



Merituulivoiman alustavat liityntämahdollisuudet Fingridin kantaverkkoon 2030-luvulla

MERITUULIVOIMAPAINOTTEINEN TULEVAISUUSSKENAARIO

FINGRID

FINGRID

Merituulivoiman alustavat liityntämahdollisuudet Fingridin kantaverkkoon 2030-luvulla

01 Johdanto	3
02 Merituulivoiman hankekehitys Suomessa	4
03 Sähkön kulutuksen ja tuotannon kehitysnäkymät merituulivoimapainotteisessa tulevaisuusskenaariossa	5
04 Merituulivoiman alustavat liityntämahdollisuudet	10
05 Tarvittavat alustavat verkkovahvistukset	12
06 Järjestelmätekniset selvitykset	14
07 Yhteenveto	15



Sähkön kulutuksen odotetaan Fingridin kehitysnäkymien mukaisesti kääntyvän voimakkaaseen kasvuun 2020-luvun jälkimmäisellä puoliskolla

6

Karttakuva: alustavat kantaverkon vahvistustarpeet

13

01


Johdanto

Tämä raportti esittelee alustavat liityntämahdollisuudet Manner-Suomen kantaverkkoon liitettävälle merituulivoimalle 2030-luvulla. Suunnitelmat on tehty tietyin Fingridin perusskenaariosta poikkeavin oletuksin sähkön tuotannon ja kulutuksen kehittymisestä, minkä vuoksi kaikki niiden toteuttamiseksi vaadittavat verkon vahvistusinvestoinnit eivät sisälly Fingridin vuonna 2023 julkaisemaan noin neljän miljardin euron suuruiseen kantaverkon kehittämissuunnitelmaan seuraavalle kymmenelle vuodelle. Tämän selvityksen ja siitä saatavan sidosryhmäpalautteen tulokset sekä merituulihankekehityksen eteneminen huomioidaan Fingridin päivittäessä kehittämissuunnitelmaansa.

Tässä selvityksessä esitetyt alustavat merituulivoiman liityntämahdollisuudet on määritetty teknisesti sähköverkon näkökulmasta, huomioiden Fingridillä tiedossa olevat merituulivoimahankkeet sekä muut sähkön tuotanto- ja kulutushankkeet. Selvityksessä ei ole esitetty liityntäratkaisuja yksittäisille asiakashankkeille, vaan liityntäpisteet ja -kapasiteetit varataan hankkeille liittymissopimuksen myötä

hankkeiden luvituksen varmistuttua. On myös mahdollista, että merituulivoimaliityntöjä voidaan toteuttaa 2030-luvulla tässä selvityksessä esitettyjä useampia ja muillekin kuin tässä selvityksessä määritetyille alueille, mikäli sähkön kulutuksen kasvu on tämän selvityksen oletuksia voimakkaampaa tai uusi kulutus sijoittuu lähemmäksi merituulivoiman liityntöjä. Suomella on merkittävää potentiaalia merituulivoiman tuottajana. On kuitenkin epävarmaa, milloin merituulivoimasta tulee taloudellisesti kannattavaa Suomessa.

Suomella on merituulivoiman ohella valtavasti potentiaalia lisätä maatuulivoimaa ja aurinkovoimaa. Erityisesti ratkaisevaa on merituulivoiman ja maatuulivoiman keskinäinen kilpailuasetelma. Tämän selvityksen taustaskenaariossa on tehty oletus, että tuulivoimainvestoinnit painottuvat Suomessa merituulivoimaan 2020- ja 2030-lukujen taitteesta alkaen johtuen esimerkiksi joko taloudellisesta kannattavuudesta tai hyväksyttävyydestä. Tämä oletus poikkeaa Fingridin perusskenaariosta, ja käytännössä tässä selvityksessä maatuulivoimarakentaminen jää Fingridin perusskenaariota alemmalle tasolle. Jos tuulivoimarakentaminen mahdollistuu Itä-Suomessa, vahvistuu oletettavasti maatuulivoiman kilpailuasema, koska saadaan uusia tuotantoalueita ja erilainen tuotantoprofiili.



On myös mahdollista, että merituulivoimaliityntöjä voidaan toteuttaa 2030-luvulla tässä selvityksessä esitettyjä useampia ja muillekin kuin tässä selvityksessä määritetyille alueille, mikäli sähkön kulutuksen kasvu on tämän selvityksen oletuksia voimakkaampaa tai uusi kulutus sijoittuu lähemmäksi merituulivoiman liityntöjä.

02

Merituulivoiman hankekehitys Suomessa

Fingridille on saapunut huhtikuun 2024 loppuun mennessä yhteensä yli 370 gigawattia (GW) alustavia sähkön tuotannon liityntäkyselyitä, joista merituulivoiman osuus on 95 GW. Merituulihankkeista noin kolmannes sijaitsee Suomen aluevesillä, yli puolet talousvyöhykkeellä ja loput Ahvenanmaan aluevesillä. Hankealueissa on päällekkäisyyttä talousvyöhykkeellä ja Ahvenanmaan aluevesillä.

Sähkömarkkinalain mukaan Fingrid on Suomen kantaverkko-yhtiö pois lukien Ahvenanmaan itsehallintoalue, johon myös Ahvenanmaan aluevesien merialueet kuuluvat. Ahvenanmaan alueella vastuullinen kantaverkkoyhtiö on Kraftnät Åland. Fingridin vastuulla ei ole Ahvenanmaan merituulivoimahankkeiden liittäminen, ellei lainsäädännöllisesti toisin todeta. Lainsäädännöllisesti on epäselvyyttä myös Fingridin vastuusta Suomen talousvyöhykkeellä sijaitsevien hankkeiden liittämisestä.

Metsähallitus hallinnoi Suomen aluevesiä ja jakaa merituulivoiman hankeoikeudet kaupallisella kilpailutusmenettelyllä. Vattenfall voitti Metsähallituksen loppuvuonna 2022 järjestämän kilpailutuksen Korsnäsän edustalla sijaitsevasta merituulivoiman hankealueesta, ja suunnittelee sinne 1,3–2,5 GW merituulipuistoa. Tällä hetkellä Metsähallituksella on käynnissä kaksi kilpailutusta, Ebba (1,5 GW) Pyhäjoen-Raahen edustalla ja Edith (1,6 GW) Närpiön edustalla. Näiden kilpailutukset on tavoitteena saada päätökseen vuoden 2024 loppuun mennessä. Metsähallitus valmistelee kilpailutuksia myös Kristiinankaupungin, Hailuodon, Siikajoen ja Raahen edustalla sijaitseville kolmelle hankealueelle. Lisäksi Metsähallituksella on voimassa oleva käyttöoikeussopimus Suomen Hyötytuulen kanssa Tahkoluodon merituulipuistosta ja sen laajennuksesta sekä varaussopimukset Skyborn Renewables Offshore Finland Oy:n kanssa Suurhiekan alueesta (nykyisin Pooki-hanke) ja Rajakiiri Oy:n kanssa Raahen edustalla (Maanahkaisen hanke).

