja talousvyöhykkeen  
rajoille suunniteltavien merituulivoima-aluei-

den väliin voi syntyä liikennöintikäytäviä.  
Liikennöntialueiden kaventuminen tiivistää  
liikenteen kapeammille alueille, millä voi olla  
vaikutuksia sekä liikenteen sujuvuuteen että  
onnettomuuksien todennäköisyyteen. On-  
nettomuuksien todennäköisyys nostaa myös  
ympäristövahinkojen riskiä. Myös liikennöin-  
tiväylien risteyskohdat korostuvat lisäten  
samoja riskejä.

Merenkulun alueiden kaventuessa luotsauk-  
sen, myös itämerenluotsauksen, tarve voi kas-  
vaa. Reittijärjestelmän perustamisella voidaan  
järjestää merenkulun turvallinen liikennöinti  
alueella, jossa tuulivoimapuistot sijaitsevat  
vilkkaasti liikennöidyn merenkulun liikennöin-  
tialueen molemmin puolin. Mutta koska alus-  
ten tulee kulkea määriteltyä reittiä pitkin, esi-  
merkiksi reittijakojärjestelmän perustaminen  
ei ole todennäköisesti tarkoituksenmukaista  
pohjoiselle merialueelle, jossa jääolosuhteet  
vaikuttavat merkittävästi merenkulun käyttö-  
miin reitteihin <sup>84</sup>.

Keskeinen yhteisvaikutusten huoli liittyykin  
talvimerenkulkuun ja sen toimintaedellytyk-  
siin. Jo edellisessä luvussa esitetyt yleiset  
kehityskulut ovat lisäämässä jäänmurtopal-  
veluiden tarvetta, ja merituulivoiman lisää-  
minen lisää sitä todennäköisesti entisestään.  
Saariston kiintojään ulkopuolella jää on lähes  
poikkeuksetta aina liikkeessä. Aluksia ei voi  
jättää merituulivoimaloiden läheisyyteen jää-  
kenttään mahdollisesti ajautumaan sen muka-  
na, jolloin syntyy riski törmätä voimaloihin <sup>101</sup>.  
Laajojen tai vierekkäisten tuulivoimapuisto-  
jen johdosta aluksille turvallisia ja soveltuvia  
odotusalueita etenkin Perämerellä voi joutua  
osoittamaan huomattavan kauaksi avoimelle  
merialueelle, joka osaltaan sitoo myös jään-  
murtajakapasiteettia yhä pidemmille avustus-  
matkoille <sup>87</sup>. Jään määrä myös aina lisääntyy,  
kun jääkenttään syntyy tai tehdään avovesi-  
raily ja se jäätyy uudelleen.

Tuulivoimapuiston edustan talvimerenku-  
lun sujuvuutta on mahdollista parantaa mm.  
jäiden liikkumisen seurantaan soveltuvien  
kameroiden ja/tai tutkien lisäämisellä tuuli-  
voimaloiden rakenteisiin, jolla parannetaan  
jäätilanteen kokonaiskuvan seurantaa sekä



**Kuva 37.** Merenkulun alueet ja hankealueet.

mahdollistetaan jäänmurtoavustustarpeen oikea-aikaista kohdentamista alueelle <sup>87</sup>.

Keskeinen haaste arvioidessa vaikutuksia talvimerenkululle liittykin kokonaisuuden hahmottamiseen: merituulivoimalat ja -puistot vaikuttavat todennäköisesti myös merijään olomuotoon ja käyttäytymiseen, mutta sen mallintamiseksi tarvittaisiin lisää tutkimustietoa sekä oletus siitä, mille alueille voimaloita lopulta rakennetaan.

Vaikka merituulivoiman ja meriliikenteen yhteensovittamisessa on vielä runsaasti ratkotavia haasteita, on niiden välillä löydettävissä myös synergioita. Merituulivoiman linkittymisen vahvasti vedyn ja sen jatkojalosteina myös erilaisten fossiilittomien polttoaineiden tuotantoon tukee meriliikenteen päästövähennystavoitteiden saavuttamista.

Samoin uuden merellisen toimialan kasvu voi tukea merenkulkualan houkuttelevuutta. Merituulivoima tarvitsee rakentamisen ja tuotannon aikana yhtä lailla merenkulkualan vahvaa osaamista ja työvoimaa, joten uusien ikäluokkien houkuttelevuus alan opintojen ja töiden pariin on varmasti yhteinen tavoite.

## 6.4 Meriteollisuus

### 6.4.1 Meriteollisuuden nykytila

Suomen koko meriklusterin suurin ajuri on meriteollisuus. Suomen meriteollisuus muodostuu meritekniikan alan laitevalmistajista, kokonaistoimittajista, suunnittelutoimistoista, ohjelmisto- ja järjestelmätoimittajista sekä laivanrakennus-, korjaus- ja offshore-telakoista. Vuonna 2020 alalla toimi noin 1100 yritystä ja se työllisti noin 25 000 henkilöä. Noin 7,7 miljardin euron liikevaihdosta noin 90 % kohdistui vientiin <sup>83</sup>.

Meriteollisuudella on Suomessa pitkät perinteet, ja sen merkitys myös suomalaiselle kansantaloudelle on ollut vahva. Koronapandemia aiheutti kuitenkin alalle merkittäviä vaikeuksia; vaikutukset näkyivät etenkin

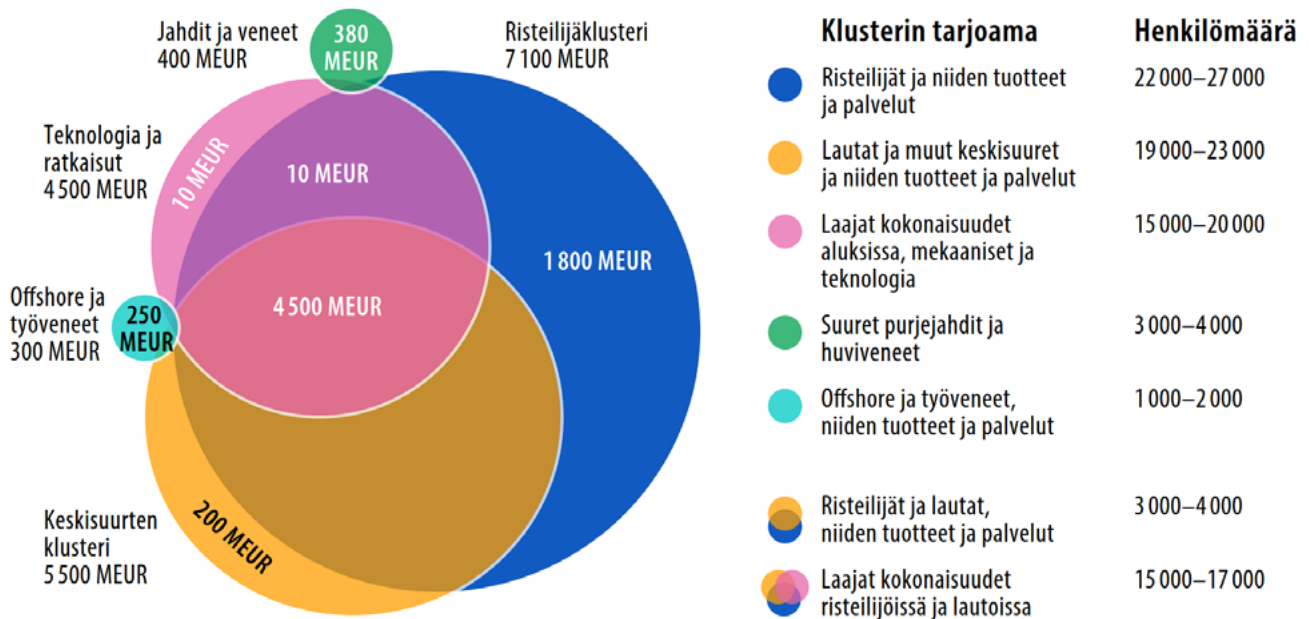
risteilyliiketoiminnan hiipumisen kautta. Työ- ja elinkeinoministeriön selvityksen (2021) <sup>88</sup> mukaan jo ennen koronapandemiaa meriteollisuudelle aiheutui merkittäviä haasteita kansainvälisen kaupan esteiden, lisääntyneen protektionismin ja kiristyvien ympäristövaatimusten sekä telakoiden ylikapasiteetin takia. Samaan aikaan on huomattava, että kiristyvät ympäristövaatimukset voivat tuoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia etenkin teknologia- ja laitetuottajille, suunnittelijoille sekä digitaalisten ratkaisujen kehittäjille.

Suomen meriteollisuudessa korostuvat risteily- ja keskisuurten alusten keskittymät sekä teknologia ja ratkaisut -keskittymä. Sen sijaan offshore ja työveneet -keskittymän koko on näihin verrattuna vaatimattoman kokoinen.

Meriteollisuuden kattava kotimainen ekosysteemi koostuu yli tuhannesta monipuolisesta yrityksestä, jotka kattavat eri kokoja ja erikoistumisaloja. Vaikka COVID-19-pandemian ja Ukrainan sodan peräkkäiset kriisit ovat johtaneet korkeaan inflaatioon, Suomen meriteollisuus pysyy joustavana ja jatkaa menestystään. Yritykset ovat osoittaneet taitoa ylläpitää kannattavuutta tulokasvun hidastumisesta huolimatta. Lisäksi suomalaiset meriteollisuusyritykset ovat erittäin kilpailukykyisiä ja osoittavat aktiivista pyrkimystä kansainväliseen laajentumiseen <sup>28</sup>.

Vuonna 2022 Suomessa oli kymmenen telakkaa, joista valtaosa on uudisrakennustelakoita. Näistä neljä suurinta, Helsinki, Turku, Uusi-kaupunki ja Rauma, ovat elintärkeitä Suomen meriteollisuudelle. Arviolta kaksi kolmesta meriteollisuuden yrityksestä tekee suoria myyntiyhteyksiä näiden telakoiden kanssa. Suuret telakat ovat myös merkittäviä alan kehityksen ajureita. Ydinliiketoimintansa lisäksi nämä yritykset harjoittavat monipuolista liiketoimintaa sekä kotimaassa että kansainvälisesti. Tämä toiminnan monimuotoisuus vahvistaa ekosysteemin joustavuutta ja lieventää riippuvuutta muutamasta ostajasta. <sup>28</sup>

Meriteollisuus kohtaa merkittävän haasteen työvoimapulan muodossa. Lisäksi viimeaikaisen kriisin jälkeen teollisuuden sisäiset toimi-



**Kuva 38.** Meriteollisuuden keskittymät <sup>88</sup>.

tusketjut ovat kokeneet merkittäviä muutoksia; trendi, jonka odotetaan jatkuvan.

Vaikka meriklusteri on tällä hetkellä hyvässä kunnossa ja sillä on vahva taipumus kansainväliseen kasvuun, sen tuleva menestys riippuu vahvasti maailmanlaajuisista suuntauksista ja taloudellisesta kehityksestä, koska uusien tilausten vastaanotto on ratkaisevan tärkeää pitkän aikavälin menestykselle <sup>28</sup>.

## 6.4.2 Tulevaisuuden näkymät

Erityisesti teknologioiden ja ratkaisujen osalta digitalisaation ja ympäristöystävällisyyden hyödyntäminen ovat nostaneet suomalaisia toimijoita johtavaan asemaan. Keskittymän kilpailukyvyyn turvaaminen on tunnistettu tärkeäksi koko meriteollisuuden elinvoiman kannalta.

Koska meriteollisuus toimii ennen kaikkea globaaleilla markkinoilla, tulevaisuuden kehitykseen vaikuttavat muun muassa yleinen talouskehitys, globaalien toimitus- ja arvoketjujen kehitys sekä valtioiden mahdollisesti harjoittama protektionismi.

Meriteollisuus on korkean teknologian toimiala, joka on ottanut tavoitteekseen olla roolimalli uusien teknologioiden käyttöönotossa. Loppuvuodesta 2023 päivitetystä Merik-

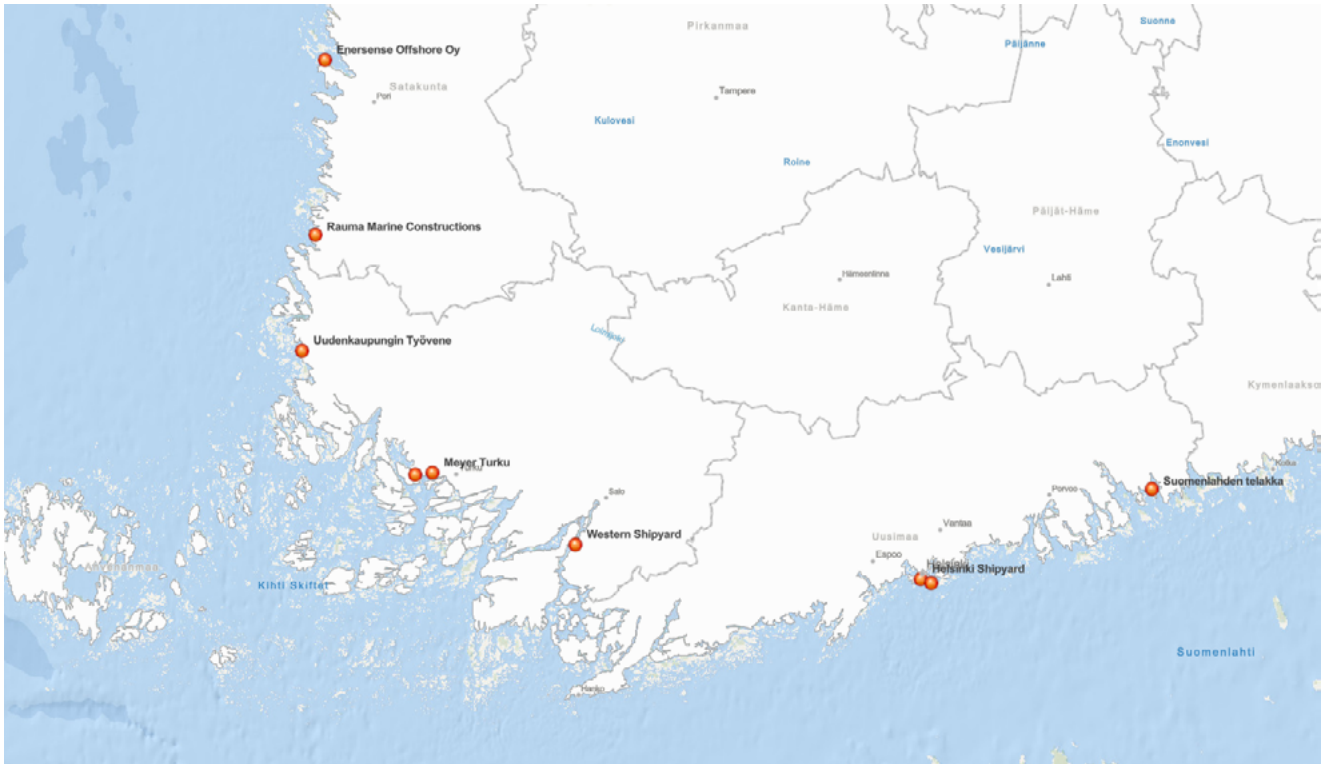
lusterin Strategisessa tutkimusagendassa 2025 mainitaan tulevaisuuden visioina muun muassa autonominen meriliikenne, kestävästi rakennetut ja operoidut elämykselliset risteilylaivat ja arktisen osaamisen suurvalta-aseman hyödyntäminen.

## 6.4.3 Merituulivoiman vaikutukset

Merituulivoiman kehittäminen ja rakentaminen tarjoaa suuren potentiaalin suomalaiselle meriteollisuudelle. Arktisiin oloihin rakennettaviin merituulivoimapuistoihin liittyy vielä monta ratkaistavaa kysymystä, joihin nimenomaan suomalaisella osaamisella voidaan löytää ratkaisuja. Merituulivoimalla voi olla suuri positiivinen vaikutus meriteollisuuden konseptikehitykselle ja investoinneille.

Merituulivoimahankkeet vaativat runsaasti erilaista aluskapasiteettia. Kysyntä kasvaa sekä erikoisaluksille että esimerkiksi erilaisissa tutkimuksissa tarvittaville tutkimusaluksille. Laivanrakentajien ja niitä tilaavien varustamojen näkökulmasta turbiinien tekninen kehitys luo kuitenkin haasteita kysynnän ennakointiin: markkinoille voi suhteellisen lyhyellä aikataululla tulla uusi turbiinisukupolvi, jolla on korkeammat vaatimukset kuin edellisillä, tehden aikaisemmille sukupolville mitoitetuista aluksista mahdollisesti liian pieniä. Erikoisalusten kohdalla suunnittelu- ja





**Kuva 39.** Telakat Suomessa

rakennusprosessiin menee joka tapauksessa vuosia, jolloin näkymän tulevaisuuden kysynnästä sille pitää olla vahva.

Tuulivoimapuistojen tuotantoaikana ratkaisutavaksi tulee myös huolto- ja logistiikkapalvelut. Niillä on toimintaan kustannusvaikutus; jäätyvän meren olosuhteet aiheuttavat myös huoltotoiminnalle haasteita, joita ei ole muilla merialueilla vielä ratkaistu. Tämä jättää tilaa myös innovoinnille ja voi siten tarjota suomalaiselle meriteollisuudelle mahdollisuuksia yhdistää arktista osaamista ja luoda uusia tuotteita ja palveluita.

Lisäksi mahdollinen lisäkapasiteetti jäänmurtoon näkyisi todennäköisesti tilauksina suomalaisilla telakoilla. Tulevaisuuden jäänmurtajien kyvykkyydet ovat myös mahdollisuus; alusten käyttötarkoituksen laajentaminen muihinkin tehtäviin kuten huoltoon tai öljyntorjuntaan mahdollistaisi niiden käytön myös jäättöminä aikoina.

Laivanrakennuksen lisäksi itse tuulivoimaloiden perusratkaisujen kehittämisessä on liiketoimintapotentiaalia suomalaisille meriteollisuuden toimijoille. Itämeren pohjan laatu

ja jääolosuhteet vaativat esimerkiksi Pohjanlahdelle asennettavilta kiinteiltä perustoilta erilaisia ominaisuuksia. Tässäkin arktinen osaaminen on suomalaisen meriteollisuuden vahvuus.

Itämeren alueen merituulivoimarakentamisen volyymilla ja ajoittumisella on varmasti vaikutus siihen, miten voimakkaasti suomalaiset meriteollisuuden toimijat lähtevät kehittämään ratkaisuja ja investoimaan. Jo nykyisessä tilanteessa yrityksiä on lähtenyt mukaan kehitystyöhön, mutta ennustettava toimintaympäristö kannustaisi kehittämiseen vielä enemmän. Lisäksi uusia teknologioita ja ratkaisuja pitäisi pilotoida; rahoitustuki pilotteihin ja testaamiseen auttaisi uusien innovaatioiden kehittämisessä.



## 6.5 Merellinen kaivannaisteollisuus

### 6.5.1 Nykytila

Muun muassa kasvava akkumetallien, kuten nikkelin ja koboltin, tarve on herättänyt kiinnostusta merenpohjien mineraaliesiintymiin. Syvänmeren kaivostoimintaa haastaa sekä huoli vaikutuksista ekosysteemeihin että toiminnan korkeat kustannukset. Siksi kiinnostus on kohdistunut matalien merialueiden mineraalien hyödyntämiseen, joka teknisesti voitaisiin tehdä esimerkiksi imuruoppaamalla. Kaivosteollisuuden ympäristövaikutuksia matalilla merialueilla ei kuitenkaan vielä tunneta<sup>36</sup>.

Suomen merialueilla mineraaleja on rautamanganisaostumissa, jotka sisältävät pääosin rautaa, mangaania ja fosforia sekä muita metalleja. Niistä tekee kiinnostavia teollisuudelle korkea kobolttipitoisuus sekä saostumien sisältämät nikkeli ja harvinaiset maametallit. Esiintymät ovat myös melko yleisiä, niitä arvioidaan löytyvän 11–20 prosentista Suomen meripinta-alasta. Saostumia on kuitenkin tutkittu melko vähän ja niiden määrästä, mineraalipitoisuudesta ja merkityksestä Itämeren ekosysteemille ei ole kattavaa tietoa. Vaikka matalien merialueiden mineraaleilla voitaisiin ratkaista kohtalaisen helposti osa kasvavista materiaalitarpeista, toiminnan ruoppaustoimintaan rinnastuvat ympäristövaikutukset on syytä arvioida tarkkaan<sup>36</sup>.

Metallien lisäksi merelliseen kaivannaisteollisuuteen voidaan lukea mukaan merenpohjan hiekan- ja soranotto. Merihiekkaa on toistaiseksi käytetty Suomessa vähän, mutta maa-ainesvarantoja on kartoitettu jo 1950-luvun lopulta lähtien. Hyödyntämiskelpoiset varannot sijaitsevat pääasiassa jäätikön sulamisvaiheessa syntyneiden harjujen merenalaisissa jatkeissa ja reunamoreanimuodostumissa. Vähäisiä määriä hyödyntämiskelpoista ainesta voi esiintyä myös moreeni- tai eroosiohiekkakerrostumissa. Hyödyntämiskelpoisuuteen rakentamisessa vaikuttaa muun muassa maa-aineksen pyöristymisen ja lajittuneisuus eli tasarakeisuus<sup>106</sup>.

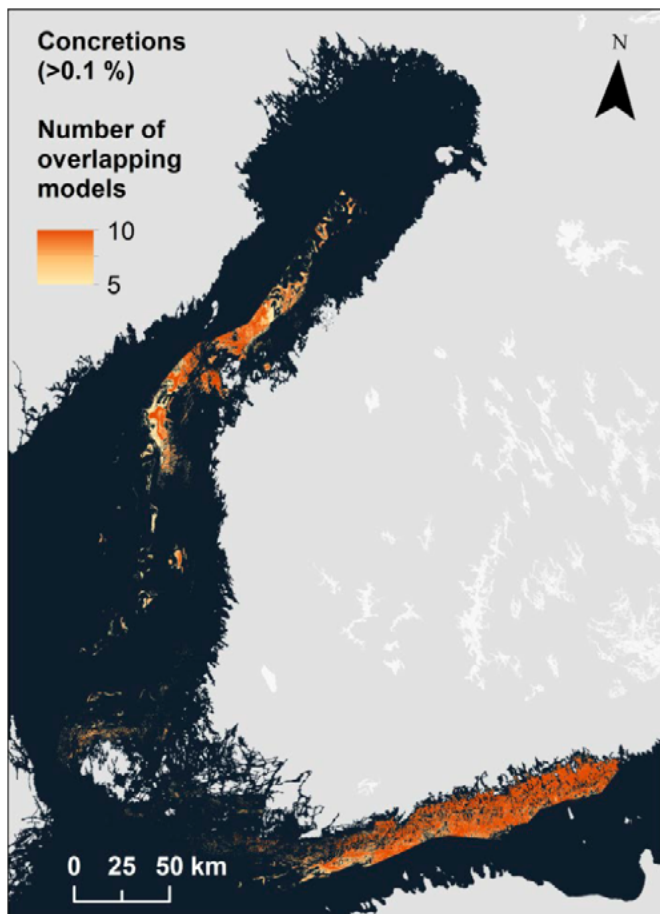
Suomen aluevesiltä on kartoituksissa löydetty noin 30 merkittäviä kiviainesvarantoja sisältävää aluetta. Talousvyöhykkeellä kartoituksia on toistaiseksi tehty vain vähän, mutta on todennäköistä, että käyttökelpoista kiviaineista löytyy myös sieltä. Varantoja kartoitettaessa ei ole otettu kantaa vielä siihen, liittyykö niiden hyödyntämiseen rajoituksia esimerkiksi luonnonsuojelun tai puolustusvoimien toiminnan kannalta<sup>106</sup>.

Merihiekkaa on toistaiseksi käytetty Suomessa lähinnä täyttömassana rannikolle sijoituvissa suurissa rakennushankkeissa. Käyttö voi olla perusteltua etenkin tilanteissa, joissa merihiekan ottoalue sijaitsee lähempänä kuin maa-alueella sijaitsevat varannot. Sen hyödyntämistä betonin raaka-aineena on tutkittu, mutta laajempi hyödyntäminen edellyttää vielä lisäselvityksiä. Käytön lisääminen edellyttäisi myös jalostusketjun kehittämistä<sup>106</sup>.

Ruotsissa tehtyyn selvitykseen perustuen Ruotsin merialueilta on tunnistettu yhdeksän kohdetta, joiden merihiekka- ja soravarantoja voitaisiin hyödyntää. Näistä kaksi sijaitsee Pohjanlahdella, toinen Perämerellä (Svalans och Falkens grund) ja toinen Selkämerellä (Finngründen, Östra Banken).

Maa-ainesten ottamiseen merenpohjasta Suomen aluevesillä sovelletaan vesilakia: laajamittainen merenpohjan kiviaineksen otto toiminta edellyttää vesilupaa, minkä lisäksi aineksen jatkokäsittely ja jalostaminen maalla voi vaatia ympäristönsuojelulain mukaisen ympäristöluvan. Talousvyöhykkeellä ottotoimintaa sääntelee laki Suomen talousvyöhykkeestä, mutta toiminnan ympäristövaikutuksia arvioidaan vesilakiin ja muuhun kansalliseen lainsäädäntöön pohjautuen. Toiminnasta pitää tehdä myös lain mukainen ympäristövaikutusten arviointi. Mikäli hyödyntämisen kohteena ovat merenpohjan mineraalivarannot, sovelletaan lisäksi kaivoslakia.

Maankäyttö- ja rakennuslain soveltaminen merellä tapahtuvaan kiviaineksen ja mineraalien hyödyntämiseen voi toteutua joko maakunta- tai kuntakaavoituksessa. Kaavoituksessa pitää huolehtia siitä, että kiviaines-



**Kuva 40.** Alustava arvio rautamanganisaostumien esiintymisestä Suomen merialueella <sup>106</sup>.

tai mineraalivarantojen ottoalueiden hyödyntäminen ei estä kaavoissa olevien muiden kaavamerkintöjen toteutumisesta. Myös merialuesuunnittelusta säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa. Merialuesuunnitelma esittää eri käyttötarkoituksiin parhaiten soveltuvia alueita ja tarjoaa taustatietoa muulle tarkemmalle suunnittelulle ja toimille.

### 6.5.2 Tulevaisuuden näkymät

Merihiekan tulevaisuuden kysyntä on linkitty-nyt kiviaineksen tarpeeseen rakentamisessa rannikolla ja merellä, koska sillä voidaan korvata ainakin osa maa-alueelta saatavasta kiviaineksestä. Ruotsissa tehdyn selvityksen mukaan merihiekan käyttö on kustannuksiltaan kilpailukykyistä verrattuna maanpäällisiin rekoilla kuljetettaviin kiviaineksiin, jos ottotoiminta tapahtuu alle 100 kilometrin etäisyydellä satamasta.

