

Rejlers Finland Oy

Sähkönsiirtoselvitys Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan tuulivoimalle soveltuville alueille

Raportti



SÄHKÖNSIIRTOSELVITYS POHJANMAAN JA ETELÄ-POHJANMAAN TUULIVOIMALLE SOVELTUVILLE ALUEILLE

Sisällys

Tiivistelmä.....	2
Sammanfattning.....	4
1 Johdanto.....	6
2 Raportin sisältö ja työmenetelmien yhteenveto	6
3 Tausta: nykytilanne ja tunnistetut tulevat muutokset	8
4 Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan tuulivoiman ja energian käytön yleiskuva.....	11
4.1 Tuulivoimaloiden tulevaisuuden näkymät Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla tuulivoimayhdistyksen aineistojen valossa.....	14
5 Sähköverkon kehittämissuunnitelmat ja haastattelujen yhteenvedot	15
5.1 Fingrid.....	15
5.1.1 Fingrid Verkkovisio	16
5.1.2 Verkkovision skenaariot.....	16
5.1.3 Kantaverkon kehittämissuunnitelmat.....	23
5.1.4 Teknologiset ratkaisut.....	24
5.1.5 Haastattelu	25
5.1.6 Fingridin verkkokiikari	26
5.2 Muut verkkoyhtiöt.....	27
5.2.1 Verkkokapasiteetit	28
5.2.2 Verkon kehittämistoimenpiteet.....	31
5.2.3 Tuulivoiman liittämisperiaatteet.....	33
5.2.4 Tuulivoiman liittämisen haasteita	33
5.2.5 Muita esille nousseita asioita ja yhteenveto	33
5.3 Tuulivoimayhtiöiden haastattelut.....	34
5.3.1 Tuulivoimayhtiöiden näkemyksiä muista energiaratkaisuista.....	34
5.4 Tuulivoimayhdistyksen aineistot hankkeiden kokonaiskuvasta.....	35
6 Tuulivoimahankkeiden sähköverkkoon liittymistarkastelu.....	38
6.1 Laskentaperiaatteet sähköverkkoon liittymistarkastelussa	38
6.2 Hankkeet ja tarkastelualueet.....	39
7 Sähköverkon kehittämistarpeet.....	49
8 Sähkönsiirron ympäristövaikutuksia ja vaikutusten vähentäminen	51
9 Yhteenveto	52
10 Lähteet.....	55

TIIVISTELMÄ

Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan maakunnissa on käynnissä maakuntakaavoitustyö. Kaavoitustyön yhtenä yhteisenä teemana on energiahuolto. Tässä Rejlers Finlandin toteuttamassa taustaselvityksessä tarkastellaan tarkemmin tuulivoiman ja sähkönsiirron yhteyttä. Selvityksen laadintaan on saatu ympäristöministeriön avustusta. Selvityksen ohjaukseen on osallistunut maakuntaliittojen edustajia. Selvityksen tavoitteena on kartoittaa maakuntakaavaluonnokseen ehdolla olevien tuulivoima-alueiden liittymismahdollisuuksia

Tuulivoima-alueen toteutumiseksi tulee tuulivoimahankkeella olla edellytykset liittyä sähköverkkoon. Siksi selvityksessä pyydettiin tuulivoimayhtiöitä tietoa hankkeiden arvioiduista liittymistehoista sekä alustavista liittymispisteistä. Lisäksi haastateltiin sähköverkkoyhtiöitä ja selvitettiin verkkojen kapasiteettitietoja ja kehityssuunnitelmia. Raportissa käsitellään myös Fingridin julkaisemia suunnitelmia sähköverkon kehittämisestä seuraavan 10 vuoden aikana ja pidemmän aikavälin näkymiä kuvaavaa verkkovisiota. Lisäksi tarkasteltiin tuulivoimayhdistyksen tietoja alueelle sijoittuvista hankkeista.

Tuulivoimayhdistyksen tietojen perusteella Pohjanmaa ja Etelä-Pohjanmaa sijoittuvat Suomen maakuntien joukossa sijoille kaksi ja neljä rakennetun tuulivoiman määrässä. Hankkeita on kaikissa kehitysvaiheissa. Selvityksessä saatujen tietojen perusteella näyttää todennäköiseltä, että tuulivoimaloiden tehot edelleen kasvavat tulevaisuudessa ja merelle suunnitellaan merkittävän kokoisia tuulipuistoja.

Fingridin haastattelussa kävi ilmi, että Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla verkkoon ei oteta lisää liittymiä ennen vuosia 2027/2028. Alueen sähköverkkojen kapasiteetti on käytetty toistaiseksi loppuun, ellei Fingrid saa asiaan väliaikaisia ratkaisuja ennen varsinaisten sähköverkon vahvistusten valmistumista 2020 luvun loppupuolella. Kantaverkon suunnittelussa huomioitavia näkökulmia on useita ja tuulivoimatuotanto on vain yksi näistä. Tuulivoimatuotannon merkittävä kasvu lyhyessä ajassa asettaa kuitenkin tällä hetkellä merkittävän haasteen verkon kehittämiselle. Hankkeiden suuri määrä ja sähköverkkojen kehittämisen viemä aika johtavat siihen, että kaikkia hankkeita ei pystytäkään liittämään verkkoon hankekehittäjien toivomassa aikataulussa. Vuosikymmenen loppupuolella uudet investoinnit kuitenkin muuttavat tilannetta ja lisäävät liityntäkapasiteettia. Tämän jälkeiseen kehitykseen liittyy enemmän epävarmuutta. Fingridillä on lakisääteinen velvollisuus kehittää verkkoa ja liittää verkkoon tuotantoa ja kulutusta. Verkon kehittämissuunnitelmia päivitetään jatkuvasti ja niistä julkaistaan tietoa säännöllisesti. Suunnitelmista tuoreimpana on valmisteilla sähköjärjestelmävisio, jonka on tarkoitus valmistua vuoden 2022 loppuun mennessä.

Alue- ja jakeluverkkoyhtiöiden haastattelujen perusteella Fingridiä pienempien verkkoyhtiöiden kyky liittää verkkoihinsa tuulivoimatuotantoa on hyvin rajallinen. Olemassa oleva kapasiteetti on varattu pääosin rakennetuille tai lähiaikoina rakennettaville hankkeille. Alueverkkoihin voitaisiin saada lisää kapasiteettia lisäämällä liittymispisteitä kantaverkkoon. Tämä tarkoittaa, että pienempien verkkoyhtiöiden kapasiteetti on Fingridin toiminnasta riippuvaista. Tuulivoimahankkeiden koot alkavat lisäksi olla niin suuria, että 1-2 tuulipuistoa kattaa kokonaan yhden 110 kV voimajohdon kapasiteetin. Tällöin puistojen olisi käytännössä rakennettava oma liityntäjohtonsa sen sijaan, että johdosta vastaisi alueverkkoyhtiö. Käytännössä suurimpien hankkeiden osalta liittyminen tapahtuu jo 400 kV jännitteellä suoraan kantaverkkoon.

Selvityksen analyysivaiheessa selvitettiin sähköverkkojen ja tuulivoima-alueiden välistä suhdetta. Sähköverkkoyhtiöiltä saatuihin tietoihin perustuen selvitettiin olemassa olevien ja suunniteltujen sähköasemien sijainnit karkealla tasolla. Potentiaalisista tuulivoima-alueista, voimassa olevassa maakuntakaavassa osoitetuista tuulivoima-alueista sekä yleiskaavoituksessa vireillä olevista tuulivoimahankkeista muodostettiin maantieteellisen sijainnin ja todennäköisen sähköverkon liittymispisteen perusteella tuulivoiman painopistealueita. Yhden painopistealueen alle määritettiin siis useampi samalla alueella oleva yksittäinen tuulivoima-alue.

Tuulivoima-alueille määritettiin vähimmäis- ja enimmäisteho. Tehot määritettiin yleiskaavahankkeiden lähtötietojen sekä tuulivoima-alueiden arvioituun voimalamäärään ja

yksittäisten voimaloiden arvioituun vähimmäis- ja enimmäistehoon perustuen. Kunkin painopistealueen osalta esitettiin arvioidun kokonaistehon jakautuminen eri tuulivoima-alueiden välillä. Kokonaistehoon otettiin mukaan myös mahdolliset arviot aurinkovoiman tuotannosta.

Tässä tarkastelussa ei huomioitu rakennusvaiheessa olevia tai täysin luvitettuja tuulivoimahankkeita, sillä näiden katsottiin olevan jo huomioitu sähköverkkoliityntöjen näkökulmasta. Myöskään yksittäisiä hankkeita, joiden yleiskaava ei ole tullut vireille, jätettiin pois tarkastelusta.

Haasteena tarkastelussa oli tarkkojen kapasiteettitietojen saatavuus. Mitä pidemmälle ajassa mennään, sitä vaikeampaa on verkon liityntäkapasiteettien ja toisaalta tuulivoiman tuotantomäärien tarkka arviointi. Liittymismahdollisuuksia arvioitiin muodostettujen painopistealueiden mukaisesti. Kunkin painopistealueen osalta arvioitiin todennäköisimmän liittymispisteen vapaata kapasiteettia. Tämän lisäksi selvitettiin painopistealueen ja tuulivoima-alueiden keskimääräistä etäisyyttä lähimpään teoreettiseen liittymispisteeseen. Mikäli teoreettisia verkon liittymispisteitä on tuulivoima-alueen lähellä, ovat liittymisedellytykset ainakin teoriassa paremmat kuin tilanteessa, jossa etäisyyttä liittymispisteisiin on runsaasti. Tämä perustuu olettamukseen, että Fingrid ja muut verkkoyhtiöt pyrkivät kehittämään verkkojaan siten, että kehityksellä vastataan tuulivoiman kasvavaan liittymiskapasiteettitarpeeseen.

Analyysituloksista nähdään, että merkittävin paine uusiin liityntöihin ja verkon kehittämiseen Pohjamaan ja Etelä-Pohjanmaan alueella kohdistuu merituulivoiman potentiaalisista tuulivoima-alueista. Maatuulivoiman osalta uusia liityntätarpeita muodostuu erityisesti Seinäjoen, Alajärven ja Tuovilan sähköasemien ympäristöihin. Näiden alueiden läheisyyteen on myös suunnitteilla mahdollisesti Fingridin uusia verkon vahvistuksia, jotka voivat lyhentää liittymisetäisyyksiä ja osaltaan vastaisivat liityntätarpeisiin. Näihin hankkeisiin liittyy kuitenkin epävarmuutta. Pienempiä hankkeita voidaan paikoin liittää myös suoraan 110 kV voimajohtoihin tai alueverkon sähköasemille. Nykyisissä liittymispisteissä kapasiteettia voi myös vapautua viiveellä, kun kantaverkkoa vahvistetaan.

Tuulivoiman rakentamista edistävät mm. kustannustehokkuus ja ilmastopoliittiset tavoitteet. Eri strategiat odottavat tuulivoimarakentamisen selvää kasvua Suomessa. Tuulivoiman ohella verkon tulevaisuuteen vaikuttaa myös muu sähköistymiskehitys, kuten lämpöpumppujen, liikenteen ja teollisuuden prosessien sähkön kulutus. Paikoin aurinkovoima alkaa näkyä hankekehityksessä ja vaikuttaa tuulivoiman ohella kokonaisliityntäkapasiteettiin. Koska tämän selvityksen tarkastelualueella on jo rakennettuja voimaloita, myös niiden uusintoihin on syytä varautua. Lisäksi mahdollinen vedyn tuotanto alueella kasvattaisi sähkön kulutusta. Tämä vähentäisi edelleen sähköverkkojen siirtotarvetta, mikä voisi puolestaan avata lisää alueellista liitöntäkapasiteettia tuulivoimalle. Vedyn tuotannon kehittämiseen liittyy kuitenkin vielä epävarmuuksia.

SAMMANFATTNING

Arbetet med landskapsplanen pågår i landskapen Österbotten och Södra Österbotten. Ett gemensamt tema för planläggningsarbetet är energiförsörjning. I denna bakgrundsutredning, som genomförs av Rejlers Finland, görs en mer detaljerad undersökning av sambandet mellan vindkraft och elöverföring. För utarbetande av utredningen har erhållits stöd från Miljöministeriet. Representanter för landskapsförbunden har deltagit i styrningen av arbetet. Målet med utredningen är att kartlägga anslutningsmöjligheterna för de potentiella vindkraftsområden som utreds för utkast till landskapsplan.

För att ett vindkraftsområde ska kunna bli verklighet måste det finnas förutsättningar att ansluta vindkraftsprojektet till elnätet. Därför begärdes information från vindkraftsbolagen om projektens beräknade anslutningseffekter samt de preliminära anslutningspunkterna. Dessutom intervjuades elnätsbolagen och information om elnätets kapacitet och utvecklingsplaner granskades. I rapporten behandlas också de planer som Fingrid publicerat för utveckling av elnätet under de kommande 10 åren och den nätvision som beskriver aspekterna på längre sikt. Dessutom granskades Finska vindkraftsföreningens information om de vindkraftsprojekt som förläggs i området.

Enligt uppgifter från Finska vindkraftsföreningen kommer Österbotten och Södra Österbotten på andra och fjärde plats bland Finlands landskap när det gäller den mängd vindkraft som byggs. Det finns projekt i alla utvecklingsfaser. Baserat på den information som har erhållits i utredningen verkar det sannolikt att vindkraftverkens effekt ökar ytterligare i framtiden och att vindkraftsparker av betydande storlek planeras på havsområdet.

I Fingrids intervju framgick det att i Österbotten och Södra Österbotten kommer inga fler nätanslutningar att tillåtas före år 2027/2028. Kapaciteten i elnäten i området är tills vidare uttömda, om inte Fingrid får till stånd tillfälliga lösningar innan de egentliga förstärkningarna av elnätet färdigställs i slutet av 2020-talet. Det finns flera aspekter att ta hänsyn till i planeringen av stamnätet, och vindkraftsproduktionen är enbart en av dessa. Den på kort tid betydande ökningen av vindkraftsproduktionen utgör dock för närvarande en betydande utmaning för nätets utveckling. Det stora antalet projekt och den tid det tar att utveckla elnäten leder till att alla projekt inte kan anslutas till nätet inom den tidsram som projektutvecklarna önskar. Mot slutet av årtiondet kommer dock nya investeringar att förändra situationen och öka anslutningskapaciteten. Därefter är utvecklingen förknippad med större osäkerhet. Fingrid har en lagstadgad skyldighet att utveckla nätet och att ansluta produktion och förbrukning till nätet. Utvecklingsplanerna för nätet uppdateras kontinuerligt och information om detta publiceras regelbundet. Den färskaste av de pågående planerna är en vision för elsystemet, som är avsedd att färdigställas före slutet av 2022.

Enligt intervjuer med regions- och distributionsnätsbolagen är förmågan att ansluta vindkraftsproduktion mycket begränsad hos elnätsbolag som är mindre än Fingrid. Den befintliga kapaciteten är reserverad huvudsakligen för projekt som har byggts eller som kommer att byggas inom en snar framtid. Regionnäten skulle kunna tillföras mer kapacitet genom att öka antalet anslutningspunkter till stamnätet. Detta innebär att de mindre nätbolagens kapacitet är beroende av Fingrids verksamhet. Dessutom börjar vindkraftsprojekten bli så stora att 1–2 vindkraftsparker helt tar i anspråk kapaciteten för en kraftledning på 110 kV. Således skulle vindkraftsparkerna i praktiken behöva bygga en egen anslutningsledning i stället för att regionnätbolagen skulle svara för ledningen. I praktiken sker redan anslutning av de största vindkraftsprojekten med en spänningsnivå på 400 kV direkt till stamnätet.

I utredningens analysfas undersöktes sambandet mellan elnät och vindkraftsområden. Baserat på den information som har erhållits från elnätsbolagen undersöktes placeringarna för befintliga och planerade elstationer på en generell nivå. Tyngdpunktsområden för vindkraft bildades av de för landskapsplanen föreslagna potentiella vindkraftsområdena, vindkraftsområden enligt gällande landskapsplan samt projektområden för vilka generalplan utarbetas med beaktande av områdenas geografiska läge och den sannolika anslutningspunkten till elnätet. Således definierades flera enskilda vindkraftsområden inom ett tyngdpunktsområde.