Suomen talousvyöhykkeellä on ollut toistaiseksi hankekehittäjälähtöistä toimintaa, ja useat hankekehittäjät ovat hakeneet sinne yksinoikeuksia merituulivoima-alueisiin. Työ- ja elinkeinoministeriö on valmistellut syksystä 2023 alkaen lainsäädäntöuudistusta, jossa esitetään kilpailutuksen käyttöönottoa talousvyöhykkeelle. Uuden talousvyöhykkeen merituulivoimalain suunniteltu voimaantulo on vuonna 2025, minkä jälkeen ensimmäiset kilpailutukset olisivat mahdollisia. Lisäksi Ahvenanmaan Maakuntahallitus valmistelee kilpailutusta Ahvenanmaan pohjoispuolen vesialueista toteutettavaksi vuoden 2025 aikana.

Voimassa olevassa [Suomen merialuesuunnitelmassa](#) on tunnistettu merituulivoimavoimalle soveltuvia alueita myös Ahvenanmaan eteläpuolisilta vesialueilta. Hankekehittäjillä on vahvaa kiinnostusta alueeseen, mutta maanpuolustukselliset tarpeet ovat ristiriidassa merituulikehittämisen kanssa alueella. Tässä selvityksessä on tarkasteltu erikseen skenaarioria, jossa merituulivoimarakentaminen mahdollistuu myös Suomen eteläisillä vesialueilla. Tämä olisi sähköjärjestelmän kannalta toivottava kehityssuunta, sillä 80 % Suomen sähkön kulutuksesta sijaitsee tällä hetkellä Vaasa-Kuopio linjan eteläpuolella ja tuotanto enenevässä määrin saman linjan pohjoispuolella. Kulutuksen ja tuotannon polarisaation enustetaan entisestään kasvavan Suomessa. Merituulivoiman sijoittuminen myös Suomen eteläisille vesialueille palvelisi lisäksi sähkön käyttäjien etua, koska siten saavutettaisiin maantieteellisesti hajautuneempi tuulivoimatuotanto ja tasanaisempi sähkön hinta.

03

Sähkön kulutuksen ja tuotannon kehitysnäkymät merituulivoimapainotteisessa tulevaisuusskenaariossa

Tämän merituulivoiman liityntämahdollisuuksia tarkastelevan selvityksen pohjana on käytetty alkuvuonna 2024 julkaistuja [Fingridin kehitysnäkymiä tuotannolle ja kulutukselle](#) sekä sähkömarkkinamallinnusta. Tässä selvityksessä Fingridin kehitysnäkymissä esitetystä Fingridin perustulevaisuusskenaariosta on poikettu olettaen, että tuulivoimainvestoinnit painottuvat merituulivoimaan 2020- ja 2030-lukujen taitteesta alkaen esimerkiksi merituulivoiman tullessa maatuulivoimaa taloudellisesti kannattavammaksi tai maatuulivoiman hyväksyttävyyden heikennyttyä. Ennusteen aikahorisonttia on myös pidennetty käyttäen tarkasteluvuotena vuotta 2035. Selvityksen tuloksissa on epävarmuutta erityisesti



sähkön tuotannon ja kulutuksen kasvuoletuksien takia. Monet ennusteisiin sisällytetyt tuotanto- ja kulutushankkeet ovat kokoluokaltaan niin suuria, että niiden toteutuminen tai toteutumatta jääminen vaikuttaa merkittävästi kantaverkon investointitarpeisiin ja liityntäkapasiteettiin.