Merenpohjan mineraalivarantojen teollisen mittaluokan hyödyntäminen vaatii sekä teknologista kehitystä että huolellista vaikutusten arviointia. Toiminnan taloudellinen kannattavuus vaatii myös riittävän suuren hankekoon ja sen myötä suuremmat alukset. Ympäristövaikutusten arvioinnin haasteena ovat samat resurssipullonkaulat kuin muidenkin hankkeiden YVA-selvitysten kanssa. Lisäksi laajemman mittakaavan toiminnassa huomioitavaksi tulee sen sosiaalinen hyväksyttävyyys, etenkin jos ottoalueet sijaitsevat alueilla, joille kohdistuu myös runsaasti muita toimintoja.

Ympäristöministeriön selvityksessä vuodelta 2021 on tunnistettu tieto- ja tutkimustarpeita, joiden avulla merenpohjan kiviainesten ja mineraalien hyödyntämistä voidaan suunnitella kestävästi ja tehokkaasti:

- Tuotetaan tietoa merenpohjan kiviaines- ja mineraalivarantojen geologisista varannoista, merenpohjan geologisista arvokkaista muodostumista sekä merkittävistä luontoarvoista koko Suomen merialueelta, jotta ottotoiminta voidaan sijoittaa meriympäristön kannalta kestävästi. Turvataan tietojen saatavuus esimerkiksi kansallista Meritietoportaalia hyödyntäen ([www.itämeri.fi](http://www.itämeri.fi))
- Tuotetaan tietoa merenpohjan geologisten varantojen merkityksestä kalakantojen lisääntymis- ja syönnösalueina
- Selvitetään merenpohjan mineraalivarantojen, kuten rautamanganisaostumakenttien ja merenpohjan sedimenttiin sitoutuneen fosforin hyödyntämismahdollisuuksia suhteessa tulevaisuuden resurssitarpeisiin. Samalla selvitetään näiden varantojen taloudellisen hyödyntämisen vaikutuksia meriekosysteemiin.
- Tuotetaan merenpohjan geologisten varantojen hyödyntämiselle BAP- ja BEP-suositukset. Ottotoiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa tulee hyödyntää teknisiä ratkaisuja, joilla voidaan vähentää toiminnan sosioekonomisia ja ympäristövaikutuksia. Esimerkiksi toiminnan ajoittaminen kalojen ja lintujen lisääntymiskauden ulkopuolelle vähentää rannikolla kalastolle ja linnustolle aiheutuvia haittoja.

- Selvitetään merikiviaineksen jatkojalostukseen liittyvien logistiikkaketjujen kehittymisen edellytyksiä ja kartoitetaan rannikolta soveltuvia lastaus-, varastointi- ja jatkojalostusalueiden mahdollisia sijoituspaikkoja.

### 6.5.3 Merituulivoiman vaikutukset

Merenpohjan kiviaineisten ja mineraalien hyödyntämiselle syntyy vaikutuksia, jos erityisesti kiinteillä perustuksilla olevia tuulivoimaloita sijoitetaan esiintymien päälle. Kiinteät perustukset estävät varannon hyödyntämisen, kun kelluvien perustusten kohdalla varantoa voitaisiin mahdollisesti hyödyntää myös niiden alta. Esiintymät tulee siis ottaa huomioon tuulipuiston ja voimaloiden sijoittelussa, jotta haitallista vaikutusta merenpohjan kiviainesten hyödyntämiselle ei synny.

Tämän lisäksi toimialojen välillä on paljon mahdollisia synergioita. Merenpohjan kiviaineksia voitaisiin hyödyntää tuulivoimaloiden gravitaatioperustuksissa ja eroosiosuojauksissa. Lisäksi merituulivoimahankkeiden rakentamiseen ja operaatioihin liittyen etenkin satamiin kohdistuu kehityshankkeita, joiden rakentamisessa merenpohjan kiviaineksia voitaisiin myös hyödyntää. Eroosiohiekka ei sellaisenaan sovellu betonin valmistukseen, mutta merenalaisista soraharjuista otetut näytteet viittaavat siihen, että niistä saisi kiviainesta myös siihen. Merenpohjan kiviainesten hyödyntäminen on erityisen potentiaalista hankkeissa, jotka sijaitsevat noin 100–150 kilometrin päässä ottoalueesta; läheltä otetun kiviaineksen etuna olisi lyhyemmän kuljetusmatkan ansiosta oletettavasti sekä alemmat kuljetuskustannukset että pienemmät kuljetusten päästöt.

Merituulivoima- ja kaivannaishankkeilla voidaan nähdä olevan myös synergiaa tutkimus- ja selvitystarpeissa. Hankkeiden ympäristövaikutusten arvioinneissa tarkastellaan ainakin osin samoja vaikutuksia, ja samat merituulivoimahankkeiden osalta tunnistetut yhteisvaikutusten arvioinnin tarpeet nousevat esiin merellisten kaivannaishankkeiden kohdalla. Ympäristöministeriön raportissa tunnistetun

tutkimustiedon kerääminen muun muassa kalastoon ja merenpohjan geologisiin esiintymiin liittyen yhdelle alustalle tukisi myös merituulivoimahankkeiden vaikutusten arviointia.

## 6.6 Kalastus ja kalankasvatus

### 6.6.1 Kaupallinen kalastus

Pohjoisen Itämeren kaupallinen kalastus koostuu pääasiallisesti avomerialueen troolipyynnistä sekä rannikon rysä- ja verkkopyynnistä. Troolipyynti keskittyy silakkaan, jota pyydetään eniten Selkämereltä. Selkämeren silakkasaalis on vuosien 2013–2022 aikana ollut Suomen osalta keskimäärin noin 81 000 tonnia, Ruotsin osuuden ollessa noin 12,5 % kokonaissaaliista<sup>32</sup>. Suomen kaupallisten kalastajien Saaristomeren silakkasaalis oli vuosina 2014–2023 keskimäärin noin 18 800 tonnia ja Perämerellä noin 2250 tonnia. Selkämeren kilohailisaalis oli keskimäärin 2180 tonnia ja Perämerellä alle 10 tonnia. Saaristomeren kilohailisaalis oli yli 5000 tonnia. Perämerellä on lisäksi pienimuotoista muikuntroolausta keskimäärin noin 270 tonnia vuodessa<sup>47</sup>.

Rannikkokalastuksessa lohta pyydettiin eniten rysillä Perämereltä, missä vuosittainen keskisaalis vuosina 2014–2023 oli noin 93 tonnia. Selkämeren rysäsaalis oli keskimäärin noin 29 ja Saaristomeren noin 11 tonnia. Muita saalis- määrissä mitattuna edustavimpia lajeja rysä- ja verkkokalastuksessa olivat kyseisillä alueilla siika, kuore, ahven ja lahna<sup>47</sup>. Saaliin nimelisarvo oli Suomen osalta kokonaisuudessaan silakan kohdalla keskimäärin noin 24 miljoonaa euroa vuosina 2013–2022. Kilohailisaaliin keskimääräinen arvo oli noin 2,7 miljoonaa, lohien noin miljoona ja siian noin 2 miljoonaa euroa vuodessa<sup>48</sup>.

Kalastus perustuu kiintiöihin, jotka jaetaan EU:n komission ehdotukseen enimmäissaaliista (TAC). Suomessa ja Ruotsissa on käytössä toimijakohtainen kiintiöjärjestelmä, jossa kalastajat voivat päättää kiintiöidensä käyttöajankohdasta, ja halutessaan voivat niitä myydä tai ostaa toisilta kalastajilta. Jär-

jestelmä koskee ainoastaan silakan trooli- ja rysäkalastusta, kilohailin troolikalastusta sekä lohen kalastusta<sup>76</sup>. Muualla kuin Pohjanlahdella Ruotsin silakkakiintiömäärät ovat Suomea isommat. Myös kilohailin kiintiömäärät ovat koko Itämeren alueella Ruotsissa suuremmat kuin Suomessa.

Troolaus tapahtuu aluksen perässä vedettävällä pyydyksellä, joka voi ulottua kilometrin etäisyydelle aluksesta. Veto tapahtuu hiljaisella nopeudella (4 km/h) pituuden ollessa ajallisesti yleensä useita tunteja. Käännökseen tarvitaan tilanteesta riippuen 2–3 kilometrin levyinen tila<sup>44</sup>. Syvyys vaihtelee kalaparvien vertikaalisen sijainnin perusteella, ja voi vaihdella muutamasta kymmenestä metristä yli sataan metriin riippuen vuodenajasta. Pääosa saaliista saadaan isoilla troolialuksilla, jotka vaativat syvyydeltään vähintään 30 metrin vesialueita. Talvella silakkaparvet ovat lämpötilakerrostuneisuuden mukaan lähellä pohjaa, jolloin pyynti sijoittuu kauas rannikosta. Jääpeitteen vuoksi Perämerellä ei troolata talvisin käytännössä ollenkaan. Kutuajan läheisyys keväällä saa silakat parveutumaan ja ovat täten helpommin pyydystettävissä. Keväällä troolikalastus painottuu lähemmäksi Suomen rannikkoa. Vesien lämpeneminen heikentää kalan laatua, mikä vähentää myös troolausta<sup>44</sup>.

Kalastusalue määräytyy paljolti silakan käyttötarkoituksen mukaan. Etenkin Selkämerellä suomalaiset alukset kalastavat myös Ruotsin talousvyöhykkeellä, ja pääosa Suomen fiileesilakasta pyydetäänkin Ruotsin puolelta. Tärkeimmät pyyntialueet ovat Finngrundetin etelä- ja pohjoispuolella, Saltbankenin länsi- ja koillispuolella sekä näiden välissä sijaitsevan Sylenin ympärillä<sup>44</sup>. EU-alueen kalastusalueilla on kaikkia unionin vesiä koskeva yhtäläinen pääsy ja hyödyntämisoikeus talousvyöhykkeille, minkä lisäksi Suomen ja Ruotsin välillä on sovittu, että kalastusoikeus koskee myös aluevesien sitä osaa, joka ulottuu 4–12 meripeninkulmaa perusviivasta ulospäin.”<sup>44</sup>

Saaliin käytön jakautumisessa on tapahtunut muutoksia. Esimerkiksi Suomen troolisaaliista päätty turkistarhoille nykyään enää kymmenes

2010-luvun alkupuolen määrästä<sup>44</sup>. Nykyisin elintarvikkeeksi kelpaamaton silakka päätty kalajauhoksi. Myös pääosa kilohailisaaliista menee kalajauhon raaka-aineeksi. Elintarvikesilakan osuus saaliista on noin neljännes.

Elintarvikesilakan osuutta kasvatetaan osaltaan kotimaisen kalan edistämishajelmalla<sup>50</sup>.

### **Kotimaisen kalan käyttöä pyritään lisäämään neljän pääkohdan avulla:**

1. Kuluttaja- ja markkinalähtöisyyden vahvistaminen
2. Uudistuminen kasvun vauhdittajana
3. Alkutuotannon edellytysten parantaminen
4. Kasvu perustuu vastuulliseen toimintaan

Kohdan 3. toimintoihin sisältyy kalan omavaraisuuden sekä huoltovarmuuden parantaminen. Näillä on vahva vaikutus varsinkin silakan kiintiöpolitiikkaan.

Viime vuosina silakkasaalis on pienentynyt selvästi. Kansainvälinen merentutkimusneuvosto<sup>32</sup> tekee vuosittain arvion kalakantojen tilasta sekä suosituksen kiintiöistä. Kalakanta-arviot perustuvat matemaattisiin malleihin. Malleissa käytettävä tieto kalakantojen tilanteesta saadaan pyyntitiedoista (pituus, paino, sukukypsyys jne.) ja muista tutkimuksista, kuten kaikuluotauksista. Mallit huomioivat myös mm. lajien väliset ekologiset, kuten peto-saalis, suhteet. Merituulivoimahankkeet voivat lisätä mallien epävarmuutta kannan tilasta, ja esimerkiksi silakan kohdalla lisätä silakankalastukseen liittyvää keskustelua, jossa yhtenä osapuolena on suojelubiologiset tekijät ja toisena yhteiskunnalliset intressit.

### **6.6.2 Kalankasvatus**

Vuonna 2022 ruokakalan viljelylaitoksia oli Suomen merialueilla 89 kappaletta. Määrä on 10 vuodessa laskenut 20 laitoksella. Ruokakalan tuotannon tärkeimmät lajit ovat kirjolohi ja siika. Ruokakalan lisäksi tuotetaan istukaskaloja sekä mätiä<sup>46</sup>. Ruokakalasta yli 80 % tuotetaan merialueella<sup>64</sup>. Pohjoisimmat kalankasvatuslaitokset merialueella sijaitsevat lin ja Haukiputaan edustalla, mutta laitokset





**Kuva 41.** Selkämerelle suunniteltujen hankkeiden sijoittuminen troolausalueille.

ovat pääosin sijoittuneet Vaasasta alaspäin. Isompia keskittymiä Selkämerellä on Kaskisten ja Kristiinankaupungin sekä Luvian ja Pyhärannan edustoilla. Runsaimmat laitos- ja tuotantomäärät löytyvät kuitenkin Ahvenanmaalta ja Saaristomereltä (SYKE, avoimet paikkatiedot).

Laitosten toiminta on luvanvaraista toimintaa, eli ne tarvitsevat ympäristöluvan, jossa määritellään rajat toiminnasta syntyvälle kuormitukselle. Kalanviljely aiheuttaa noin 1–2 prosenttia Itämereen kohdistuvasta kokonais-

kuormituksesta. Kalankasvatus on onnistunut saavuttamaan vesiensuojelun tavoiteohjelman asettamat päästötavoitteet. Kuormitusta on pystytty vähentämään erityisesti käyttämällä ruokinnassa Itämerestä kalastetusta kalasta valmistettua rehua.

Verkkoaltaat vedetään talveksi lähemmäksi rantaa, ja keväällä ne siirretään takaisin ulomille merialueille. Talvella kasvatusaltaista ei juurikaan synny ravinnepäästöjä, sillä kaloja ruokitaan hyvin vähän talviaikaan. Ylipäättään



kalankasvatuksen ympäristövaikutusten kannalta on parempi, että altaat sijaitsevat kauempana rannikosta hyvien virtausolosuhteiden äärellä, mutta ulompi sijainti tekee huoltotoiminnasta merenkäynnin osalta haastavampaa.

Globaalisti vesiviljelyn osuus ihmisravinnoksi menevästä kalasta on suurempi verrattuna kalastuksen saalismäärään. Luonnonkalakantojen pyyntiä ei voi kestävästi lisätä nykyisestä<sup>73</sup>. Täten myös vesiviljelyllä on merkittävä rooli kotimaisen kalan edistämishjelman tavoitteiden toteutumisessa. Kotimaisen kasvatetun kalan hiilijalanjälki on pienempi kuin tuontikalan tai vaikkapa lihantuotannon hiilijalanjälki.

### 6.6.3 Merituulivoiman vaikutukset

Seuraavassa kappaleessa on kuvattu kalastuksen ja kalankasvatuksen toimijoiden haastatteluissa esiin nousseita huomioita ja näkemyksiä. Elinkeinon kehittämisen näkökulmasta kalastuksen tulevaisuuden näkymät ovat haastavat. Merituulivoiman kehityskuva koetaan epäselvänä, joten kalastajien on vaikea tehdä pitkäaikaisia suunnitelmia ja investointeja esimerkiksi uuteen kalustoon. Tällä hetkellä silakkakiintiöt koetaan akuutimpana huolenaiheena, mutta merituulivoima on myös merkittävä tekijä alan tulevaisuuden näkymissä. Kalankasvatuksen osalta tuulivoimarakentaminen luo uuden muuttujan ennakoivaan suunnitteluun, kun soveltuvia kasvatusalueita kartoitetaan. Joka tapauksessa yhteensovittamista hankkeiden ja elinkeinojen välillä tarvitaan, kun toimintaa suunnitellaan.

Mahdollisia synergioita merituulivoiman ja kalastuksen, sekä kalatalouden osalta tunnistettiin haastatteluissa rajallisesti, mutta esimerkiksi kalankasvatus voisi mahdollisesti hyödyntää merelle rakennettua merituulivoiman infrastruktuuria muun muassa verkkoaluiden huollon ja kalojen ruokinnan yhteydessä. Myös energiansaanti saattaisi helpottua, jos merellä tuotettua sähköä voitaisiin hyödyntää kasvattamoissa.

Ympäristövaikutusten laajempien selvitysten rahoitus nousi myös esiin haastatteluissa. Mahdollinen toimintamalli olisi public-private-

partnership, eli tutkimusrahoitusta tulisi hankkeiden kehittäjiltä ja merituulivoimalausten omistajilta, ja kerääntyvä tutkimustieto olisi avoimesti ja kaikkien tasapuolisesti hyödynnettävissä. Rahoitusta varten voitaisiin muodostaa yhteinen rahasto.

Haastatteluissa nostettiin esiin toive, että merituulivoiman suunnittelussa otetaan huomioon, etteivät hankealueet sijoitu kalojen vaellus- tai kutualueille eikä troolausreiteille. Tuulivoima-alueet eivät voi myöskään sijaita troolausreiteillä, joiden pohja-alueiden täytyy olla vapaita esteistä, kuten esimerkiksi merikaapeleista. Jos merituulivoimaa sijaitsee vetoalueella, eivät troolarit voi laskea lähellä merenpohjaa vedettävää troolia, eivätkä ne voi turvallisesti kääntyä. Merituulivoimalat voivat mahdollisesti vaikuttaa virtauksiin ja siten kalakantoihin, kuten silakkaan ja loheen. Lohien ja muiden vaelluskalojen vaellusreitit voivat muuttua, siirtäen reitit kauemmas merelle ja tehden siten niiden rannikkokalastuksesta mahdotonta.

Kalankasvatus on lupaperäistä toimintaa, jossa seurataan erilaisia ympäristövaikutuksia ja luvissa on ehtoja ravinnepäästöjen osalta. Merituulivoiman rakentaminen voisi mahdollisesti nostaa ravinnepitoisuuksia alueilla, mikä voisi puolestaan vaikuttaa kalankasvatustyöryhmien toimintamahdollisuuksiin kuten lisäkasvun luvittamiseen. Olisi haasteellista osoittaa, mikä osuus vaikutuksista johtuu merituulivoimatoimijoista tai kalankasvattajista.

Haastateltavien jakama näkemys on, että merituulivoimaa tulisi rakentaa niin, että toiminnasta aiheutuisi mahdollisimman vähän vaikutuksia kalakannoille. Hankkeiden vaikutuksia tulisi seurata tarkasti eri vaiheissa ja osana kokonaisuutta, jotta uusia hankkeita voidaan rakentaa hallitusti ja tutkitusti. Kalat vaeltavat kudulle pitkälti Suomen rannikkoa pitkin, ja jos hankealueita tai kaapelivetoja sijaitsee vaellusreittien kohdalla, voi niillä olla vaikutuksia vaelluskaloihin.

Merellä harjoitetuista elinkeinoista kaupallinen kalastus, luotsaus ja merenkulku ovat perinteisiä elinkeinoja, joista kalastus on merituu-

livoimaa kehitettäessä jäämässä vähimmälle huomiolle. Kalastus on jo joutunut siirtymään rajatuille alueille, jotka käyvät jatkuvasti pienemmiksi. Kalastukseen soveltuvien alueiden lukumäärän väheneminen ja alueiden pieneheneminen keskittää kalastusta, jolloin kalastus ei jakaudu tasaisesti laajalle alueelle. Tämä aiheuttaa kalastajille haasteita ja samalla korostaa paikallisia vaikutuksia kalakantoihin. Vaikka kotimaisen kalan tuotantoa on hallitusohjelman mukaisesti tarkoitus lisätä, ovat toimintaedellytykset heikkenemässä erilaisien rajoitusten ja ilmiöiden muodossa, kuten muun muassa merituulivoiman rakentamisen, kalastuskiintiöiden, suojelualueiden ja väylien rajausten myötä. Tällä hetkellä arvio on, että merituulivoiman hankealueita ei voi käyttää troolikalastukseen lainkaan. Myös kaapelikäytävät estäisivät troolikalastuksen.

Haastateltavat kokivat, että YVA-prosessit tarjoavat hyvää hankekohtaista tietoa, mutta ne ovat riittämättömiä merituulivoiman vaikutusten kokonaiskuvan hahmottamista varten. Yhden hankkeen vaikutus ei välttämättä ole suuri, mutta useiden hankealueiden vaikutukset kertautuvat. Esimerkiksi Tornionjoen lohi on yhteinen resurssi, jota kalastavat myös ruotsalaiset ja tanskalaiset. Yhteisvaikutuksia ja kumulatiivisia vaikutuksia täytyisi tarkastella kansainvälisellä tasolla. Suomen ja Ruotsin aluevesillä on noin 55 merituulivoiman hankealuetta, joista omien vaikutusten lisäksi koituu mahdollisia yhteisvaikutuksia.

Talousvyöhykkeelle kaavailut merituulivoiman hankealueet ovat troolikalastukselle tärkeitä, ja kehityskuvaa tarkasteltaessa on huomioitava myös Ruotsin puolelle sijoittuvat merituu- livoimahankkeet. Haastatteluissa todettiin, että merituulivoiman hankekehittäjät ovat olleet halukkaita rahoittamaan tutkimusta, ja suunnitteilla on kansainvälisiä seminaareja, joissa kartoitetaan kerättyä tietoa. Haastattelujen mukaan Suomen ja Ruotsin pitäisi käydä keskustelua niiden maiden kanssa, joilla merituulivoimaa on jo olemassa ja vaikutuksia on jo selvitetty tarkemmin. Uusiutuvan energian tuotantomuotojen koko ketju tulee huomioida, jotta voidaan arvioida kokonaisvaikutuksia muun muassa kalastoon ja kalastukseen.

## 6.7 Turvallisuus ja huoltovarmuus

### 6.7.1 Aluevalvonta

Aluevalvontalaille säädetään Suomen alueellisen koskemattomuuden valvonnasta ja turvaamisesta. Aluevalvontalaille säädelään merenpohjan tutkimusta ja kartoittamista, sekä suoja-alueilla tapahtuvaa toimintaa.

Suomen puolustusvoimilla on aluevalvontalakiin (755/2000), valtioneuvoston asetukseen aluevalvonnasta (971/2000) ja Puolustusvoimista annettuun lakiin (551/2007) perustuva velvollisuus valvoa Suomen alueellista koskemattomuutta sekä turvata se.

Puolustusvoimista annetun lain 3 §:n mukaan Puolustusvoimat valvoo Suomen maa- ja vesialuetta sekä ilmatilaa ja turvaa alueellista koskemattomuutta siten kuin aluevalvontalaisissa säädetään. Aluevalvontalain 2 §:n mukaan Suomen alueellisen koskemattomuuden valvonnalla tarkoitetaan aluevalvontaviranomaisten toimintaa ensisijaisesti Suomen rajoilla aluerikkomusten ja alueloukkausten ehkäisemiseksi, paljastamiseksi ja selvittämiseksi. Alueellisen koskemattomuuden turvaamisella tarkoitetaan Puolustusvoimien ja muiden aluevalvontaviranomaisten voima- tai muita toimenpiteitä alueloukkauksen estämiseksi tai torjumiseksi. Aluevalvontalain 24 §:ssä säädetään aluevalvontaviranomaisten tehtävistä. Sotilasviranomaisten tehtävänä on huolehtia muun muassa aluevalvonnan toimeenpanosta. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan alueidenkäytön suunnittelussa on varmistettava, ettei muun muassa maanpuolustuksen ja rajavalvonnan toimintamahdollisuuksia heikennetä.

Puolustusvoimien toimialueen rajana on aluevesien raja. Talousvyöhykelain mukaisesti Rajavartiolaitos valvoo talousvyöhykkeellä 6–8 §:ssä tarkoitettuja hyödyntämisoikeutta, rakentamista sekä meritieteellistä tutkimusta.

Puolustusvoimien aluevalvontaa toteutetaan tutkien, muiden ilma- ja merivalvontajärjes-

telmien sekä erilaisten sensorijärjestelmien avulla. Tutkilla voidaan havaita kohteita niihin suunnatun ja takaisin heijastuneen tai takaisin lähetetyn sähkömagneettisen säteilyn perusteella. Tutkan häiriötön toiminta edellyttää, että sen lähettämän lähes suoraviivaisesti etenevän radioaallon etenemistiellä ei ole esteitä sen matkalla tutkasta kohteelle ja takaisin. Mahdolliset esteet aiheuttavat harhahavaintoja ja todellisten kohteiden havaintokyvyn heikkenemistä<sup>94</sup>.

Tuulivoimaloiden tutkavaikutuksia on selvitetty runsaasti myös kansainvälisesti. Suomessa tutkavaikutusten arviointiin kehitettiin tarpeelliset menetelmät 2010-luvun alkupuolella. VTT käyttää kehittämiään menetelmiä arviointiin niissä hankkeissa, joihin Puolustusvoimat lausunnossaan sitä edellyttää. Tuulivoimatoimija tilaa tutkavaikutusanalyysin VTT:ltä, joka toimittaa työn valmistuttua selvitysraportin Puolustusvoimille. Raportti sisältää salassa pidettävää tietoa, joten sitä ei voida luovuttaa työn tilanneelle yritykselle. Selvityksen perusteella Puolustusvoimat antaa lausunnon hankkeen hyväksyttävyydestä<sup>94</sup>.

Tutkavaikutusten kokonaisvoimakkuuden kannalta tärkeitä ovat tuulivoima-alueen sijainti tutkiin nähden ja voimaloiden määrä alueella. Myös voimaloiden sijoittelulla on merkitystä. Haasteena tutkien ottamiselle huomioon sijoittelussa on se, että tutkien sijainnit eivät ole julkista tietoa. Tutkavaikutusten kompensointi uusilla aluevalvonnan tutkilla ei myöskään ole kovin realistinen vaihtoehto niiden korkeiden perustamis- ja elinkaarikustannusten takia<sup>94</sup>.

Puolustusvoimilla on Pohjanlahdella kaksi ampuma-aluetta, Lohtaja Kokkolan edustalla ja Isokari Rauman edustalla. Nämä alueet on tarpeen säilyttää jatkossakin; tämä toki näkyy jo Puolustusvoimien tuulivoimahankkeelle antamassa lausunnossa, mikäli hankerajaus risteää ampuma-alueiden kanssa.