Vindkraftsområdenas minimi- och maximieffekt definierades utgående från uppgifter i vindkraftsprojektens generalplanprocesser eller enligt en uppskattning av antalet vindkraftverk samt deras minimi- och maximieffekt. För varje tyngdpunktsområde presenterades fördelningen av den uppskattade totaleffekten mellan de olika vindkraftsområdena. I totaleffekten inkluderades också eventuella uppskattningar av solenergiproduktion.

I denna granskning beaktades inte vindkraftsprojekt som befinner sig i byggfasen eller som innehar fullständiga tillstånd, eftersom dessa redan ansågs ha beaktats med avseende på anslutningarna till elnätet. Även enskilda projekt för vilka generalplan ännu inte har initierats uteslöts från granskningen.

En utmaning vid granskningen var tillgång till korrekt kapacitetsinformation. Ju längre fram i tiden man går, desto svårare är det att göra en korrekt uppskattning av nätets anslutningskapacitet och vindkraftens produktionsvolym. Anslutningsmöjligheterna bedömdes utgående från de bildade tyngdpunktsområdena. För varje tyngdpunktsområde uppskattades den outnyttjade kapaciteten vid den mest sannolika anslutningspunkten. Dessutom undersöktes tyngdpunktsområdets och vindkraftsområdenas genomsnittliga avstånd till närmaste teoretiska anslutningspunkt. Om det finns teoretiska nätanslutningspunkter nära ett vindkraftsområde är förutsättningarna för anslutning, åtminstone i teorin, bättre än i en situation med långa avstånd till anslutningspunkterna. Detta bygger på antagandet att Fingrid och andra nätbolag strävar efter att utveckla sina nät på ett sådant sätt att utvecklingen svarar mot det växande behovet av anslutningskapacitet för vindkraft.

Analysresultaten visar att det största trycket på nya anslutningar och utveckling av nätet i Österbotten och Södra Österbotten utgörs av potentiella områden för havsbaserad vindkraft. När det gäller landbaserad vindkraft bildas det nya anslutningsbehov särskilt i omgivningarna till elstationerna i Seinäjoki, Alajärvi och Toby. Fingrids nya förstärkningar av nätet planeras också eventuellt i närheten av dessa områden, vilket kan förkorta anslutningsavstånden och för sin del bidra till att möta anslutningsbehoven. Det råder dock osäkerhet kring dessa projekt. På vissa ställen kan mindre projekt också anslutas direkt till 110 kV:s kraftledningar eller till elstationer i regionnätet. Vid de befintliga anslutningspunkterna kan kapacitet också frigöras på sikt när stamnätet förstärks.

Byggande av vindkraft befrämjas bl.a. av kostnadseffektivitet och klimatpolitiska mål. Olika strategier förväntar sig en tydlig tillväxt av vindkraftsbyggandet i Finland. Vid sidan av vindkraft påverkas nätets framtid också av annan elektrifieringsutveckling, såsom elförbrukning som orsakas av värmepumpar, trafiken och industrins processer. På vissa håll börjar solenergi lyftas fram i projektutveckling och påverkar, vid sidan av vindkraften, den totala anslutningskapaciteten. Eftersom det redan finns byggda kraftverk i granskningsområdet för denna studie finns det också skäl att förbereda sig på modernisering av dessa. Dessutom skulle en eventuell vätgasproduktion öka elförbrukningen regionalt. Detta skulle ytterligare minska överföringsbehovet i elnäten, vilket i sin tur skulle kunna öppna upp mer regional anslutningskapacitet för vindkraft. Det finns dock fortfarande osäkerheter kring utvecklingen av vätgasproduktion.

1 Johdanto

Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan maakunnissa laaditaan maakuntakaavoja, jotka tähtäävät vuoteen 2050. Yhtenä yhteisenä teemana on energiahuolto. Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan maakuntakaavoissa 2050 tullaan osoittamaan paljon uusia tuulivoima-alueita. Tuulivoima-alueen toteutuminen edellyttää, että hankkeella on edellytykset liittyä sähkönsiirron alueverkkoihin ja edelleen kantaverkkoon tai suoraan kantaverkkoon. Maakuntakaavan valmisteluvaiheessa on hyvä selvittää sähkönsiirron toteutusmahdollisuudet maakuntakaavassa osoitetuista, seudullisesti merkittävistä tuulivoima-alueista kantaverkkoon. Näin voidaan varautua sähköverkon kapasiteetin kasvutarpeisiin ja uusiin sähköverkon voimajohtotarpeisiin.

Tuulivoimarakentamisen edistämiseksi Pohjanmaan liitto ja Etelä-Pohjanmaan liitto ovat laatineet Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan maakuntia koskevan sähkönsiirtoselvityksen.

Ympäristöministeriö myönsi hankkeelle valtionavustuksen (16.2.2022, VN/3188/2022) ja Rejlers vastasi hankkeen toteutuksesta.

Selvityksen on koostanut Rejlers Finland Oy:n projektiryhmä, johon ovat kuuluneet:

Leo Hari, vastuualueena kartat, sähkönsiirron trendit ja tuulivoimayhtiöiden haastattelut.

Hans Porras, vastuualueena sähköverkon kehittämissuunnitelmat, sähköverkkotarkastelu, sähköverkkoyhtiöiden haastattelut, analyysit ja analyysimenetelmät.

Tommi Siintoharju, vastuualueena sähköverkon kehittämissuunnitelmat ja sähköverkkoyhtiöiden haastattelut

Riku Smolander, vastuualueena analyysimenetelmät.

Vesa Malinen on toiminut sähkönsiirtoselvityksen projektipäällikkönä.

Matti Hautero on osallistunut projektin ohjaukseen.

Lisäksi työn ohjaukseen ovat osallistuneet Etelä-Pohjanmaan liitosta Mari Pohjola ja Mari Väänänen sekä Pohjanmaan liitosta Ann Holm, Riikka Asunmaa ja Marika Häggblom. Lisäksi naapurimaakuntien edustajat on pidetty tietoisina työn etenemisestä.

Lisäksi useat haastateltavat henkilöt ja heidän edustamansa yhtiöt ovat antaneet arvokasta aikaansa selvityksen tueksi. Kiitämme kaikkia haastateltuja ja sähköpostiviesteihin vastanneita.

2 Raportin sisältö ja työmenetelmien yhteenveto

Sähkönsiirtoselvityksessä on yhdistelty useita selvitysmenetelmiä. Taustatietona on käytetty erilaisia kirjallisuus-, raportti- ja artikkelilähteitä, joita on syvennetty alan toimijoiden haastatteluilla.

Aineiston tarkempaa käsittelyä on kuvattu alla kappalekohtaisesti.

Kappale kolme käsittelee yleisellä tasolla tuulivoimarakentamista tukevaa lainsäädäntöä ja trendejä sekä yleiskuvaa tuulivoiman kehittymisnäköymistä kirjallisuuslähteiden perusteella.

Kappaleessa neljä käydään lyhyesti läpi maakuntien sähkönsiirron taustatekijöitä ja tuulivoiman kokonaistilannetta maakunnissa kirjallisuuslähteiden perusteella. Kappaleen toisessa osiossa tarkastellaan tuulivoimayhdistyksen aineistojen valossa tuulivoiman tilannetta hankkeiden koon, arvioitujen tehojen ja hankevaiheen perusteella.

Kappaleessa viisi käsitellään Fingrid Oyj hallinnoiman kantaverkon kehittämissuunnitelmaa ja verkkovisiota. Nämä kuvaavat suunnitelmia kantaverkon kehittämiseksi Suomessa, Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla. Fingridin suunnitelmilla on suuri merkitys siihen, miten tuulivoimahankkeet liitetään sähköverkkoon. Kappaleessa esitellään myös sähköverkkoyhtiöiden haastattelujen tulokset. Kappaleen lopussa esitetään yhteenveto tuulivoimayhtiöiden haastattelujen yhteydessä saaduista näkemyksistä.

Kappaleessa kuusi esitetään tuulivoima-alueiden liittymistarkastelujen laskentaperiaatteet ja tulokset. Kappale kuvaa, minkälaisia edellytyksiä eri maakunta- ja yleiskaava-alueilla on liittyä sähköverkkoihin. Kappaleessa on tarkasteltu sähköverkkojen tilanteen ja yleiskaavoituksessa vireillä olevien tuulivoimahankkeiden, maakuntaliittojen selvitysalueiden sekä olemassa olevien maakuntakaavojen yhteisvaikutusta.

Tuulivoimahankkeita koskeva aineisto sekä maakuntakaavoituksen aineistot on saatu Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan liiton kautta. Aineistot perustuvat muun muassa alueen ELY-keskusten ja kuntien tarjoamiin aineistoihin. Paikkatietorajaukset ovat paikoin digitoituja, jolloin niiden tarkkuus ei ole absoluuttinen. Yhden yksittäisen maakuntien ulkopuolella olevan hankkeen osalta tiedot on saatu hanketoimijalta.

Kaikki Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueella toimivat, selvityksen tiedonkeruuvaiheessa tunnistetut hanketoimijat on pyritty tavoittamaan. Tietoa aktiivisista hanketoimijoista on koostettu eri lähteistä, kuten maakuntaliittojen aineistoista, Fingridin verkkokiikarisovelluksesta ja tuulivoimayhdistyksen hankelistauksesta. On mahdollista, että jotain alueella aktiivisia toimijoita ei ole tavoitettu. Osa tuulivoimahankkeiden liittymispistetiedoista perustuu selvityksen tekijöiden parhaaseen arvioon. Tieto liittymispisteistä tarkentuu aina tuulivoimahankkeen edetessä esimerkiksi YVA-vaiheessa ja keskusteluissa verkkoyhtiön kanssa, kun verkkoyhtiö pohtii verkon kehittämistarpeita. Tässä selvityksessä tehty analyysi on viitteellinen ja perustuu selvityksen tekijöiden kokonaisarvioon. Se voi myös yksinkertaistaa todellisuutta, koska mahdollisia liittymispisteitä voi olla useita ja yhden liittymispisteen kapasiteetin loppuminen voi johtaa esimerkiksi yhteisrakentamiseen toiselle alueelle.

Kappaleissa seitsemän, kahdeksan ja yhdeksän vedetään yhteen työn tulokset.

3 Tausta: nykytilanne ja tunnistetut tulevat muutokset

Teollisuuden sähköistyminen, lämpöpumppujen lisääntyminen, uusiutuva vety, sähköautoistuminen ja uusiutuvan sähköntuotannon lisääntyminen lisäävät sähkön merkitystä energiajärjestelmässä. Samalla sähkön siirto sekä tuotannon ja kulutuksen kohtaaminen vaativat uusia investointeja. Tähän suuntaan ohjaavat myös useat lainsäädännöt sekä uusiutuvien energialähteiden kilpailukykyyn paraneminen.

Tärkeitä vähähiilisyyteen ohjaavia lakeja ovat esimerkiksi kansallinen ilmastolaki¹, EU:n päästökauppa sekä uusiutuvien energioiden direktiivi. Jatkossa vaikuttavat lisäksi liikenteen osalta Fit for 55 lainsäädäntökokonaisuuteen sisältyvät ehdotukset päästökaupan laajentamisesta ja uusista ohjauskeinoista meri²- ja lentoliikenteeseen³ sekä vähäpäästöisen tieliikenteeseen liittyen⁴.

Keväällä 2022 julkaistiin Repower EU-lainsäädäntöpaketti, jolla pyritään vähentämään riippuvuutta Venäjän fossiilisista polttoaineista. Osa toimenpiteistä kohdistuu maakaasun saatavuuden varmistamiseen. Paketin yhteydessä komissio myös muun muassa ehdottaa, että uusiutuvan energian osuutta koskeva EU:n vuoden 2030 tavoite nostetaan nykyisestä 40 prosentista 45 prosenttiin. Lisäksi innovaatiorahoitusta lisätään⁵, mikä oletettavasti parantaa esimerkiksi vihreän vedyn hankkeiden rahoitusmahdollisuuksia.

Sähköverkon kehittymiseen vaikuttavat esimerkiksi ilmastopoliittiset tavoitteet ja useat samanaikaiset muutokset energiajärjestelmässä. Yhteenvetoselvityksiä aiheesta ovat tehneet mm. Fingrid ja Sitra.

Eri tulevaisuusskenaariot, kuten Fingrid verkkovisio ja Sitran sähköistymisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa odottavatkin sähkönkulutuksen lisääntyvän lähivuosikymmeninä selvästi Suomessa. Skenaarioissa tuulivoimantuotannon rooli kasvaa merkittävästi ja tuulivoiman tuotantokapasiteetti moninkertaistuu nykytilanteeseen verrattuna. Alla on esitetty kuvakaappaukset vuoden 2022 Fingridin sähköjärjestelmävision luonnoksesta⁶. Kuvista nähdään, että meritulivoiman ja maatulivoiman lisäyksen suhteen eri skenaariot eroavat. Tästä huolimatta kaikissa näissä skenaarioissa odotetaan sekä maatulivoiman että meritulivoiman määrän merkittävää kasvua.

Tulevaisuudessa mahdollinen vedyn tuotanto sähkön avulla ja vedyn käyttö energian lähteenä on esillä skenaarioissa. Vedyn käytön ja sen tuotannon vaatiman sähkönkulutuksen määrissä on kuitenkin eroja skenaarioiden välillä. Eräs skenaarioiden vedyn tuotantoon liittyvä kysymys on se, käytetäänkö vetyä pääsääntöisesti Suomessa teollisuudessa, viedäänkö se lopputuotteina (esim. ammoniakki) vai viedäänkö vety putkia pitkin Suomen ulkopuolelle. Jälkimmäisissä tapauksissa vetyä tuotettaisiin siis myös vientiin, mikä lisää sähkön tarvetta edelleen.

¹ YM (2021). Ilmastolain uudistus.

² Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC

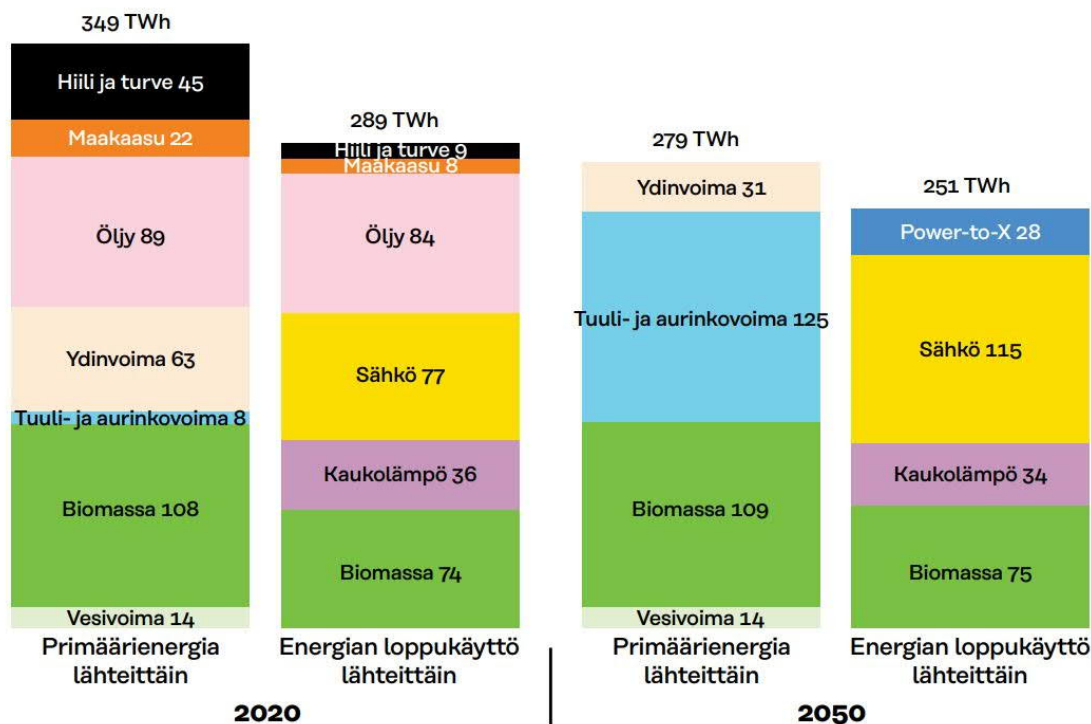
³ Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on ensuring a level playing field for sustainable air transport

⁴ Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council

⁵ Euroopan komissio (2022). REPowerEU-suunnitelma: kohtuuhintaista, varmaa ja kestävää energiaa Euroopalle

⁶ Fingrid (2022). Fingridin sähköjärjestelmävisio 2022 – tulevaisuuden järjestelmän skenaarioluonnokset

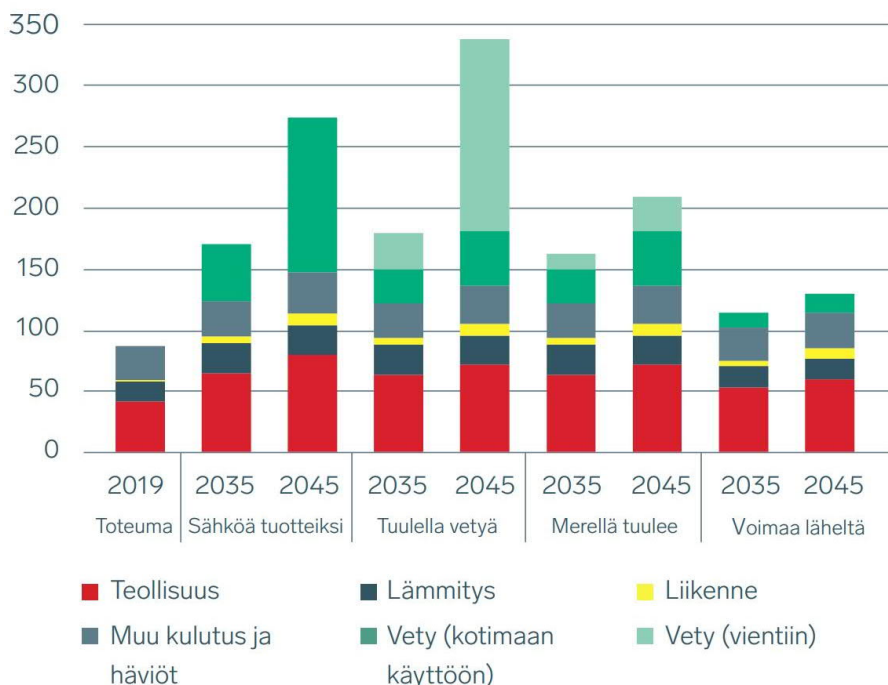
Kuva 3: Primäärienergia ja energian loppukäyttö vuonna 2020 ja 2050 (TWh) suoran sähköistämisen skenaariossa



Lähde: Enerdatan POLES-mallin tulokset

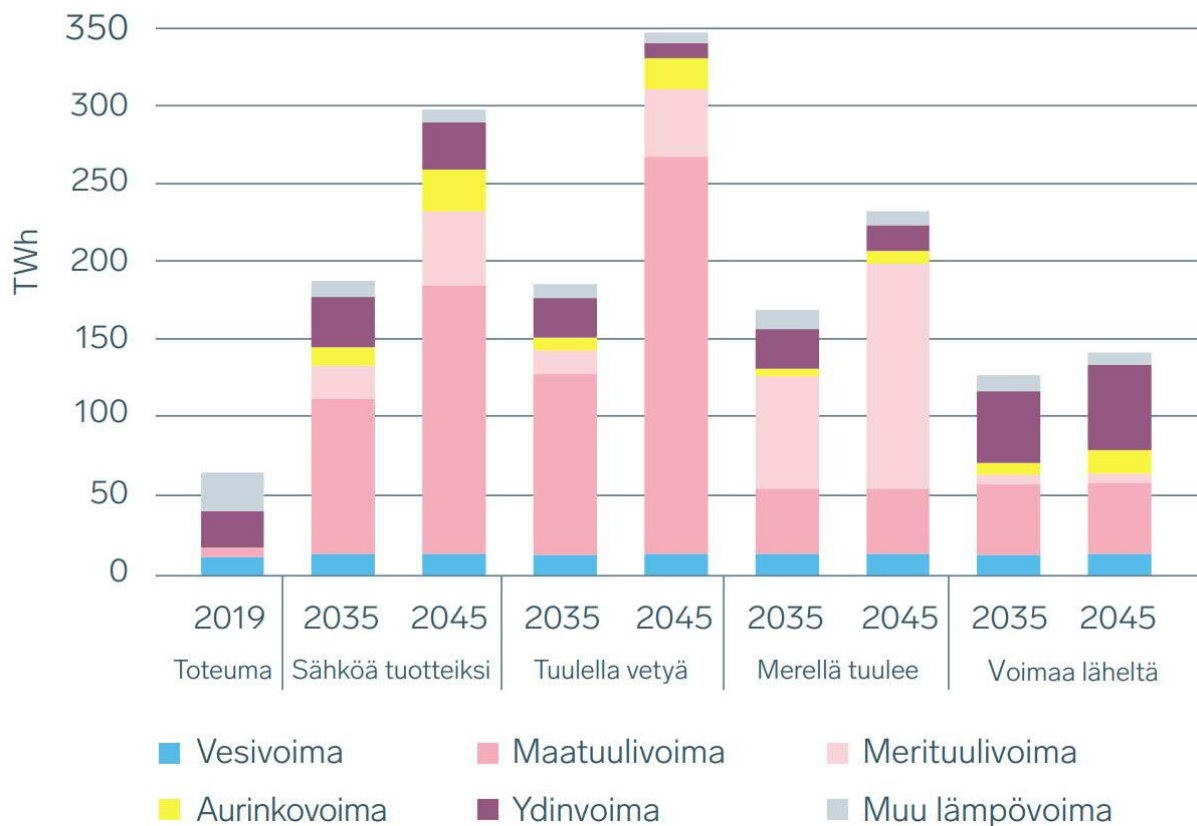
Kuva 1. Kuvakaappaus SITRA:n sähköistymisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa raportista. Kuvan perusteella tuulivoiman ja aurinkovoiman osuus kasvaa yli 10-kertaiseksi vuodesta 2020 vuoteen 2050 suoran sähköistämisen skenaariossa.

Kuva 2 Sähkön kulutus eri skenaarioissa.



Kuva 2. Fingridin sähköjärjestelmävision 2022 luonnoksen kuvaaja sähkön kulutuksesta. Kuvaaja esittää sähkön kulutuksen muutosta eri skenaarioissa. Kuvan perusteella vetytalous voi lisätä huomattavasti sähkön kulutusta. Lähde: Fingridin sähköjärjestelmävision 2022 luonnos 29.8.2022.

Kuva 3 Sähkön tuotanto eri skenaarioissa.



Kuva 3. Fingridin sähköjärjestelmävision 2022 luonnoksen kuvaaja sähkön tuotannosta. Kuvaaja esittää sähköntuotantomuotojen kasvuun liittyviä odotuksia eri skenaarioissa. Lähde: Fingridin sähköjärjestelmävision 2022 luonnos 29.8.2022.

Fingridin saamien hanketiedustelujen määrä on kasvanut syksyn 2021 n. 100 GW:sta kesäkuun yli 150 GW:iin tuulivoiman osalta ja 20 GW:iin aurinkoenergian osalta. Sen jälkeen määrä on edelleen kasvanut. Kaikkien hankkeiden toteutuminen ei ole realistista, mutta uusiutuvan energian hankepotentiaali Suomessa on massiivinen. Vertailuksi hanketiedustelujen määrään Suomen nykyinen sähköntuotannon huipputeho sisältäen tehoreservin on hieman yli 11 GW⁷. Olkiluoto 3:n käyttöönoton odotetaan hieman nostavan tätä lukua. Vaikka kaikki hankkeet eivät todennäköisesti toteudu, on näköpiirissä sekä tuulivoiman että niiden edellyttämien sähkönsiirtoyhteyksien merkittävä lisääntyminen.

⁷Energiavirasto 2022. Sähkön toimitusvarmuus vuonna 2021 2.12.2021

4 Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan tuulivoiman ja energian käytön yleiskuva

Maakuntakaavoituksen taustaselvityksiin kuuluu Energiantuotanto Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla 2050 -raportti (Ramboll). Selvityksen perusteella Pohjanmaan sähköntuotannossa tuulivoiman osuus on alkanut kasvaa erityisesti vuodesta 2015, jota ennen sen osuus on ollut marginaalinen. Pohjanmaalla tuulivoiman osuus kokonaisuudesta oli kuitenkin vielä 2019 rajallinen ja vertautuu esimerkiksi teollisuuden yhteistuotantoon. Sitten voimaloiden määrä on edelleen kasvanut. Etelä-Pohjanmaalla tuulivoiman suhteellinen osuus on puolestaan kasvanut suurimmaksi jo vuonna 2017. 2019 Etelä-Pohjanmaa tuotti käyttämästään energiamäärästä n. 45 prosenttia. Tuulivoima oli suurin sähköntuotantomuoto 44,7 prosentin osuudella.⁸ Pohjanmaalla kokonaissähköntuotanto on selvästi Etelä-Pohjanmaata suurempi, kuten myöskin sähkönkulutus. Yksi merkittävä selittävä tekijä suuremmalle kulutukselle on teollisuuden määrä.

Raportin yhteenvedon mukaan ”molemmissa maakunnissa energian kokonaistarpeen arvioidaan vähenevän vuoteen 2050 mennessä, Etelä-Pohjanmaalla noin 26 % ja Pohjanmaalla noin 12,5 % vuoden 2020 tasosta. Ero maakuntien välillä johtuu lähinnä teollisuudesta, jossa energian tarpeen arvioidaan säilyvän nykyisellään ja jota on Pohjanmaalla selkeästi enemmän kuin Etelä-Pohjanmaalla. Teollisuuden energiantarpeen arvioidaan säilyvän nykyisellään ennen kaikkea teollisuuden voimakkaan sähköistymisen vuoksi.”^{9,10} Raportin valmistumisen jälkeen on ilmoitettu mm. GIGA-Vaasa hankkeesta, jossa suunnitellaan akkuteollisuuden keskittymään Vaasaan. Lisäksi esimerkiksi uusia vety- ja konesalihankkeita on ilmoitettu eri puolille Suomea. Viime aikaisten julkistusten valossa onkin mahdollista, että teollisuuden sähkönkäyttö saattaa olla raportissa arvioitua suurempaa. Olettavasti uusiutuvan energian lisääntyminen toimii myös houkuttelutekijänä paljon energiaa käyttävälle teollisuudelle.

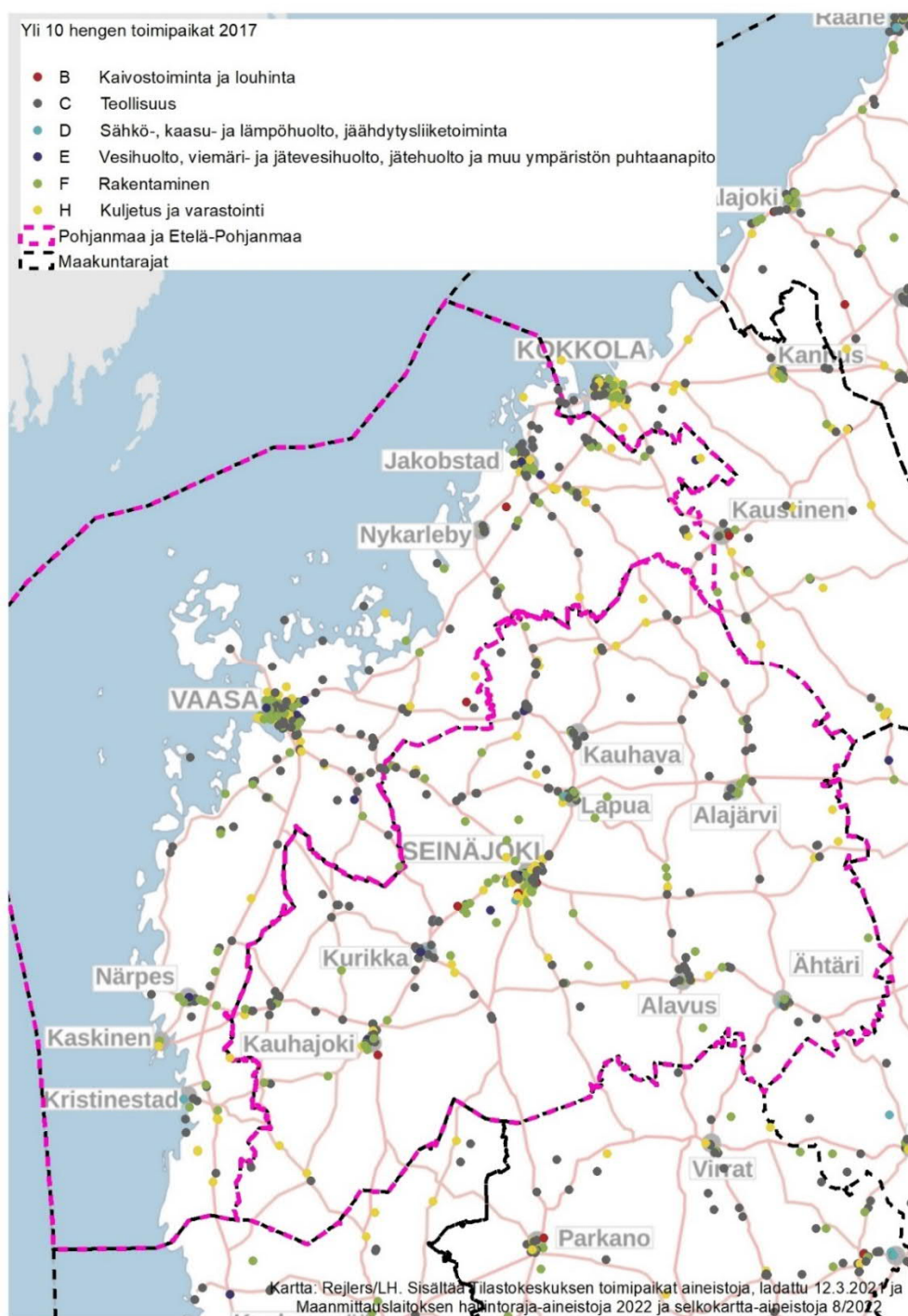
Tilastokeskuksen toimipaikka-aineisto kuvaa yli 10 henkilön toimipaikkoja (Kuva 4). Toimipaikka sanalla on eri merkityksiä, mutta ehkä osuvimman mukaan se kuvaa yhden yrityksen omistamaa, yhdessä paikassa sijaitsevaa ja yhdellä toimialalla toimivaa eli pääasiassa yhdenlaisia tavaroita tai palveluja tuottava yksikköä. Toimipaikat on luokiteltu tarkemmin esimerkiksi teollisuuden, rakentamisen ja logistiikan alalle. Aineiston perusteella saa kuvaa esimerkiksi teollisuuden keskittymistä, joilla voi olla vaikutusta sähkön pistemäisiin siirtotarpeisiin tulevaisuudessa esimerkiksi liikenteen sähköistyessä tai teollisuuden prosessien sähköistyessä.

Toimipaikkojen sijainneissa korostuvat esimerkiksi Vaasa, Seinäjoki, Pietarsaari, Närpiö, Kurikka ja Alavus, jotka ovat myös asutus ja palvelukeskittymiä. Esimerkiksi näillä paikkakunnilla sähköistyminen voi vaikuttaa verkon vahvistamistarpeisiin. Tämä johtuu siitä, että aiempia sähkönsiirron yhteyksiä ei välttämättä ole mitoitettu laajaan sähkön käyttöön teollisuuden prosesseissa. Lisäksi kaupungeissa sähköntarvetta lisäävät myös tiheä autokanta, rakennuskanta ja liikenteen sähköistyminen.