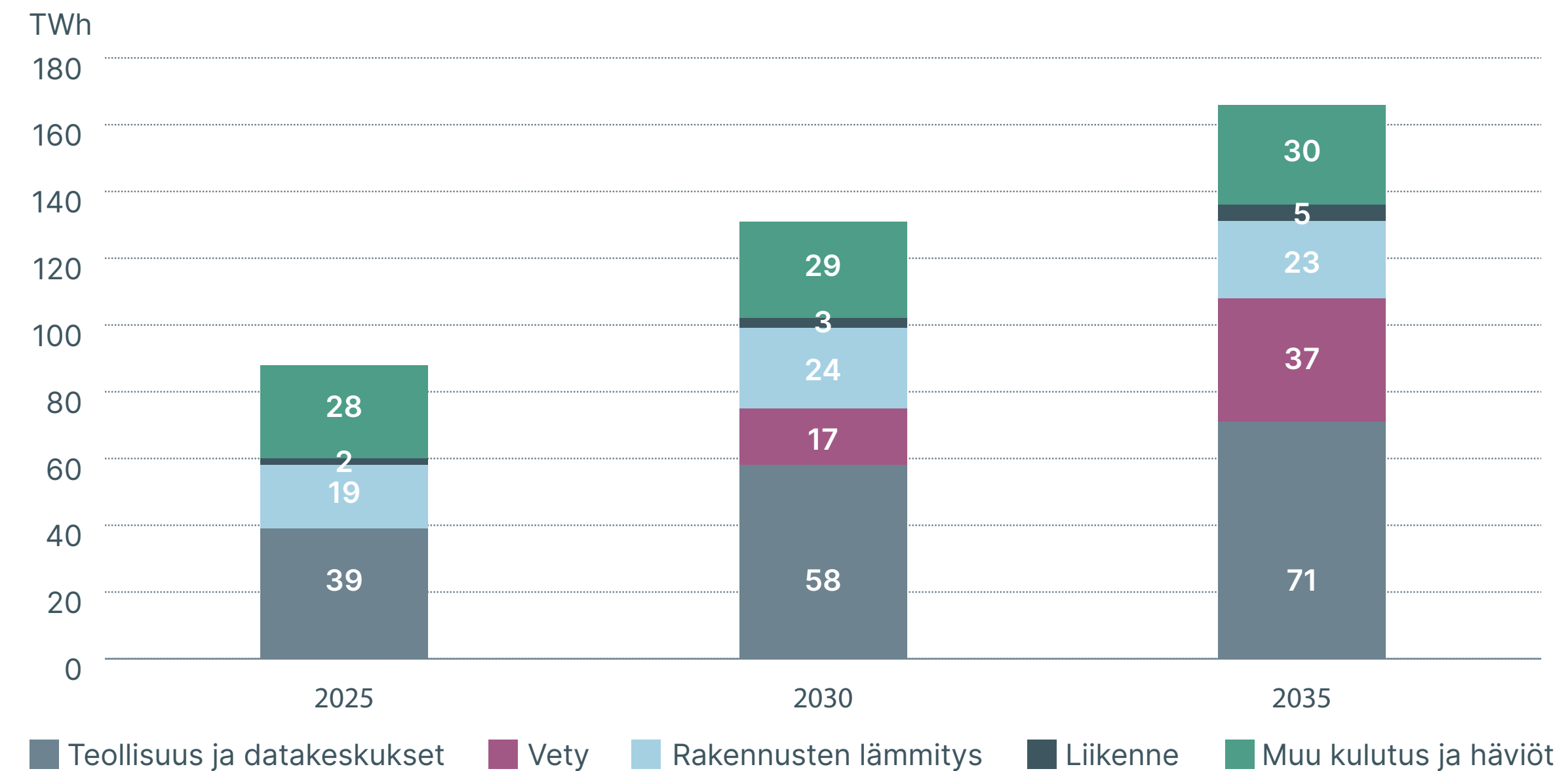
Sähkön kulutus

Sähkön kulutuksen odotetaan *Fingridin kehitysnäkymien* mukaisesti kääntyvän voimakkaaseen kasvuun 2020-luvun jälkimmäisellä puoliskolla. Kasvun on oletettu jatkuvan edelleen 2030-luvulla ajurinaan erityisesti vedyn ja vetyjalosteiden tuotanto. Vuonna 2035 Suomen kokonaiskulutuksen on arvioitu olevan 166 terawattituntia (TWh), eli noin kaksinkertainen verrattuna nykyiseen tasoon. Huippukulutuksen arvioidaan kasvavan 31 GW:iin, ja huippukulutuksen toteutuvan tuulisena talvipäivänä sähkön hinnan ollessa edullinen. Sähkön kulutuksen on oletettu painottuvan nykyiseen tapaan eteläiseen Suomeen ja 2020-luvun loppupuolelta alkaen enenevässä määrin myös länsirannikolle, koska erityisesti suunnitellut vetyhankkeet painottuvat rannikkoalueelle.

Sähkön kulutuksen kasvu nojaa useaan eri ajuriin, etenkin vedyn ja sähköpolttoaineiden tuotantoon, datakeskuksiin ja metalliteollisuuteen. Kuvassa 1 on esitelty kulutuksen kasvuoletukset sektoreittain.

Sähkön kokonaiskulutus, TWh

FINGRID



KUVA 1 Tässä selvityksestä käytetyt sähkön kulutusennusteet.

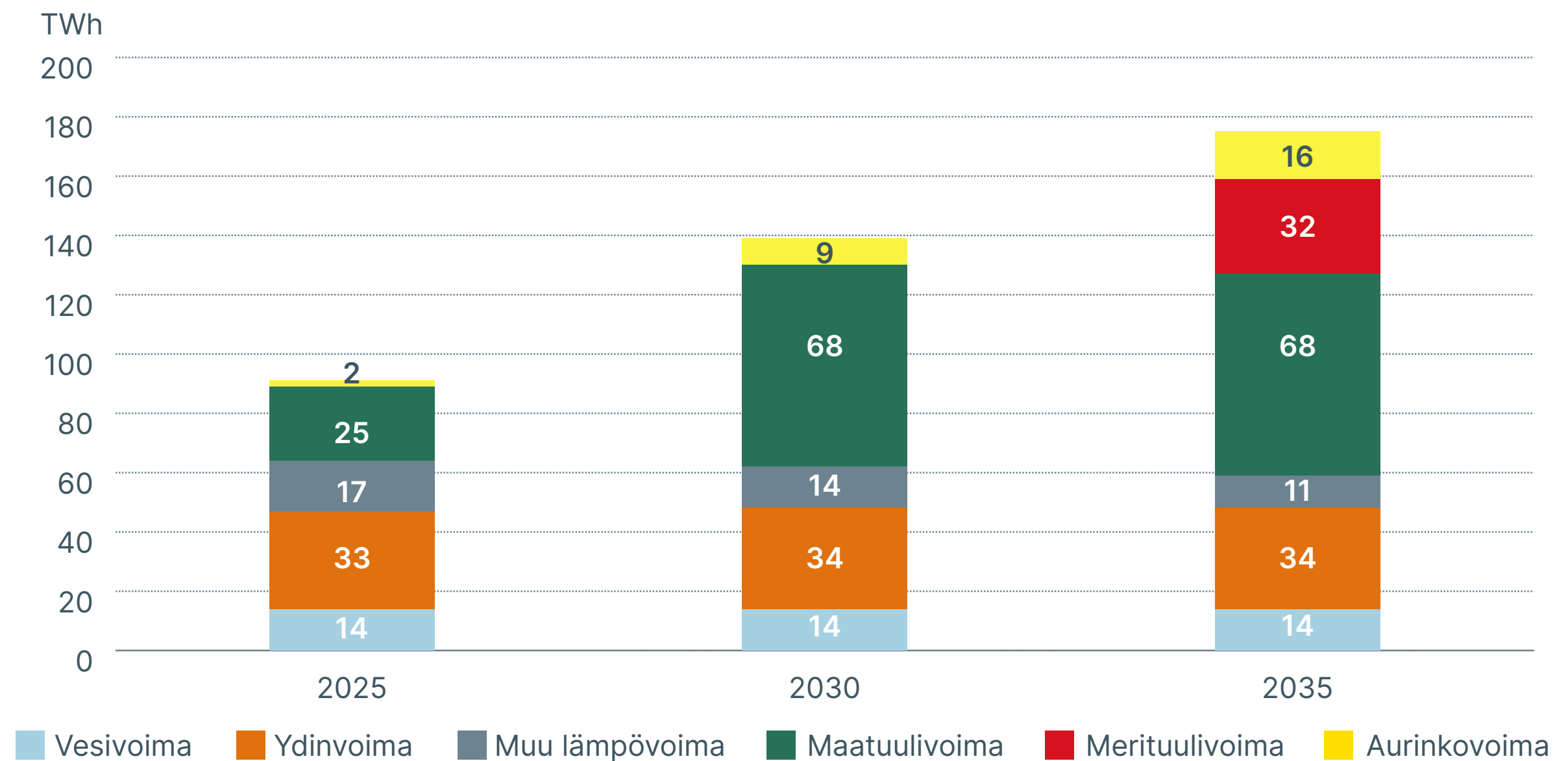
Sähkön tuotanto

Sähkön tuotantokapasiteetti on kasvanut viime vuosina Suomessa voimakkaasti, ajurinaan puhdas uusiutuva sähkön tuotanto. Samalla myös omavaraisuutemme sähkön tuotannossa on kasvanut. Tässä selvityksessä sähkön tuotannon oletetaan jatkavan voimakasta kasvuaan kulutuksen kasvaessa. Arvio kokonaistuotannosta vuonna 2035 on 175 TWh ja asennetusta tuotantokapasiteetista 56 GW. Sähkön tuotannon kehitys on esitetty kuvissa 2 ja 3.