Aluevalvonnan tarpeiden ja sen käyttämän teknologian reunaehdoista johtuen Suomenlahdella ei ole yhtään Puolustusvoimien myönteisen lausunnon saanutta merituulivoi-

mahanketta. Tilanteen muuttuminen vaatisi joko geopoliittisen tilanteen paranemisen tai valvontateknologian merkittävän harppauksen. Valvontateknologian kehittämisen osalta on kuitenkin huomioitava, että teknisen kehittämisen jälkeen se vaatisi vielä huolellista testaamista ja yhteensovittamista muiden järjestelmien kanssa sekä toimivuuden validointia. On siis epätodennäköistä, että toimivaa uudenlaista merituulivoiman sallivaa teknologiaa olisi käytössä ainakaan vielä 2030-luvulla.

Puolustusvoimat on kuitenkin antanut Pohjanlahdelle Ahvenanmaalta pohjoiseen myönteisen lausunnon tuhansille voimaloille. Merelle rakennettavaa energiainfrastruktuuria ei nähdä automaattisesti kriittisenä infrastruktuurina, vaan aluevalvonnan näkökulmasta ne ovat tavallisia rakenteita.

## 6.7.2 Meripelastus ja ympäristövahinkojen torjunta

**Meripelastus** on ihmishenkien pelastamista hätä- ja vaaratilanteissa merialueella. Suomessa johtava meripelastusviranomainen on Rajavartiolaitos, joka vastaa meripelastustoimen järjestämisestä. Rajavartiolaitoksen lisäksi moni muu viranomainen on velvollinen osallistumaan korvauksetta meripelastukseen tilanteen niin vaatiessa. Tällaisia viranomaisia ovat Hätäkeskuslaitos, Ilmatieteen laitos, hyvinvointialueiden pelastuslaitokset, Liikenne- ja viestintävirasto, Väylävirasto, poliisi, Puolustusvoimat, sosiaali- ja terveystieteiden viranomaiset, Tulli, sekä ympäristöviranomaiset. Lisäksi vapaaehtoiset yhdistykset ja muut yhteisöt voivat osallistua omien sääntöjensä ja toimintansa mukaan. Meripelastustehtävissä voidaan myös käyttää apuna merialueella liikkuvia hivi-, kauppa- ja matkustaja-aluksia.<sup>65</sup>

Väyläviraston ja Traficomien merituulivoimaohjeen mukaan tuulivoimalat tulkitaan kiinteiksi rakennelmiksi, jolloin suoraan tuulivoimalasta merialueella tehtävä pelastaminen esimerkiksi työtaturman yhteydessä ei ole meripelastuslain mukaista meripelastusta. Meripelastuslakia sovelletaan merihädässä ja merellä vaarassa olevien ihmisten pelastamiseen.

Tämä ei koske kiinteitä rakennelmia, saaria tai rannassa kiinni olevia aluksia.<sup>84</sup>

Tuulipuistolla voi olla suora vaikutus meripelastukseen, jos merihätään joutunut on puiston alueella ja voimaloiden sijoittelu estää ilma-aluksella puiston keskelle pääsemisen. Lähinnä meripelastuksen tarve tuulipuistojen sisällä todennäköisesti koskee pienempiä aluksia ja veneitä kuten kalastajia ja veneilijöitä tai syystä tai toisesta puiston sisälle joutunutta kauppaa-alusta. Esimerkiksi Pohjanmerellä tuulipuistoihin on jätetty lentokäytäviä, mutta Itämerellä pohjan laatu määrittää vahvemmin tuulipuiston layout-suunnittelua tehden vastaavista käytävistä vaikeita tai kalliita toteuttaa. Ilma-aluksella onnettomuus-

paikalle pääseminen on keskeistä etenkin kauempana rannikosta sijaitsevilla alueilla, sillä se on yksinkertaisesti nopein tapa pelastaa ihmishenkiä. Sellaisten valtioiden alueilla, joilla on jo toiminnassa olevia merituulipuistoja, toimijat ovat solmineet sopimuksia yksityisten pelastusyritysten kanssa.

Yhä kauemmas rannikolta rakentuvat merituulivoimalat haastavat pelastustoiminnan järjestämistä tarvittavien vasteaikojen sisällä. Saksan merituulivoimatoimijoiden yhdistys (BWO) on laatinut yhteisen vision meripelastuksen järjestämisestä merituulivoimapuistoihin. Visiossa määritetään erilaisia vaihtoehtoja kuten yhteisen pelastusalusta, helikopterin



**Kuva 42.** Puolustusvoimien ampuma-alueet Lohtajalla ja Isokarissa.

laskeutumisalustalla varustettujen alusten käyttö tai Pohjanmerelle suunniteltujen energiasaarten hyödyntäminen pelastusasemana. Kaikille tarkasteluille vaihtoehdoille on kuitenkin yhteistä se, että pelastuksen infrastruktuurin osalta toimeen pitää käydä pian, jotta se on valmiina ajallaan. Tämän aikaansaamiseksi tarvitaan valtion, osavaltioiden ja alan toimijoiden yhteistyötä<sup>20</sup>.

Saksassa on suunnitteilla tuulipuistoja jopa yli 350 kilometrin päähän rannikosta, jolloin pelastustoiminnan suunnitteluun kohdistuu aivan uudenlaisia haasteita. Vaikka Suomessa etäisyys rannikolta talousvyöhykkeen rajalle ei missään kohdassa ylitä 200 kilometriä, merelle sijoittuvassa pelastustoiminnassa on hyviä mahdollisuuksia yhteistyölle pelastusviranomaisten ja merituulivoimatoimijoiden kesken. Erilaisista yhteistyömalleista löytyykin esimerkkejä maailmalta; Suomessa haasteena on vielä tässä vaiheessa se, että hankkeiden suunnittelu on pääosin aikaisessa vaiheessa, jolloin näiden keskusteluiden käyminen ei vielä ole realistista.

**Ympäristövahinkojen torjunta** merialueilla on toimintaa, jossa mereen päässeen öljyn tai kemikaalin leviämistä rajoitetaan, ja sitä kerätään talteen. Merellisten ympäristövahinkojen torjuntaan osallistuu useita eri toimijoita. Jos ympäristövahinko tapahtuu avomerellä Suomen talousvyöhykkeellä tai aluevesillä, Rajavartiolaitos vastaa torjunnan johtamisesta. Mikäli vahinko sattuu lähempänä rantaa, johtovastuussa on pelastuslaitos. Johtovastuun raja on sovittu tarkemmin merivartiostojen ja hyvinvointialueiden pelastuslaitosten yhteisissä suunnitelmissa. Ahvenanmaalla ympäristövahinkojen torjunnasta vastaa Ahvenanmaan maakuntahallitus<sup>66</sup>.

Muita ympäristövahinkojen torjuntaan osallistuvia toimijoita ovat esimerkiksi Puolustusvoimat, Suomen ympäristökeskus, Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, Metsähallitus, ELY-keskukset sekä yksityiset yritykset, joiden kanssa Rajavartiolaitos on tehnyt palvelusopimuksen. Lisäksi vapaaehtoisilla toimijoilla on tärkeä rooli. Laajan öljy- tai aluskemikaalivahingon torjunta edellyttää myös

kansainvälistä yhteistyötä, josta on sovittu kansainvälisillä sopimuksilla<sup>67</sup>.

Öljyä voidaan kerätä tai hävittää merestä eri menetelmin, mutta Suomessa on sovittu käytettävään näistä vain mekaanisia keräysmenetelmiä. Erilaiset harjakeräimet, joko kiinteästi alukseen sisään rakennettuina järjestelminä tai pienempinä liikuteltavina laitteina, ovat tyypillisiä välineitä öljyn keräämiseen. Keräämisen lisäksi on tärkeää kyetä hidastamaan ja ohjaamaan öljyn leviämistä, jotta torjuntatoimille saadaan lisää aikaa. Puomittamalla voidaan rakentaa jopa kilometrien mittaisia esteitä tätä varten, ja kahden aluksen väliin viritetyllä puomilla voidaan myös nuotata öljyä. Öljyntorjuntaoperaatioissa hyödynnetään myös lentovalvontaa<sup>66</sup>.

Lähtökohtaisesti ympäristövahinkoja toki pyritään ennaltaehkäisemään. Meriliikenteen valvonta ja turvallisuuden varmistaminen on tässä keskeistä, jotta onnettomuuksilta vältyttäisiin. Rajavartiolaitoksen mukaan valmius ympäristövahinkojen torjuntatoimiin on Saaristomerellä ja Suomenlahdella hyvä, mutta haastava Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren alueella rajallisten resurssien vuoksi<sup>66</sup>.

Merituulivoiman vaikutukset ympäristövahinkojen torjunnalle tulevatkin ensisijaisesti meriliikenteen vaikutusten kautta: jos liikennettä ohjataan kapeammille liikennöntialueille, kohtaamiset ja risteämiset lisääntyvät mikä nostaa myös onnettomuusriskiä. Myös muutokset talvimerenkulkuun, jääolosuhteisiin ja jäänmurron toimintaan vaikuttavat osaltaan kohonneena ympäristövahinkojen riskinä, jos alusten black out- ja konerikkotilanteiden todennäköisyys kasvaa. Toisaalta itse vahinkojen torjunnassa tuulivoimaloita voitaisiin mahdollisesti hyödyntää esimerkiksi öljyntorjuntapuomien kiinnittämisessä.

### 6.7.3 Huoltovarmuus

Huoltovarmuus tarkoittaa varautumista mahdollisiin kriiseihin ja häiriötilanteisiin sekä jatkuvuudenhallintaa turvaamalla elintärkeät toiminnot, jotta yhteiskunta ja elinkeinoelämä toimivat ja ihmiset voivat turvallisesti elää



arkeaan. Suomen ulkomaankaupasta valtaosa kulkee meritse, eli moni yhteiskunnan kannalta kriittinen virta tarvitsee toimivia merikuljetuksia. Lisäksi vientiteollisuuden kilpailukyky ja elinvoimaisuus ovat pitkällä aikajänteellä suomalaisen yhteiskunnan toimivuuden edellytys, jolloin myös viennin merikuljetusten toimivuudella on suora linkki huoltovarmuuteen.

Ukrainan sota on aiheuttanut merkittävän rakenteellisen muutoksen Suomen ulkomaankauppaan ja merenkulkuun. Vienti, tuonti ja transito Venäjältä on loppunut lähes kokonaan nostaten meriliikenteen osuuden Suomen ulkomaankaupasta 92 prosenttiin vuonna 2022. Myös laivojen polttoaineiden hinnat ovat nousseet <sup>31</sup>.

Lisäksi Itämeren turvallisuustilanne on muuttunut, eikä paluuta entiseen odoteta vuosiin. Ulko- ja turvallisuuspoliittinen tilanne on lisännyt jänniteitä koko Itämerellä ja hybridivaikuttamisen ja kyberhyökkäysten riskit ovat nousseet. Sotilaallisen liikehdinnän ja meriliikenteen häiriöiden riskit ovat kasvaneet merkittävästi <sup>31</sup>.

Yleisesti ottaen markkinat, tavaravirrat ja merenkulku on sopeutunut lähivuosien kriisien vaikutuksiin. Nykyinen turvallisuustilanne nostaa kuitenkin erilaisten uhkaskenaarioiden todennäköisyyden aivan uudelle tasolle. Jos Itämeren meriliikenne estyisi kokonaan, vaihtoehtoisia kuljetusreittejä pitäisi etsiä pohjoisesta Ruotsin ja Norjan kautta. Vakava häiriö Suomenlahdella taas voisi siirtää merkittäviä tavaravirtoja Pohjanlahden satamiin, jolloin yhteydet niihin nousisivat keskeiseen rooliin.

Merituulivoiman vaikutukset huoltovarmuudelle näkyvät siis pitkälti samoina vaikutuksina kuin yleisesti meriliikenteelle. Meriliikenteen ja talvimerenkulun sujuvuus ja turvallisuus korostuvat tosin entisestään tilanteissa, joissa Pohjanlahden liikennemäärät kasvaisivat merkittävästi.

Toisaalta huoltovarmuuden kannalta on tärkeää, että Suomessa on riittävästi merenkulun osaamista ja resursseja. Kotimaisten merenkulkijoiden määrä on laskussa, ja pula osaa-

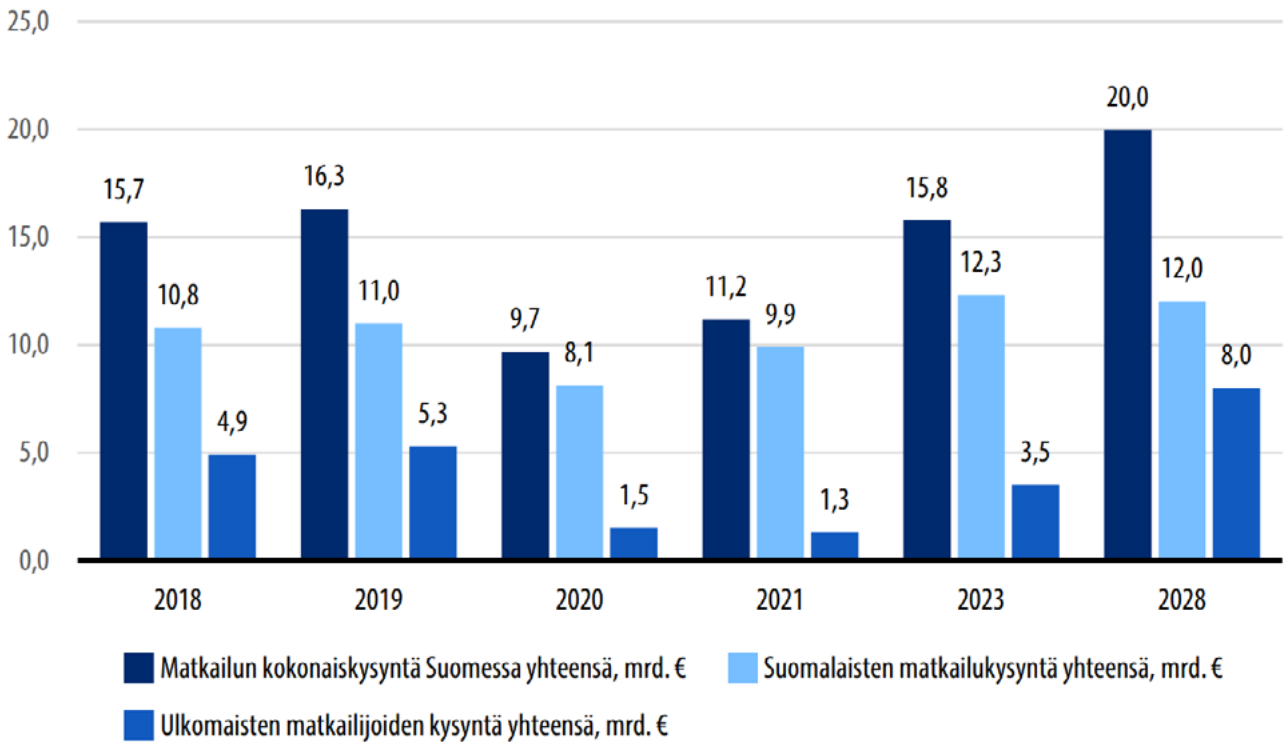
vista ja pätevistä työntekijöistä näkyy viimeistään vuosikymmenen lopulla varustamoiden lisäksi myös varustamoiden ulkopuolisissa tehtävissä (mm. luotsaus, VTS, hallinto, satamat, lauttaliikenne ja alan opetus). Suomalaisen merenkulkijoiden koulutuksen ja alalle valmistumisen tilanne on kokonaisuutena vaikea, joskaan ei vielä huoltovarmuuden kannalta kriisiytynyt. Tilanne vaikuttaisi kuitenkin kehittyvän huonompaan suuntaan niin miehistö- ja päällystötehtäviin valmistuvien määrän kuin alan kiinnostavuuden osalta <sup>31</sup>. Uuden merellisen toimialan kuten merituulivoiman myötä voisi syntyä synergiaa yleisesti merenkulun osaamisen ja alan houkuttelevuuden kautta, jolloin myös pitkällä tähtäimellä varmistettaisiin koko suomalaisen merenkulun jatkuvuus ja sitä kautta huoltovarmuuden edellytykset.

Toki huoltovarmuuden näkökulmasta myös sähkösaannin turvaaminen on kriittistä. Kuitenkin huoltovarmuuden näkökulmasta ylipäättään tuulivoiman haasteena on inertian puute. Lisäksi mitä enemmän tuotantoa voidaan maantieteellisesti hajauttaa lähemmäs kysyntää, sen parempi. Energiansaannin turvaamiseksi tarvittaisiin lisää pitkäaikaisvarastointia. Vedyn mahdollinen hyödyntäminen tähän tarkoitukseen vaatii vielä lisätutkimusta.

## 6.8 Matkailu ja virkistystoiminta

### 6.8.1 Matkailu

Matkailu on merkittävä toimiala Suomen kansantalouden ja työllisyyden kannalta. Sillä on myös merkittävä kasvupotentiaali, vaikka lähivuosien poikkeusolot ja kriisit ovatkin vaikuttaneet kehitykseen. Matkailun suorien vaikutusten lisäksi toimialalla on kerrannaisvaikutuksia muille elinkeinoille kuten rakennusteollisuudelle, elintarviketeollisuudelle, tekstiiliteollisuudelle ja finanssipalveluille. Kotimaisen kysynnän osuus matkailun kokonaiskysynnästä oli merkittävä jo ennen koronapandemiaa, ja sen johdosta osuus nousi lähes 90 prosenttiin vuonna 2021 <sup>89</sup>.



**Kuva 43.** Matkailukysyntä Suomessa 2018–2021 ja tavoitteet vuosille 2023 ja 2028 <sup>89</sup>.

Pääosa Suomen matkailusta liittyy vapaa-ajan viettoon, joka puolestaan jakautuu kaupunkikeihin, maaseutu- ja saaristoalueille. Etätyön lisääntyminen on muuttanut myös työmatkustamisen luonnetta, kun vapaa-ajan ja työmatkustamisen yhdistäminen onnistuu helpommin ja työskentelyn ohessa on mahdollista viipyä pidempiä aikoja syrjäisemmissäkin matkakohteissa <sup>89</sup>.

Matkailu on kasvava vientitoimiala ja merkittävä työllistäjä, mutta myös tasapainoisen aluerakenteen vahvistaja. Alan paikkasidonaisuus korostaa matkailun merkitystä erityisesti maaseutu- ja saaristoalueilla sijaitsevien palveluiden yhteydessä. Matkailun avulla voidaan luoda monipuolisempia ja laadukkaampia palveluita paikallisille, mutta se auttaa vahvistamaan myös perusinfrastruktuuria muun elinkeinotoiminnan pohjalle. Alueiden omaa kulttuuri-identiteettiä voidaan vahvistaa matkailulla, joka tukee kulttuuriperinnön ja -ympäristön säilymistä <sup>89</sup>.

Suomen tavoitteena on olla Pohjoismaiden kestävimmin kasvava matkailukohde. Suomi on jaettu neljään suuralueeseen matkailullisen Suomi-brändin kehittämiseksi: pääkaupun-

kiseutu, Lappi, Järvi-Suomi sekä rannikko ja saaristo <sup>89</sup>. Rannikon ja saariston suuralueella majoitusmyynti on tyypillisesti suurimmillaan kesäkuukausina. Vuoden 2019 tiedon mukaan kesäsesongin aikana suurin osa ulkomaisista yöpymisistä oli lähtömaana Ruotsi. Myös Saksa nousi merkittävänä lähtömaana.

Luontomatkailu on nimensä mukaisesti matkailua, jossa luonto on ensisijainen vetovoimatekijä. Luontomatkailun olosuhteiden kehittäminen kulkee usein käsi kädessä sellaisten toimien kanssa, jotka edistävät luonnon virkistyskäyttöä paikallisten asukkaiden näkökulmasta. Luonnon virkistyskäyttöön on laadittu myös kansallinen strategia vuoteen 2030 <sup>95</sup>.

Luontoon perustuvilla matkailu-, hyvinvointi- ja virkistyspalveluilla on merkittäviä kasvumahdollisuuksia. Palveluiden kehittyminen liittyy vahvasti yksityisten pk-yritysten kasvuun ja kehittymiseen sekä palveluissa korostuu vastuullisuus. Monimuotoinen ja kaunis luonto on luontomatkailun ja virkistyskäytön edellytys. Suomen laajat ja monipuoliset vesialueet houkuttelevat kotimaisia ja ulkomaisia matkailijoita, mutta vesialueiden talouskäyttö

voi heikentää luonnon monimuotoisuutta, vesistöjen laatua ja maisema-arvoa <sup>92</sup>.

Vesilajien harrastamisen, veden ääreen pääsyn ja harrastusvälineiden veteen saamisen mahdollistaminen vaatii oman infrastruktuurinsa, kuten uimarantoja, laitureita, pienvensatamia, vesikulkuneuvojen veteenlaskupaikkoja, rantautumispaikkoja, pukeutumistiloja, käymälöitä, veneiden septisäiliöiden imutyhjennyspaikkoja sekä näiden alueiden läheisyydessä olevia pysäköintipaikkoja. Lisäksi vesistöjen ja veden äärellä tapahtuvan virkistykseen kannalta on tärkeää, että on olemassa rakentamattomia, vapaita rantoja. Rantojen laadulla, saavutettavuudella ja esteettömyydellä on suuri merkitys siihen, miten helposti niiltä pääsee vesille uimaan tai muuten virkistytymään. Luonnon virkistyskäytön kannalta erityisen tärkeitä ovat pitkät yhtenäiset rakentamattomat rantajaksot, joilla retkeillään tyypillisesti jokamiehenoikeuksilla <sup>95</sup>.

Merenkurkun saaristo yhdessä Ruotsin Korkearannikon (Höga Kusten) muodostaa kahden valtion yhteisen geologisen maailmanperintökohteen, johon sisältyy sekä yksityisiä että valtion omistamia alueita.

Luonnon virkistyskäytöllä on kansantaloudellisia ja työllisyysvaikutuksia, joista tosin etenkin työllisyysvaikutukset perustuvat erityisesti luontomatkailuun. Myös valtion ja yksityisille alueille saapuvat kalastajat ja metsästäjät tuovat mukanaan taloudellisia hyötyjä. Kansantalouden kannalta kalastus, metsästys ja luonnontuotteiden kerääminen voivat olla yksilötasolla taloudellisesti merkittävää toimintaa, ja lisäksi ne tarjoavat elämyksiä <sup>95</sup>.

Luonto ja sen hyödyntäminen ja virkistyskäyttö kietoutuvat myös tiiviisti osaksi suomalaista kansanperinnettä ja kansallista identiteettiä. Luonnossa liikkumiseen ja toimimiseen liittyy vanhoja tapoja ja taitoja, jotka ovat osa sukupolvelta toiselle siirtyvää elävää perintöä <sup>95</sup>.

Merialuesuunnittelussa tarkastellaan merialueen erilaisia käyttömuotoja ja toimialoja kuten energia-alat, meriliikenne, kalastus ja vesiviljely, matkailu ja virkistyskäyttö sekä

ympäristön ja luonnon säilymistä, suojelua ja parantamista. Erilaisten tarpeiden ja tavoitteiden yhteensovittamisella pyritään lisäämään yhteisymmärrystä sekä saavuttamaan synergiaetuja <sup>94</sup>.

**Merituulivoiman matkailuun** kohdistuvia vaikutuksia on vaikea arvioida yleisellä tasolla; vaikutuksia voi syntyä aina, kun ympäristöön kohdistuu muutoksia. Vaikka alueenkäytön muutos itsessään ei estäisi alueen matkailukäyttöä, alueeseen yhdistyvät aineettomat arvot kuten maisema tai luonnonrauha voivat muuttua. Matkailijat kuitenkin kokevat vaikutukset yksilöllisesti, jolloin muutos saattaa jollekin olla negatiivinen ja toiselle positiivinen. Vaikutukset vaihtelevat sen mukaan, millaisessa ympäristössä tuulivoimapuisto sijaitsee ja millaista matkailutoimintaa alueella on aiemmin ollut.

Lähtökohtaisesti merituulivoimapuisto ei estä alueen käyttöä virkistykseen, veneilyyn ja vapaa-ajankalastukseen, rakentamisaikaisia rajoituksia lukuun ottamatta. Merituulivoimapuisto ei tuotantovaiheessa oletettavasti merkittävästi vaikuta vapaa-ajan veneilyn mahdollisuuksiin alueella, sillä voimat sijaitsevat suhteellisen etäällä toisistaan. Rakentamisen aikana tuotantoalueella liikkumista on tarpeen rajata, mutta vaikutus on melko lyhytkestoinen. Merituulivoimapuistot voivat toimia myös purjehduskohteina, ja houkutella veneilijöitä ja purjehtijoita tutustumaan alueeseen ja käyttämään samalla alueen muitakin palveluita. Eri mailla on vaihtelevia säännöksiä merituulivoimapuistojen käytölle: Iso-Britanniassa ja Tanskassa tuulivoimapuistot ovat avoinna kaupalliselle ja virkistyskäytölle ilman erityisiä vaatimuksia aluksen varusteista tai rajoituksia aluksen koosta. Toiset maat, kuten Belgia ja Saksa, eivät salli virkistysalusten kulkea läpi merituulivoimapuistojen mahdollisten vahinkojen ja vakuutusongelmien vuoksi. Alankomaat avasi joitakin merituulivoimapuistojaan virkistysaluksille vuonna 2018, mutta niihin liittyy lisäksi sääntöjä: virkistysaluksilla on oltava AIS-lähetin, pääsy on mahdollista vain päiväsaikaan, aluksen maksimipituus on 24 metriä, niiden on pidettävä 50 metrin etäisyys tuuliturbiineista ja 500 metrin etäisyys korkea-

jänniteasemista, ankkurointi tuulivoimapuiston sisällä on kielletty, ja sukellus, leijalautailu tai roskaaminen on kielletty <sup>17</sup>.

Luonnon virkistyskäytön ja luontomatkailun osalta maiseman muuttuminen voidaan herkästi kokea negatiivisena, jolloin lähempänä rannikkoa sijoittuvien tuulivoimapuistojen vaikutus näyttäytyy suurempana kuin kauempana avomerellä sijaitsevien. Myös esimerkiksi kaapeliyhteyksien linjauksissa olisi hyvä huomioida yhtenäisten rakentamattomien rantajaksojen katkeamattomuus. Toisaalta yhtenä luonnon virkistyskäytön uhkana monella tavalla on ilmastonmuutos, jonka hillitsemiseen merituulivoiman rakentamisella osataan yrittää vaikuttaa.