⁸ Etelä-Pohjanmaan liitto (2022). Tilannekuva ja tilastot. Ympäristö.

⁹ Ramboll, Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan liitto (2021). Energiantuotanto Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla 2050 raportin tiivistelmä.

¹⁰ Ramboll (2021). Energiantuotanto Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla 2050.



Kuva 4. Tilastokeskuksen toimipaikat 2017 selvityksen maakuntien alueella ja lähialueilla. Toimipaikat ovat usein ryppäinä.

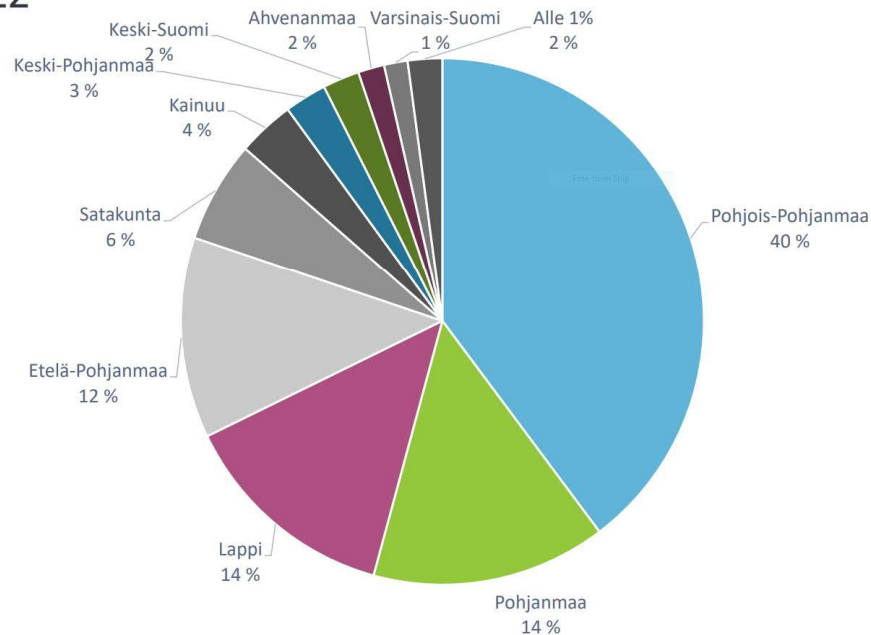
Naapurimaakunnassa Keski-Pohjanmaalla sijaitseva Kokkola on yksi vedyn potentiaalisista käyttöpaikoista alueella¹¹, ja on mahdollista että teollisuuspaikkakuntien välille tai läheisyyteen syntyy vetyinfra. H2-clusterin hanketilannetta kuvaavan kartan ja sivuston tietojen perusteella

¹¹ HYDROGEN STUDY OF THE BAY OF BOTHNIA (2021). P. Sulasalmi, M-L Kärkkäinen, T. Fabritius.

Kokkolassa on Aurelia Turbinesin sähkön ja lämmön yhteistuotantohanke, jossa käytettäisiin vetyä. Hycamite TCD puolestaan suunnittelee hiilidioksidipäästötöntä vedyn ja kiinteän hiilen tuotantoa Kokkolaan. Vaasassa on suunnitteilla EPV Energian H-FLEX-E vihreän vedyn tuottaminen, varastointi ja käyttö -kokonaishanke.¹²¹³ Vuonna 2022 Gasgrid Finland on nimetty toimijaksi, joka vastaa vetyinfran kehittämisestä Suomessa. Mikäli Suomeen rakennetaan laajamittaista vetyinfraa, koskee se todennäköisesti myös Pohjanmaata ja Etelä-Pohjanmaata, jossa on runsaasti uusiutuvan energian potentiaalia ja myös teollisuutta. Gasgrid Finland voi osaltaan vaikuttaa näiden suunnitelmien huomioimiseen maakuntakaavoituksessa olemalla aktiivinen yhteydenpidossa, kun suunnitelmat tarkentuvat.

Tuulivoimayhdistyksen mukaan 30.6.2022 maakunnittaisesta kumulatiivisesta tuulivoimaloiden tuotantokapasiteetista Etelä-Pohjanmaan osuus oli 12 % ja Pohjanmaan 14 %. Toisin sanoen 2022 hieman yli neljäsos Suomen kokonaistuulivoimasta oli rakennettu näille alueille.

Kumulatiivinen tuotantokapasiteetti maakunnittain (MW) 30.6.2022



Kuva 5. Lähde: Suomen tuulivoimayhdistys. Pohjanmaa ja Etelä-Pohjanmaa kuuluvat viiden suurimman maakunnan joukkoon sijoille kaksi ja neljä tuulivoiman tuotantokapasiteetilla mitattuna.¹⁴

Kulutuksen osalta maakuntien tilanne eroaa joistakin muista rannikon maakunnista siinä, että sähköntuotanto on pienempi kuin kulutus.¹⁵ Siksi tuulivoimatuotannolla on mahdollisuus lisätä maakunnan sähköomavaraisuutta. Toisaalta alueen alijäämäinen sähkön tuotanto tarjoaa edellytyksiä liittämään uusia kulutuskohteita, jolloin sähköä ei tarvitse siirtää pitkiä matkoja.

¹² EPV Energia, Rami Vuola. Vedyn rooli tulevaisuuden sähkömarkkinoilla, Vaasan H-FLEX-E-hankkeen esittely.

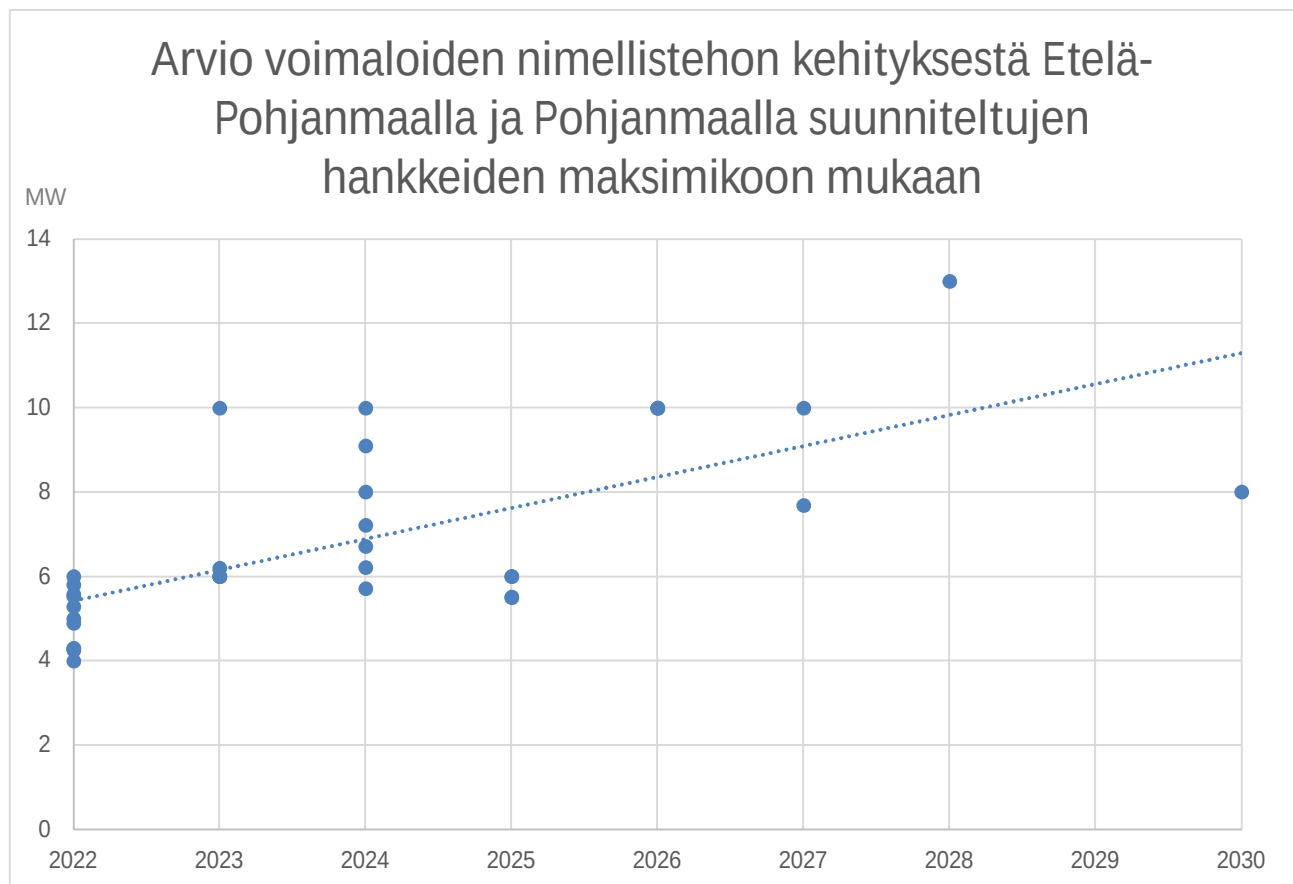
¹³ H2 cluster (2022). Projects.

¹⁴ Suomen tuulivoimayhdistys (2022). Tuulivoima Suomessa 30.6.2022.

¹⁵ Rejlers (2021). Kestävä tuulivoimarakentaminen Pohjois-Pohjanmaalla TUULI-hanke Sähkönsiirtoselvitys

4.1 Tuulivoimaloiden tulevaisuuden näkymät Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla tuulivoimayhdistyksen aineistojen valossa

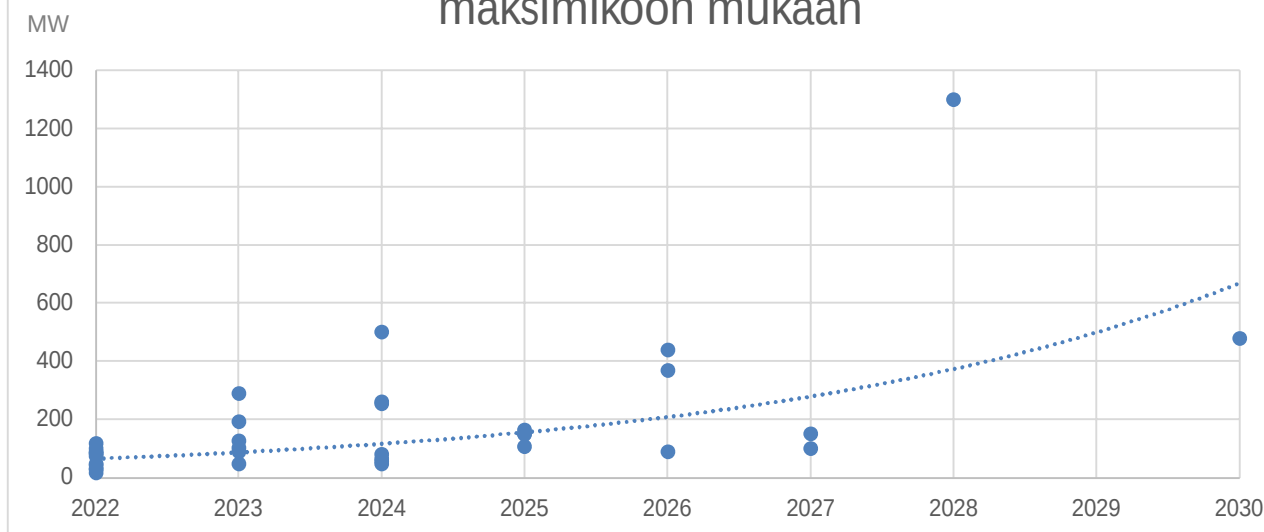
Tuulivoimayhdistyksen tuottaman hankelistan perusteella tehdyssä kuvaajassa (Kuva 6) Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan alueella suunnitellaan vuodelle 2022 rakennettavaksi enintään noin 6 MW kokoluokan voimaloita. Tämän jälkeen hajonta kasvaa n. 6-10 MW välille, niin että vuosikymmenen loppua kohti 8-10 MW voimalat yleistynevät. Korsnäsin merituulipuisto korostuu sekä yksittäisen voimalan nimellisteholla (14 MW) että puiston koolla (1300 MW) mitattuna. Tämä yksittäinen hanke vinouttaa trendiviivoja ylöspäin verrattuna maatuulivoimahankkeisiin. Korsnäsin puiston osalta on esitetty myös korkeampia tehoarvioita. Toisaalta tämä kertoo, että merituulivoiman potentiaali on merkittävä ja jo yksittäisillä hankkeilla voi olla merkittävää sähkönsiirtovaikutusta. Nämä arviot ovat kuitenkin suuntaa antavia. Tulosten tulkinnassa on hyvä huomioida, että taulukoissa käytetty laskenta perustuu lähtötiedon puistokohtaisiin maksimiarvoihin ja teknologian kehitystä on haastava ennakoida. Tuloksista on poistettu hankkeet, joiden arvioitu toteutusvuosi ei ole tiedossa. Lisäksi todennäköisesti voimalatehot ja puistojen kokonaistehot eriytyvät meri- ja maatuulivoiman välillä jatkossa.



Kuva 6. Tuulivoimaloiden nimellisteho kasvaa Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla Suomen tuulivoimayhdistyksen aineistojen perusteella 2020-luvulla.

Koska Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueella on ollut hyvät edellytykset tuulivoimatuotantoon jo pitkään, on alueella myös jo olemassa olevia voimaloita. Vaikka voimalat on otettu huomioon sähköverkon mitoituksessa, on epätodennäköistä, että vanhimpia voimaloita korvattaisiin käyttöiän päätyttyä saman nimellistehon voimaloilla, mikäli alueen ympäristössä ei ole siihen johtavia rajoitteita. Tehon lisäys voi myös edellyttää kaavamuutosta. Jos voimalakoot muuttuvat, muuttuu todennäköisesti myös voimaloiden sijoittelu. Suuret voimalat sijoitetaan kauemmas toisistaan kuin aiemmat. Lisäksi voimalakoon kasvu voi vaikuttaa sijoitteluun myös suhteessa esimerkiksi asutukseen.

Arvio suunniteltujen hankkeiden hankekoon kehittymisestä Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla maksimikoon mukaan



Kuva 7. Hankekoon kehittyminen Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla Suomen tuulivoimayhdistyksen aineistojen perusteella. Kuvaajasta nähdään, että hankkeiden hankekoko on kasvamassa merkittävästi vuodesta 2022 vuoteen 2030.

Pohjois-Pohjanmaan TUULI-hankkeen selvityksen yhteydessä kokonaistehon muutosta tuulivoimapuiston uusinnan yhteydessä tiedusteltiin kahdelta Suomessa toimivalta ja verrattain yleiseltä voimalatoimittajalta. Vastaus saatiin vain toiselta toimijalta. Nordexin vastauksessa todettiin, että vuonna 2010 asennetut voimalat olivat yleisesti 1,5-2,5 MW voimaloita. Tällöin tyypillinen puiston koko olisi ollut noin 10 X 2,5 MW eli 25 MW. Tällä hetkellä saatavilla olevilla voimalatyypeillä voimalamäärä samalla alueella laskisi karkeasti puoleen, eli 5 x 5,7 MW. Tästä tehonlisäykseksi tulisi 25 MW:sta 28,5 MW:iin, joka vastaisi noin 10-20 % tehon lisäystä verkon liittymispisteessä.

Voimalakehitys jatkuu todennäköisesti edelleen sinä aikana, kun voimalat ovat vielä teknisen käyttöikänsä ja osin myös syöttötariffin puitteissa toiminnassa. Voimassa oleva kaava tai sen muutos vaikuttaa myös kokonaisuuteen. Tulevaisuudessa onkin syytä selvittää ja päivittää arvioita vanhojen jo käytössä olevien voimaloiden uusimisen vaikutuksesta verkolle.