Maatuulivoiman oletetaan Fingridin kehitysnäkymien mukaisesti hallitsevan sähkön tuotannon kasvua 2020-luvulla ja maatuulivoimakapasiteetin kasvavan 21 GW:iin vuoteen 2030 mennessä. Tässä selvityksessä tuulivoiman kasvun oletetaan 2030-luvulla painottuvan merituulivoimaan, minkä seurauksena merituulivoimaa rakentuu 2030-luvulla yhteensä 6,5 GW vastaten hieman yli 30 TWh:n vuosituotantoa.

Sähkön tuotanto, TWh

FINGRID



KUVA 2 Tässä selvityksessä käytetyt sähkön tuotantoennusteet.

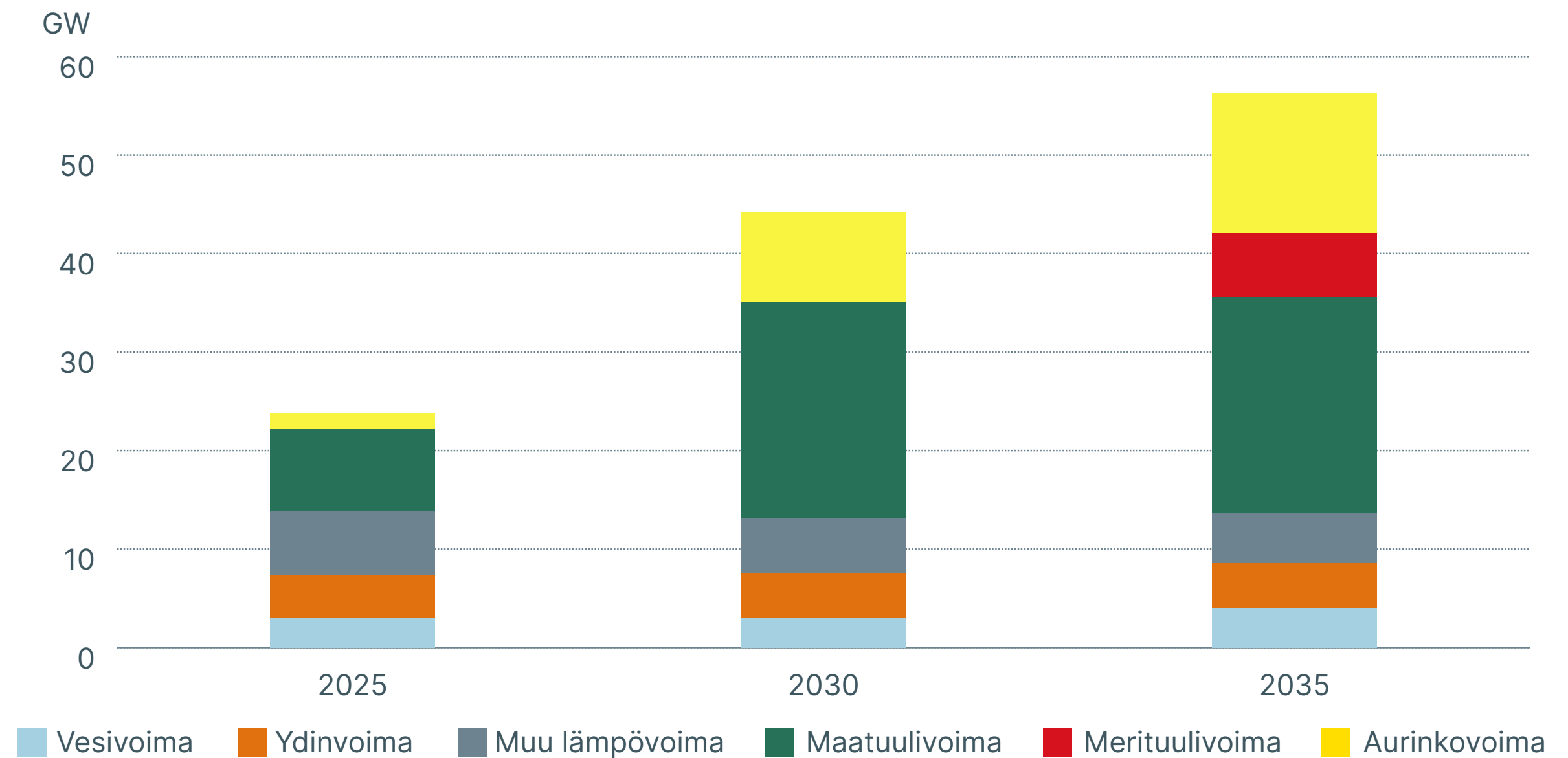
Tässä selvityksessä on oletettu merituulivoiman sijoittuvan vain Pohjanlahdelle, mutta selvityksessä on tarkasteltu myös skenaariota, jossa merituulivoiman rakentaminen mahdollistuu myös Suomen eteläisillä merialueilla. Merituulivoiman on oletettu sijoittuvan pääasiassa Vaasan eteläpuolelle. Näin verkon vahvistustarpeet ovat pienempiä ja pystytään mahdollistamaan useampia liityntöjä, kuin jos merituulivoima painottuisi Vaasan pohjoispuolelle, koska sähkön kulutus on painottunut Suomen eteläosiin. Merituulivoiman tuotantoalueiden on oletettu jakautuneen pitkin Pohjanlahtea. Tällöin merituulivoiman tuotanto on tasaisempaa ja ristiriitatilanteita muun merialueen käytön, esimerkiksi meriliikenteen kanssa, voidaan hallita paremmin verrattuna tilanteeseen, jossa merituulivoiman tuotanto olisi painottunut vain pienelle alueelle merellä.

Suomen 2030-luvun merituulivoiman on oletettu koostuvan viidestä liityntäteholtaan 1,3 GW:n merituulivoimalaitoksesta. Kapasiteetin perusteena on yksittäisen voimalaitoksen ja liitynnän enimmäiskoko Suomessa Fingridin Yleisten liityntäehtojen (YLE2021) mukaisesti. Suomeen on suunnitteilla kokonaistuotantokapasiteetiltaan myös yli 1,3 GW:n merituulihankkeita, ja ne tulee eriyttää itsenäisiksi voimalaitoksille Fingridin ohjeen [Suurin sallittu tehomuutos voimalaitosliityntässä Suomessa](#) mukaisesti.

Tuulivoiman ohella myös aurinkovoimalle on oletettu merkittävää kasvua tulevina vuosina. Aurinkovoimakapasiteetin oletetaan olevan yhteensä 14 GW vuonna 2035 ja kattavan 5–10 % Suomen sähkön tuotannosta. Kasvua on oletettu sekä

Asennettu tuotantokapasiteetti, GW

FINGRID



KUVA 3 Tässä selvityksessä käytetyt ennusteet sähkön tuotantokapasiteetista.

kattoasennuksiin että teollisen kokoluokan aurinkopuistoihin, ja aurinkovoiman tuotannon on oletettu sijoittuvan pääosin Etelä- ja Keski-Suomeen.