Pohjoisella havumetsävyöhykkeellä luonnon viljeys, puhtaus, hiljaisuus, kylmyys ja pimeys ovat eksoottinen osa luontoelämystä. Olosuhteet ovat olennainen osa tuotteistettuja eräpalveluita kuten suurpetojen kuvausmatkailu. Maankäytön tai vesialueen käytön muutoksilla voi olla vaikutuksia alueen matkailukäyttöön. Tuulivoimapuiston perustamisessa olisi syytä selvittää onko puistolla merkittävää vaikutusta matkailuun ja muuhun virkistyskäyttöön, esimerkiksi luontokuvamatkailuun tai metsästyksen samalla alueella <sup>91</sup>.

Meriteollisuus ja rannikomatkailu ovat molemmat mukana EU:n sinisen talouden toimintaohjelmassa, joka tähtää merellisen ympäristön suojeluun ja kestävään käyttöön <sup>93</sup>. Ristiriitoja voisi ilmetä tilanteessa, jossa merituulivoima aiheuttaisi maisema-, melu- tai muuta koettua haittaa lähellä suosittua luontomatkailukohdetta. Tuotanto arktisille merialueille kilpailee vähemmän samasta tilasta matkailun kanssa. Samoin alueilla, jotka koetaan jo teollistettuina, merituulivoima sotii vähemmän kulttuurisen tai luonnonperinnön kanssa. Valmiiksi teollisella alueella merituulivoima voidaan helpommin nähdä puhtaan siirtymän ja modernin kehityksen symbolina.

Rannikko ja ranta-alueiden matkailijoiden ja paikallisten vierailijoiden kantoja merituulivoimaan on selvitetty. USA:n ensimmäinen merituulivoimala rakennettiin vain 4,8 kilometrin

päähän Rhode Islandin rannikosta. Paikallinen yliopisto tutki merituulivoiman vaikutuksia matkakohteen Airbnb varaustilastoihin, eikä merituulivoima laskenut majoitustilastoja. Päinvastoin ensimmäisenä merituulivoimapuistona varauksissa näkyi kasvua kesällä 2017 mikä saattoi johtua ihmisten kiinnostuksesta voimalaa kohtaan <sup>107</sup>.

Portugalissa vuonna 2017 tehdyn selvityksen mukaan selvä enemmistö paikallisista ja vierailijoista hyväksyi merituulivoimalan läheisyyden eikä se vaikuttanut vierailijoiden määrään valintaan <sup>74</sup>. Samoin Delawaren yliopiston tutkijoiden mukaan useimmat rannalla kävijät suhtautuvat välinpitämättömästi vähintään 8 kilometrin etäisyydelle rannasta rakennettuihin merituulipuistoihin <sup>63</sup>.

Merituulivoima voi toisaalta tuoda myös positiivisia vaikutuksia alueensa matkailuun. Puistojen yhteyteen voidaan luoda uutta matkailutoimintaa uusilla konsepteilla ja tukea näin alueen muitakin matkailupalveluita. Euroopassa on useita toimijoita, jotka tarjoavat esimerkiksi veneretkiä merituulivoimapuistoon. Merituulivoimapuisto voi siis toimia myös uusiutuvan energian tuotannosta kertovana matkakohteenä. Turvallisuus huomioiden merituulivoimapuistojen julkiselle avaamiselle on entistä enemmän halukkuutta <sup>17</sup>. Energiamatkailu (energy tourism) on osa teollisuusmatkailua, mikä on pieni, mutta kasvava matkailutyyppi, johon liittyy vierailut energialaitoksissa.

Alueet ja alueelliset matkailua edistävät tahot voivat viestinnällä ja markkinoinnilla tuoda esiin merituulivoiman positiivisia puolia ja siten mahdollisesti edesauttaa alueen matkailua. Merituulivoimalla voidaan edistää myös ympäristöystävällistä ja kestävää mielikuvaa Suomesta ja alueellisista matkakohteista. Rakentamisaikana tarvitaan työvoimaa, joka todennäköisesti ainakin osin tulee kauempaa. Näin majoituspalveluiden ja siihen liittyvien palveluiden kysyntä hankealueen ja sen käytävän sataman lähistöllä voi kasvaa rakentamisen ajaksi. Vedyn tuotannosta syntyvää lämpöä voisi hyödyntää matkailualalla esimerkiksi kylpylöissä ja suurissa hotelleissa.

Matkailun ja virkistyskäytön yhdistäminen merituulivoimapuiston kanssa olisi hyvä huomioida jo suunnitteluvaiheessa, jos negatiivisia vaikutuksia halutaan minimoida. Esimerkiksi kilpailutettavilla alueilla veneilyn ja purjehduksen huomioiminen ja niiden fasilitteettien rakentamisen voisi ottaa osaksi kilpailutuksen vaatimuksia. Vaikutukset etenkin virkistyskäytölle linkittyvät myös vahvasti sosiaalisiin ja kulttuurisiin vaikutuksiin eli siihen, miten yksittäiset ihmiset kokevat muutoksen ympäristössä. Koska tutkimuksia ja kokemuksia merituulivoimasta Suomessa ei vielä juuri ole, ja valtaosa hankkeista on hyvin aikaisessa suunnitteluvaiheessa, tuulivoimapuistojen vaikutuksia matkailulle ja virkistyskäytölle arvioidaan saatavilla olevan tiedon ja mielikuvien perusteella. Kansainvälisten esimerkkien laajempi selvittäminen ja esiin tuominen voisi tuoda keskusteluun uusia näkökulmia.

Tuulivoimaloiden sijoittaminen väyläalueelle on kiellettyä sen estäessä merenkulun sille osoitetulla alueella<sup>19</sup>, joten risteilytoimintaa ja lauttaliikennettä olemassa olevilla väylillä merituulivoimapuistot eivät lähtökohtaisesti estä. Tuulivoimapuistojen sijoituksessa väylien tai alusten liikennöintialueiden läheisyyteen, voivat ne kuitenkin aiheuttaa haittaa me-

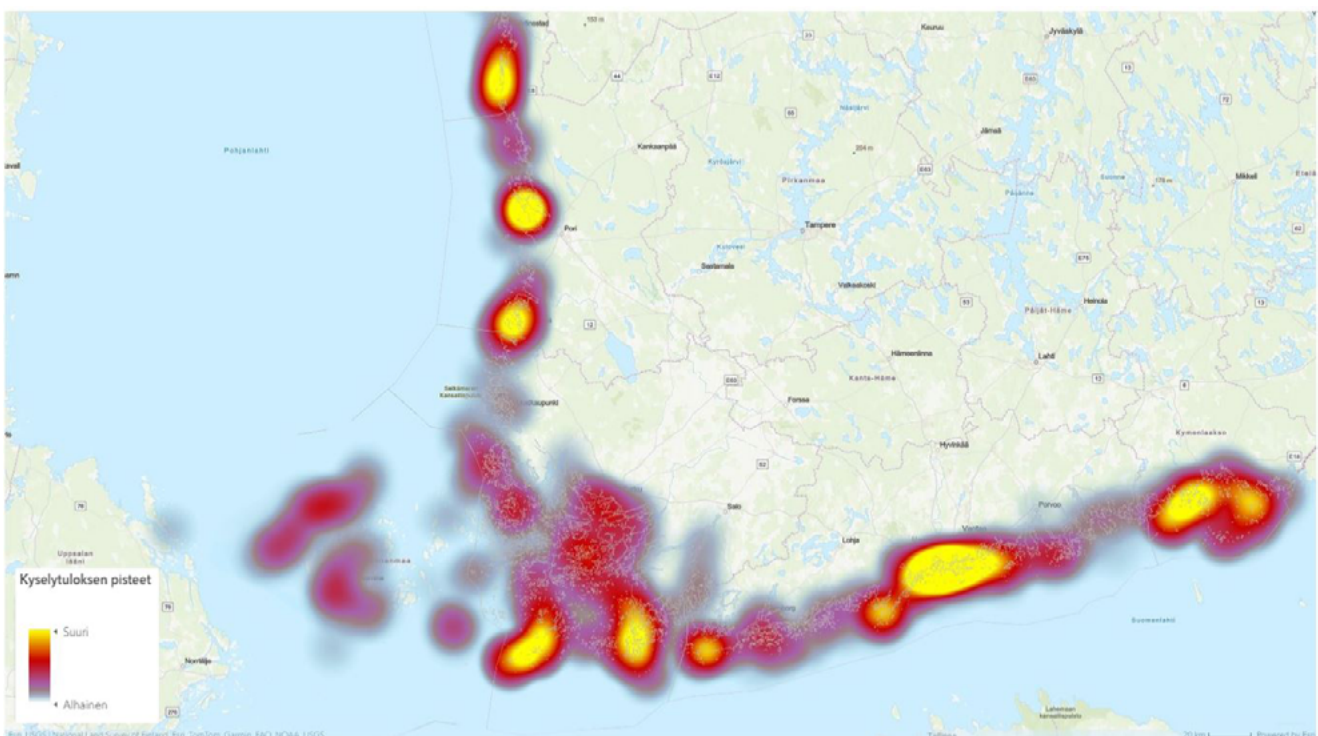
renkulun sujuvuudelle alusten paikannus- ja tutkajärjestelmille, merenkulun langattomille viestintäverkoille sekä meriliikenteen ohjauksen tutkavalvonnalle tai aiheuttaa vaaraa merenkulun ja väylien käytön turvallisuudelle<sup>87</sup>. Välillisesti merituulivoimapuistot voivat siten vaikuttaa myös matkailuun liittyvään alusliikenteeseen.

## 6.8.2 Vapaa-ajankalastus

Vapaa-ajankalastus on suosittu harrastus; lähes joka kolmas suomalainen kalastaa vapaa-ajallaan. Vapaa-ajan kalastus käsittää kaupallisen kalastuksen ulkopuolisen kalastuksen vapavälineillä sekä passiiviluvilla. Paikkakohtaisissa luvissa voi olla myös ehtoja tiettyjen lajien saaliskiintiöille.

Vuonna 2022 vapaa-ajankalastuksen saalis Pohjanlahdella oli tilastoinnin perusteella noin 2900, Saaristomerellä noin 1750 ja Suomenlahdella noin 996 tonnia. Määrältään runsaimmat saalislajit olivat hauki, ahven ja siika. Saaristomerellä myös silakka ja kuha olivat merkittäviä<sup>49</sup>.

Vapaa-ajankalastuksen pyyntimuotojen perusteella pyynti keskittyy lähelle rannikkoa.



**Kuva 44.** Merkitykselliset alueiden kyselyyn tulleiden vastausten sijainti<sup>60</sup>.



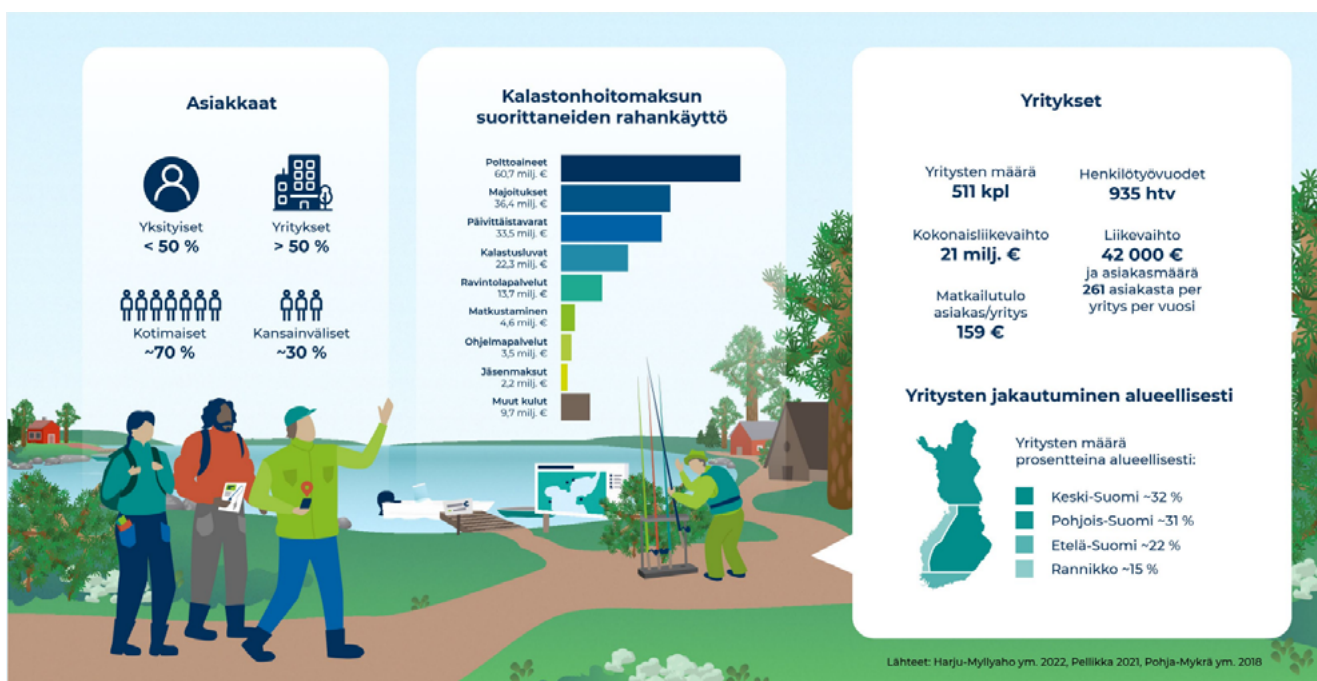
Poikkeuksen tekee merilohen uistelu, jota harjoitetaan avomerellä. Vuoden 2022 selvityksen perusteella Pohjanlahti oli suosituinta merilohen kalastusalueita<sup>70</sup>. Vuonna 2022 merilohen uisteluun tuli EU:n komission, kaupalliseen kalastukseen verrattavia, määräyksiä. Uisteluun tuli ajallisia ja paikallisia rajoituksia sekä päiväkohtaisia kiintiöitä. Pyynti on nykyään sallittu 59° 30' N pohjoispuolen alueilla (Ahvenanmaa ja Pohjanlahti) enintään neljän meripenikulman etäisyydellä aluevesien ulkorajasta 1.5.–31.8. aikana. Vuodesta 2023 lähtien kyseisillä alueilla kalastus on lopetettava loppupäivän ajaksi ensimmäisen rasvaeväleikatun lohien jälkeen.

Kalastusmatkailun kehittämiseksi on laadittu maa- ja metsätalousministeriön toimesta kehittämissuunnitelma. Toimialalla nähdään suurta kasvupotentiaalia, mutta toiminnan kehittäminen on toistaiseksi ollut yksittäisten yrittäjien vastuulla. Kalastusmatkailun kasvua haittaa ensisijaisesti toimivien palvelujen puute monien hyvien kalavesien äärellä, vahva sesonkivuonteisuus ja sen aiheuttamat rajoitteet toiminnan kehittämiseksi sekä se, että Suomea ei tunneta kalastusmatkailumaana kuin lähinnä Venäjällä, Baltian maissa ja Puolassa<sup>52</sup>.

Kalastusmatkailu voidaankin nähdä hyvinvointia ja työtä luovana elinkeinona, jolla on merkittävät aluetaloudelliset vaikutukset. Esimerkiksi vuonna 2017 Tornionjoen alueen kalastusmatkailu toi 10,8 miljoonaa euroa aluetaloudellista hyötyä ja 140 työtilaisuutta kausityöntekijöille. Saman vuonna yhden lohikilon aluetaloudellinen arvio Tornionjoen–Muoionjoen–Köngämäen yhteislupa-alueelta kalastusmatkailijan toimesta kalastettuna oli 214 euroa ja vastaavasti yhden lohien arvo 1320 euroa. Lohien nousu jokiin tuo mukanaan kalastusmatkailijoita ja valikoivan kalastuksen (pyydystä ja päästä –kalastus) myötä lohien laskennallinen arvo nousee entisestään.<sup>91</sup>

Kalakantojen hoito, kalavesien hallinnointi ja kalastuslupien kehittäminen palvelevat kalastusmatkailun toimintaedellytyksiä. Alan potentiaalin realisoituminen vaatii kuitenkin toimenpiteitä myös muun muassa palveluiden tuoteistamisen sekä myynnin ja markkinoinnin kehittämisen saralla<sup>52</sup>.

Merituulivoiman vaikutuksia kalastoon on esitetty luvussa 5.2 ja yleisesti kalastukseen luvussa 6.6. Jos kalastaminen tuulivoimapaikkojen alueella on rakentamisen aikaisia rajoituksia lukuun ottamatta edelleen mahdollista,



**Kuva 45.** Kalastusmatkailu tunnuslukuina<sup>52</sup>. Tiedot pohjautuvat Erätalouteen liittyvän yritystoiminnan nykytila ja kehittämissuunnitelmat -selvitykseen<sup>91</sup>.

merituulivoimalla ei juuri ole suoria vaikutuksia vapaa-ajankalastukselle. Vaikutuksia voi silti tulla yleisesti alueen luontomatkailun houkuttelevuuden tai kalakantoihin kuten Tornionjoen lohiin kohdistuvien vaikutusten kautta. Toisaalta tuulivoimapuistot voivat tuoda myös kalastusmatkailuun uusia konseptimahdollisuuksia ja siten uutta liiketoimintaa.

### 6.8.3 Metsästys

Metsästys Suomessa edellyttää suomalais-ta metsästyskorttia, metsästysoikeutta tai maanomistajan tai metsästysoikeiden haltijan myöntämää metsästyslupaa, oikeutta pitää hallussa ampuma-asetta sekä tiettyjen riistaeläinten osalta pyynti- tai poikkeuslupaa. Metsästysoikeus kuuluu Suomessa maanomistajalle, joka voi vuokrata oikeuden edelleen. Metsästysseurat voivat vuokrata alueita metsästys- ja riistanhoitokäyttöön. Valtio omistaa Suomen pinta-alasta noin 25 prosenttia, joista suurimmalla osalla Metsähallituksen Eräpalvelut vastaa metsästysoikeuden käytöstä ja riistanhoidosta ja myy pienriistan metsästyslupia <sup>79</sup>.

Metsästyskortin lunastaa Suomessa vuosittain noin 300 000 ihmistä, mikä on väkilukuun suhteutettuna korkea määrä. Metsästyksellä ja eränkävynillä on Suomessa pitkä historia ja perinteet. Vaikka nykyisin toiminta on pääasiallisesti harrastuspohjaista, siihen liittyvät perinteet ja ylisukupolviset kokemukset tekevät toiminnasta osan kulttuuriperintöä.

Metsästysmatkailu on osa kasvavaa erämatkailua, jonka vuotuinen liikevaihto on noin 34 miljoonaa euroa ja suorat työllisyysvaikutukset 1440 henkilötyövuotta. Alueellisesti erämatkailun ja kaupallisten kalastus- ja metsästyspalveluiden vaikutus voi olla merkittäväkin. Erätaloudella on myös kansainvälinen ulottuvuus tuotteina ja palveluina. Luonto tarjoaa erämatkailualan yrittäjille ekosysteemipalveluita ja luonto kalastus- ja metsästysmatkailun raaka-aineet. Mahdollisuus työskennellä luonnossa on erittäin tärkeää kaikelle erätoiminnalle <sup>91</sup>.

Suomen riistakeskus nostaa metsästyksen vastuullisuuden tärkeäksi osaksi toimintaa ja sen yhteiskunnallisen hyväksynnän säilymistä. Vastuullisuutta on muun muassa saaliin kunnioitus ja hyödyntäminen, saalismäärän mitoittaminen senhetkisiin riistakantoihin, ja asetettujen saaliskiintiöiden tai suositusten noudattamista <sup>78</sup>. Metsästyksen kestävydestä voidaan huolehtia sillä, että toimintaa hajautetaan laajoille alueille.

Globaalit trendit näkyvät myös metsästyksen osalta sekä uhkina että mahdollisuuksina: esimerkiksi terveellisen ja puhtaan ruuan merkitys, kestävä käyttö sekä luonnon ja ihmisen arvostus urbanisoitumisen vastakohtana ovat metsästykselle vetovoimatekijä. Samaan aikaan ilmastonmuutos haastaa myös metsästystä ja sen toimintaympäristöä. <sup>55</sup> Uhkana nähdään myös kilpailu luonnonvaroista eri toimintamuotojen välillä, jos maankäyttö ja maiseman muutos heikentävät riistakantojen elinympäristöjä ja aiheuttavat kantojen laskua tai jopa paikallista romahtamista. <sup>91</sup>

Metsästäjäliitto on nostanut myös metsästysmatkailun kehittämisen yhdeksi tavoiteohjelmansa kohdista. Palvelutarjonnan kehittäminen vaatii toimijoiden välistä yhteistyötä, selvityksiä sekä mahdollisesti muutoksia lainsäädäntöön ja verotuskäytäntöihin <sup>56</sup>.

Metsästäjien etua valvoo Metsästäjäliitto ja sen 16 piiriä, joiden toiminta-alue kattaa koko maan Ahvenanmaata lukuun ottamatta. Piirit ovat itsenäisiä, rekisteröityjä yhdistyksiä, ja niiden jäseniä ovat metsästysseurat jäsenineen sekä piirien henkilöjäsenet. Metsästäjäliiton näkökulmasta olisi toivottavaa, että merituulivoimahankkeista pyydetäisiin lausunnot kaikilta tasoilta: seuroilta, piireiltä ja liitolta.

Rannikolla ja saaristossa metsästetään muun muassa merilintuja ja hylkeitä. Hylkeenpyytäminen on osa rannikon perinteisiä merellisiä elinkeinoja. Hylkeiden metsästyksessä on nykyisin erotettavissa kaksi toisistaan selvästi eroavaa päälinjaa: perinteinen hylkeenpyynti luodoilla tai jäällä ja vahinkoa aiheuttavien

hylkeiden pyynti kalanpyydysten tai kasvatuslaitosten läheisyydessä<sup>51</sup>.

Metsästyksen kannalta oleellisia paikkoja merellisessä ympäristössä ovat luodot, joilla metsästyks tapahtuu. Rannikon läheisyyteen sijoituvilla merituulipuistoilla on siten suuremmat vaikutukset metsästykseseen kuin avomerelle sijoituvilla. Metsästyksen aluerajoitteissa on paljon samoja tekijöitä kuin tuulivoiman sijoittelun rajoitteissa (luonnonsuojelualueet, meriväylät jne.). Tästä syystä huolena on, että tuulivoimapuistojen sisälle tai voimalan alle jää metsästyksen kannalta merkityksellisiä luotoja. Metsästysalueiden kaventuminen haastaa myös metsästyksen kestävyyttä.

Luotojen merkityksellisyyttä voidaan arvioida riistatilastojen avulla. Toisaalta pitää huomioida metsästyksen kulttuuriperintö: yksittäiselle ihmiselle tilastoissa piiloon jäävä luoto voi olla erityisen merkityksellinen perinteiden ja ylisukupolvellisten kokemusten kautta. Luotojen merkityksellisyyteen vaikuttaa myös rannikon rikkonaisuus lähialueella; jos lähitöllä on runsaasti luotoja, yksittäisen luodon poistumisella on pienempi vaikutus kuin jos se on ainoa. Talousvyöhykkeellä metsästäminen on nykyisin marginaalista, joten valtaosa vaikutuksista kohdistuu aluevesillä sijaitseviin merituulivoimapuistoihin.

Mikäli saalistettavat linnut eivät häiriinny itse voimaloista, merituulivoimapuiston sijoittumisella luotojen läheisyyteen ei oletettavasti ole suurta merkitystä. Samoin jos tuulipuiston sisällä sijaitsevalta luodolta saa edelleen metsästyks, vaikutukset eivät ole suuria. Lintujen käyttäytymisestä kaivataan kuitenkin lisää tutkimustietoa. Yhteensovittamisen keinona voisi olla myös merituulivoimalan perustusten hyödyntäminen uusina keinotekoisina luotoina, joilta saisi metsästyks ja kalastaa. Tätä kautta voisi syntyä uusia matkailukonsepteja, jos turvallisuuteen ja erilaisiin vastuisiin liittyvät kysymykset saadaan ratkaistua yhdessä tuulivoimapuiston operoijan kanssa.

Merituulivoiman vaikutukset riistaeläimiin voivat tulla myös välillisesti ravintoketjujen kautta. Merilintujen ruokailualueet ovat tyy-

pillisesti alle 20 metriä syvässä vesissä. Vaikka tuulivoimapuistoja ei näille alueille suunniteltaisikaan, tulee merikaapeleiden reittien suunnittelussa huomioida ruoppauksen vaikutukset koko kaapelilinjalla. Esimerkiksi haahka syö sinisimpukoita, joiden elinoloja kaapeleiden asentaminen saattaa häiritä. Kaapeleiden rantautumiskohtien osalta tulisi huomioida myös kalojen kutualueet ja vesilintujen ruokailualueet. Myös maalla sähkönsiirtoreitit voivat katkaista eläinten käyttämiä reittejä. Näitä vaikutuksia arvioidaan hankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa, mutta voi olla myös tarpeen laatia laajempia yhteisvaikutusten arviointeja ja kerätä lisätietoa välillisistä vaikutuksista ravintoketjuihin.

Merituulivoimapuistojen tuotantoaikana vuodenaikojen vaihtelulla ei ole mainittavaa merkitystä metsästykseseen kohdistuvien vaikutusten kannalta, mutta rakentamisen aikana töiden aikatauluttamisessa olisi hyvä huomioida eläinten kevään pesimis- ja poikueajat, jotta häiriöt riistalajistolle jäisivät mahdollisimman pieniksi. Voimaloiden elinkaaren päässä niiden perustukset voisivat toimia pesimisalueina, jos ne jätettäisiin purkamatta.