5 Sähköverkon kehittämissuunnitelmat ja haastattelujen yhteenvedot

5.1 Fingrid

Kantaverkkoyhtiö Fingridin verkkovisiosta¹⁶ ja kantaverkon kehittämissuunnitelmasta¹⁷ saa hyvän käsityksen Suomen kantaverkon kehittämisestä tulevaisuudessa. Fingridin toimesta on valmistumassa vuoden 2022 lopussa sähköjärjestelmävisio, jossa laajennetaan aikaisempaa verkkovisiota. Sähköjärjestelmävisiossa tullaan käsittelemään kantaverkon vahvistustarpeiden lisäksi sähkömarkkinoita ja sähköjärjestelmän hallintaa. Sähköjärjestelmävisio on kuitenkin vasta

¹⁶ Fingrid (2021). Verkkovisio

¹⁷ Fingrid (2021) Kantaverkon kehittämissuunnitelma Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022–2031

luonnosvaiheessa ja sitä on käsitelty vain lyhyesti kappaleessa kolme. Verkkovisiota ja kehittämissuunnitelmaa on seuraavaksi käyty läpi Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan osalta. Lisäksi tässä kappaleessa esitellään sähköverkko- ja tuulivoimayhtiöiden haastattelujen tulokset ja avataan niissä käytyjä aiheita.

5.1.1 Fingrid Verkkovisio

Fingridin verkkovisio tarkoittaa edellisessä kappaleessa taustoitettuja sähköverkon pitkän aikavälin kehittämistä ohjaavia trendejä. Verkkovisio mallintaa trendien vaikutuksia sähköverkkoon ja analysoi sähköverkon kehittämistarpeita erilaisissa skenaarioissa. Verkkovisio sisältää myös havainnollistukset siirtojohtotarpeista eri skenaarioissa. Vastaavia linjauksia ei ole vielä sähköjärjestelmävision luonnosvaiheessa ja siksi verkkovisio on hyvä lähtökohta tarkastelulle tässä selvityksessä.

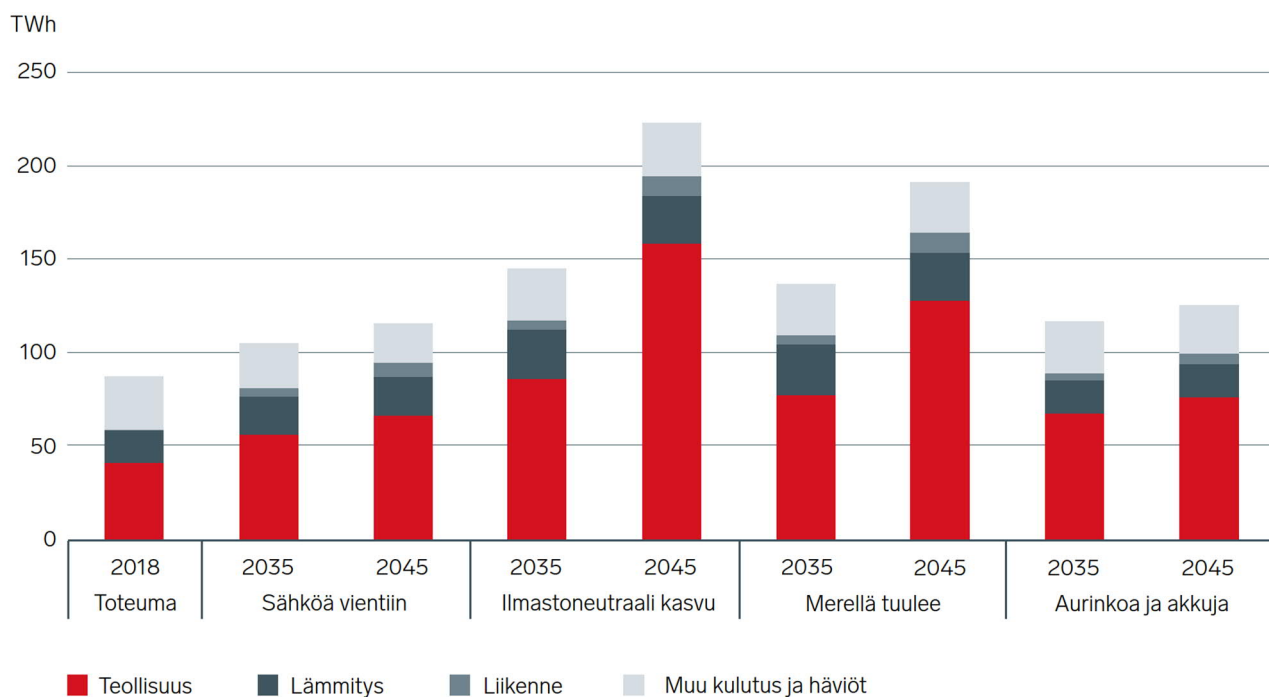
Tuoreimmassa vuonna 2021 julkaistussa verkkovisiossa on määritetty neljä eri skenaariota. Skenaariot eroavat toisistaan sen mukaan, minkälaista tulevaisuuden kehitystä odotetaan ja mitä kukin visio edellyttäisi kantaverkon kehittämiseltä. Lisäksi verkkovisiossa on tarkasteltu näille eri skenaarioille yhteisiä tekijöitä. Verkkovisiota on tarkennettu sidosryhmäprosessilla.

Fingridillä on käytössä tarkempaa tietoa tulevasta investointisuunnitelmista, kuin on mahdollista saada avoimista lähteistä. Esimerkiksi Fingridin saamien tuulivoiman hanketiedustelujen määrä on moninkertainen tuulivoimayhdistyksen hankelistaan nähden. Tuulivoimayhdistyksen hankelistan hankkeita oli vuonna 2021 n. 21 400 MW. Fingrid kertoi tätä selvitystä varten pidetyssä haastattelussa, että se on saanut hanketiedusteluja peräti noin 187 000 MW edestä. Lisäksi jotkin jatkossa sähköön kysyntään vaikuttavat varhaisen vaiheen hankkeet eivät ole vielä julkisia. Fingridin verkkovisio sisältää tarkkaa ja mallinnettua taustatietoa nykyisestä verkosta ja siitä, minkälaisia verkon kehittämistarpeita on tunnistettu. Yhteiskunnallinen ja sähköntuotannon kehitys on kuitenkin niin nopeaa, että se näkyy myös merkittävässä hajonnassa eri skenaarioiden välillä, mikä on myös tarkastelutavan vahvuus.

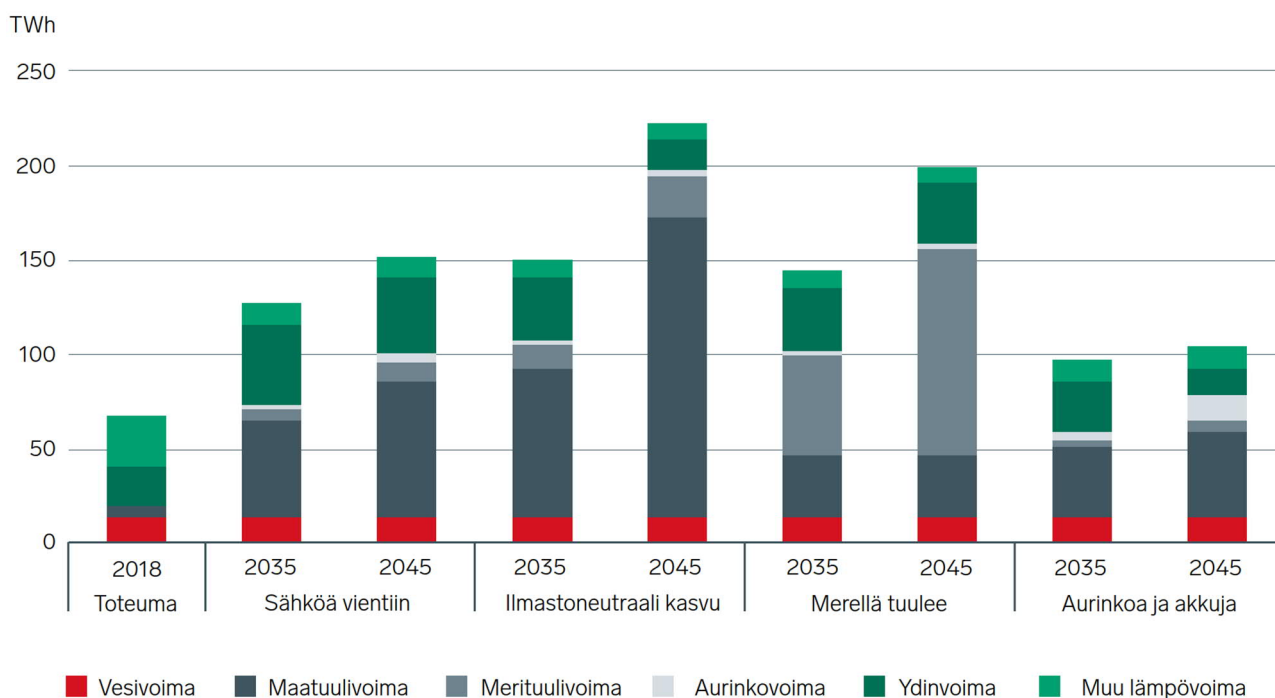
Fingridin saamaa hanketiedustelujen määrää voi suhteuttaa esimerkiksi Suomen nykyiseen alle 20 000 MW sähköntuotantokapasiteettiin. Silti osa tuulivoimahankkeista ja muista sähköverkkoon vaikuttavista investoinneista ei lopulta etene toteutukseen asti. Mahdollisia syitä tähän voivat olla esimerkiksi maankäytölliset syyt ja ympäristövaikutukset. Näitä ovat esimerkiksi vaikutukset asutukseen, linnustoon, maisemaan, poronhoitoon, matkailuun, uhanalaisiin lajeihin sekä teknistaloudelliset kysymykset.

5.1.2 Verkkovision skenaariot

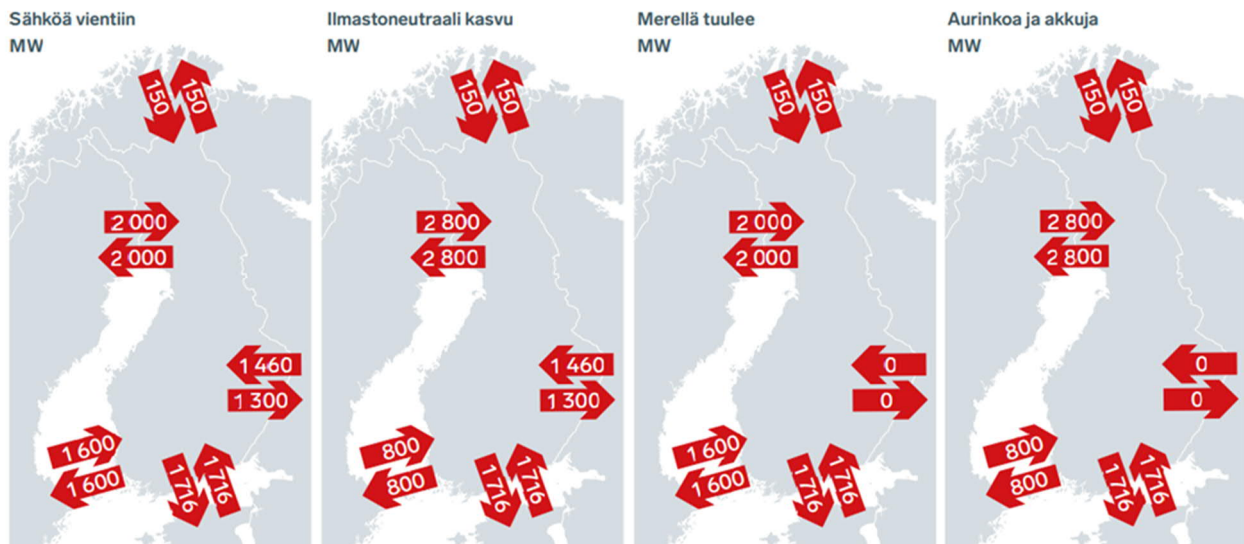
Kaikki Fingridin skenaariot lähtevät siitä oletuksesta, että sähköön kulutus ja tuotanto kasvavat selvästi nykytasosta. Skenaariot eroavat kuitenkin siinä, miten voimakasta kasvu on ja mikä sähköntuotantomuoto vastaa suurimmasta kasvusta. ”Sähköä vientiin” ja ”Ilmastoneutraali kasvu” -skenaarioissa suurin osa uudesta sähköntuotannosta on maatuulivoimaa. ”Merellä tuulee” -skenaariossa jo vuonna 2035 ja erityisesti vuoteen 2045 tultaessa merituulivoiman merkitys on suurin. ”Aurinkoa ja akkuja” -skenaariossa on laskettu eniten lisäystä aurinkovoiman tuotannolle. Huomionarvoista kuitenkin on, että tässäkin skenaariossa aurinkovoiman lisäys alittaa tuulivoiman lisäyksen sekä vuonna 2035 että vuonna 2045. Alla olevissa kuvissa on kuvattu sähkönkulutusta (Kuva 8) ja tuotantoa (Kuva 9) eri skenaarioissa.



Kuva 8. Sähkönkulutuksen kehittyminen eri skenaarioissa Fingridin verkkovision 1/2021 mukaan. Sähkönkulutus kasvaa kaikissa skenaarioissa, mutta vaihtelee niiden välillä.



Kuva 9. Sähkön tuotannon jakautuminen eri tuotantotapojen välillä Fingridin verkkovision 1/2021 eri skenaarioissa. Tuulivoimatuotanto ja sähköntuotanto kasvaa kaikissa skenaarioissa.



Kuva 10. Rajasiirtokapasiteetit Fingridin verkkovision 1/2021 eri skenaarioissa. Rajasiirtokapasiteeteissa on eroavaisuuksia Suomen ja Ruotsin, Suomen ja Viron sekä Suomen ja Venäjän välillä. Suomen ja Norjan välinen kapasiteetti on sama kaikissa skenaarioissa. Fingridin sähköjärjestelmävision skenaarioluonnoksen 2022 mukaan Suomen ja Venäjän rajasiirtokapasiteetti poistuu kokonaan käytöstä vuoteen 2035 mennessä.

Taulukko 1. Kaupallinen siirtokapasiteetti Suomen ja muiden alueiden välillä 2021. Lähde: Fingridin verkkovisio 1/2021.