Ydinvoiman tuotantokapasiteetin on oletettu olevan tarkasteluvuonna 2035 nykyistä suuruusluokkaa. Sähkön tuotantoon tarvitaan myös uutta joustavaa kapasiteettia, jotta ennusteiden mukainen sähkön tuotanto ja kulutus saadaan kohtaamaan joka hetki. Vesivoimakapasiteetin on oletettu pysyvän muuten ennallaan, mutta uutena oletetaan rakennettavan 0,5 GW pumppuvoimaa Pohjois-Suomeen. Lämmön ja sähkön yhteistuotannon oletetaan vähenevän huomattavasti nykytilanteesta. Uutena lämpövoimakapasiteettina oletetaan moottorivoimaloita rakennettavan 1 GW vuoteen 2035 mennessä. Tämän takia lämpövoimakapasiteetti ei vähene merkittävästi ennusteessa, mutta sen osuus energiantuotannosta laskee. Moottorivoimaloiden ohella lisää joustoa sähköjärjestelmään oletetaan saatavan uusista akkusähkövarastoista, joita vuonna 2035 ennusteessa on yhteensä 1,5 GW.

Rajasiirtoyhteydet

Tämän selvityksen ennusteiden mukaisesti Suomi on maltillisesti sähkön nettoviejä, mutta sähkön vienti ei ole koko järjestelmän mittakaavassa merkittävää. Sähkön rajasiirtoyhteyksiä oletetaan vahvistettavan merkittävästi tarkasteluvuoteen 2035 mennessä. Nykyisten käytössä olevien rajasiirtoyhteyksien sekä rakenteilla olevan uuden Suomen ja Pohjois-Ruotsin välisen Aurora Line 1 -vaihtosähköyhteyden ohelle oletetaan toinen uusi vaihtosähköyhteys Suomen ja Pohjois-Ruotsin

välille (Aurora Line 2) sekä kolmas tasasähköyhteys Suomen ja Viron välille (Estlink 3). Lisäksi selvityksessä on huomioitu mahdollisuudet siirtää energiaa vetynä Pohjois-Suomen ja Pohjois-Ruotsin välillä.

2030-luvun loppupuolella tulee ajankohtaiseksi Suomen ja Keski-Ruotsin välinen FennoSkan 1 -tasasähköyhteyden korvaaminen. Fingrid ja Ruotsin kantaverkkoyhtiö tulevat selvittämään tätä lähivuosina. Yhtenä toteutusvaihtoehtona voi olla hybridisiirtoyhteys, joka sekä toimisi siirtoyhteytenä kahden sähkömarkkina-alueen välillä että samalla liittäisi Pohjanlahden merituulivoimaa mantereille. Hybridiyhteyttä ei ole tarkemmin huomioitu vielä tässä selvityksessä ja sellaisen teknisessä toteutuksessa sekä toiminnassa sähkömarkkinoilla on vielä ratkaistavia asioita.



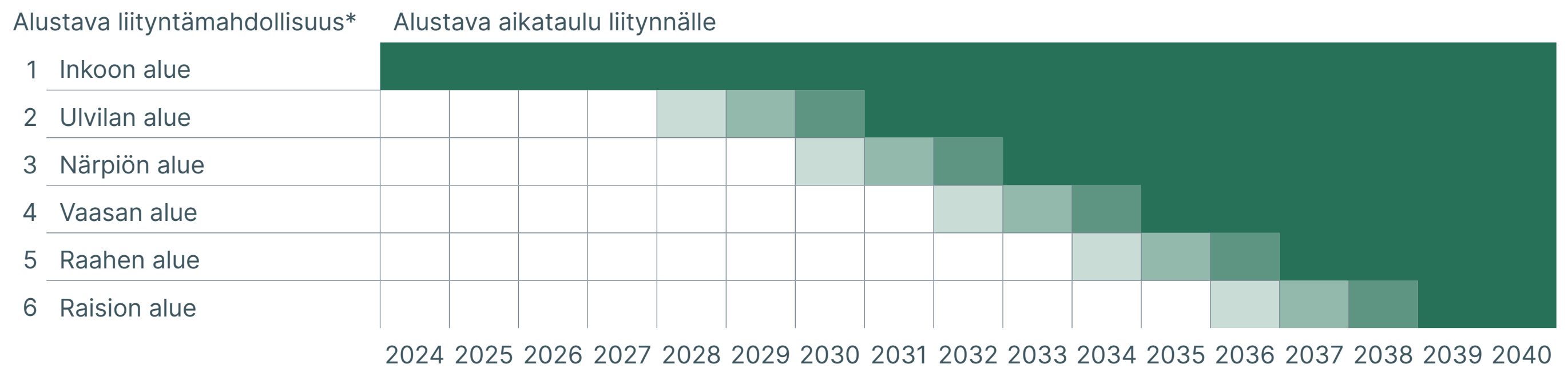
04

Merituulivoiman alustavat liityntämahdollisuudet

Merituulivoimahankkeiden alustavat liityntämahdollisuudet sähköverkkoon on esitetty tässä selvityksessä alueina, ja ne on tarkoitettu tarkentaa sähköasematasolle sidosryhmäpalautteen ja Fingridillä käynnissä olevien lisäselvitysten myötä tämän raportin syksyllä 2024 julkaistavassa päivityksessä. Perusteena aluevalinnalle ja alustaville aikatauluille on verkon vahvistusinvestointien toteutettavuus ja kustannukset sekä alueen tuotanto- ja kulutushankkeiden määrät, kokoluokat ja kehitysasteet. Suomen vuoden 2030 merialuesuunnitelmassa tunnistetut potentiaaliset merituulivoiman tuotantoalueet ja muille toimintoille varatut merialueet on huomioitu tässä selvityksessä. Lisäksi on huomioitu, että merialuesuunnitelma on parhaillaan päivityksessä ja uusi suunnitelma on tarkoitettu julkaista vuonna 2026.

Alustavat alueet, aikataulut ja tehot merituulivoimaliitynnöille 2030-luvulla on esitetty taulukossa 1.

FINGRID



*Suurin sallittu liityntäteho on 1,3 GW

TAULUKKO 1 Merituulivoiman alustavat liittymismahdollisuudet Suomessa 2030-luvulla.

Merituulivoiman alustavia mahdollisuuksia liittyä kantaverkkoon on tunnistettu **Uvilan, Närpiön, Vaasan, Raahen ja Raision alueilla**. Raision, Uvilan ja Närpiön alueille olisi mahdollista liittää merituulivoimaa Selkämereltä, missä hankealueita on sekä talous- että aluevesillä. Lisäksi eteläisimmille Raision ja Uvilan alueille voisi mahdollisesti liittää hankkeita myös Ahvenanmaan vesialueilta, mikäli näiden liittäminen katsotaan Fingridin tehtäväksi.