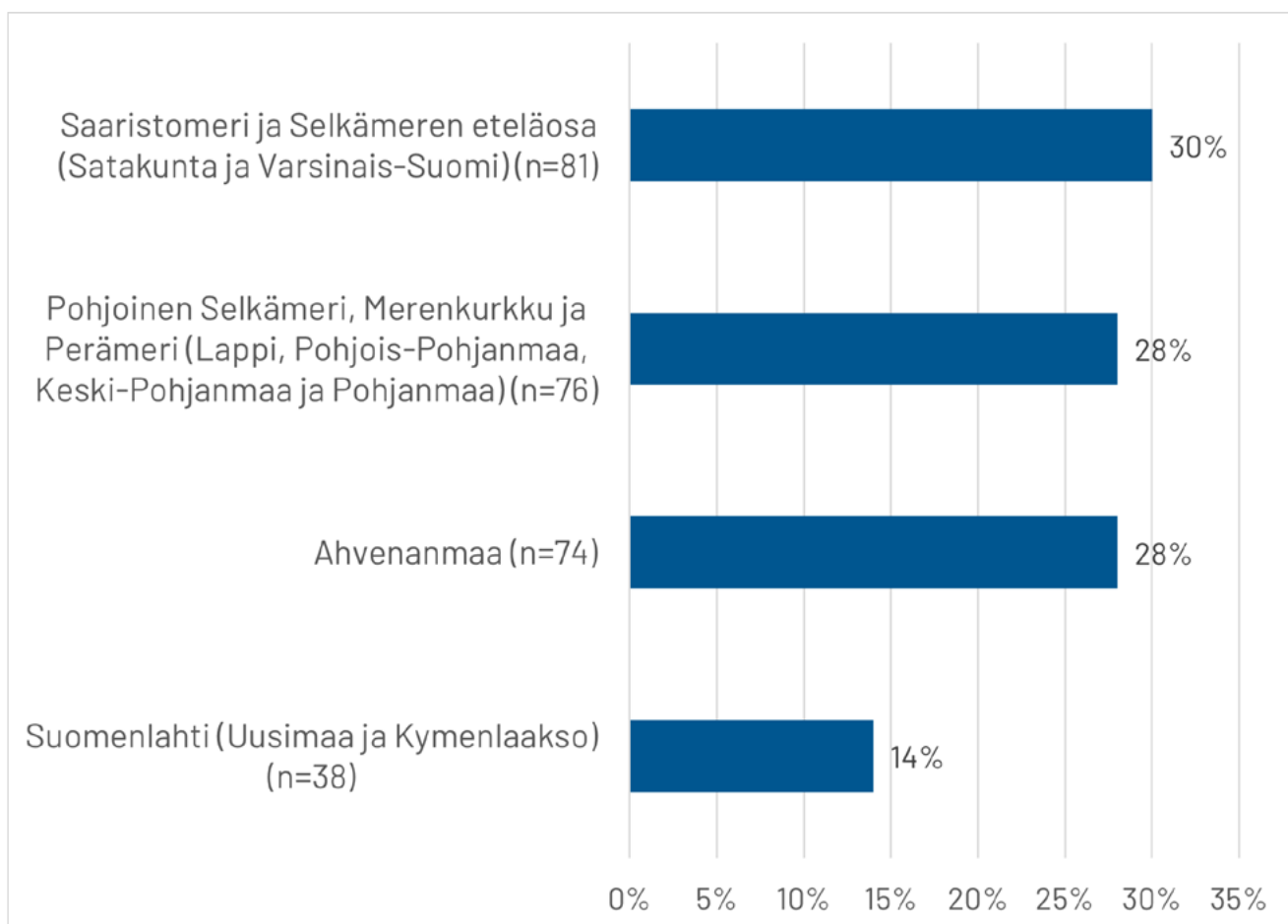
# 7 Sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset

## 7.1 Sosiaalisten ja kulttuuristen vaikutusten kysely

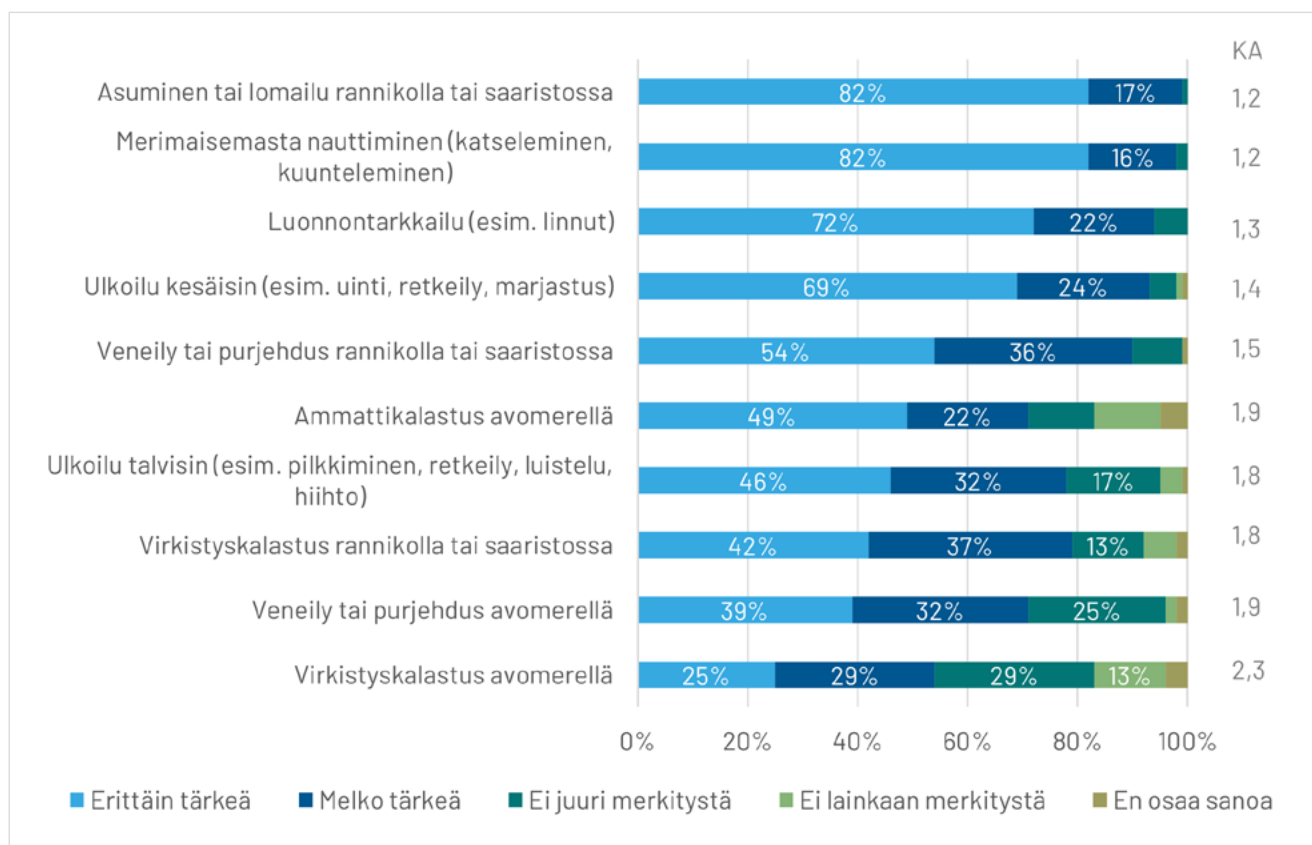
Työn aikana toteutettuun sosiaalisten ja kulttuuristen vaikutusten kyselyyn saatiin 269 vastausta. Vastaajat jakautuivat melko tasaisesti eri merialuesuunnittelun alueiden välillä. Kyselyn tarkemmista tuloksista on laadittu erillinen raportti.

Avoimissa kysymyksissä kysyttiin muun muassa vastaajan rannikko- ja merialueiden nykyistä käyttöä sekä näkemyksiä siitä, mitä vaikutuksia merituulivoimalla voi olla rannikko- ja saaristoyhteisöihin. Yleisesti ottaen kyselyn vastauksissa nousee vahva huoli negatiivisista vaikutuksista, vaikka samaan aikaan vastaajat tunnistavat uusiutuvan energian tuotannon lisäämisen tärkeäksi.

**Rannikon tai saariston alue, jossa vastaajat asuvat, mökkeilevät, virkistävät tai harjoittavat elinkeinoa (N=269)**



## Miten tärkeinä vastaajat kokevat seuraavat rannikko- ja merialueiden käyttöön liittyvät asiat? (N=269)



## Kuvailekaa vapaamuotoisesti rannikko- ja merialueiden nykyistä käyttöä tai merkitystä elinympäristössänne tai merellisessä elämäntavassa (N=172)

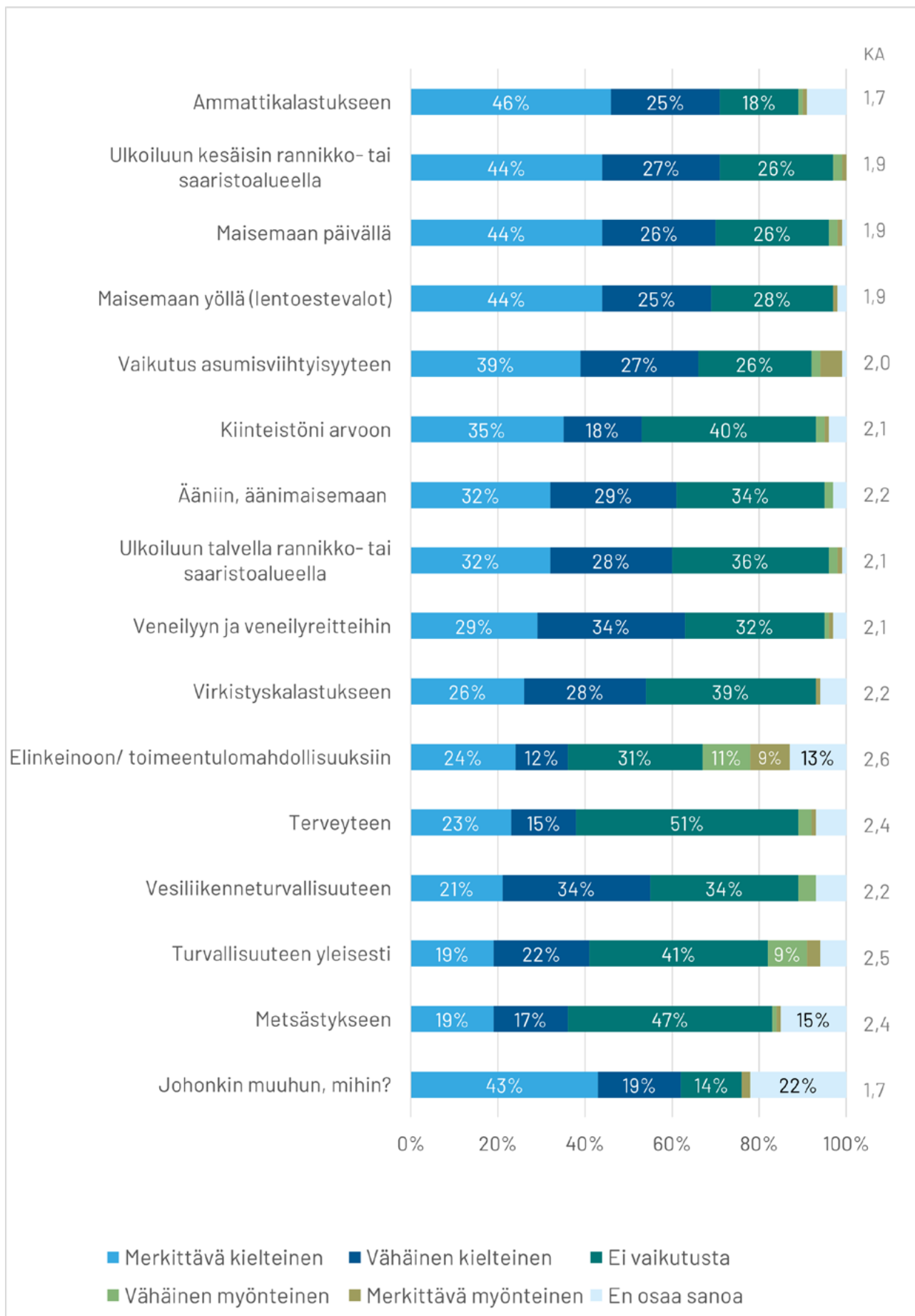
Saaristo on niin kodin, vapaa-ajan ja työn merkityksellinen ja perinteikäs sijainti kuin myös elämäntyyli, jonka kestävä kehittyminen ja tulevaisuus kiinnostaa asukkaita. Merellä ja saaristoluonnolla on rauhoittava, rentouttava ja palauttava vaikutus – vastauksissa saaristo on paratiisi, keidas, nostalginen ja henkinen turvapaikka, ainutlaatuinen maailmassa. Saaristolaisuus ja seudun voimakas kulttuuriperintö on vahva osa identiteettiä ja saaristolaisuuden puolestaan merkittävä osa saaristolaisuuden kokemuksesta. Saariston luonnon ja Itämeren nykytila mietityttää ja tulevaisuus huolestuttaa; perinnemaisemien lisäksi ainutlaatuinen ja herkkä ekosysteemi, luonnon monimuotoi-

suuden vaaliminen sekä kasviston, linnuston ja eläimistön hyvinvointi kuten myös kestävä metsästys sekä perinteikäs kotitarvekalastus nostetaan vastauksissa vahvasti esiin.

Rannikkoalueet ovat myös työpaikka ja elinkeino: tuulivoiman merenkulkuun, matkailuun sekä kalastuksen liittyvät elinkeinovaikutukset huolestuttavat. Kalastuksen jatkumisen merkitys perinteisenä elinkeinona, alueellisen omavaraisuuden ja kestävämmän ruoantuotannon lähteenä korostuu. Matkailuun liittyvät kommentit liittyvät erityisesti saaristonäky-miin sekä luontokokemuksen vaarantumiseen.



**Vastaajien arviointi merituulivoimaloiden vaikutuksesta elinoloihin, viihtyvyyteen tai elinkeinoihin tulevaisuudessa**



**Millaisia vaikutuksia merituulivoimarakentamisella voi tulevaisuudessa olla rannikko- ja saaristoyhteisöjen nykyiseen merelliseen elämäntapaan, perinteisiin ja kulttuuriin?**

Merituulivoiman positiivisiksi vaikutuksiksi arvioidaan ennen kaikkea työllisyys ja työllisyyden kautta mahdollisesti elinvoimaistuvat alueet ja sitä kautta paikalliskulttuuri. Merituulivoiman kanssa ”opittaneen elämään”, mutta niistä kerättävät eurohyödyt halutaan näkyviin paikallisesti. Merituulivoiman rakentamisen arvioidaan mahdollistavan myös investointeja rannikkoalueen satama- ja tieinfrastruktuuriin.

Merimaiseman muutoksen negatiiviset vaikutukset korostuvat vastauksissa. Tuulivoimalat muuttavat perinteistä merimaisemaa ja erityisesti voimaloiden koko yhdistettynä suurelta vaikuttaviin määriin suunnitelmassa aiheuttaa voimakasta vastustusta. Merituulivoima-alueet rinnastetaan useissa vastauksissa teollisuusalueisiin. Avovesillä olevan tuulivoimarakentamisen negatiiviset vaikutukset taas liittyvät vedenalaiseen infrastruktuuriin.

Negatiivisista vaikutuksista syntyy vastauksien valossa itseään voimistava kehä, jossa saariston vetovoiman laskeminen vaikuttaa suoraan matkailusta syntyviin tuloihin, kiinteistöjen arvoon ja sitä kautta seudun elinvoimaan. Toinen vastaava negatiivinen kehityskulku liitetään luonnon rappeutumiseen ja peruuttamattomiin vaikutuksiin erityisesti tuulivoiman rakentamisen yhteydessä mutta myös mahdollisissa toiminnan aikaisissa pitkäaikaisvaikutuksissa. Kolmas negatiivinen kehä liittyy kalastukseen sekä elinkeinon että kalakantojen elinvoimaisuuden kautta.

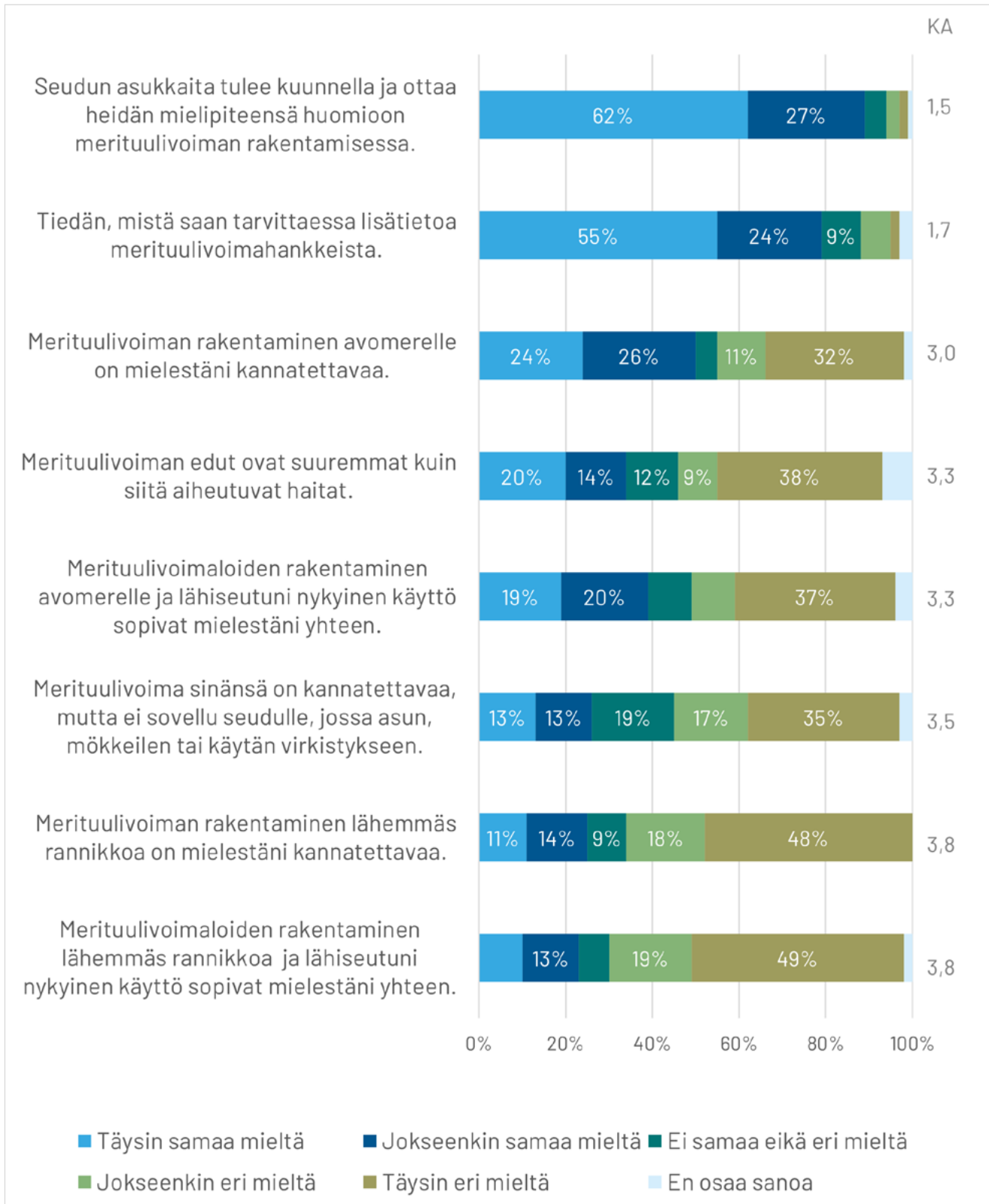
Vastauksissa tulee esiin myös se, ettei pitkäaikaisvaikutuksia tiedetä ja vaikka tutkimustietoa on, perustuu se usein erilaisen ekosysteemin (valtameret) tutkimukseen. Negatiivisia vaikutuksia arvellaan voitavan hillitä tarkoituksenmukaisin rajoittein, mutta näkyvyys vaihtoehtoihin vaikutuspolkuihin on huono ja faktapohjaista tietoa vaikutusten mittakaavasta kaivataan. Myös turvallisuuskysymyksiä (liittyen uuteen kriittiseen infraan sekä geopolitiiseen tilanteeseen) nostetaan joissain vastauksissa.

## 7.2 Merituulivoiman vaikutukset rannikko- ja saaristoyhteisöihin

Etenkin negatiivisimmissä vastauksissa korostuu vastaajien huoli siitä, ymmärretäänkö ja tutkitaanko merituulivoiman vaikutuksia riittävän kokonaisvaltaisesti. Vastaajat nostavat esiin kysymyksiä ja peräänkuuluttavat tutkimustietoa erityisesti pitkäaikaisvaikutuksista merenpohjan, vaelluskalojen, kalastuselinkeinojen ja lintujen muuton näkökulmasta. Hyötyjen ja haittojen vertailu on vastaajien mielestä haastavaa ja läpinäkyvyys tiedon luotettavuuteen puuttuu. Suunnitteluvaiheeseen toivotaan varovaisuusperiaatteita sekä aktiivista yhteistyötä paikallisten asukkaiden, elinkeinonharjoittajien ja esimerkiksi kalastajien kanssa. Rannikkoalueiden asukkaiden jatkuvan kuulemisen ja vuorovaikutuksen tarve korostuu vastauksissa.

Kyselyvastaukset tukevat muita työn aikana tehtyjä havaintoja siitä, että merituulivoima ilmiönä ja sen vaikutukset vaativat lisätietoa erityisesti laajemmista yhteisvaikutuksista etenkin ympäristön osalta. Tiedon lähteisiin suhtaudutaan myös kriittisesti ja vastauksissa toistuu huoli siitä, että selvitysten taustalla on liiallinen markkinapainotus. Myös kerätyn tiedon jakaminen ja aktiivinen vuoropuhelu ovat keskeisessä roolissa rannikko- ja saaristoyhteisöjen osallistamisessa, negatiivisten vaikutusten lieventämisessä ja mahdollisten synergioiden vahvistamisessa.

## Vastaajien näkemyksiä merituulivoiman suunnitteluun liittyvistä väittämistä (N=268)



# 8 Kokonaiskuvan muodostaminen

## Merituulivoiman tilannekuva

Euroopan vihreän kehityksen ohjelman <sup>11</sup> politiikkapakettien kuten Offshore Renewable Energy Strategyn <sup>12</sup> ja etenkin kriisiytyneen geopolitiittisen tilanteen vuoksi valmistellun RePowerEU:n<sup>14</sup> siivittämänä myös Suomessa uusiutuvalla energiantuotannolle asetut tavoitteet ovat kasvaneet sekä investointien aikataulut nopeutuneet vauhdilla. Talousvyöhykkeelle kohdistuu erityisen suuri investointikiinnostus. Merituulivoiman hallittu kehitys kuva vaatii toimia julkisilta toimijoilta mukaan lukien esimerkiksi luvitus- ja valvontaviranomaiset sekä aluesuunnittelijat.

Kiinnostus merituulivoiman kehittämiseen on kasvanut Suomessa ennakoimattomalla nopeudella. Toiminnassa olevia merituulivoimapuistoja on ainoastaan vuonna 2017 tuotannon aloittanut Tahkoluoto Porin edustalla, mutta eri selvitysvaiheessa on kymmeniä hankkeita Pohjanlahdella. Helmikuun 2024 loppuun mennessä Puolustusvoimat oli antanut puoltavan lausunnon 51 hankkeelle, jotka sisältävät yhteensä 5 641 voimalaa. Fingridille on saapunut huhtikuuhun 2024 mennessä liityntäkyselyitä 93 gigawatin verran. Selvitettävistä hankkeista tosin monet sijaitsevat päällekkäin. Hankkeista noin puolet sijaitsee aluevesillä, mutta talousvyöhykkeellä sijaitsevien hankkeiden koko voimalamääränä mitattuna on keskimäärin suurempi: hiukan yli 60 % hyväksytyin lausunnon saaneista voimaloista sijaitsee talousvyöhykkeellä. Kaikki puoltavan lausunnon saaneet hankkeet sijaitsevat Pohjanlahdella Ahvenanmaan pohjoispuolella, joista noin 60 % Merenkurkun eteläpuolella ja noin 40 % sen pohjoispuolella.

Metsähallituksen Kiinteistökehitys edistää yleisvesialueiden hankkeita. Näistä Korsnäsin alueelle on valittu kumppani kilpailutuksen jälkeen, Ebba ja Edith ovat kilpailutusvaiheessa. Talousvyöhykkeellä on runsaasti hankkeita; monet ovat YVA-vaiheessa, mutta

yksikään ei ole vielä edennyt perusteltuun lausumaan asti. Talousvyöhykkeen selvitetävistä hankkeista useat sijaitsevat myös päällekkäin. Hankekehittäjät laativatkin selvityksiä riskillä ennen yksinoikeuden saamista. YVA-prosesseja haastaa sekä resurssien niukkuus että vaikutusarviointien vaatimukset, joihin liittyviä ohjeita laaditaan yhtä aikaa hankkeiden edistyessä. Työ- ja elinkeinoministeriössä on valmisteilla vuoden 2024 aikana uusi talousvyöhykkeen merituulivoimalaki, johon kohdistuu toiveita monen asian selkeyttämisestä.

Viranomaiset ja muut julkiset toimijat ovat heränneet selvittämään merituulivoiman toimintaympäristöä ja ohjeistuksia äkillisesti kasvaneen kysynnän ja hankevalmistelun myötä. Väylävirasto ja Traficom julkaisivat marraskuussa 2023 yhteisen ohjeen meriliikenteen vaikutusten arviointiin, ja Fingridin selvitys kantaverkon mahdollisista liityntäpisteistä valmistuu kesäkuussa 2024.

Uusiutuvan energian kysynnän investointien toteutumisella on merkittävä vaikutus merituulivoiman investointipäätöksiin ja hankkeikatauluihin. Vetytalouden hankkeita on jo vireillä, mutta ensimmäisiä hankkeita suunnitellaan lähinnä maatuulivoiman varaan. Suuren mittaluokan skaalautuminen odottaa todennäköisesti myös vedyn siirtoinfrastruktuurin rakentumista ja sen investointipäätöksiä.

## Merituulivoiman kehityskuva

Eurooppalaiset tavoitteet ja strategiat ohjaavat kehitystä myös Suomessa, jonka merialueet ovat syvyytensä ja tuuliolosuhteidensa puolesta luonnostaan potentiaalisia merituulivoiman kehittämiseksi. Merituulivoiman teknologiaa kehitetään koko ajan; teknologisen kehityksen myötä voidaan nähdä entistä suurempia voimalakokoja aiempaa syvemmillä vesialueilla. Merituulivoiman investointien toteutuminen odottaa vielä uusiutuvan energian

kysyntää; kysyntä- ja tuotantoinvestoinnit toki tarvitsevat toisiaan toteutuakseen.

Matkan varrella on myös monta muuta resursipullonkaulaa ja aikatauluhaastetta, joiden selvittämisestä riippuu hankkeiden toteutumisen tahti. Tuotantoteknologioiden saatavuuden ja osaamisen varmistaminen on laajempi eurooppalainen haaste, johon liittyy myös kysymyksiä riippuvuuksiin kriittisistä materiaaleista. Henkilöresurssien saatavuus voi haastaa jo hankekehitys- ja luvitusvaiheessa, kun samoja asiantuntijaresursseja tarvitaan sekä yksityisellä että julkisella sektorilla. Rakentamisen alkaessa satamien ja satamaoperaattoreiden pitäisi olla toimintavalmiudessa tarvittavat kehittämisinvestoinnit toteutettuina. Rakentamisessa tarvitaan myös erikoisaluksia, joita on maailmanlaajuisestikin tarjolla vain rajallinen määrä. Tuotantovaiheessa taas tarvitaan työvoimaa operointiin ja kunnossapitoon; tarvittavan osaamisen, merenkulkuosaaminen mukaan lukien, saatavuuden varmistaminen oikea-aikaisesti on siis oleellista.