Maa/alue	Maksimi tuontikapasiteetti (MW)	Maksimi vientikapasiteetti (MW)
Pohjois-Ruotsi	1500	1100
Etelä-Ruotsi	1200	1200
Viro	1016	1016
Venäjä	1300	320

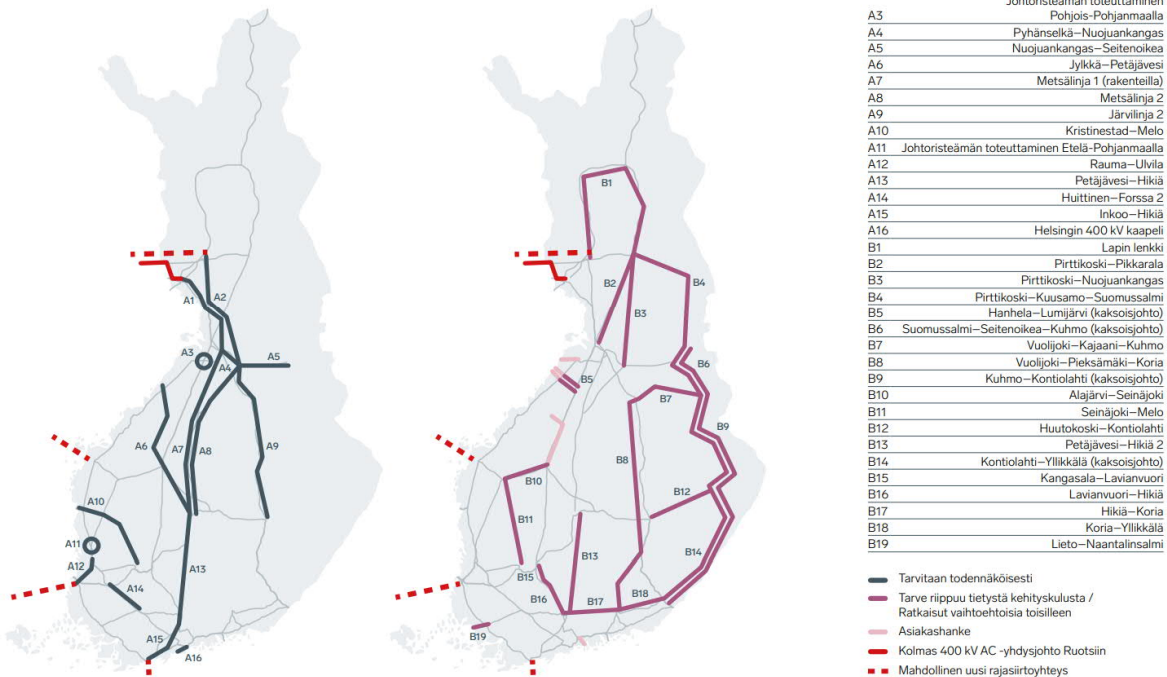
Taulukko 1 esittää Fingridin verkkovision 1/2021 mukaisen vuoden 2021 kaupallisen maksimituontikapasiteetin. Käytännössä kapasiteetti ei ole jatkuvasti tällä tasolla, vaan siihen kohdistuu ennalta suunniteltuja väliaikaisia muutoksia. Lisäksi Ahvenanmaan ja Naantalin välillä on 100 MW:n yhteys (jonka kapasiteettirajat tulisivat nopeasti vastaan, mikäli haluttaisiin tuottaa Ahvenanmaalla sähköä laajasti Manner-Suomeen) ja Norjaan on 220 kV vaihtosähköyhteys. Kuva 10 esittää rajasiirtokapasiteetit verkkovision eri skenaarioissa.

Fingrid lähtee siitä oletuksesta, että siirtokapasiteetti Pohjois-Ruotsiin kasvaa ja kapasiteetin lisäämistä suunnitellaankin jo. Lisäyksen määrä kuitenkin vaihtelee eri skenaarioissa. Etelä-Ruotsin ja Venäjän osalta skenaariot eroavat. Venäjän osalta tilanne on muuttunut, koska Venäjä on toistaiseksi lopettanut sähköntuonnin Suomeen keväällä 2022. Jo tätä ennen Olkiluodon ydinvoimalan käyttöönoton tiedettiin laskevan hieman suunnitellusti sähkön tuontia. Lisäksi keväällä 2022 Fingrid rajoitti tuontikapasiteettia 900 MW:iin Venäjältä toistaiseksi. Tämä tilanne voi elää jatkossakin.¹⁸

¹⁸ [Fingrid rajoittaa Venäjältä tulevan sähkön siirtokapasiteettia – varautuu ulkoisen häirinnän riskiin Nato-keskustelun aikana \(yle.fi\)](#)

Kuva 11 esittää yhteenvedon eri skenaarioiden sisältämien verkon vahvistustarpeiden yhteistarkastelusta. Vasemmanpuoleisessa kuvassa nähdään tärkeimmät kaikissa skenaarioissa tarvittavat sähkönsiirtoyhteydet. Oikean puolen karttakuvassa nähdään puolestaan skenaarioiden kehityskuluista riippuivat verkon vahvistustarpeet.

Kuva 11 Yleiskuva tunnistetuista verkkovahvistustarpeista vuodelle 2035. Johtoreitit havainnollistavat sähkönsiirron tarvetta asemien välillä, eivätkä välttämättä vastaa todellisia johtoreittejä.



Kuva 11. Tunnistetut päävoimansiirtoverkon kehittämistarpeet vuodelle 2035. Vasemmalla on esitetty todennäköiset tarpeet. Oikealla skenaarioiden kehityskulusta riippuvat verkkovahvistustarpeet. Lähde: Fingridin verkkovisiosta 1/2021

Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla tuulivoimakapasiteetin kasvu on merkittävää. Verkon rakentamisella pyritäänkin mahdollistamaan tuulivoiman liitântäkapasiteetin lisäksi tehonsiirto kulutuskeskuksille. Erityisesti tuulivoiman oletetaan kasvavan merkittävästi tulevaisuudessa kaikissa skenaarioissa. Todennäköisiä vahvistustarpeita Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla ovat Jylkkä – Petäjävesi johto (A6) ja Kristinestad – Melo johto (A10). Molempien johtojen tarkoituksena on lisätä siirtokapasiteettia pois alueelta. Näiden lisäksi johtoristeämän toteuttaminen Etelä-Pohjanmaalla (A11) lisää kapasiteettia rannikkojohtolla ja mahdollistaisi suuremman tehonsiirron pois alueelta. Voimajohtohankkeista A6 on ajoitettu vuodelle 2027 ja A10 vuodelle 2028.

Muita vaihtoehtoisia kantaverkkoon suunniteltuja vahvistustarpeita ovat Alajärvi – Seinäjoki (B10) ja Seinäjoki – Melo (B11) -johdot. Alajärvi – Seinäjoki -johto nousee esille Merellä tuulee-skenaariossa. Tässä skenaariossa siirtäisi se yhdessä A6 ja A10 -johtojen kanssa Pohjanmaalla syntyvää sähköntuotannon ylijäämää pois alueelta. Seinäjoki – Melo -johto on puolestaan hyödyllinen Ilmastoneutraali kasvu -skenaariossa, kun B10 johto ei ole tarpeellinen. Verkkovision mukaan B11 -johdon tarve on todennäköisesti jo 2020-luvun puolella, jos skenaario alkaa toteutua. Verkkovision yhteystarvekartoissa (Kuva 11) nähdään myös mahdollinen rajasiiirtoyhteys Ruotsin ja Pohjanmaan välillä. Kyseistä siirtoyhteyttä ei kuitenkaan ole käytetty missään skenaariossa.

Havainnollisuuden lisäämiseksi oheisiin karttoihin on lisätty maakuntarajat. Kuviin kannattaa kuitenkin suhtautua hyvin viitteellisinä. Johtojen reitit eivät ole tarkkaa paikkatietoa, vaan kyseessä on enemmänkin periaatteellinen skenaariotarkastelu kuin suunniteltu johtoreitti. Tarkkaan reittiin vaikuttavat mm. sähkönsiirtotarpeet alueella sekä ympäristöseikat.



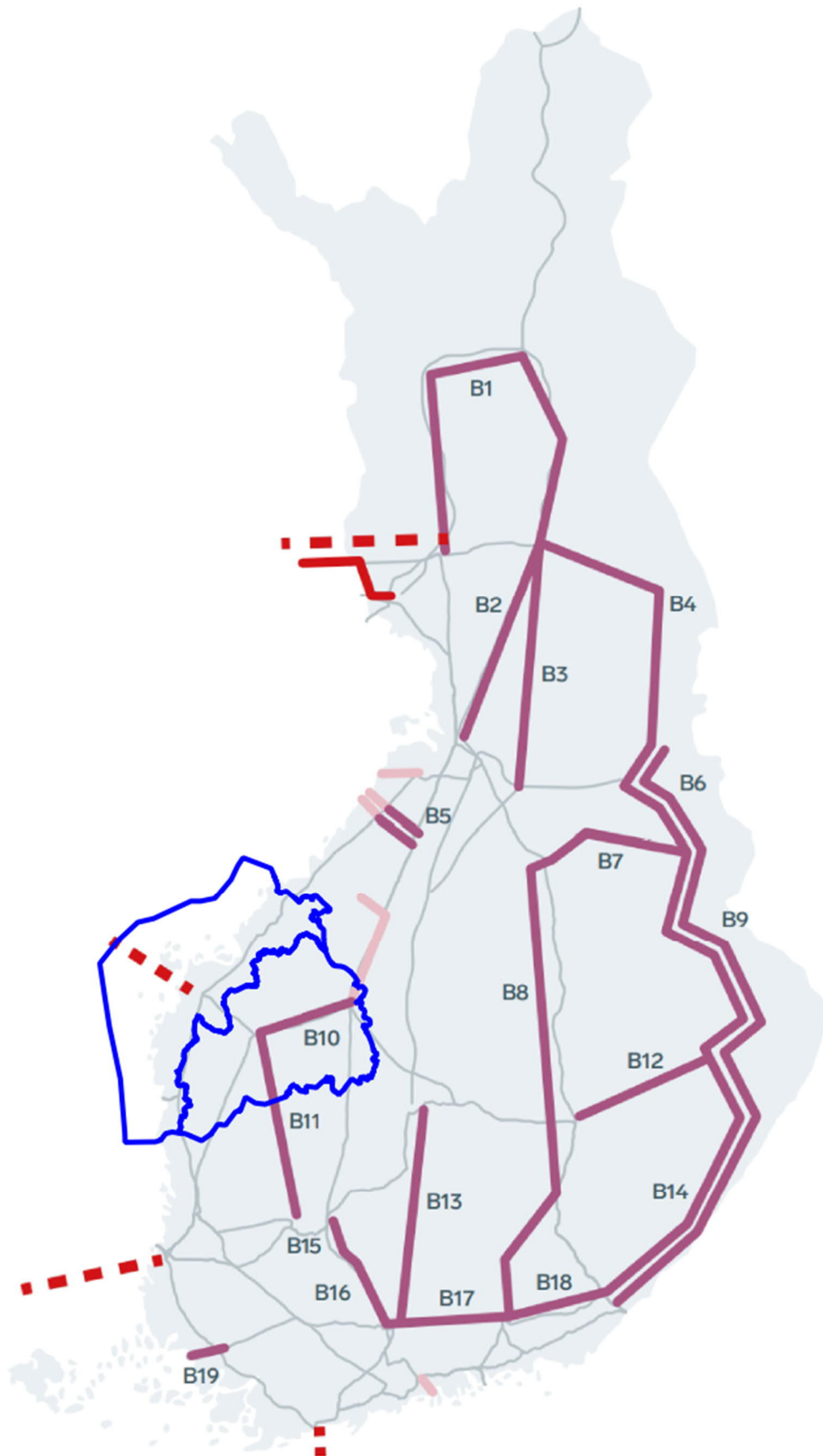
Kuva 12. Fingridin todennäköiset verkkovahvistustarpeet Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla. Lähde: Fingridin verkkovisio 1/2021. Kuvaan on lisätty jälkikäteen sinisellä viivalla Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan maakuntarajat.

Taulukko 2. Fingridin todennäköiset verkkovahvistustarpeet Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla. Tiedot koottu Fingridin verkkovisiosta 1/2021 ja kantaverkon kehittämissuunnitelmasta 2022-2031.

Verkkovahvistus	Johto	Arvioitu valmistuminen (jos tiedossa)	Verkkovision lisäksi myös kehittämissuunnitelmassa
A6	Jylkkä - Petäjävesi	2027-2028	Kyllä
A10	Kristinestad - Melo	2028	Kyllä
A11	Johtoristeämän toteuttaminen Etelä-Pohjanmaalla		Ei

Taulukko 3. Fingridin mahdolliset verkkovahvistustarpeet todennäköisten verkkovahvistustarpeiden Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueella. Lähde: Fingridin verkkovisio 1/2021.

Verkkovahvistus	Johto	Esiintymisskenaario
B10	Alajärvi - Seinäjoki	Merellä tuulee
B11	Seinäjoki - Melo	Ilmasto neutraalikasvu



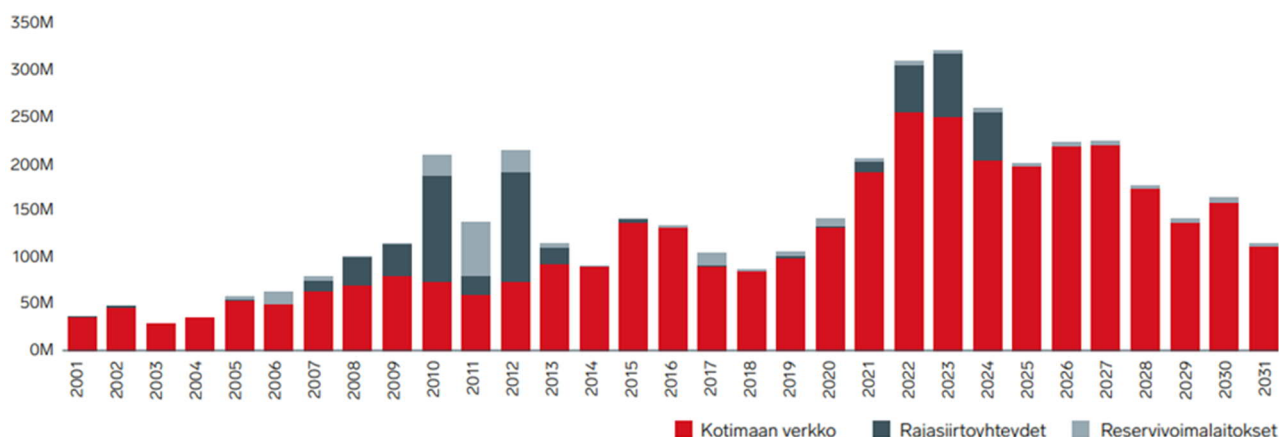
Kuva 13. Fingridin mahdolliset verkkovahvistustarpeet Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla. Lähde: Fingridin verkkovisio 1/2021. Kuvaan on lisätty jälkikäteen sinisellä viivalla Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan maakuntarajat.

5.1.3 Kantaverkon kehittämissuunnitelmat

Kantaverkon kehittämissuunnitelma on tämän hetken näkemys Fingridin verkkoinvestoinneista noin 10 vuoden päähän. Kehittämissuunnitelma ottaa yksityiskohtaisemmin kantaa jo käynnissä oleviin ja suunniteltuihin verkkoinvestointeihin.

Fingridin vuosittaiset investoinnit ovat olleet 2010-luvulla noin 100 miljoonaa euroa vuodessa. 2000-luvun alussa investointitasot ovat olleet selvästi tätä pienempiä. 2020-luvulla investointitasot nousevat kuitenkin noin 200 miljoonaan euroon vuodessa niin, että kokonaisuudessaan seuraavan 10 vuoden aikana investoidaan noin 2,1 miljardia euroa.

Kuva 14 esittää Fingridin investointitasot kantaverkkoon vuosina 2001-2031. Kuvan oikean reunan 2020-luvun loppupuoliskoa kuvaavat investointiluvut eivät sisällä vielä tunnistamattomia investointitarpeita.



Kuva 14. Fingridin vuotuisten verkkoinvestointien rahallinen määrä 2001-2031. Lähde: Fingridin kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022-2031. Investointimäärät ovat aiempaa suuremmat erityisesti vuosina 2021-2030.

Noin 98 % Fingridin seuraavan 10 vuoden investoinneista koskee voimajohtoja tai sähköasemia. Kaikista investoinneista 75 % tulee olemaan uusinvestointeja ja 25 % korvausinvestointeja. Vielä tunnistamattomiksi investointitarpeiksi Fingrid nostaa asemalaajennuksien ja uusien muuntoasemien toteuttamisen tulevaisuudessa realisoituvien asiakastarpeiden vuoksi.

Fingridin kehittämissuunnitelmassa Pohjanmaan suunnittelualue kattaa Etelä- ja Keski-Pohjanmaan, Pohjanmaan ja osan Pohjois-Pohjanmaasta. Tuulivoiman lisääntyminen Suomen länsirannikolla on tunnistettu jo aikaisemmin. Tämän vuoksi Pohjanmaan suunnittelualueella on tehty merkittäviä verkostoinvestointeja viimeisen 10 vuoden aikana. Kehittämissuunnitelman mukaan Fingridin verkko on tarpeeksi vahva kattamaan alueen kasvavan kulutuksen. Tuotannon lisäyskapasiteetin katsotaan kuitenkin olevan rajallinen. Fingridin viimeaikaisista investoinneista yksi merkittävimmistä Pohjanmaan alueella on ollut 400 kV **Rannikkolinjan** rakentaminen Kokkolan Hirvisuon sähköasemalta Ulvilan sähköasemalle. Rannikkolinja parantaa Pohjois- ja Etelä-Suomen välistä siirtokapasiteettia ja luo alueella edellytyksiä liittää tuulivoimaa kantaverkkoon.