Vaasan alueelle voisi liittää merituulivoimaa joko Selkämeren pohjoisosilta tai Perämeren eteläosilta. Raahen alue on ainoa selkeä Perämeren liityntämahdollisuus. Perämeren pohjoisosa on sähköverkon kannalta hankalin alue liittää uusia suuria tuotantokeskittymiä, koska Pohjois-Pohjanmaa on jo valmiiksi tuotantopainotteista aluetta ja sieltä on pisin etäisyys siirtää sähköä kulutuspainotteiseen Etelä-Suomeen. Jos kulutuksen ja tuotannon tasapaino muuttuu oleellisesti tällä alueella, se todennäköisesti mahdollistaisi useamman kuin yhden merituulihankkeen liittämisen alueella.

Skenaariossa, jossa merituulivoiman rakentuminen mahdollistuu myös Suomen eteläisillä merialueilla, on tunnistettu lisäksi vielä liityntämahdollisuus ainakin **Inkoon alueella**, joka sijaitsee kulutuspainotteisella alueella. Tässä skenaariossa voitaisiin liittää kokonaisuudessaan enemmän merituulivoimaa, ja Fingrid voisi tarjota merituulivoimalle liityntöjä Etelä-Suomeen jo 2020-luvulla.

Määritettäessä tarkempia liityntäpisteitä eli sähköasemia, joille hankkeet voivat liittyä, on tarkasteltava uuden sähköaseman

rakentamismahdollisuuksia, olemassa olevien sähköasemien laajentamiskelpoisuutta, liityntäjohtojen toteuttamiskelpoisuutta sekä sähköjärjestelmän käyttövarmuutta. Näistä ensimmäisiin vaikuttavat sähköasemien sijainti ja ympäristölliset reunaehdot. Sähköjärjestelmän käyttövarmuuteen vaikuttavat verkon topologia ja lähialueen muu sähkön tuotanto ja kulutus eli se, miten asema on kytkeytynyt muuhun sähköverkkoon ja minkä tyyppistä tuotantoa ja kulutusta alueella on. Fingridillä on parhaillaan käynnissä tarkentavia käyttövarmuudellisia selvityksiä, jotka vaikuttavat tarkkojen sähköasemasijaintien valintoihin. Tämän selvityksen tulokset on tarkoitus tarkentaa sähköasematasolle syksyllä 2024 julkaistavassa päivitetysraportissa näiden lisäselvitysten ja saadun sidosryhmäpalautteen myötä.

Esitettyjen liittymispisteiden aikataulu riippuu pitkälti uusien 400 kV-voimajohtojen mahdollisista toteutusaikatauluista. 400 kV-siirtoverkon vahvistusinvestoinnit kestävät Suomessa keskimäärin seitsemästä kahdeksaan vuotta suunnittelusta toteutukseen ja resurssisyistä niitä voi olla vain rajallinen määrä yhtäaikaisesti käynnissä. Fingridillä on käynnissä historiallisen suuri investointiohjelma energiamurroksen mahdollistamiseksi. Resurssien saatavuudessa on jo nyt näkyvillä niukkuutta rakentamisen kaikissa vaiheissa alkaen verkon suunnittelusta, ympäristöselvityksiin, luvitukseen ja lunastukseen sekä lopulta itse rakentamiseen. Lisäksi sähkönsiirtoinfrastruktuurin yhteiskunnallinen hyväksyttävyys voi haastaa aikatauluja etenkin, jos tarvittavat verkon vahvistukset painottuvat alueille, joissa on jo useita voimajohtoja, tai lähelle asutusta. Myös vuoden 2024 alusta muuttunut



verkkoyhtiöiden valvontamalli heikentää tarvittavien investointien taloudellisia reunaehtoja. Vaikka tämän selvityksen mallinnoissa tarkasteluvuotena on käytetty vuotta 2035, ei ole realistista odottaa, että kaikki tarvittavat verkon vahvistusinvestoinnit voitaisiin toteuttaa siihen mennessä. Toisaalta ei ole myöskään realistista olettaa, että useita gigawattikokoluokan merituulihankkeita voitaisiin rakentaa yhtäaikaisesti Pohjanlahdella muun muassa asennusalusten saatavuuden ja satamakapasiteetin vuoksi.

05

Tarvittavat alustavat verkkovahvistukset

Tässä selvityksessä on tunnistettu alustavat tarpeet kasvat-
taa kantaverkon siirtokapasiteettia Fingridin vuonna 2023
julkaistun kantaverkon kehittämissuunnitelman lisäksi, jotta
tässä selvityksessä mallinnetut viisi merituulivoimahanket-
ta saadaan liitettyä sähköjärjestelmään. Kuudes, Inkoon
alueelle liitettävä merituulivoimahanke ei vaatisi kantaverkon
vahvistamista.

Pohjanlahden merituulihankkeiden liittämiseksi kantaverk-
koa tulisi vahvistaa Keski-Pohjanmaalta aina Uudellemaalle
saakka, jotta sähkö saadaan siirrettyä länsirannikon ylijäämä-
alueilta Uudenmaan suurille kulutuskeskittymille ja pääkau-
punkiseudun kulutuksen tarpeisiin. Verkkoa on vahvistettava
myös lounaisrannikolla sekä sisempänä maata. Uusien voima-
johtojen maastoreittejä, nykyisten sähköasemien laajennus-
mahdollisuuksia tai uusien sähköasemien tarkkoja sijainteja
ei ole vielä selvityksen tässä vaiheessa tarkasteltu, vaan
on tunnistettu verkon vahvistustarpeita. Tarvittaviin verkon
vahvistukseen liittyy epävarmuuksia johtuen erityisesti niistä

oletuksista, mitä on tehty sähkön tuotannon ja kulutuksen
kehittymisestä Suomessa ja naapurimaissa. Alustavat verkon
vahvistustarpeet on esitetty kuvassa 4.

Yhteensä merituulivoiman liittämiseksi on tässä selvityksessä
mallinnettu tarvittavan noin 1000 kilometriä uusia 400 kV:n
voimajohtoja sekä ainakin kaksi kokonaan uutta sähköase-
maa. Näiden alustavien merituulivoimaan liittyvien verkon
vahvistustarpeiden suuruusluokkaa kuvaava kustannusar-
vio on 0,6 miljardia euroa, mistä voimajohdot muodosta-
vat suurimman osan. Osin voimajohtojen vahvistustarpeita
näytettäisiin selvityksen perusteella voitavan välttää muilla
teknisillä ja verkkotopologisilla ratkaisuilla, esimerkiksi kor-
vaamalla sarjakompensointia rinnakkaiskompensoinnilla.
Näin saavutettaisiin sekä merkittävä kustannussäästö että
maankäytöllinen ja aikataulullinen hyöty.