Aluevalvonnan tarpeiden ja painopisteiden sekä geopoliittisen tilanteen vuoksi merituulivoiman suunnitteleminen Suomenlahdelle ja Ahvenanmaan eteläpuolelle ei ole realistista pitkiin aikoihin. Todennäköisesti yhteensovittaminen meriliikenteen kanssa olisi viilkaasti liikennöidyllä Suomenlahdella joka tapauksessa hankalaa. Puhuttaessa siis suomalaisen merituulivoiman kehityskuvasta vuoteen 2050 puhutaan ensisijaisesti Pohjanlahdesta.

Tässä työssä syvennettiin kahta ennalta määritettyä skenaariota merituulivoiman toteutumisesta vuoteen 2050 mennessä. Näistä ensimmäinen, Koordinoitu kokonaisuus, olettaa että merellinen energiantuotanto pohjautuu nykyiseen Suomen Merialuesuunnitelmaan 2030. Skenaario on seuraus kehityksestä, jossa uusiutuvan energian kysyntä on kasvanut, mutta iso osa siitä on katettu muilla tuotantotavoilla. Skenaariossa merituulivoiman rakentaminen lähtee liikkeelle aluevesiltä, ja toiminnan volyymi ei ole riittänyt siihen liittyvien toimialojen merkittävään kasvuun. Ensimmäisessä skenaariossa merituulivoiman tuotantoteho vuoteen 2050 mennessä olisi 15 GW.

Toinen skenaario, Sininen energia-aitta, olettaa että yksityiset toimijat tunnistavat potentiaaliset tuotantoalueet omista lähtökohdistaan ja energiantuotantoa toteutuu laajasti myös Suomen merialuesuunnitelmassa 2030 osoitettujen alueiden ulkopuolelle. Skenaario on seurausta kehityksestä, jossa vetytalous on skaalautunut voimakkaasti ja Suomi tuottaa energiaa eri muodoissa myös vientiin. Samaan aikaan talousvyöhykkeen sääntelyn uudistaminen on luonut houkuttelevan toimintaympäristön ja toisaalta energian siirtoverkkoja on kehitetty merkittävästi. Skenaariossa merituulivoiman rakentaminen lähtee liikkeelle sekä aluevesillä että talousvyöhykkeellä, ja toiminnan volyymi on edesauttanut uuden taloudellisen toiminnan syntymistä Suomeen. Toisessa skenaariossa merituulivoiman tuotantoteho vuoteen 2050 mennessä olisi 26 GW.

## Vaikutukset

Merituulivoiman ympäristövaikutuksista on kansainvälisesti tutkimuksia ja kokemustietoa. Kuitenkin Itämeren ominaispiirteet ja Pohjanlahden paikalliset olosuhteet vaatisivat lisää tutkimustietoa ympäristövaikutusten arvioinnin pohjalle. Samat tutkimustarpeet koskevat luonnollisesti Ruotsin ja muiden Itämeren maiden hankkeita, ja esimerkiksi vaelluskaloihin tai muuttolintuihin liittyvien vaikutusten arvioinnissa olisi hyvä olla yhteinen tietopohja ja arvioinnin periaatteet kaikkien Itämeren maiden kesken. On myös huomattava, että esimerkiksi jopa Saksan tai Tanskan merialueilla sijaitsevilla merituulivoimapuistoilla voi olla vaikutusta Pohjanlahden eliöstöön, etenkin muuttaviin lajeihin. Koska merkittäviä vaikutuksia ovat hankkeiden yhteisvaikutukset, vaikutusten arviointia ja sitä varten kerättävää selvitystietoa olisi hyvä koordinoita ja tuottaa kansallisesti ja tarvittaessa kansainvälisessä yhteistyössä.

Vastaavasti lisää tutkimusta tarvitaan merijäähän liittyen. Hanketoimijoiden intressinä on jääkenttien käyttäytymisen mallintaminen tuulipuiston rakenteiden mitoittamisen ja operoinnin järjestämisen kannalta. Yhtä lailla jäämalleja tarvitaan, jotta voidaan arvioida



merituulivoimaloiden vaikutusta jääkenttiin ja siten jäänmurtoon ja talvimerenkulkuun. Merenkulun yhteensovittaminen onkin merellisistä toimialoista ehkä haastavin, ja talvimerenkulku sen alla erityisenä kysymyksenä. Merituulivoimapuistojen sijoittaminen Suomen jäätyville merialueille haastaa edelleen talvimerenkulun toimintaedellytyksiä, joita on kohtaamassa jo muitakin haasteita alusten ominaisuuksiin ja ilmastonmuutoksen vaikutuksiin liittyen.

Meriliikenteen liikennöintialueiden kaventuminen lisää alusliikenteen kohtaamia ja risteämisiä, mikä puolestaan yleisesti lisää onnettomuusriskiä ja myös ympäristövahinkojen riskiä. Riskejä kohottaa myös jääolosuhteiden muutoksista mahdollisesti johtuvien alusten black out ja konerikkotilanteiden lisääntyminen. Merituulivoimapuistojen suunnittelussa on myös huomioitava meripelastuksen toimintaedellytykset myös puiston sisällä. Suomen ulkomaankaupasta valtaosa kulkee meritse, joten meriliikenteen toimivuudella ja sujuvuudella on suuri merkitys myös huoltovarmuuden kannalta.

Merellinen kaivannaisteollisuus ja merituulivoima voivat hyötyä toisistaan, jos merituulivoiman sijoittamisella ei estetä merenpohjan hiekka- ja mineraaliesiintymien hyödyntämistä. Merenpohjan kiviaineksia voitaisiin hyödyntää painovoimaperustusten täytöissä, jolloin esiintymän ja hankealueen sijaitessa riittävän lähellä toisiaan kiviaineisten kuljetuksissa voitaisiin säästää kustannuksia ja päästöjä. Toimialoilla on myös yhteisiä merenpohjan ja vaikutusten tutkimus- ja selvitystarpeita.

Kalastuksen kannalta merituulivoiman vaikutukset näkyvät sekä voimaloiden sijainnissa suhteessa troolausalueisiin että mahdollisissa muutoksissa kalakantoihin ja niiden käyttäytymiseen. Jotta vaikutukset kalastukselle voidaan arvioida, tuulivoima-alueiden ja niiden kaapelikäytävien yhteisvaikutuksista tarvitaan lisää tietoa. Tämän hetken jäsentymätön kehityskuva hankealueista ja niiden toteutumisesta sumentaa kalastajien näkymää tulevaisuuteen ja vaikeuttaa siten pitkäaikaisten suunnitelmien laatimista. Yleisesti ottaen

kalastukselle soveltuvien alueiden lukumäärän väheneminen ja alueiden pieneneminen heikentävät toimialan toimintaedellytyksiä.

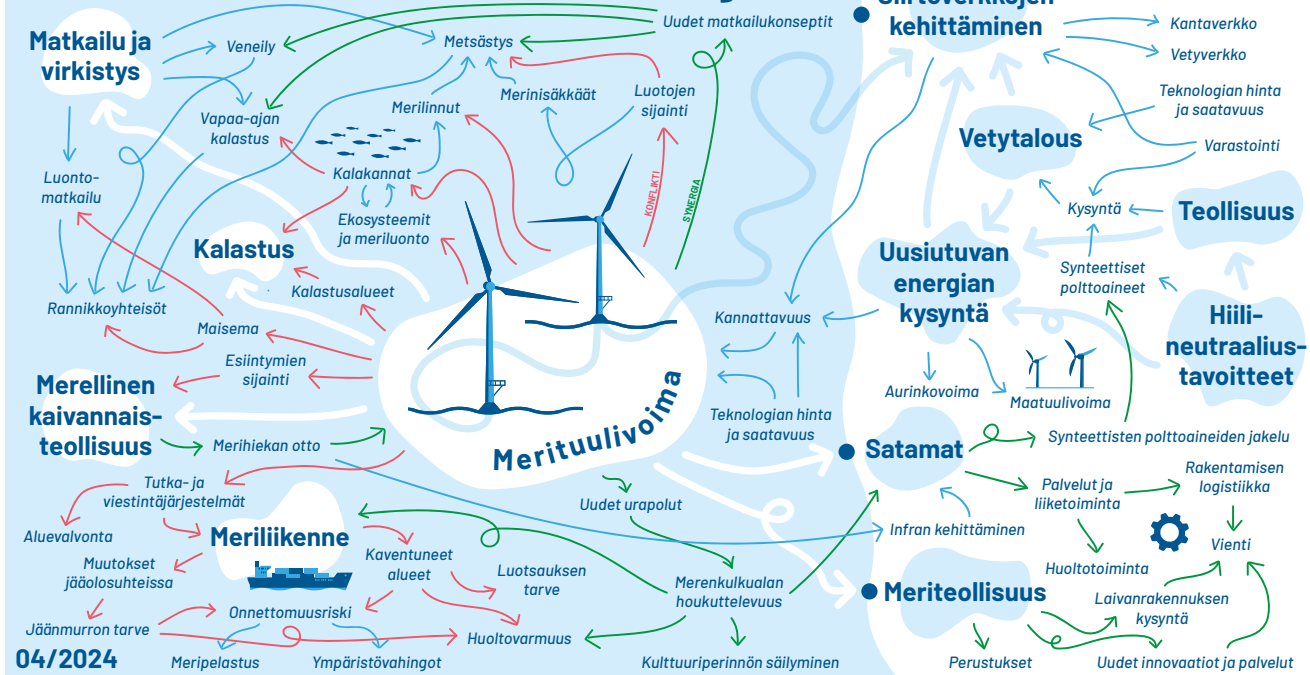
Samaan aikaan merituulivoima ja sen rakentaminen tarjoaa satamille ja satamaoperaattoreille runsaasti liiketoimintamahdollisuuksia. Potentiaalin lunastamiseksi satamiin kohdistuu myös kehittämistarpeita. Meriteollisuudelle ja koko meriklusterille merituulivoima tuo merkittävää liiketoimintapotentiaalia sekä suoraan että välillisesti. Koko merenkulusektorin kannalta synergiana voisi olla myös yleinen merenkulkuosaamisen kasvaminen. Potentiaalin realisoituminen vaatii innovaatioita, tuotekehitystä, investointeja ja mahdollisesti myös tukea näihin.

Rannikon ja saariston virkistyskäytön, kuten veneilyn, vapaa-ajankalastuksen ja metsästyksen osalta merituulivoimaan liittyy huolia muuttuvan toimintaympäristön takia. Sosiaalisten ja kulttuuristen vaikutusten kyselyssä nousee esiin paljon toiveita vaikutusten perusteellisesta selvittämisestä ja huomioimisesta. Vaikka matkailun osalta merituulivoima voisi tarjota myös uusia konsepteja, oman virkistyskäytön ja kulttuuriperinnön säilyminen ovat itseoikeutetusti rannikon ja saariston asukkaille tärkeitä.

Vaikutukset kohdentuvat hieman eri tavoin tarkastelluissa skenaarioissa. Ensimmäisessä skenaariossa (Koordinoitu kokonaisuus) merituulivoimaa rakentuu lähemmäs rannikkoa, jolloin vaikutukset meriympäristölle korostuvat. Myös konfliktit luontomatkailun ja virkistystoiminnan kanssa painottuvat sitä enemmän mitä lähempänä rannikkoa merituulivoimaa rakentuu. Sen sijaan vaikutukset meriliikenteelle ja kalastukselle jäävät pienemmäksi tässä skenaariossa, jossa energiantuotantoa on esimerkiksi Selkämerellä vähemmän. Toisaalta pienempi volyyymi ei välttämättä riitä realisoimaan taloudellista potentiaalia satamille ja meriteollisuudelle.

Toisessa skenaariossa (Sininen energia-aitta) merituulivoimaa rakentuu enemmän, mutta sitä rakentuu lisää vahvemmin talousvyöhykkeelle. Suurempi voimalamäärä talous-

# Merituulivoiman vaikutusketjut



**Kuva 46.** Merituulivoiman kokonaistarkastelu.

vyöhykkeellä ei lisää samassa suhteessa vaikutuksia meriympäristölle tai virkistystoiminnalle, koska näiden merkitys ulkomerellä on pienempi. Suurempi voimalamäärä tarkoittaa kuitenkin lisää kaapeliyhteyksiä, jotka vaikuttavat meriympäristöön ja ekosysteemeihin maa-meripintaan asti. Myös rakentamisen aikaiset haitat voivat olla suuremmat, jos hankkeita rakentuu useampia yhtä aikaa. Toisessa skenaariossa korostuvat lisäksi vaikutukset meriliikenteelle ja kalastukselle, joille avoimet ulkomeren alueet ovat keskeisiä. Tässä skenaariossa taas merellisen energiantuotannon volyymi on suurempi, mikä voi auttaa merituulivoiman arvoketjujen kotimaisuusasteen merkittävään nousuun sekä uuden toimialan ja taloudellisen toiminnan syntymiseen.

Tarkkaa yhteisvaikutusten arviointia on mahdollonta tehdä ennen kuin on selvää, mitkä hankkeet toteutuvat tai mille alueille merellistä energiantuotantoa voi tulla. Yhteisvaikutusten arviointi on keskeistä esimerkiksi meriliikenteen, kalastuksen sekä meriluonnon kannalta, mutta arvioinnin pohjalle tarvittaisiin sekä lisätietoa nykytilasta että arvio tulevaisuuden kokonaistilanteesta. Meriluontoon kohdistuu mahdollisia vaikutuksia, jotka ovat toteutuessaan peruuttamattomia. Siksi

näiden vaikutusten arviointi on syytä tehdä huolella.

Sen sijaan mahdollisia konflikteja merellisten toimialojen kanssa voidaan lieventää huolellisella toimintojen ja sijaintien yhteensovittamisella sekä erilaisilla kompensoinneilla:

- hankealueiden sijainnissa tulisi huomioida muun muassa meriliikenteen väylät ja liikennöintialueet, merihiekkan ottoalueet, kalastusalueet ja metsästykseseen sopivat luodot ja siten minimoida merituulivoiman vaikutukset näille
- yhteisesti sovittavilla toimintamalleilla voidaan lieventää vaikutuksia esimerkiksi meripelastuksen suhteen ja luoda synergiaa matkailun ja virkistyskäytön kanssa
- kompensoitioilla voidaan poistaa haittavaikutuksia esimerkiksi tutkajärjestelmien ja viestintäverkkojen suhteen.

## Jatkoselvitystarpeet

Selvityksen aikana onkin tunnistettu aiheen laajuuden vuoksi runsaasti jatkoselvitystarpeita. Yksittäisten hankkeiden osalta selvittämisen vastuu on hanketoimijalla, mutta jotta hankekohtaiset vaikutusarviointit on mahdollista tehdä laadukkaasti ja yhteisesti hyväksytyin periaattein, laajempien yhteisvaikutusten arvioinnin ja toisaalta vaikutusarvioinneissa tarvittavan perustiedon keräämisen pitäisi olla julkisten toimijoiden vastuulla.

Keskeisiä tunnistettuja jatkoselvitystarpeita ovat muun muassa:

- vaelluskalojen vaellus- ja kutualueet ja merituulivoimahankkeiden yhteisvaikutukset kalastolle
- muuttolintujen muuttoreitit ja hankkeiden yhteisvaikutukset linnustolle ja lepakoille
- hankkeiden vaikutukset merinisäkkäisiin ja erityisesti itämerennorpan pesimämenestykseen
- merituulivoimapuistojen vaikutukset jääolosuhteisiin
- hankkeiden yhteisvaikutukset meriliikenteelle ja talvimerenkululle
- hankkeiden vaikutukset radioverkoille ja tutkille myös jääolosuhteissa ja vaikutusten lieventämisen ja kompensoinnin mahdollisuudet
- merenpohjan kiviaines- ja mineraalivarantojen sijainti ja merkitys kalakannoille

Tarvittavan lisätiedon tuottamisella on kiire, jotta tarvittavat vaikutusten arvioinnit eivät tarpeettomasti viivytä ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta oleellisia investointeja uusiutuvaan energiaan. Yhteisvaikutusten selvittämisessä tarvitaan myös tiivistä kansainvälistä yhteistyötä ja tutkimusrahoituspuhujan rakentamista esimerkiksi public-private-partnership-mallilla.

Merituulivoima nivoutuu moneen kehityskulkuun, toimialaan ja tavoitteeseen. Huomioitavien näkökulmien määrä on suuri, joten hanketoimijoiden sekä eri aihepiirien viranomaistoimijoiden ja tutkijoiden vuoropuhelua tukevien rakenteiden avulla voitaisiin edistää niiden kaikkien huomioimista.

# Liitteet

**Liite 1: Haastatellut organisaatiot**

**Liite 2: Forming an overview**

**Liite 3: Skapande av helhetsbild**

# Haastatellut organisaatiot

Organisaatio	Haastattelun ajankohta
Arctia Icebreaking Oy	22.11.2023
Eolus Finland Oy	29.9.2023
EPV Energia Oy	1.11.2023
Fingrid Oyj	6.11.2023
Flexens Oy Ab	15.12.2023
Gasgrid Finland Oy	10.1.2024
Huoltovarmuuskeskus	20.10.2023, 8.11.2023
Huoltovarmuusorganisaatio, Vesikuljetuspooli	10.10.2023
Kalatalouden keskusliitto	1.2.2024
Liikenne- ja viestintäministeriö	20.2.2024
Liikenne- ja viestintävirasto Traficom	12.10.2023
Luonnonvarakeskus (Luke)	5.12.2023, 21.11.2023
Maa- ja metsätalousministeriö	23.2.2024, 27.2.2024
Meriteollisuus ry	28.11.2023
Metsähallitus Kiinteistökehitys	28.9.2023
MH-Kivi Oy	3.11.2023
OX2 Finland Oy	21.9.2023
P2X solutions Oy	8.11.2023
Puolustusministeriö	22.2.2024
Puolustusvoimat, Merivoimat	13.11.2023
Puolustusvoimat, Pääesikunta	13.11.2023
Rajakiiri Oy	11.10.2023
Rajavartiolaitos	9.1.2024
Skyborn Renewables Finland Oy	21.9.2023
Suomalais-ruotsalainen rajajokikomissio	30.1.2024
Suomen Ammattikalastajaliitto ry	22.1.2024
Suomen Hyötytuuli Oy	29.9.2023
Suomen Kalankasvattajaliitto ry	17.1.2024
Suomen Metsästäjälitto ry	26.1.2024
Suomen Satamat ry	9.10.2023
Suomen Tuulivoimayhdistys ry	5.10.2023
Suomen Varustamot ry	4.10.2023
Väylävirasto	11.10.2023



# Forming an overview

## Situational overview of offshore wind power

Due to the policy package of the European Green Deal <sup>11</sup>, such as the Offshore Renewable Energy Strategy <sup>12</sup> and, in particular, RePowerEU <sup>14</sup>, which was prepared due to the geopolitical crisis, the targets set for renewable energy production in Finland have also increased and investment schedules have accelerated rapidly. There is particularly high investment interest in the economic zone. A managed development picture of offshore wind power requires action from public actors, including, for example, licensing and supervisory authorities and regional planners.

Interest in the development of offshore wind power has grown at an unprecedented rate in Finland. The only operational offshore wind farms located in Tahkoluoto, off the coast of Pori, started production in 2017, but dozens of projects in the Gulf of Bothnia are in different stages of planning. By the end of February 2024, the Finnish Defence Forces had given favourable statements regarding 51 projects involving a total of 5,641 power plants. By April 2024, Fingrid had received 93 gigawatts worth of connection enquiries. However, many of the planned projects overlap. About half of the projects are located in territorial waters, but the total number of power plants in the economic zone is higher on average: slightly more than 60 % of the power plants that were approved are located in the EEZ. All the projects that received favourable decisions are located in the Gulf of Bothnia, north of Åland, of which about 60 % south of the Kvarken Strait and about 40 % north of it.

Metsähallitus Property Development promotes projects in public water areas. From these areas, a partner has been selected for the Korsnäs area after competitive tendering, Ebba and Edith are in the tendering phase. There are a large number of projects in the EEZ; many are in the EIA phase, but none have yet progressed to a reasoned opinion. Several of the projects to be investigated in the exclusive economic zone are also located on top of each other. Project developers therefore prepare reports at risk before obtaining exclusivity. EIA processes face challenges caused by both the scarcity of resources and the requirements of impact assessments, for which guidelines are drawn up simultaneously as projects progress. During 2024, the Ministry of Economic Affairs and Employment is preparing a new Act on Offshore Wind Power in the Economic Zone, which is hoped to clarify many issues.

Authorities and other public actors have begun to investigate the operating environment and guidelines for offshore wind power due to the sudden increase in demand and project preparations. In November 2023, the Finnish Transport Infrastructure Agency and Traficom published joint guidelines for assessing the impacts of maritime transport, and Fingrid's report on possible grid connection points will be completed in June 2024.

The realisation of investments in renewable energy demand has a significant impact on offshore wind power investment decisions and project schedules. Hydrogen economy projects are already underway, but the first projects are planned to be mainly based on onshore wind power. Large-scale scaling is also likely to await the construction of hydro-

gen transmission infrastructure and its investment decisions.

## Development picture of offshore wind power

European goals and strategies also guide development in Finland, whose maritime areas have natural potential for the development of offshore wind power due to their depth and wind conditions. Offshore wind power technology is constantly developing; with technological development, larger power plant sizes can be seen in deeper water areas than before. The realisation of offshore wind power investments is still awaiting demand for renewable energy, as demand and production investments need each other in order to materialise.

There are also many other resource bottlenecks and scheduling challenges along the way, which affect the pace of implementation of the projects. Ensuring access to production technologies and know-how is a broader European challenge that also raises questions about dependencies on critical materials. The availability of human resources can already be a challenge in the project development and licensing phase, when the same expert resources are needed by both the private and public sectors. At the beginning of construction, ports and port operators should be operational with the necessary development investments completed. The construction phase also requires specialized vessels, of which there is only a limited number available worldwide. In the production phase, on the other hand, manpower is needed for operation and maintenance; ensuring the timely availability of the necessary know-how, including maritime know-how, is therefore essential.

Due to the needs and priorities of regional surveillance and the geopolitical situation, planning offshore wind power in the Gulf of Finland and south of Åland will not be realistic for a long time. In any case, coordination with maritime transport would probably be difficult in the busy Gulf of Finland. Thus, when we talk

about the development picture of Finnish offshore wind power until 2050, we are primarily talking about the Gulf of Bothnia.

This report elaborated on two predefined scenarios for offshore wind power by 2050. The first of these, Coordinated Entity, assumes that maritime energy production is based on Finland's current Maritime Spatial Plan 2030. The scenario is a consequence of a trend in which the demand for renewable energy has increased, but a large part of it has been covered by other production methods. In the scenario, the construction of offshore wind power starts in territorial waters, and the volume of operations has not been sufficient for the significant growth of related industries. In the first scenario, offshore wind power production capacity by 2050 would be 15 GW.

The second scenario, the Blue Energy Reef, assumes that private operators will identify potential production areas from their own perspectives and that energy production will also be implemented extensively outside the areas designated in Finland's Maritime Spatial Plan 2030. The scenario is a consequence of a development in which the hydrogen economy has scaled strongly and Finland produces energy in various forms also for export. At the same time, the reform of the regulation of the exclusive economic zone has created an attractive operating environment and, on the other hand, energy transmission networks have been developed significantly. In the scenario, the construction of offshore wind power starts both in territorial waters and in the exclusive economic zone, and the volume of activity has contributed to the emergence of new economic activity in Finland. In the second scenario, offshore wind power production capacity by 2050 would be 26 GW.

## Effects

There are international studies and experiential knowledge on the environmental impacts of offshore wind power. However, the characteristics of the Baltic Sea and the local conditions in the Gulf of Bothnia would require more research data as a basis for environmental

impact assessment. The same research needs naturally apply to projects in Sweden and other Baltic Sea countries, and it would be good to have a common knowledge base and principles for assessing impacts on migratory fish or migratory birds, for example, among all Baltic Sea countries. It should also be noted that even offshore wind farms in German or Danish seas, for example, can have an impact on biota in the Gulf of Bothnia, especially migratory species. As significant impacts are the combined effects of projects, it would be a good idea to coordinate the impact assessment and the study data collected for it nationally and, if necessary, in international cooperation.

Similarly, more research is needed on sea ice. The project operators have an interest in modelling the behaviour of ice fields in terms of dimensioning and organising the operation of wind farm structures. Similarly, ice models are needed to assess the impact of offshore wind farms on ice fields and thus on icebreaking and winter navigation. The coordination of maritime transport is perhaps the most challenging of the maritime sectors, and winter navigation is a particular issue under it. The location of offshore wind farms in Finland's freezing sea areas continues to challenge the operating conditions of winter shipping, which are already facing other challenges related to vessel characteristics and the effects of climate change.