Rannikkolinjan lisäksi Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla on toteutettu viime vuosina monia muita voimajohtohankkeita sähkönsiirron parantamiseksi.

- Seinäjoki - Tuovila 400 + 110 kV
- Ulvila - Kristinestad 400 kV
- Vaasa - Kokkola saneerattu 400 kV käyttöön
- Teknistä käyttöikää omaavat 220 kV verkot 110 kV käytössä

Voimajohtohankkeiden lisäksi on rakennettu uusia sähköasemia.

- Uusnivan sähköasema
- Hirvisuon sähköasema 2016 ja uusi muuntaja 2019

Pidemmälle tulevaisuuteen sijoittuvat suunnitellut voimajohtohankkeet käytiin läpi verkkovisiossa. Kehittämissuunnitelmassa puolestaan esitellään hankkeet, jotka ovat edenneet jo selvitysvaiheeseen. Näiden lisäksi uusia sähköasemia ja sähköasemien saneerauksia toteutetaan tuulivoiman ehdoilla. Fingrid jakaa kehityssuunnitelmassa olevat hankkeet kahteen kategoriaan: tehdyt investointipäätökset ja suunnitteilla olevat hankkeet.

Taulukko 4. Fingridin tehdyt investointipäätökset Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan maakuntia koskien. Kullakin rivillä on investoinnin kohde ja valmistumisvuosi. Lähde: Fingridin kehittämissuunnitelma 2022-2031.

Tehdyt investointipäätökset:	
Kohde	Vuosi
Tuovilan toinen muunto	2023
Kärppiön 400/110 kV muuntoasema	2022
Arkkukallion 400/110 kV muuntoasema	2023
Seinäjoen 110 kV kytkinlaitoksen uusiminen	2024
Julmalan uusi 110 kV sähköasema	2023
Alajärven 110 kV kytkinlaitoksen uusiminen, 400 kV laajennus ja toinen muunto	2024

Taulukko 5. Fingridin suunnitteilla olevat hankkeet Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan maakuntia koskien. Kullakin rivillä on investoinnin kohde ja valmistumisvuosi. Lähde: Fingridin kehittämissuunnitelma 2022-2031.

Suunnitteilla olevat hankkeet:	
Kohde	Vuosi
Jylkkä- Alajärvi 400 kV voimajohto	2027
Sandåsin uusi 400/110 kV muuntoasema	2024
Kristinestad – Melo 400 kV voimajohto	2028
Honkajoen 400 kV kytkinlaitos	2025
Alajärvi – Toivila 400 + 110 kV voimajohto	2028

5.1.4 Teknologiset ratkaisut

Fingrid tuo kantaverkon kehittämissuunnitelmassa esiin monia erilaisia teknologisia ratkaisuja, joilla voidaan lisätä olemassa verkon siirtokapasiteettia kustannustehokkaasti. Näillä ratkaisuilla on mahdollista parantaa joissakin määrin nykyisen verkon kapasiteettia ja tämän myötä myös liityntävalmiuksia ilman uusien voimajohtojen rakentamista. Tällaisia ratkaisuja ovat muun muassa Dynamic Line Rating, Power Oscillation Damping (POD) -säätöjärjestelmä, loistehon sarja- ja rinnakkaiskompensointi ja korkean lämpötilan johtimien käyttö.

Dynamic Line Rating (DLR) tarkoittaa voimajohdon todellisen kuormitettavuuden määrittämistä. Se ottaa huomioon ympäristön säätötilan vaikutukset johdon kuormitettavuuteen. Static Line Rating (SLR) on perinteinen menetelmä, jossa johtojen kuormitettavuus on määritetty muuttumattomissa olosuhteissa. Sen käyttö on johtanut alimitoitettuun kuormitettavuuteen, koska on haluttu varmistua, ettei missään olosuhteissa johtojen suunniteltu maksimikäyttölämpötila ylittyisi. Suomen olosuhteissa DLR on keskimäärin jopa noin kaksi kertaa suurempi kuin SLR. Tämä mahdollistaa huomattavan lisäsiirtokapasiteetin saamisen niissä tilanteissa, joissa johdon kuormitettavuus rajoittaa siirtokykyä. DLR vaatii kuitenkin tarkempia selvityksiä sen toteuttamiskelpoisuudesta ja hyödynnettävyydestä.

Power Oscillation Damping (POD) -säätöjärjestelmä on otettu käyttöön Suomen Lapissa ensimmäisenä maailmassa. Tällä säätöjärjestelmällä pystytään tehokkaasti vaimentamaan verkossa esiintyviä tehoheilahduksia, mikä mahdollistaa suurempien tuotantomäärien liittämisen verkkoon.

Loistehon sarja- ja rinnakkaiskompensointia käytetään jo nykyisellään. Kompensointi mahdollistaa voimajohtojen siirtokapasiteetin lisäämisen. Esimerkiksi rinnakkaiskompensoinnilla pystytään lisäämään silmukoidussa verkossa siirtokapasiteettia, kun verkon jännitestabiilius rajoittaa siirtokykyä. Fingridin tavoitteena on selvittää rinnakkais- ja sarjakompensoinnin ratkaisujen yhtenäistämistä sekä rinnakkaiskompensoinnin tarkempaa tarvetta.

Korkean lämpötilan johtimilla voidaan kasvattaa siirtokapasiteettia perinteistä kevyemmillä johtimilla. Korkean lämpötilan johtimia voidaan käyttää tavanomaisia johtimia korkeammassa lämpötilassa ja siten myös suuremmalla kuormituksella ilman, että johtimien riippumat kasvavat liian suuriksi. Tällöin voidaan lisätä siirtokapasiteettia ilman pylväiden vaihtoa. Suomessa tämä toteutettiin ensimmäisen kerran Isohaara - Raasakka -voimajohdon Isohaaran puoleisessa päässä vuonna 2016.

5.1.5 Haastattelu

Fingridiä haastateltiin sähkönsiirron selvitystä varten. Haastattelussa pyrittiin selvittämään Fingridin tilanne Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla. Haastattelussa kysyttiin Fingridiltä seuraavia asioita:

- Yleinen suunnittelutilanne sähköverkon suhteen.
- Verkkovision ja kehittämissuunnitelman tausta Pohjanmaan, Etelä-Pohjanmaan sekä lähialueiden osalta.
- Voimajohto- ja sähköasemaliityntöjen yleisyys ja periaatteet.
- Voimajohtojen siirtokapasiteetti, sähköasemien muuntokapasiteetti ja sähköasemien liitettävyyden ja laajennettavuus.
- Nykyinen johtotieto ja kehittämissuunnitelmien paikkatieto.
- Verkkokiikarin hyödyntäminen selvityksessä.
- Sähköjärjestelmävision hyödyntäminen selvityksessä.

Fingridin haastattelussa nousi esiin erittäin suuri tuotantokyselyiden määrä. Tuulivoiman hankekehittäjät ottavat yhteyttä Fingridiin aikaisessa vaiheessa hankekehitystä. Tämän myötä Fingridillä on ajantasainen ja paras tieto suunnitteilla ja käynnissä olevista tuulivoimahankkeista. Hankekyselyjä on tullut kokonaisuudessaan Fingridille 187 GW:n edestä. Pelkästään länsirannikolle ollaan rakentamassa tuulivoimaa yhteensä 3750 MW seuraavan kolmen vuoden aikana. Fingridin mukaan on tärkeää, että tunnistettaisiin hyvissä ajoin ne hankkeet, jotka etenevät toteutukseen asti.

Fingrid korosti, että heillä on sähkömarkkinalakiin perustuva velvollisuus ja vastuu kehittää kantaverkkoaan ja liittää verkkoon kulutusta ja tuotantoa. Fingridin täytyy huomioida verkon suunnittelussa tilanne koko Suomen osalta. Kehitystyössä tarkasteltavia osatekijöitä ovat mm. siirtoyhteydet, käyttövarmuus, sähkömarkkinat, rajasiirot, kulutus sekä miten kulutus ja tuotanto sijoittuvat toisiinsa nähden. Fingridin tuleva sähköjärjestelmävisio käsittelee tuulivoiman liittämistä ottaen syvemmin kantaa niin kulutukseen, kuin tuotannon kehittymiseen koko Suomen alueella.

Lisäksi yhteistyötä jakelu- ja alueverkkoyhtiöiden kanssa pidettiin tärkeänä ja sitä tehdäänkin jatkuvasti.

Fingridin verkon kapasiteettitietojen parhaat arviot ovat saatavissa uudesta Verkkokiikari-sovelluksesta. Verkkokiikarisovelluksen tiedot eivät kuitenkaan ole tarkkoja. Esimerkiksi voimajohtojen siirtokapasiteetteja ei huomioitu ja sovelluksen näyttämät liityntäpisteiden liityntäkapasiteetit ovat suuntaa antavia. Verkkokiikari-sovellusta pyritään päivittämään niin, että siellä näkyviä kapasiteetteja poistetaan sitä mukaan, kun liittymissopimuksia tehdään. Koska tuulivoiman kasvun myötä liittymistarpeita on runsaasti, on käynnissä kilpajuoksu vapaista liityntäkapasiteeteista.

Fingridin verkon kehittäminen perustuu tarvepohjalle ja esimerkiksi tuulivoimahankkeiden edetessä Fingrid suunnittelee uutta verkkoa. Fingridin hankekehys on kuitenkin huomattavasti pidempi kuin tuulivoimahankkeiden. Verkon kehittämistarpeet saadaan katettua parhaimmillaankin vasta monen vuoden jälkeen. Yhtenä vaihtoehtoisena kehitysreittinä Fingrid nosti esiin, että tuulivoimapaistot voisivat rakentaa omia 400 kV liittymisjohtoja sähköasemille. Myöhemmin Fingrid voisi rengastaa nämä liittymisjohtot osaksi kantaverkkoa ja ottaa ne kantaverkon käyttöön. Fingrid kertoi lisäksi, että uudet julkistettut hankkeet keräävät alueelle uusia investointeja. Esimerkiksi Jylkän 400 kV -yhteys kasvoi 2x400 kV -yhteydeksi, kun hanke oli julkistettu.

Fingrid tarkastelee uusien sähköasemien sijoittamiseen useita paikkoja. Asemapaikkoihin voivat vaikuttaa muun muassa maatekniset kysymykset ja muuntajareitit. Tyypillisesti 400 kV asemien etäisyydet ovat 50-100 km. Sähköasemia ja liittymispisteitä kaivataan kuitenkin tiheimmin. Sijainnit määräytyvät lopulta tarpeiden mukaan.

Liityntäkapasiteettinäköymien yhteenvedona voidaan todeta, että tällä hetkellä Fingridin verkon kapasiteetti on käytetty loppuun Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla. Uusia tuotantoliittyjiä ei tällä hetkellä olla ottamassa verkkoon ennen vuotta 2027/2028. Tällöin valmistuu uusia 400 kV yhteyksiä, jotka mahdollistavat uuden tuotannon liittymisen Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan alueilla. Vuosista 2027 ja 2028 eteenpäin näkyvyys tarkkoihin kapasiteetteihin heikkenee. Aiemmin todetun mukaisesti Fingrid tarkastelee tilannetta kuitenkin aktiivisesti ja pyrkii kehittämään verkkoaan kapasiteetti mukaan lukien tarveperusteisesti ja myös tuulivoima huomioiden. Pitkällä tähtäimelläkin on kuitenkin huomattava, että tuulivoimaa on tämän hetken tietojen mukaan tulossa niin paljon, että liityntämahdollisuutta ei todennäköisesti ole saatavilla ainakaan tuulivoiman hankekehittäjien toivomassa aikataulussa.

5.1.6 Fingridin verkkokiikari

Fingridillä on valmistunut kesän 2021 aikana liityntävalmiuksien kehittämisprojekti. Projektin tavoitteena oli selvittää, minkälaisia liittymistarpeita Fingridin asiakkailta on ja missä päin nämä liittymistarpeet sijaitsevat¹⁹. Tämän työn lopputuloksena Fingrid on julkaissut verkkokiikari-palvelun.

Tässä selvityksessä verkkokiikarista on kerätty Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan kannalta oleelliset liittymiskapasiteetit, ja ne on esitelty alla olevassa taulukossa (Taulukko 6). Verkkokiikarin kapasiteetit ovat paras saatavilla oleva arvio vapaista verkon liittymiskapasiteeteista.

¹⁹ Fingrid (2021). [Liityntävalmiuksien kehittämisprojekti tehostaa kantaverkon suunnittelua ja rakentamista - Fingrid-lehti \(fingridlehti.fi\)](#)

Taulukko 6. Fingridin verkkokiikari-sovelluksen mukaiset vapaat liityntäkapasiteetit sähköasemittain. Liityntäkapasiteetit on esitetty jännitetasoittain asemakohtaisesti: 110 kV ja 400 kV.

Asema:	Vapaa kapasiteetti: (MW)	
	110 kV	400 kV
Sandås	300	1300
Kärppiö	330	1300
Arkkukallio	610	1110
Seinäjäjoki	310	
Alajärvi	280	
Tuovila	280	

Verkkokiikarissa esitetyt kapasiteetit ovat kuitenkin suuntaa antavia ja ne esittävät Fingridin investointisuunnitelmien mukaisia kapasiteetin lisäyksiä. Verkkokiikari ei kuitenkaan ota kantaa kehityssuunnitelman aikajännettä pidemmälle. Verkkokiikari ei myöskään huomioi siirtokapasiteetteja tai laajemmin eri verkon osien välisiä suhteita. Tämän seurauksena Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla vapautuvat kapasiteetit voivat vaikuttaa toisiinsa esimerkiksi niin, että toisella asemalla kulutettu kapasiteetti rajoittaa sitä, kuinka paljon viereiselle asemalle voidaan liittää tuulivoimaa. Tämän lisäksi kantaverkkoa kehitetään jatkuvasti ja siksi myös kapasiteettitiedot elävät.

Kantaverkon kehitys pohjautuu asiakkaiden suunnitelmiin. Esimerkiksi johtohankkeita ja uusia liityntäasemia suunnitellaan alueille, joille on realisoitumassa esimerkiksi paljon tuulivoimaa tai suuria kulutuskohteita. Toisaalta uuden kantaverkon voimajohdon toteuttamiseen kuluu aikaa 5-10 vuotta, kun huomioidaan esiselvitykset, YVA ja muut prosessit, suunnittelu ja rakentaminen. Tämä tarkoittaa, että tunnistetusta verkon kehitystarpeesta valmiiseen voimajohtoon kuluu aikaa. Tuulivoimahankkeiden toteutumiseen liittyy lisäksi epävarmuutta mm. ympäristöön ja kaavoitukseen liittyvistä syistä. Myös voimaloiden määrä voi muuttua hankkeen edetessä.

Tarkkaa tai pitkälle ulottuvaa kapasiteettitietoa ei ole siis saatavilla ja tuulivoimatuotannon tarkka lisäys on vaikeasti ennustettavaa. Tällöin pelkkä saatavilla olevaan kapasiteettitietoon perustuva tuulivoima-alueiden liittymisedellytysten tarkastelu ei anna välttämättä todellista kuvaa kokonaistilanteesta. Kapasiteettitiedon lisäksi tuulivoiman liittymisedellytyksiä voidaan arvioida myös alueen etäisyydellä mahdollisiin liittymispisteisiin. Mitä lähempänä tuulivoima-alue sijaitsee mahdollista liittymispistettä, sitä paremmat mahdollisuudet sillä on ainakin teoriassa liittyä verkkoon. Lisäksi vaikutukset uuden verkon rakentamisesta ovat teoriassa sitä pienemmät, mitä lähempänä liittymispistettä tuulivoima-alue sijaitsee. Tietoa mahdollisista liittymispisteistä saadaan Fingridin nykyisten verkkotietojen avulla sekä lisäksi Fingridin erikseen toimittamasta suunniteltujen liittymispistealueiden materiaalista. Tässä selvityksessä on myöhemmin esitelty sekä kapasiteettiarvioinnin että liittymispiste-etäisyysarvioinnin tuloksia.