Fingridin nykyistä vuoden 2023 kehittämissuunnitelmas-
sa esitettyä investointiohjelmaa on käytetty pohjana tässä
selvityksessä mallinnetuille verkonvahvistustarpeille. Mikäli
tämän raportin kehityskuva tuulivoimainvestointien painot-
umisesta merituulivoimaan 2030-luvulle tultaessa toteutuu,
tulee myös kehittämissuunnitelmassa esitetyt investoinnit
arvioida uudelleen. Erityisesti skenaariossa, jossa merituu-
livoimarakentaminen mahdollistuisi myös Suomen eteläi-
sillä merialueilla, voitaisiin todennäköisesti välttyä joiltakin
pohjois-eteläsuuntaisilta siirtoverkon vahvistuksilta.




Tässä selvityksessä on käytetty nykyistä periaatetta, jossa
liittyjä vastaa liittymisjohdon rakentamisesta ja kustannukses-




ta kantaverkon liittymispisteeseen, joka sijaitsee mantereella.
Mikäli vastuunjako muuttuisi, tulisi verkon vahvistustarpeet
ja niiden kustannukset sekä liityntöjen aikataulut määrittää
uudestaan.

Huomioitavaa on, että tässä raportissa esitetyt verkkovahvis-
tuksetkaan eivät takaa gigawattikokoluokan asiakasliitynnälle
sataprosenttista käytettävyyttä, vaan joissakin sähköverkon
huolto- ja vikatilanteissa voidaan joutua rajoittamaan meri-
tuulipuistojen tuotantoa.

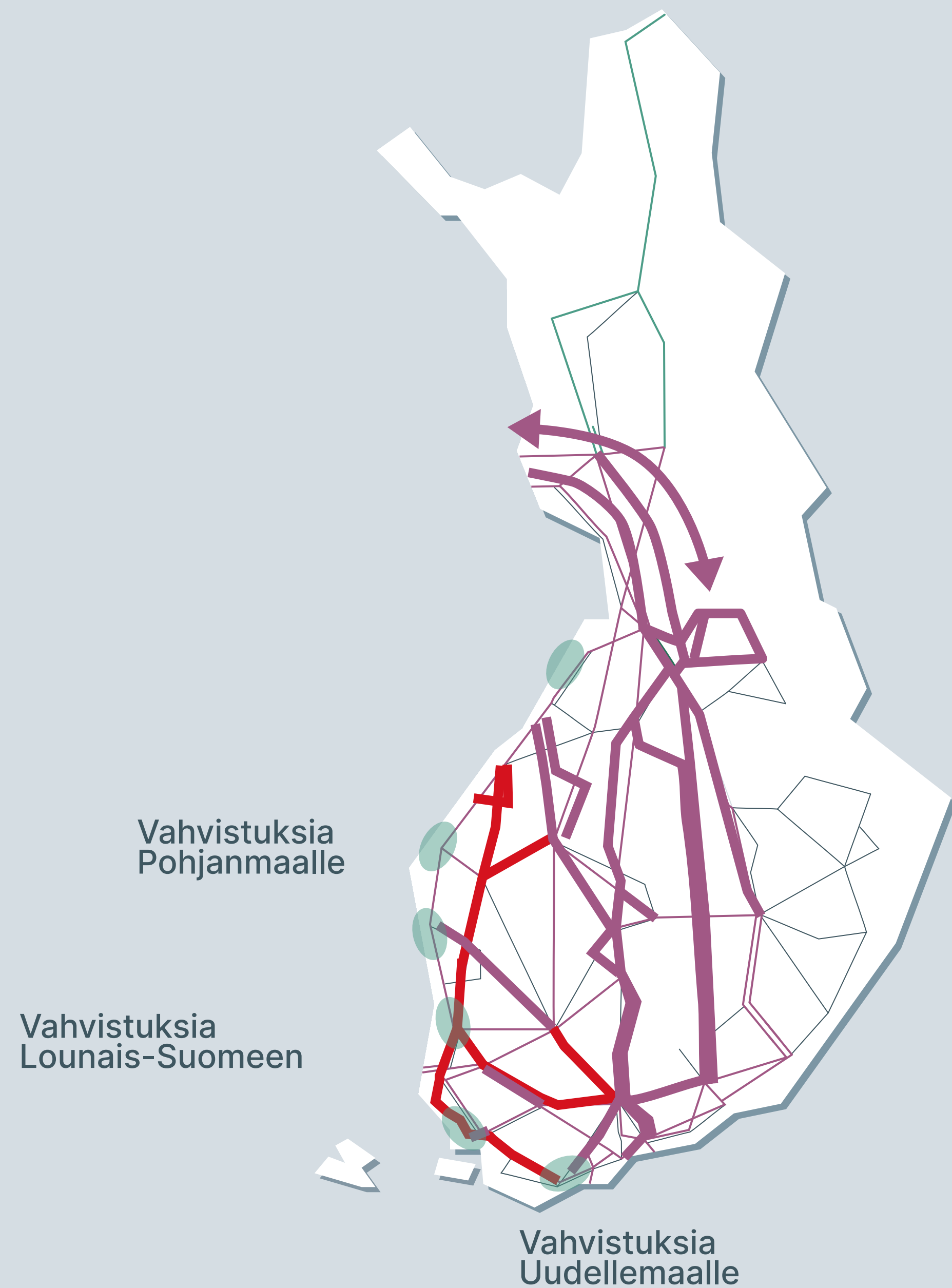
Verkkovahvistukset

MERITUULIVOIMAPAINOTTEINEN TULEVAISUUSSKENAARIO

-  Kehittämissuunnitelman mukaiset verkkovahvistukset
-  Merituulivoiman liittämiseksi tarvittavat verkkovahvistukset
-  Merituulivoiman liittymisalueet

-  Olemassa oleva 400 kV voimajohto
-  Olemassa oleva 220 kV voimajohto
-  Olemassa oleva 110 kV voimajohto

KUVA 4 Alustavat kantaverkon vahvistustarpeet merituulivoimaliityntöjen mahdollistamiseksi 2030-luvulla.



06

Järjestelmätekniset selvitykset

Koska merituulipuistot ovat valtavan suuria sähkön tuotanto-keskittymiä, niiden sähköverkkoon liittäminen vaatii sähköverkon vahvistusinvestointien ohella myös järjestelmäteknisiä ja käyttövarmuudellisia selvityksiä. Tarkempi järjestelmätekninen suunnittelu tehdään yhteistyössä asiakkaan kanssa, kun hankkeiden tekniset tiedot, toteutumisaikataulut ja liityntätavat tarkentuvat.

Länsirannikolla on ilmennyt viime vuosina stabiiliushaasteita suuntaajakytketyn tuotannon painottuessa rajatulle maantieteelliselle alueelle. Tässä selvityksessä on oletettu, että stabiiliushaasteet eivät ole merkittäviä enää 2030-luvulla, koska suuntaajilta vaaditaan kyvykkyyttä toimia vakaasti ilman tahtikoneiden vakauttavaa vaikutusta (nk. grid forming eli verkkoa luovat ominaisuudet uusissa Euroopan Unionin laajuisissa sähkön tuotannon vaatimuksissa (RfG, Requirements for Generation)). Tarvittava kyvykkyys voidaan toteuttaa tuulivoimaloissa tai erillisellä kompensointilaitteistolla.