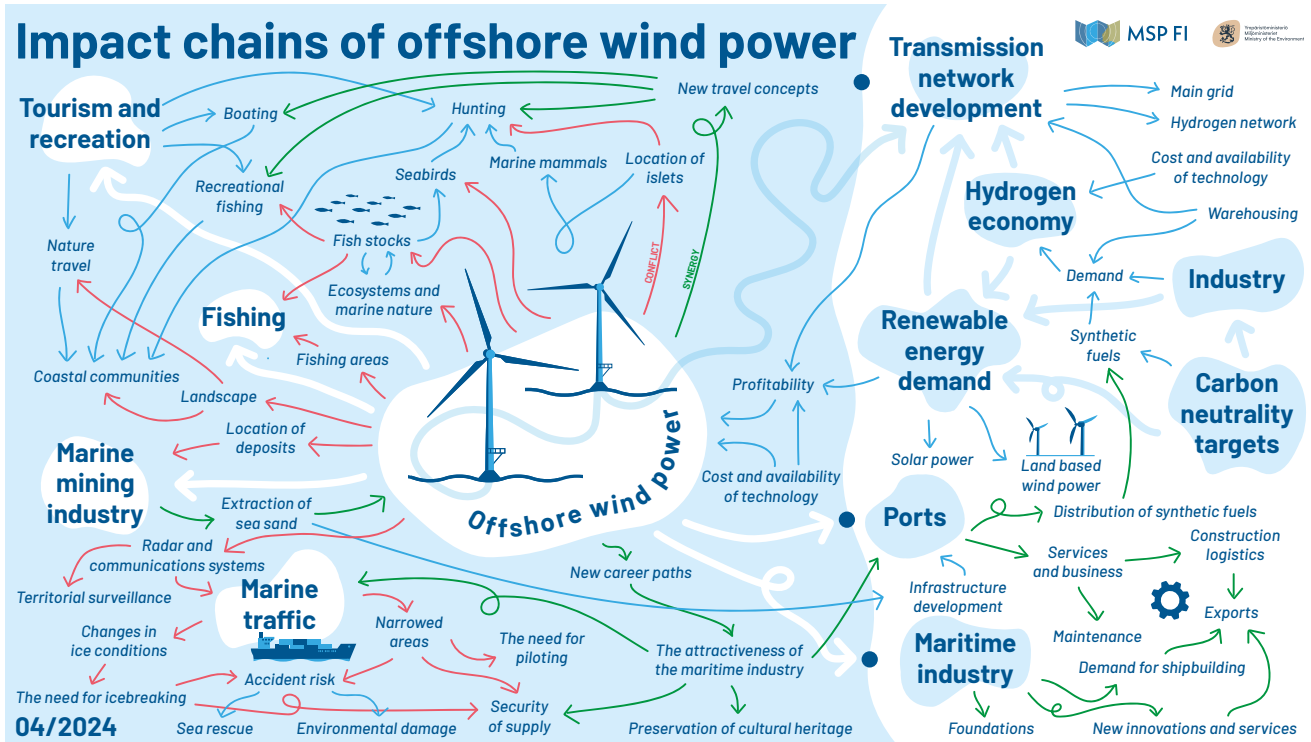
The narrowing of maritime traffic areas increases vessel traffic encounters and intersections, which in turn generally increases the risk of accidents and also the risk of environmental damage. The risks are also increased by the growth in the number of vessel blackouts and breakdowns possible due to changes in ice conditions. The planning of offshore wind farms must also take into account the operating conditions of maritime rescue within the wind farm. The majority of Finland's foreign trade is transported by sea, so the functionality and flow of maritime transport is also of great importance for the security of supply.

Marine extractive industries and offshore wind power can benefit from each other if the location of offshore wind power does not prevent the exploitation of sand and mineral deposits on the seabed. Seabed rocks could be utilised in the filling of gravity foundations, in which case costs and emissions could be saved in the transport of aggregates if the deposit and the project area are located close enough to each other. The sectors also have common research and survey needs for the seabed and impacts.

From the point of view of fisheries, the effects of offshore wind power can be seen both in the location of power plants in relation to trawling areas and in possible changes in fish stocks and their behaviour. In order to assess the impact on fisheries, more information is needed on the combined effects of wind power areas and their cable corridors. Today's unstructured development picture of project areas and their realisation clouds fishermen's view of the future and thus makes it more difficult to draw up long-term plans. In general, the reduction in the number of areas suitable for fishing and the reduction of area size weaken the operating conditions of the industry.

At the same time, offshore wind power and its construction offer plenty of business opportunities for ports and port operators. In order to realise this potential, ports are also facing development needs. For the maritime industry and the maritime cluster as a whole, offshore wind energy brings significant business potential both directly and indirectly. For the maritime sector as a whole, synergies could also include a general increase in maritime know-how. Realising the potential requires innovation, product development, investments and also possibly support for these.

With regard to recreational use of the coast and archipelago, such as boating, recreational fishing and hunting, there are concerns about offshore wind power due to the changing operating environment. The survey of social and cultural impacts raises many hopes for a thorough study and consideration of the impacts. Although offshore wind power could also offer



**Image 1.** An overview of offshore wind power.

new concepts in terms of tourism, the preservation of one’s own recreational use and cultural heritage are important in their own right for the inhabitants of the coast and archipelago.

The impacts are allocated slightly differently in the examined scenarios. In the first scenario (Coordinated entity), offshore wind power is built closer to the coast, which highlights the impacts on the marine environment. Conflicts with nature tourism and recreational activities are also emphasised the closer to the coast offshore wind power is built. On the other hand, the impacts on maritime transport and fishing will be smaller in this scenario, where there is less energy production than in the Bothnian Sea, for example. On the other hand, lower volumes may not be enough to realise the economic potential of ports and the maritime industry.

In the second scenario (Blue Energy Reef), more offshore wind power will be built, but more of it will be built in the exclusive economic zone. A larger number of power plants in the EEZ does not increase the impacts on the marine environment or recreational activities in the same proportion, as their significance in the open sea is smaller. However, a larger number of power plants means more

cable connections that affect the marine environment and ecosystems down to land-sea level. The disadvantages during construction may also be greater if several projects are being built at the same time. The second scenario also highlights the impact on maritime transport and fisheries, for which open offshore areas are essential. In this scenario, on the other hand, the volume of offshore energy production is higher, which can help to significantly increase the domestic content of offshore wind energy value chains and to the emergence of new industries and economic activities.

It is impossible to carry out an accurate assessment of combined effects until it is clear which projects will take place or in which areas marine energy production may take place. The assessment of combined effects is essential for maritime transport, fisheries and marine nature, for example, but the assessment would need both additional information on the current situation and an assessment of the overall future situation. There are potential impacts on marine habitats that, if realised, are irreversible. Therefore, the assessment of these effects should be carried out carefully.

Instead, potential conflicts with maritime industries can be mitigated through careful coordination of operations and locations and various compensations:

- the location of the project areas should take into account, among other things, maritime traffic routes and traffic areas, sea sand extraction areas, fishing areas, potential fish farming areas and islets suitable for hunting and other nature activities, thereby minimising the effects of offshore wind power on them
- commonly agreed approaches can mitigate the impacts, for example in terms of maritime rescue, and create synergies with tourism and recreational use
- offsets can be used to eliminate adverse effects on, for example, radar systems and communications networks.

## Need for further investigation

Due to the scope of the topic, many needs for further investigation have been identified during the study. For individual projects, the responsibility for the analysis lies with the project operator, but in order to be able to carry out project-specific impact assessments with high quality and on the basis of commonly accepted principles, the assessment of wider synergies and, on the other hand, the collection of basic information needed for impact assessments should be the responsibility of public actors.

Key identified needs for further investigation include:

- migratory fish migration and spawning grounds and combined effects of offshore wind power projects on fish populations

- migratory bird migration routes and synergies between projects for bird populations and bats
- the impact of the projects on marine mammals and, in particular, on the breeding success of the Baltic ringed seal
- the impact of offshore wind farms on ice conditions
- synergies between projects for maritime transport and winter shipping
- the impact of the projects on radio networks and radars, including in ice conditions, and the potential for mitigation and compensation
- the location and significance of seabed rock and mineral resources for fish stocks

There is an urgent need to produce the necessary additional information so that the necessary impact assessments do not unnecessarily delay investments in renewable energy that are essential for climate change mitigation. Close international cooperation and building a research funding base are also needed to investigate combined effects, for example through the public-private partnership model.

Offshore wind power is linked to many developments, industries and goals. The number of perspectives to be taken into account is large, so structures supporting dialogue between project actors, authorities and researchers on different topics could be used to promote consideration of all of them.



# Skapande av helhetsbild

## Den havsbaserad vindkraften idag

Som en följd av den europeiska gröna givens åtgärds paket<sup>11</sup>, strategin för förnybar energi till havs<sup>12</sup> och RePowerEU<sup>14</sup> som utarbetades utefter den geopolitiska krisen har målen för att öka produktionen av förnybar energi i Finland blivit ambitiösare och investeringstidtabellerna påskyndats. Investeringsintresset riktar sig i synnerhet mot den ekonomiska zonen. För att hålla utvecklingsbilden för havsbaserad vindkraft på ett behärskat plan krävs det åtgärder av offentliga aktörer, till exempel tillstånds- och tillsynsmyndigheter och regionala planerare.

Intresset för att utveckla havsbaserad vindkraft har ökat i en takt som aldrig tidigare skådats i Finland. Den enda havsbaserade vindkraftsparken som är i drift finns vid Tahkoluoto utanför Björneborg sedan år 2017 och tiotals projekt i Bottniska viken är i olika planeringsskedet. Fram till slutet av februari 2024 hade Försvarsmakten gett ett positivt utlåtande om 51 projekt som omfattade sammanlagt 5 641 kraftverk. Fram till april 2024 hade Fingrid fått anslutningsförfrågningar till ett värde på 93 gigawatt. Många av de planerade projekten överlappar dock. Ungefär hälften av projekten är belägna i territorialvattnen, men det totala antalet kraftverk i den ekonomiska zonen är i genomsnitt större: drygt 60 % av de kraftverk som godkändes ligger i den ekonomiska zonen. Alla projekt som fått ett positivt utlåtande ligger i Bottniska viken norr om Åland, varav cirka 60 % söder om Kvarken och cirka 40 % norr om Kvarken.

Forststyrelsens fastighetsutveckling främjar projekt inom allmänna vattenområden. Av dessa områden har efter konkurrensutsätt-

ning en samarbetspartner valts ut för Korsnäsområdet, projekten Ebba och Edith är ännu i anbudsfasen. Många projekt är i MKB-skedet, men inget projekt har framskridit så långt att en motiverad slutsats anhållits. Flera av de projekt som planeras i ekonomiska zonen överlappar. Projektutvecklarna tar i och med detta ekonomiska risker då de redan i detta skede gör utredningar utan exklusivitet. Genomförandet av MKB-förfarandena är utmanande både på grund av knappa resurser och konsekvensbedömningarnas krav, för vilka riktlinjer utarbetas samtidigt som projekten framskrider. Arbets- och näringsministeriet bereder under 2024 en ny lag om havsbaserad vindkraft i den ekonomiska zonen, som man hoppas ska klargöra många frågor.

Myndigheter och andra offentliga aktörer har börjat utreda verksamhetsmiljön och riktlinjerna för havsbaserad vindkraft på grund av de plötsliga ökningarna i efterfrågan och projektförberedelser. Trafikledsverket och Traficom publicerade i november 2023 gemensamma anvisningar för bedömning av sjöfartens konsekvenser och Fingrids utredning om möjliga nätanslutningspunkter blir klar i juni 2024.

Genomförandet av investeringar som påverkat efterfrågan på förnybar energi har en betydande inverkan på investeringsbesluten och tidtabellerna för havsbaserad vindkraft. Projekt för vätgasekonomi har redan inletts, men de första projekten baserar sig huvudsakligen på landbaserad vindkraft. En uppgradering till större skala kommer sannolikt också att förverkligas först då infrastruktur för vätgasöverföring byggts och investeringsbeslut gjorts.

## Den havsbaserade vindkraftens utvecklingsbild

De europeiska målen och strategierna styr också utvecklingen i Finland, vars havsområden på grund av sitt djup och sina vindförhållanden har en naturlig potential för utveckling av havsbaserad vindkraft. Tekniken för havsbaserad vindkraft utvecklas ständigt. I och med den tekniska utvecklingen kan man se större kraftverksstorlekar på djupare vatten än tidigare. Förverkligandet av investeringar i havsbaserad vindkraft väntar fortfarande på efterfrågan på förnybar energi, efterfrågan och produktionsinvesteringar behöver i och för sig också varandra för att förverkligas.

Det finns många andra resursflaskhalsar och tidsutmaningar som påverkar projektens genomförningstakt. Att säkerställa tillgång till produktionsteknik och know-how är en bredare europeisk utmaning som också väcker frågor om beroendet av kritiska material. Tillgången till mänskliga resurser kan vara en utmaning redan i projektutvecklings- och tillståndsfasen, eftersom samma expertresurser behövs inom både den privata och offentliga sektorn. I början av byggnadsskedet bör hamnarna och hamnoperatörerna vara redo och de nödvändiga utvecklingsinvesteringarna bör vara slutförda. Byggfasen kräver också specialfartyg, av vilka det bara finns ett begränsat antal tillgängliga globalt. I produktionsfasen behövs å andra sidan arbetskraft för drift och underhåll. Det är därför mycket viktigt att se till att nödvändig know-how, inklusive maritim know-how, finns tillgänglig i rätt tid.

På grund av gränsbevakningens behov och prioriteringar samt det geopolitiska läget kommer det inte att vara realistiskt att planera havsbaserad vindkraft i Finska viken och söder om Åland på länge. I vilket fall som helst torde det vara svårt att samordna sjötransporterna i den livligt trafikerade Finska viken. När vi talar om utvecklingsbilden för den havsbaserade vindkraften i Finland fram till 2050 talar vi alltså i första hand om Bottniska viken.

I denna rapport redogörs för två fördefinierade scenarier för havsbaserad vindkraft fram

till 2050. Den första av dessa, En samordnad helhet, utgår från att produktionen av maritim energi baserar sig på den nu gällande Finlands Havspan 2030. Scenariot baserar sig på den förverkligade trenden där efterfrågan på förnybar energi har ökat men till en stor del täckts av andra produktionsmetoder. I scenariot grundar sig byggandet av havsbaserad vindkraft på verksamhet inom territorialvattnen och verksamhetsvolymen räcker inte till för betydande tillväxt inom anslutande näringsgrenar. I det första scenariot skulle produktionskapaciteten för havsbaserad vindkraft fram till år 2050 uppgå till 15 GW.

Det andra scenariot, Den blåa energiboden, förutsätter att privata aktörer identifierar potentiella produktionsområden ur sina egna perspektiv och att energiproduktionen genomförs i stor utsträckning även utanför de områden som anges i Finlands havspan 2030. Scenariot är en följd av en utveckling där väteekonomin har ökat kraftigt och Finland producerar energi i olika former även för export. Samtidigt har regeringens reform av den ekonomiska zonen skapat en attraktiv verksamhetsmiljö och å andra sidan har energiöverföringsnäten utvecklats avsevärt. I scenariot inleds byggandet av havsbaserad vindkraft både på territorialvattnen och i den ekonomiska zonen, och verksamhetsvolymen bidrar till uppkomsten av ny ekonomisk verksamhet i Finland. I det andra scenariot skulle produktionskapaciteten för havsbaserad vindkraft år 2050 vara 26 GW.

## Konsekvenser

Det finns internationella studier och erfarenhetsbaserad kunskap om den havsbaserade vindkraftens miljökonsekvenser. Östersjöns särdrag och de lokala förhållandena i Bottniska viken skulle dock kräva mer forskningsdata som grund för miljökonsekvensbedömningen. Samma forskningsbehov gäller naturligtvis för projekt i Sverige och andra Östersjöländer, och det skulle vara bra att ha en gemensam kunskapsbas och principer för att bedöma konsekvenser för till exempel vandringsfisk och flyttfåglar inom alla Östersjöländer. Det bör också noteras att även havsbaserade

vindkraftsparker som ligger inom till exempel tyska eller danska havsområden kan påverka biota i Bottniska viken, särskilt då flyttande arter är i fråga. Eftersom projektens sammantagna konsekvenser är betydande, skulle det vara bra att samordna konsekvensbedömningarna och de utredningsdata som samlas in både nationellt och vid behov internationellt.

På samma sätt behövs mer forskning om havsisens betydelse. Det är i projektörernas intresse att modellera isfältens beteende för dimensioneringen och driften av vindkraftskonstruktionerna. Det behövs också ismodeller för att kunna bedöma havsbaserade vindkraftsparkers inverkningsområden på isfälten och därmed på isbrytning och vintersjöfart. Samordningen av sjöfarten är kanske den största utmaningen inom sjöfartssektorn med vintersjöfarten som en särskild fråga. Placeringen av havsbaserade vindkraftsparker inom Finlands ställvis isbetäckta havsområden är fortfarande en utmaning för vintersjöfarten som redan nu står inför andra utmaningar som rör fartygens egenskaper och klimatförändringens konsekvenser.

Om sjötrafikområdena blir snävare ökar antalet möten och korsande trafik inom fartygstrafiken, vilket i sin tur i allmänhet ökar risken för olyckor och miljöskador. Riskerna ökar också på grund av att förändringar i isförhållandena kan ge upphov till ett ökat antal strömavbrott och motorhaverier på fartygen. Vid planeringen av havsbaserade vindkraftsparker ska man också beakta sjöräddningens verksamhetsförutsättningar inom vindkraftsparken. Största delen av Finlands utrikeshandel sker sjövägen, vilket innebär att sjötrafikens funktionalitet och smidighet också har stor betydelse för försörjningsberedskapen.

Marin gruvidrift och havsbaserad vindkraft kan dra nytta av varandra om placeringen av havsbaserad vindkraft inte förhindrar exploatering av sand- och mineralfyndigheter på havsbotten. Bergmaterial från havsbotten skulle kunna utnyttjas för att fylla gravitationsfundament, vilket skulle spara kostnader och minska utsläpp vid transport av stenmaterial om fyndigheten och projektområdet

ligger tillräckligt nära varandra. Sektorerna har också gemensamma forsknings- och kartläggningsbehov rörande havsbotten och olika slags konsekvenser.

Ur fiskets synvinkel syns konsekvenserna av havsbaserad vindkraft både i hur kraftverken placeras i förhållande till trålningsområdena och i eventuella förändringar i fiskbestånden och fiskarnas beteende. För att kunna bedöma konsekvenserna för fisket behövs mer information om de sammantagna konsekvenserna av vindkraftsområden och kabelkorridorer. Dagens ostrukturerade utvecklingsbild av projektområdena och deras förverkligande gör fiskarnas syn på framtiden suddig och innebär att det är svårare att göra upp långsiktiga planer. Minskningen av antalet områden som lämpar sig för fiske och minskningen av områdenas storlek försvagar i allmänhet näringens verksamhetsförutsättningar.

Samtidigt erbjuder havsbaserad vindkraft och byggandet av den många affärsmöjligheter för hamnarna och hamnoperatörerna. För att förverkliga denna potential står hamnarna också inför utvecklingsbehov. För den maritima industrin och det maritima klustret som helhet medför havsbaserad vindkraft en betydande affärspotential både direkt och indirekt. För sjöfartssektorn som helhet kan synergieffekterna också omfatta en allmän ökning av det maritima kunnandet. För att förverkliga potentialen krävs innovation, produktutveckling, investeringar och eventuellt även stöd för dessa.

När det gäller rekreationsanvändning av kust och skärgård, såsom båtliv, fritidsfiske och jakt, väcker havsbaserad vindkraft en viss oro på grund av den föränderliga verksamhetsmiljön. Då de sociala och kulturella konsekvenserna kartlades lyftes många förhoppningar om en grundlig utredning och beaktande av konsekvenserna fram. Även om havsbaserad vindkraft också kan erbjuda nya koncept när det gäller turism, är bevarandet av den nuvarande rekreationsanvändningen och kulturarvet naturligtvis viktigt för kust- och skärgårdsborna.



**Bild 1.** En översikt över havsbaserad vindkraft.

Konsekvenserna fördelas något annorlunda i de granskade scenarierna. I det första scenariot (En samordnad helhet) byggs havsbaserad vindkraft närmare kusten och då framhävs konsekvenserna för havsmiljön. Konflikter med naturturism och rekreation betonas också ju närmare kusten havsbaserad vindkraft byggs. Å andra sidan blir konsekvenserna för sjöfarten och fisket mindre i detta scenario, där energiproduktionen på till exempel Bottnhavets område är lägre. Å andra sidan är det inte säkert att lägre volymer räcker för att förverkliga hamnarnas och sjöfartsindustrins ekonomiska potential.

I det andra scenariot (Den blåa energiboden) kommer mer havsbaserad vindkraft att byggas, men mer av den kommer att byggas i den ekonomiska zonen. Ett större antal kraftverk i ekonomiska zonen ökar inte konsekvenserna för den marina miljön eller fritidsverksamheten i samma utsträckning, eftersom dessa konsekvenser är av mindre betydelse på öppet hav. Ett större antal kraftverk innebär dock fler kabelanslutningar som påverkar havsmiljön och ekosystemen ända fram till kusten. De negativa konsekvenserna under byggtiden kan också bli större om flera projekt byggs samtidigt. I det andra scenariot betonas också konsekvenserna för sjötransporter och fiske,

där öppna havsområden är av avgörande betydelse. I detta scenario är å andra sidan volymen för havsbaserad energiproduktion högre, vilket kan bidra till att avsevärt öka det inhemska innehållet i värdekedjorna för havsbaserad vindkraft och till framväxt av nya industrier och ekonomiska verksamheter.

Det är omöjligt att göra en korrekt bedömning av de sammantagna konsekvenserna innan det står klart vilka projekt som kommer att genomföras eller inom vilka områden marin energiproduktion kan äga rum. Bedömningen av de sammantagna konsekvenserna är väsentlig till exempel för sjöfarten, fisket och den marina naturen, men bedömningen skulle kräva både ytterligare information om nuläget och en bedömning av den övergripande framtida situationen. Det finns potentiella konsekvenser för marina livsmiljöer som, om de förverkligas, är oåterkalleliga. Bedömningen av dessa konsekvenser bör därför göras noggrant.

I stället kan potentiella konflikter med den maritima industrin mildras genom noggrann samordning av verksamhet och platser och olika slags kompensation:

- Vid placeringen av projektområdena ska man beakta bland annat sjötrafiklederna och trafikområdena, områdena för sandtäkt, fiskeområdena, eventuella fiskodlingsområden och holmar som lämpar sig för jakt och annan naturverksamhet, så att den havsbaserade vindkraftens inverkan på dem minimeras
- Gemensamt överenskomna strategier kan mildra effekterna, t.ex. när det gäller sjöräddning, och skapa synergier med turism och rekreation
- Kompensationer kan användas för att eliminera negativa effekter på till exempel radarsystem och kommunikationsnät.

## Behov av ytterligare utredningar

På grund av ämnets omfattning har många behov av ytterligare undersökningar identifierats under studiens gång. För enskilda projekt ligger ansvaret för utredningarna hos projektoperatören, men för att kunna genomföra projektspecifika konsekvensbedömningar med hög kvalitet och enligt allmänt accepterade principer bör offentliga aktörer ansvara för bedömningen av de mer omfattande sammantagna konsekvenserna och å andra sidan insamlingen av grundläggande information som behövs för konsekvensbedömningarna.

Viktiga identifierade behov för ytterligare utredningar är bland annat:

- vandrings- och lekomyråden för vandringsfisk och havsbaserade vindkraftsprojekts sammantagna konsekvenser för fiskbestånden
- flyttfåglars flyttstråk och sammantagna konsekvenser för fågelpopulationer och fladdermöss

- projektens inverkan på marina däggdjur och i synnerhet på Östersjövikarens förökningsframgång
- havsbaserade vindkraftsparkers inverkan på isförhållandena
- projektens sammantagna konsekvenser för sjötransport och vintersjöfart
- projektens inverkan på radionät och radar, även under isförhållanden, och potentialen för konsekvenslindring och kompensation
- havsbottnens sten- och mineraltillgångars läge och betydelse för fiskbestånden

Det finns ett akut behov av att ta fram nödvändig ytterligare information så att konsekvensbedömningarna kan göras i tid och inte i onödan försenar investeringar i förnybar energi som är avgörande för att begränsa klimatförändringen. För att kunna utreda de sammantagna konsekvenserna behövs också ett nära internationellt samarbete och uppbyggnad av en forskningsfinansieringsbas, till exempel genom den offentlig-privata partnerskapsmodellen.

Havsbaserad vindkraft kopplas till många utvecklingsprojekt, till många slags utveckling och till många olika branscher och mål. Det finns många olika synvinklar som ska beaktas, och därför bör man främja strukturer som stöder dialogen och samarbetet mellan projektaktörer, myndigheter och forskare.