Suomessa sähkön tuotannon vaatimuksia säädellään Fingridin asettamissa järjestelmäteknisissä vaatimuksissa (VJV). Fingrid on päivittämässä parhaillaan VJV-vaatimuksia, ja uusien vaatimusten odotetaan tulevan voimaan vuonna 2025. Merituulivoimalle ei ole esitetty uusissa vaatimuksissa erikseen vaatimuksia, mutta merituulivoimahankkeille voidaan asettaa lisävaatimuksia niiden suuren koon vuoksi tapauskohtaisesti erityistarkasteluvaatimusten kautta, jotka arvioidaan Fingridin toimesta hankkeen esisuunnitteluvaiheessa. Tarkemmat tulkinnot VJV-vaatimusten soveltamisesta merituulivoimahankkeissa voidaan tehdä vasta hankekehityksen edetessä.

Fingrid selvittää parhaillaan perinteisen liityntän vaihtoehdoksi hybridiliityntämahdollisuutta, jossa sähkön tuotanto ja kulutus olisivat samassa kantaverkon liittymispisteessä tai verkonosassa ja aiheuttaisivat näin ollen pienemmät verkon vahvistustarpeet. Tällä tavoin pystyttäisiin myös liittämään enemmän, nopeammin ja suurempia asiakashankkeita. Konseptiin liittyy teknisiä ja käyttövarmuudellisia haasteita joihin liittyvät liittämisestä aiheutuvasta tuotannon ja kulutuksen keskinäisestä riippuvuudesta, ja sen hyödyntämistä rajoittaa tällä hetkellä myös lainsäädäntö. Lainsäädännöllisesti konseptin mahdollistamista tullaan tarkastelemaan keväällä 2024 alkavassa sähkömarkkinalain uudistuksessa.



07

Yhteenveto

Tässä selvityksessä on oletettu Suomen sähkön kulutuksen noin kaksinkertaistuvan nykytasosta vuoteen 2035 mennessä etenkin teollisuuden ajamana. Lisäksi tässä selvityksessä on oletettu, että merituulivoima nousee maatuulivoimaa kilpailukykyisemmäksi tai hyväksyttävämmäksi tuotantomuodoksi 2020-luvun lopulla, ja 2030-luvun tuulivoimainvestoinnit kohdistuvat merituulivoimaan. Seurauksena merituulivoiman määrä nousee noin 6,5 GW:iin 2030-luvulla, mikä vastaa hieman yli 30 TWh:n vuosituotantoa. Oletukset poikkeavat Fingridin kantaverkkosuunnittelussa käyttämästä perusskenaariosta, jonka mukaisesti tuulivoimainvestoinnit painottuvat maatuulivoimaan Suomessa 2030-luvullakin.

Fingridillä on alustavasti selvitetty viisi aluetta, joissa suuret merituulipuistot voitaisiin liittää Manner-Suomen kantaverkoon; Ulvila, Närpiö, Vaasa, Raahe ja Raisio. Lisäksi Inkoon alue on määritetty liityntämahdollisuudeksi, mikäli merituulivoiman rakentaminen mahdollistuu myös Suomen eteläisillä merialueilla. Tarkemmat alustavat liittymispisteet määritellään

syksyllä 2024 sidosryhmäpalautteen ja Fingridin sisäisten, tarkempien selvitysten perusteella ja varataan yksittäisille hankkeille hankekehityksen edetessä.

2030-luvulla merituulivoimaliityntöjen toteuttamiseksi tarvitaan tämän selvityksen perusteella suuruusluokaltaan 0,6 miljardin euron investoinnit Fingridin vuoden 2023 kantaverkon kehittämissuunnitelmassa esitetyn neljän miljardin euron investointiohjelman lisäksi. Tarvittavat lisäinvestoinnit sijoittuvat Keski-Pohjanmaalle, Lounais-Suomeen ja Uudellemaalle, ja käsittävät yhteensä noin 1000 km uutta ja vahvistettavaa 400 kV:n voimajohtoa. Investointitarpeisiin liittyy kuitenkin epävarmuuksia johtuen erityisesti suurten sähkön kulutus- ja tuotantohankkeiden toteutumisesta, sijoittumisesta ja aikatauluista. Mikäli merituulivoiman rakentaminen mahdollistuisi myös Suomen eteläisillä merialueilla, keventäisi merituulivoiman liittäminen kantaverkon vahvistustarpeita sen sijaan, että se aiheuttaisi niitä.

Tässä raportissa on esitetty selvitys merituulivoiman alustavista verkkoliityntämahdollisuuksista, mutta Fingridissä ei ole vielä tehty päätöksiä näiden verkon vahvistusinvestointien toteuttamisesta. Fingridin investointiohjelmaan seuraavalle kymmenelle vuodelle palataan vuonna 2025 julkaistavassa kantaverkon kehittämissuunnitelmassa huomioiden sen hetken näkymät sähkön kulutus- ja tuotantohankkeiden kehityksestä. Verkkoinvestointien toteutusmahdollisuudet ovat kuitenkin rajalliset. Niitä ei rajoita vain investointien vaatima aika ja taloudelliset reunaehdot, vaan myös sähkön siirtoinfrastruktuurin yhteiskunnallinen hyväksyttävyys ja niin

suunnitteluun, luvitukseen kuin rakentamiseen käytävissä olevat resurssit. Investointeja joudutaan priorisoimaan, jolloin asiakashankkeiden liityntöjen toteutumiseen voi tulla viivettä tietyillä alueilla.

Sen lisäksi, että päätetään toteutettavista verkon vahvistusinvestoinneista, tulee vielä tarkastella periaatteita, joiden mukaan rakennettavaa uutta liittymiskapasiteettia kohdennetaan asiakashankkeille. Fingridin nykykäytäntöjen mukaisesti liityntäkapasiteetti varataan yksittäiselle hankkeelle vasta hankkeen luvituksen tullessa lainvoimaiseksi. Lisäksi liittymisjohdon lunastuslupahakemuksen tulee olla toimitettu työ- ja elinkeinoministeriölle. Fingrid on tunnistanut tarpeen päivittää liittymissopimuskäytäntöjä erityisesti suurissa asiakashankkeissa, joiden luvituksen kesto on pitkä ja joissa asiakas joutuu tekemään merkittäviä taloudellisia sitoumuksia ennen luvituksen varmistumista, jotta erityyppisille asiakashankkeille voidaan taata tasapuolinen käsittely.

Fingrid välittää. Varmasti.

Fingrid Oyj

Läkkisepäntie 21, 00620 Helsinki

PL 530, 00101 Helsinki

Puhelin 030 395 5000



FINGRID