## Lähdeluettelo

- 1 AFRY. (2020). **Finnish Energy – Low carbon road map**. Saatavilla: [https://energia.fi/files/5064/Taustaraportti\\_-\\_Finnish\\_Energy\\_Low\\_carbon\\_roadmap.pdf](https://energia.fi/files/5064/Taustaraportti_-_Finnish_Energy_Low_carbon_roadmap.pdf). (Viitattu: 25.10.2023).
- 2 Arponen ym. (2023). **Merituulivoimasesiminaanin kooste. Merituulivoima ja luontoarvot**. Muistio 27.10.2023. Varsinais-Suomen ELY-keskus. 20 s.
- 3 Alsabagh, A. S. Y., Tiu, W., Xu, Y., & Virk, M. S. (2013). A review of the effects of ice accretion on the structural behavior of wind turbines. **Wind Engineering**, **37**(1), 59–70.
- 4 Aurore Flament, Pieter Joseph (3E); Gerhard Gerdes, Leif Rehfeldt (Deutsche WindGuard); Arno Behrens, Anna Dimitrova, Fabio Genoese (CEPS); Irena Gajic, Muhammad Jafar, Nicolaj Tidemand, Yongtao Yang (DNV GL); Jaap Jansen, Frans Nieuwenhout, Karina Veum (ECN); Ioannis Konstantelos, Danny Pudjianto, Goran Strbac (Imperial College Consultants). (2014). **NORTHSEAGRID. Offshore Electricity Grid. Implementation in the North Sea**. Saatavilla: [https://www.windguard.de/veroeffentlichungen.html?file=files/cto\\_layout/img/unternehmen/veroeffentlichungen/2015/NorthSeaGrid-Offshore%20Electricity%20Grid%20Implementation%20in%20the%20North%20Sea.pdf](https://www.windguard.de/veroeffentlichungen.html?file=files/cto_layout/img/unternehmen/veroeffentlichungen/2015/NorthSeaGrid-Offshore%20Electricity%20Grid%20Implementation%20in%20the%20North%20Sea.pdf). (Viitattu: 25.10.2023).
- 5 BirdLife Suomi ry. (ei pvm.) **Tuulivoima ja linnut**. Saatavilla: <https://www.birdlife.fi/suojelu/vaikuttaminen/tuulivoima/>
- 6 BirdLife International. (2022). **Impact of offshore wind development on seabirds in the North Sea and Baltic Sea: Identification of data sources and at-risk species**. Saatavilla: [https://www.birdlife.org/wp-content/uploads/2021/09/birdlife\\_offshore\\_summary\\_report\\_digital-compressed.pdf](https://www.birdlife.org/wp-content/uploads/2021/09/birdlife_offshore_summary_report_digital-compressed.pdf)
- 7 EIA. (2022). **Hydropower explained**. Saatavilla: Wave power - U.S. Energy Information Administration (EIA). (Viitattu: 25.10.2023).
- 8 Elinkeinoelämän Keskusliitto. (2024). **Suomen vihreät investoinnit**. Saatavilla: <https://ek.fi/tutkittua-tietoa/vihreat-investoinnit/>
- 9 Energiateollisuus ry. (2024). **Energiavuosi 2023 – Kaukolämpö**. Saatavilla: [https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Kaukolampovuosi-2023\\_ennakkograafit.pdf](https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Kaukolampovuosi-2023_ennakkograafit.pdf)
- 10 Energinet. (2023) **Accelerated expansion of offshore wind power**. Saatavilla: <https://en.energinet.dk/infrastructure-projects/energy-islands/>
- 11 Euroopan komissio. (2019). **Euroopan vihreän kehityksen ohjelma**. Saatavilla: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0003.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF)
- 12 Euroopan komissio. (2020). **EU:n strategia avomerellä tuotettavan uusiutuvan energian potentiaalin valjastamiseksi ilmastoneutraalin tulevaisuuden tarpeisiin**. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=COM:2020:741:FIN&qid=1605792629666> (Viitattu: 25.10.2023).
- 13 Euroopan komissio. Directorate-General for Energy, Kern, S., Zorn, T., Weichenhain, U. et al. (2019) **Hybrid projects: How to reduce costs and space of offshore development: North Seas offshore energy clusters study**. Publications Office of the European Union. Saatavilla: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/416539>
- 14 Euroopan komissio. (2022). **REPowerEU-suunnitelma**. Saatavilla: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0007.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0007.02/DOC_1&format=PDF)
- 15 Euroopan komissio. Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, Joint Research Centre, Borriello, A., Calvo Santos, A., Ghiani, M. et al. (2023) **The EU blue economy report 2023**. Publications Office of the European Union. Saatavilla: <https://data.europa.eu/doi/10.2771/7151>
- 16 Euroopan komissio. Directorate-General for Mobility and Transport. (2023). **List of nodes of the trans-European transport network**. Saatavilla: [https://transport.ec.europa.eu/document/download/91a49a1e-d350-4295-84e3-3f67038fefcc\\_en?filename=TEN-T-revision-2023-annex-2.pdf](https://transport.ec.europa.eu/document/download/91a49a1e-d350-4295-84e3-3f67038fefcc_en?filename=TEN-T-revision-2023-annex-2.pdf)
- 17 Euroopan komissio. (2024). **Offshore Renewable Energy & Tourism. The European MSP Platform**. Saatavilla: <https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/msp-resources/co-existence-and-multi-use-activities/offshore-renewable-energy-tourism> (Viitattu 22.2.2024)
- 18 Network of Transmission System Operators for Electricity [ENTSO-E]. (2024). **European offshore network**

- transmission infrastructure needs. Pan-European Summary.** Saatavilla: [https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/tyndp-documents/ONDP2024/web\\_entso-e\\_ONDP\\_PanEU\\_240226.pdf](https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/tyndp-documents/ONDP2024/web_entso-e_ONDP_PanEU_240226.pdf)
- 19 FCG Finnish Consulting Group. (2022). **Selvitys merituulivoimahankkeiden lupa- ja kaavoitusprosessien ja vaikutusten arvioinnin keskeisistä eroavaisuuksista maatuulivoimahankkeisiin verrattuna.** Saatavilla: [https://www.prizz.fi/media/merituulivoimaselvitys\\_raportti\\_2022liite.pdf](https://www.prizz.fi/media/merituulivoimaselvitys_raportti_2022liite.pdf)
  - 20 Federal Association of Offshore Wind Energy eV. (2023). **Vision offshore rescue 2030+.** Saatavilla: <https://bwo-offshorewind.de/en/rettung2030/>
  - 21 Fingrid. (2023a). **Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024–2033.** Saatavilla: [https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/fingrid\\_kehittamissuunnitelma\\_2024-2033.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/fingrid_kehittamissuunnitelma_2024-2033.pdf)
  - 22 Fingrid. (2023b). **Fingrid selvittää mahdollisia kantaverkon liittymispisteitä merituulivoimalle.** Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2023/fingrid-selvittaa-mahdollisia-kantaverkon-liittymispisteita-merituulivoimalle/>
  - 23 Fingrid. (2024a). **Kantaverkkoyhtiöiden ensimmäinen visio Itämeren merisähköverkoista julkaistu.** Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2024/kantaverkkoyhtioiden-ensimmainen-visio-itameren-merisahkoverkoista-julkaistu/>
  - 24 Fingrid. (2024b). **Sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät. Fingridin ennuste Q1/2024.** Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/sahkon-tuotannon-ja-kulutuksen-kehitysnakymat-q1-2024-fingrid.pdf>
  - 25 Finnpiilot. (2024). **Mitä luotsaus on?** Saatavilla: <https://finnpilot.fi/luotsaus/mita-luotsaus-on/>
  - 26 Gasgrid ja Fingrid. (2023). **Energian siirtoverkot vetytalouden ja puhtaan energiajärjestelmän mahdollistajina – Skenaariot.** Saatavilla: [gasgrid-fingrid-vetytaloushankkeen-skenaariot-5-2023.pdf](https://www.gasgrid-fingrid.fi/files/2023/05/energian_siirtoverkot_vetytalouden_ja_puhtaan_energiajarjestelman_mahdollistajina_-_skenaariot-5-2023.pdf)
  - 27 Guşatu, L.F., Menegon, S., Depellegrin, D., Zuidema, C., Faaij, A. and Yamu, C., 2021. **Spatial and temporal analysis of cumulative environmental effects of offshore wind farms in the North Sea basin.** Scientific reports, 11(1), p.10125.
  - 28 Hakamo, H., Majanen, K., Varjoranta, R. (2023). **State of Finnish Marine Industry – Survey and Financial Analysis.** Suomen Teollisuussijoitus. Saatavilla: [20230705\\_meriteollisuusselvitys\\_tesi.pdf](https://www.teollisuussijoitus.fi/files/2023/07/20230705_meriteollisuusselvitys_tesi.pdf)
  - 29 HELCOM. (2024). **HELCOM Map and data service.** [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://maps.helcom.fi/website/mapservice/>
  - 30 Hitachi Energy. (2022). **Hitachi Energyn maasähköratkaisu edistämään Naantalin sataman ympäristöystävällisyyttä.** Saatavilla: <https://www.hitachienergy.com/ch/de/news/press-releases/2022/05/hitachi-energyn-maasaahko-ratkaisu-edistamaan-naantalin-sataman-ymparistoystavallisyutta>. (Viitattu: 25.10.2023).
  - 31 Huoltovarmuuskeskus. (2023). **Suomen merikuljetusten huoltovarmuuskapasiteetti.** Saatavilla: <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/files/f8a073d180b1e9990749032249c30520b7ed28cc/suomen-merikuljetusten-huoltovarmuus.pdf>
  - 32 ICES. (2023). **Herring (Clupea harengus) in subdivisions 30 and 31 (Gulf of Bothnia).** In Report of the ICES Advisory Committee, 2023. ICES Advice 2023, her.27.3031. Saatavilla: <https://doi.org/10.17895/ices.advice.21820521>
  - 33 Jokikokko, E. ja Veneranta, L. (2022). Pohjanlahden siika. Julkaisussa: Raitaniemi, J. & Sairanen, S. (toim.). **Kalakantojen tila vuonna 2021 sekä ennuste vuosille 2022 ja 2023. Silakka, kilohaili, turska, lohi, meritaimen, siika, kuha, ahven ja hauki.** Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 72/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 78–88.
  - 34 Ilmatieteen laitos. **Jäätalvi 2010–2011 oli ankara.** Saatavilla: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/jaatalvi-2010-2011>
  - 35 Jovcic, D. (2019). **High Voltage Direct Current Transmission: Converters, Systems and DC grids.** Newark: John Wiley & Sons.
  - 36 Kaikkonen, L. (2023). **Onko merenpohjan kaivostoiminta välttämätöntä mineraaliturvallisuuden takaamiseksi?** Saatavilla: <https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/kestavyysmurros/onko-merenpohjan-kaivostoiminta-valttamanta-mineraaliturvallisuuden-takaamiseksi>

- 37 Kaikkonen, L., Virtanen, E. (2022). **Kaivostoiminta matalilla merialueilla vaarantaa kestävyystavoitteet ja luonnon ympäristöriskin**. Saatavilla: [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Kaivostoiminta\\_matalilla\\_merialueilla\\_va\(63860\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Kaivostoiminta_matalilla_merialueilla_va(63860))
- 38 Kallio-Nyberg I., Veneranta L., Saloniemi I., Jutila E. & Pakarinen T. (2017). **Spatial distribution of migratory Salmo trutta in the northern Baltic Sea**. *Boreal Env. Res.* 22: 431–444.
- 39 Karjunen, H., Sikiö, P., Lassila, J., Vilppo, J., Räisänen, O., Inkeri, E., Tynjälä, T., Laaksonen, P. (2022). **South-East Finland Hydrogen Valley Project report**. LUT Scientific and Expertise Publications. Research Reports 144. Saatavilla: <https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/164642/Southeast%20Finland%20Hydrogen%20Valley%20Report.pdf?sequence=8>
- 40 Karoliina Joensuu, Leila Väyrynen, Janne Tolppanen, Liisa Karhu, Teijo Salmi, Soile Hartikka, Laura Leino, Jesse Viljanen, Sirpa Smids, Arto Hujanen, Markku Sipilä, Asko Huuskonen. (2021). Valtioneuvoston kanslia: **Tuulivoimarakentamisen edistäminen**. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163302/VNTEAS\\_2021\\_51.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163302/VNTEAS_2021_51.pdf). (Viitattu: 25.10.2023).
- 41 Laakso, T., Holttinen, H., Ronsten, G., Tallhaug, L., Horbaty, R., Baring-Gould, I., ... & Tammelin, B. (2003). State-of-the-art of wind energy in cold climates. **IEA annex XIX, 24**, 53.
- 42 Laakso, T., Talhaug, L., Ronsten, G., Horbaty, R., Baring-Gould, I., Lacroix, A., & Peltola, E. (2005). Wind energy projects in cold climates. **International Energy Agency, 36**.
- 43 Lappalainen, J. (2019). **Economic Potential of Offshore Wind Energy in the Gulf of Bothnia**. Saatavilla: <https://aaltoodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/b58ce0d9-0fd5-4771-985b-370e03ca7387/content>
- 44 Lappalainen, A., Setälä, J., Helminen, J., Lehtonen, T., Niukko, J., Rantanen, P., Saarni, K. ja Söderkultalahti, P. (2023). **Suomen troolilaivaston kalastusalueet Itämerellä vuosina 2010–2022**. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 102/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 23 s.
- 45 Liikenne- ja viestintäministeriö. (2021). **Merenkulun markkinaselvitys 2021**. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164041/LVM\\_2022\\_6.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164041/LVM_2022_6.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 46 Luonnonvarakeskus (Luke). (2023c). **Vesiviljely**. Saatavilla: <https://statdb.luke.fi/> (Viitattu 22.2.2024)
- 47 Luonnonvarakeskus (Luke). (2024a). **Kaupallinen kalastus merellä. Suomen saaliit merialueen kaupallisessa kalastuksessa**. Saatavilla: <https://statdb.luke.fi/> Viitattu (22.2.2024)
- 48 Luonnonvarakeskus (Luke). (2024b). **Kaupallinen kalastus merellä. Suomen saaliin nimellisarvo merialueen kaupallisessa kalastuksessa**. Saatavilla: <https://statdb.luke.fi/> Viitattu: (22.2.2024)
- 49 Luonnonvarakeskus (Luke). (2024c). **Vapaa-ajankalastajien saalis kalastusalueittain vuonna 2022**. <https://statdb.luke.fi/> Viitattu: (22.2.2024)
- 50 Maa- ja metsätalousministeriö (MMM). (2022). **Kotimaisen kalan edistämishjelma**. Saatavilla: <https://mmm.fi/kalat/strategiat-ja-ohjelmat/kotimaisen-kalan-edistamisohjelma>
- 51 Maa- ja metsätalousministeriö (MMM). (2023a). **Itämeren hylkeiden kannanhoitosuunnitelma, luonnon**. Saatavilla: <https://mmm.fi/documents/1410837/160262401/Hylkeiden-hoitosuunnitelma-LUONNOS-2023.pdf/0590a64b-9cd7-a6da-b411-7a9ec48c8317/Hylkeiden-hoitosuunnitelma-LUONNOS-2023.pdf?t=1683787960123>
- 52 Maa- ja metsätalousministeriö (MMM). (2023b). **Kalastusmatkailun kehittämisohjelma**. Saatavilla: [https://mmm.fi/documents/1410837/0/MMM\\_kalastusmatkailun\\_kehitt%C3%A4misohjelma\\_final.pdf/d1b2f9b3-b6e0-7d98-b03b-1fc64492619a/MMM\\_kalastusmatkailun\\_kehitt%C3%A4misohjelma\\_final.pdf?t=1680074128745](https://mmm.fi/documents/1410837/0/MMM_kalastusmatkailun_kehitt%C3%A4misohjelma_final.pdf/d1b2f9b3-b6e0-7d98-b03b-1fc64492619a/MMM_kalastusmatkailun_kehitt%C3%A4misohjelma_final.pdf?t=1680074128745)
- 53 Massa, S. (2019). **Suomalainen arkkitehti keksi uuden keinon muuttaa valtameren aallot sähköksi – nyt kiinnostuneita yhteydenottoja tulee ympäri maailmaa**. Saatavilla: <https://yle.fi/a/3-10761175>
- 54 Metsähallitus. (2023). **Merituulivoiman ympäristövaikutukset**. Saatavilla: <https://www.metsa.fi/vastuullisen-liiketoiminta/tuulivoima/merituulivoimassa-suuret-mahdollisuudet/merituulivoiman-ymparistovaikutukset/>. (Viitattu 25.10.2023).
- 55 Metsästäjäliitto. (2019a). **Strategia 2019–2023**. Saatavilla: [https://metsastajaliitto.fi/sites/default/files/2019-12/Strategia\\_2019\\_\\_Metsastajaliitto\\_2019\\_16122019\\_2.pdf](https://metsastajaliitto.fi/sites/default/files/2019-12/Strategia_2019__Metsastajaliitto_2019_16122019_2.pdf)

- 56 Metsästäjäliitto. (2019b). **Metsästäjäliiton tavoiteohjelma 2019–2027**. Saatavilla: <https://metsastajaliitto.fi/sites/default/files/2019-12/Tavoiteohjelma-Metsastajaliitto.pdf>
- 57 Morcillo, M., Chico, B., de la Fuente, D., Almeida, E., Joseph, G., Rivero, S., & Rosales, B. (2004). Atmospheric corrosion of reference metals in Antarctic sites. **Cold regions science and technology**, **40**(3), 165–178.
- 58 Ng, C. & Ran, L. (2016) *Offshore Wind Farms: Technologies, Design and Operation*. Woodhead Publishing <https://www.sciencedirect.com/book/9780081007792/offshore-wind-farms>
- 59 Polish Wind Energy Association. (2022). **Offshore wind vessel availability until 2030: Baltic Sea and Polish perspective**. Saatavilla: <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/policy/topics/offshore/Offshore-wind-vessel-availability-until-2030-report-june-2022.pdf>
- 60 Paulus, E., Kallio, N., Forsblom, L., Juva, K., Kuismanen, L., Nurmi, M. ja Virtanen, E. (2024) **Ekosysteemipalveluiden arvoalueet Suomen merialueilla**. Suomen ympäri ympäristökeskuksen raportteja 6/2024.
- 61 Piironen, A. (2023). **Migratory behaviour and year-round distribution of two goose species**. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-29-9201-0>
- 62 Pouran, H. M., Lopes, M. P. C., Nogueira, T., Branco, D. A. C., & Sheng, Y. (2022). Environmental and technical impacts of floating photovoltaic plants as an emerging clean energy technology. **Iscience**, **25**(11).
- 63 Prevost, P. (2022) **Study: Offshore wind farms won't keep most people from enjoying the beach**. Energy News Network. Saatavilla: <https://energynews.us/2020/07/22/study-offshore-wind-farms-wont-keep-most-people-from-enjoying-the-beach/>
- 64 Pro Kala. (2022). **Hyvinvointia kalasta**. Pro Kala ry. s.20
- 65 Rajavartiolaitos. (2024). **Meripelastus**. Saatavilla: <https://raja.fi/meripelastus>
- 66 Rajavartiolaitos. (2024). **Ympäristövahinkojen torjunta merialueilla**. Saatavilla: <https://raja.fi/ymparistovahinkojen-torjunta>
- 67 Rajavartiolaitos. (2024). **Ympäristövahinkojen torjuntamenetelmät ja kalusto**. Saatavilla: <https://raja.fi/ymparistovahinkojen-torjuntamenetelmat-ja-kalusto>
- 68 Rajavartiolaitos. (2024). **Ympäristövahinkojen valvonta ja ennaltaehkäisy**. Saatavilla: <https://raja.fi/ymparistovahinkojen-valvonta-ja-ennaltaehkaisy>
- 69 Rask, N. (2022). **Merituulivoiman liittämisessä käytettävien siirtoyhteyksien hyödyntäminen voimajärjestelmien välisessä sähkönsiirrossa**. Sähkötekniikan kandidaatintyö, Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. Saatavilla: <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/163862>
- 70 Rautanen, J. (2023). **Merilohen uistelu Suomessa vuonna 2022**. Suomen Vapaa-ajankalastajat ry. s.22
- 71 Roesch, R., Boshell, F., Ocenic, E., Salgado, A., Hecke, J., Castellanos, G., ... & Abdel-Latif, A. (2020). **Fostering a Blue Economy: Offshore Renewable Energy**.
- 72 Roland Berger. (2019). **Hybrid projects: How to reduce the cost and space for offshore wind projects**. Saatavilla: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Hybrid-projects-How-to-reduce-the-cost-and-space-of-offshore-wind-projects.html>. (Viitattu: 25.10.2023).
- 73 Saarni, K. Setälä, J. ja Niukko, J. (2022). **Kalamarkkinakatsaus 2022**. Luonnonvarakeskus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 43/2022.
- 74 Silva L. ja Delicato A. (2017). **Wind farms and rural tourism: A Portuguese case study of residents' and visitors' perceptions and attitudes**. Moravian Geographical Reports 25/2017. Saatavilla: <https://sciendo.com/article/10.1515/mgr-2017-0021?tab=references>
- 75 SSAB. (2023). **Fossiilivapaa teräs: SSAB mullistaa teräksenvalmistuksen kahdella ainutlaatuisella teräksellä, jotka eivät käytännössä aiheuta fossiilisia hiilidioksidipäästöjä, ja avaa siten tien vihreämpään tulevaisuuteen**. Saatavilla: <https://www.ssab.com/fi-fi/fossiilivapaa#ffs>. (Viitattu: 25.10.2023)
- 76 Suomen ammattikalastajaliitto ry (SAKL). (2020). **Kalastuskiintiöt – mistä on kyse?** Saatavilla: <https://sakl.fi/kalastuskiintiot-mista-on-kyse/>
- 77 Suomen hyötytuuli. (ei pvm.). **Tahkoluodon merituulipuiston laajennushanke**. Saatavilla: <https://hyotytuuli.fi/>

tuulipuistot/tahkoluodon-merituulivoimahankkeen-laajennus/

- 78 Suomen riistakeskus. (ei pvm.). **Metsästys**. Saatavilla: <https://riista.fi/metsastys/>
- 79 Suomen riistakeskus. (2023). **Suomi riistamaana**. Saatavilla: [https://riista.fi/wp-content/uploads/2023/10/suomi\\_riistamaana\\_2023\\_fin\\_03.pdf](https://riista.fi/wp-content/uploads/2023/10/suomi_riistamaana_2023_fin_03.pdf)
- 80 Suomen Tuulivoimayhdistys. (2023). **Merituulivoiman aluetaloudelliset vaikutukset**. Saatavilla: <https://tuulivoimayhdistys.fi/media/merituulivoiman-alueetalousvaikutukset-loppuraporttiluonnos-2.5.2023.pdf>
- 81 Swedish Meteorological and Hydrological Institute [SMHI]. (2024). **Nytt forskningsprojekt undersöker effekter av syresättning av Östersjöns bottenvatten vid vindkraftsparker**. Saatavilla: <https://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/nytt-forskningsprojekt-undersoker-effekter-av-syresattning-av-ostersjons-bottenvatten-vid-vindkraftsparker-1.205106>
- 82 Söderkultalahti, P. (2023). **Suomen troolilaivaston kalastusalueet Itämerellä vuosina 2010–2022**.
- 83 Teknologiateollisuus. (2023). **Suomen meriteollisuus on monipuolinen kokonaisuus**. Saatavilla: <https://meriteollisuus.teknologiateollisuus.fi/fi/suomen-meriteollisuus-monipuolinen-kokonaisuus>
- 84 Traficom ja Väylävirasto. (2023). **Merituulivoiman ja merenkulun sekä merenkulun infrastruktuurin yhteensovittaminen**. Saatavilla: <https://traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/Merituulivoimaohje.pdf>
- 85 Traficom. (2021). **Liikenne satamissa**. Saatavilla: <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenne-satamissa>
- 86 Traficom. (2021). **Satamien Tilannekuva**. Saatavilla: <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/satamien-tilannekuva>
- 87 Traficom. (2023). **Sotilaallinen liikkuvuus muuttuneessa turvallisuusympäristössä**. Saatavilla: <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/sotilaallinen-liikkuvuus-muuttuneessa-turvallisuusymparistossa>
- 88 Työ- ja elinkeinoministeriö. (2021). Selvitys: **Meriteollisuuden tilannekuva ja skenaariot alan kehityksestä**. Yhteenveto 18.6.2021. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163412>
- 89 Työ- ja elinkeinoministeriö. (2022). **Yhdessä enemmän – kestävä kasvua ja uudistumista Suomen matkailuun Suomen matkailustrategia 2022–2028 ja toimenpiteet 2022–2023**. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164279>
- 90 Työ- ja elinkeinoministeriö. (2023). **Asettamis päätös merituulivoimatyöryhmästä VN/25867/2023-TEM-14**. Saatavilla: <https://tem.fi/documents/1410877/153287519/TEM+Merituulivoimaty%C3%B6ryhm%C3%A4n+asettamisp%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+allekirjoitettu+23.10.2023.pdf/3e79501a-c634-1710-b9e2-2c9500b-123ba/TEM+Merituulivoimaty%C3%B6ryhm%C3%A4n+asettamisp%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+allekirjoitettu+23.10.2023.pdf?t=1698062208680>
- 91 Valtioneuvoston kanslia. (2018a). **Erätalouteen liittyvän yritystoiminnan nykytila ja kehittämisedellytykset**. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160877/40-2018-Er%C3%A4talousraportti.pdf>
- 92 Valtioneuvoston kanslia. (2018b). **Miten kehittää luonnon virkistys- ja matkailukäyttöä Suomessa?** Saatavilla: [https://vnk.fi/documents/1927382/2116852/2\\_2018\\_Miten+kehitt%C3%A4%C3%A4+luonnon+virkistys-+ja+matkailuk%C3%A4ytt%C3%B6%C3%A4+Suomessa/cf8d1534-7440-4956-b74b-d4531f03a347?version=1.0](https://vnk.fi/documents/1927382/2116852/2_2018_Miten+kehitt%C3%A4%C3%A4+luonnon+virkistys-+ja+matkailuk%C3%A4ytt%C3%B6%C3%A4+Suomessa/cf8d1534-7440-4956-b74b-d4531f03a347?version=1.0)
- 93 Valtioneuvoston kanslia. (2021a). **EU:n sinisen talouden toimintaohjelma tähtää merellisen ympäristön suojeleluun ja kestävään käyttöön**. Saatavilla: <https://valtioneuvosto.fi/-/110616/eu-n-sinisen-talouden-toimintaohjelma-tahtaa-merellisen-ympariston-suojeluun-ja-kestavaan-kayttoon>
- 94 Valtioneuvoston kanslia. (2021b). **Tuulivoimarakentamisen edistäminen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:51**. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163302/VNTEAS\\_2021\\_51.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163302/VNTEAS_2021_51.pdf)
- 95 Valtioneuvoston kanslia. (2022). **Kansallinen luonnon virkistyskäytön strategia 2030 Valtioneuvoston periaatepäätös**. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164145>
- 96 Valtioneuvoston kanslia. (2024). **Merituulivoiman edistäminen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:4**. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-063-9>
- 97 Vattenfall. (2023). **Kelluvat tuuliturbiinit - Ratkaisu Tuulivoiman Kasvuun?** Saatavilla: <https://energyplaza.vattenfall.fi/blogi/kelluvat-tuuliturbiinit-ratkaisu-tuulivoiman-kasvuun>. (Viitattu: 25.10.2023).



- 98 Virtanen, E.A., Lappalainen, J., Nurmi, M., Viitasalo, M., Tikanmäki, M., Heinonen, J., Atlaskin, E., Kallasvuo, M., Tikkanen, H., Moilanen, A. (2022). Balancing profitability of energy production, societal impacts, and biodiversity in offshore wind farm design. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, **158**, 112087.
- 99 VTT Technical Research Centre of Finland. (2023). **Pre-study on transition to hydrogen economy, specifically in Northern Ostrobothnia**. Saatavilla: [https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/79816694/Pre\\_study\\_on\\_transition\\_to\\_hydrogen\\_economy\\_specifically\\_in\\_Northern\\_Ostrobothnia.pdf](https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/79816694/Pre_study_on_transition_to_hydrogen_economy_specifically_in_Northern_Ostrobothnia.pdf)
- 100 Väylävirasto. (2021). **Merenkulun turvalaitteet**: <https://vayla.fi/vaylista/vesivaylat/turvalaitteet> (Viitattu: 23.2.2024)
- 101 Väylävirasto. (2023). **Valtion vesiväyläverkon kokonaiskuva**. Väyläviraston julkaisuja 74/2023. Saatavilla: [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/188142/vj\\_2023-74\\_978-952-405-116-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/188142/vj_2023-74_978-952-405-116-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 102 WindEurope. (2021). **A 2030 Vision for European Offshore Wind Ports: Trends and Opportunities**. Saatavilla: <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/a-2030-vision-for-european-offshore-wind-ports-trends-and-opportunities/>
- 103 WindEurope. (2024). **Interactive data and maps**. [Verkkosivu] Saatavilla: <https://windeurope.org/intelligence-platform/interactive-data-and-maps/>
- 104 Xiang, X., Merlin, M. M., & Green, T. C. (2016). **Cost analysis and comparison of HVAC, LFAC and HVDC for offshore wind power connection**.
- 105 Ympäristöministeriö. (2016). **Linnustovaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa**. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75407/SY\\_6\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75407/SY_6_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 106 Ympäristöministeriö. (2021). **Merihiekan ja merenalaisten mineraalivarantojen kestävä käyttö**. Ympäristöministeriön julkaisuja 2021:3. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-193-1>
- 107 Ørsted. **Do offshore wind farms harm tourism?** Saatavilla: <https://us.ored.com/renewable-energy-solutions/offshore-wind/seven-facts-about-offshore-wind/tourism#1>. (Viitattu 23.2.2024)