5.2 Muut verkkoyhtiöt

Sähkönsiirtoselvityksen taustaksi selvitettiin myös Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueella toimivien jakeluverkonhaltijoiden ja erityisesti suurjännitteisen jakeluverkonhaltijoiden näkemyksiä aiheesta. Selvityksen kannalta merkittävät toimijat, joilla on merkittäviä määriä 110 kV-verkkoa, valittiin etähaastatteluun. Haastateltuja yhtiöitä olivat EPV Alueverkko, Herrfors Nät-Verkko, Caruna, Elenia, Vaasan Sähköverkko ja Sähkö-Virkeät. Haastatteluissa yhtiöiden kanssa käsiteltiin muun muassa seuraavia asioita:

- Tuulivoimahankkeiden tilanne verkkoyhtiön alueella.
- Mahdolliset liityntäpisteet ja siirtokapasiteetin riittävyys nykyisessä verkossa sekä mahdollinen kapasiteetin laajennettavuus.
- Verkon kehittämis- ja vahvistamistarpeet sekä suunnitelmat.

- Tuulivoiman liittymisperiaatteet.
- Erityishaasteet tuulivoiman liittämiseksi verkkoon.
- Syngriat ja tulevaisuuden näkymät verkon kehittämisessä muiden verkkoyhtiöiden tai toimijoiden kanssa.

Yhtiöiden vastauksia on käsitelty aihepiireittäin tarkemmin tämän alaluvun myöhemmissä alaluvuissa.

Pienemmille jakeluverkonhaltijoille puolestaan lähetettiin sähköpostikysely, johon vastaukset saatiin yhteensä kuudelta kymmenestä jakeluverkonhaltijalta. Kyselyssä yhtiöiltä kysyttiin seuraavat kysymykset:

- Millä tavoin voimakas ja lisääntynyt tuulivoimarakentaminen näkyy teidän verkkoyhtiössänne?
- Vaikuttaako se teidän verkkoyhtiössänne verkon suunnitteluun ja kehittämiseen?
- Onko teidän verkossanne mahdollisia liittymispisteitä tuulivoimalle tai kapasiteettia ylipäättään liittää tuulivoimaa verkkoon? Vai onko mielestänne tuulivoiman liittäminen suoraan alueverkkoon parempi vaihtoehto?
- Voisiko alueellista sähköverkkojen kehittämistä edistää jotenkin? Miten?

Vastausten perusteella maakuntatasolla merkittävien tuulipuistojen liittäminen pienempien yhtiöiden verkkoihin ei todennäköisesti ole mahdollista tulevaisuudessakaan. Kuitenkin yksittäisiä, maksimissaan muutaman megawatin nimellistehoisia, tuulivoimaloita voitaisiin tapauskohtaisesti liittää joidenkin yhtiöiden verkkoihin. Näin ollen tuulivoima ei juurikaan vaikuta keski- ja pienjännitteisen verkon toimintaan tai verkon kehitykseen. Vaikutukset kohdistuvat ylemmille verkkotasolle. Sähköjärjestelmä on kuitenkin aina kokonaisuus, jossa kaikki osapuolet vaikuttavat toisiinsa. Monissa vastauksissa mainittiinkin myös esimerkiksi kulutuksen muutosten huomiointi osana verkkojen kehittämistä. Eri toimijoiden välinen yhteistyö nähtiin hyvänä, mutta jakeluverkkotason yhtiöissä sen tavoitteet painottuvat enemmän esimerkiksi häiriöihin varautumiseen ja viankorjaukseen. Erilaisten verkkoyhtiöitä velvoittavien raportointien ja selvitysten määrän nähtiin lisääntyvän energiasuunnittelun monimutkaistuessa. Tämä koettiin joissain vastauksissa kuormittavana ja sen katsottiin vievän aikaa verkonhaltijoiden ydintoiminnalta.

5.2.1 Verkkokapasiteetit

Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan alueilla suurjännitteinen sähköverkkoyhtiö on melko vahvasti kolmitasoinen. Verkkojen ylempi taso asettaa reunaehdot alemman tason toiminnalle ja määrittää muun muassa kuinka paljon tuulivoimaa verkkoon voidaan liittää.

Ylimpänä tässä hierarkiassa on kantaverkkoyhtiö Fingrid. Fingridin verkon siirto- ja liityntäkapasiteetti kullakin hetkellä määrittää myös kaikkien muiden verkkotoimijoiden toimintaa ja kapasiteetteja. Tämän selvityksen tekohetkellä Fingridin verkko länsirannikon alueella alkaa olla täynnä. Tämän vuoksi uutta tuotantoa ei juurikaan voida liittää verkkoihin ennen sähkönsiirron pullonkaulojen ja muiden suuntaajakytkettyyn tuotantoon liittyvien ongelmien ratkaisemista.

Seuraavaksi ylimmällä tasolla suurimmalla osalla selvitysaluetta toimii EPV Alueverkko. Lisäksi tällä tasolla ovat suurehko toimija Herrfors Nät-Verkko alueen pohjois- ja länsiosissa sekä Sähkö-Virkeät pienehkönä toimijana itäosassa. Alemmalla tasolla Caruna, Elenia ja Vaasan Sähköverkko hallinnoivat alueella lähinnä yksittäisiä lyhyehköjä voimajohtoja, jotka ovat liittyneenä pääosin EPV Alueverkkoon ja kantaverkon voimajohtoihin. Elenialla on myös oma lyhyehkö voimajohtolähtö Fingridin Alajärven sähköasemalta kohti Keski-Pohjanmaan Perhoa. Kaikkiin näihin verkkoihin voitaisiin periaatteessa liittää tuulivoimaa vaihtelevia määriä tapauskohtaisesti. Kuitenkin alue- tai kantaverkkotaso saattaa rajoittaa liitettävyyttä tilanteissa, joissa verkonhaltijan omassa verkossa olisikin vielä vapaata kapasiteettia. Hankekehityksen ollessa vauhdikasta tilanne muuttuu koko ajan ja liittämiskapasiteettitarkastelut onkin tehtävä aina tapauskohtaisesti. Suurjännitetasolla verkonhaltijoiden vastuualueet eivät ole yhtä tarkasti rajattuja kuin jakeluverkoissa. Karkea jaottelu alueverkkoyhtiöiden nykyisen 110 kV verkon toiminta-alueista on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 15). Tarkempaa tietoa voimajohdoittain on saatavissa esimerkiksi Fingridin karttapalvelusta.

jatkuvasti lisää verkon kehittämisen avulla reunaehto- jien puitteissa. Alla olevan taulukon (Taulukko 7) listaukseen on huomioitu merkittävimmät vapaat kapasiteetit. Taulukossa on esitetty nykyisiin voimajohtoihin perustuvalla aluejaottelulla, miten verkkoyhtiöillä on nykyisissä verkoissa vapaata kapasiteettia haastatteluhetkellä. Listauksessa ei ole pääsääntöisesti huomioitu yksittäisiä voimajohtohaaroja, sillä niiden vapaa kapasiteetti on teoreettisestikin parhaimmillaan vain parikymmentä megawattia. Näiden haarajohtojen kapasiteetti riippuu lisäksi täysin runkovoimajohdon vapaasta kapasiteetista. Osa voimajohdoista tai niihin liittyneistä tuulipuistoista saattaa sijaita myös naapurimaakuntien puolella. Tällaiset voimajohdot on otettu mukaan tähän tarkasteluun, mikäli kantaverkon liittymispisteen näkökulmasta niillä on olennaista vaikutusta selvitysalueen sähkönsiirtoon. Esimerkiksi Fingridin Alajärven sähköasemaan Etelä-Pohjanmaalla on liittyneenä Elenian voimajohtoja. Näihin on liittyneenä tai liittyy lähitulevaisuudessa merkittävän kokoisia tuulipuistoja Perhon ja Kyyjärven alueilta Keski-Pohjanmaan ja Keski-Suomen puolelta.

Taulukossa ei ole huomioitu tarkasti sitä, miten vapaat kapasiteetit suhteutuvat kantaverkon liittymispisteisiin, jotka voivat todellisuudessa rajoittaa vielä vapaata kapasiteettia. Taulukon vapaiden kapasiteettien megawattimäärät ovat enemmänkin suuntaa antavia kuin tarkkoja arvoja. Liittämistarkastelu on tehtävä kunkin hankkeen kohdalla tapauskohtaisesti. Huomioitavaa on myös se, että tilanne kehittyy koko ajan ja uusia liittymissopimuksia solmitaan jatkuvasti. Tämän myötä vapaata kapasiteettia poistuu verkoista. Hankekehittäjien näkökulmasta kyseessä onkin tällä hetkellä pitkälti nopeuskilpailu jäljellä olevista ja uusista syntyvistä vapaista liittämiskapasiteeteista. Selvitysalueella ja muuallakin länsirannikolla vapaata tuotannon liittämiskapasiteettia on nykyisessä verkossa melko vähän suhteessa hankkeisiin ja liittämiskyselyihin verrattuna muun Suomen tilanteeseen. Tämä korostaa nopeuskilpailun roolia. Tällöin esimerkiksi useampia tuulipuistoja palvelevat yhteiset liittymisjohdot eivät ole hankekehittäjien kannalta houkuttelevia, koska ne tyypillisesti hidastavat hanketta.

Haastatteluissa nousi esiin myös se näkökulma, että verkkoyhtiöt tarvitsevat siirto- ja liittämiskapasiteettia myös muuhun käyttöön kuin tuulivoimaan, Kapasiteettia tarvitaan esimerkiksi alemman jännitetaso- jakeluverkkojen käyttöön erityisesti aurinkosähkön tuotannon yleistyessä. Jatkuvan operatiivisen toiminnan takaamiseksi ja yllättävienkin muuttuvien tilanteiden takia vapaata verkkokapasiteettia ei voida myöskään myydä aivan absoluuttisen täyteen. Myös merituulivoimasta keskusteltiin joidenkin yhtiöiden kanssa, mutta kaikki hankkeet ovat lähtökohtaisesti niin suuria, että ne liitettäisiin suoraan kantaverkkoon. Nykyisiä suurjännitteisen jakeluverkon johtoreittejä voisi kuitenkin hyödyntää myös niin merituulivoiman kuin muunkin uuden tuotannon liittämiseksi.

Taulukko 7. Nykyisen verkon vapaat liittämiskapasiteetit suurjännitteisissä jakeluverkoissa.

Verkkoyhtiö	Alue/voimajohdot	Vapaa kapasiteetti haastatteluhetkellä (MW noin)
EPV Alueverkko	Maalahti-Sundom	joitakin kymmeniä MW, kunhan Fingridin puolesta mahdollista
	Petolahti-Närpiö-Kristiinankaupunki-Metsälä	ei vapaata kapasiteettia
	Lapua-Isokyrö-Tuovila	50 MW, kunhan Fingridin puolesta mahdollista
	Lapua-Kauhava-Seinäjoki	100 MW, kunhan Fingridin puolesta mahdollista
	Lapua-Lappajärvi-Alajärvi	100 MW, kunhan Fingridin puolesta mahdollista
	Taivalmaa-Alavus-Alajärvi	80-120 MW riippuen etäisyydestä Alajärveltä, kunhan Fingridin puolesta mahdollista
	Kurikan alueelta rannikolle päin	ei vapaata kapasiteettia
Herrfors Nät-Verkko	Katternö-Jussila-Jepua-Voltti-Oravainen	ei vapaata, liittymissopimukset nykyverkon vapaasta kapasiteetista jo tehty
	Katternö-Esse-Emet-Evijärvi	ei vapaata, liittymissopimukset nykyverkon vapaasta kapasiteetista jo tehty
Elenia	Alajärvi-Perho	ei juurikaan vapaata kapasiteettia ennen kehittämistoimien valmistumista
Sähkö-Virkeät	Virrat-Ähtäri-Alajärvi	20-60 MW riippuen kuinka kaukana Alajärvestä liittymispiste on
Caruna	Kurikka-Kauhajoki-Jurva	voimajohdot liittyneenä EPV Alueverkkoon, mikä määrittää vapaan kapasiteetin, Carunan osalta max muutamia kymmeniä MW
	Taivalmaa-Jalasjärvi	ei kapasiteettia, kyseessä vanha johto
Vaasan Sähköverkko	Brändskogen-Taklax-Träskböle	voimajohdot liittyneenä EPV Alueverkkoon, mikä määrittää vapaan kapasiteetin
	Gerby-Alskat-Koivulahti	voimajohdot liittyneenä EPV Alueverkkoon, mikä määrittää vapaan kapasiteetin

5.2.2 Verkon kehittämistoimenpiteet

Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan alueella on joitakin suunniteltuja ja varmistuneita kehittämistoimenpiteitä suurjännitteisissä jakeluverkoissa. Nämä toimet lisäävät paikoin tuotannon liittämiskapasiteettia. Lisäykset ovat kuitenkin melko pieniä suhteessa tuulivoiman hankemääriin. Kehittämistoimenpiteet on listattu alla olevaan taulukkoon (Taulukko 8). Listattuja toimenpiteitä myöhemmät kehittämissuunnitelmat ovat vahvasti riippuvaisia kantaverkon kehittämistoimenpiteistä eikä niiden suoraa vaikutusta voida arvioida. Lisäksi on huomioitava, että listattu vapaa kapasiteetti saattaa joissain tapauksissa olla jo ainakin osittain myyty viimeistään hankkeen valmistuessa, sillä uusia liittymissopimuksia tehdään jatkuvasti.

Taulukko 8. Tulevat kehittämistoimenpiteet ja niiden vaikutukset liittämiskapasiteetteihin suurjännitteisissä jakeluverkoissa.

Verkkoyhtiö	Alue/voimajohdot	Kehittämistoimenpiteet	Vapaa kapasiteetti toimenpiteen jälkeen (MW noin)
EPV Alueverkko	Sänkiahon-Alajärvi	1-Duck-johdosta saneerataan 2-Duck-johto	200 MW, jos Fingrid puolelta mahdollista
Herrfors Nät-Verkko	Jussilan alue (vaikuttaa osin koko verkkoon)	Fingrid rakentaa Sandås sähköaseman ja Herrfors 2 johtolähtöliityntää siihen	500 MW, jos mahdollista liittää myös Fingridin osalta
Elenia	Alajärvi-Perho	toisen 110 kV johdon rakentaminen samalle reitille suurta tuulipuistoa varten, valmistuu 2023	yhteensä 50-100 MW sisältäen molemmat reitillä olevat 110 kV johdot
Sähkö-Virkeät	-	ei päätöksiä, tulevaisuudessa nykyisen johdon saneeraus kuitenkin odotettavissa, jos tehdään liittymissopimus yhtään suuremmasta tuulipuistosta	-
Caruna	-	ei päätöksiä uusista hankkeista, mutta tehdään tarpeen mukaan laajempiakin	-
Vaasan Sähköverkko	Westenergy-Koivulahti	uusi voimajohto, otettu jo käyttöön 2022	voimajohdot liittyneenä EPV Alueverkkoon, mikä määrittää vapaan kapasiteetin
	Gerby-Westenergy	rengasyhteys 2023	voimajohdot liittyneenä EPV Alueverkkoon, mikä määrittää vapaan kapasiteetin
	Brändkogen-Träskböle	alueelle tulossa rengasyhteys yhdessä muiden toimijoiden kanssa 2024	voimajohdot liittyneenä EPV Alueverkkoon, mikä määrittää vapaan kapasiteetin

Yllä olevan taulukon kehittämistoimenpiteitä myöhemmistä toimista verkkoyhtiöissä ei ole vielä tehty päätöksiä. Nämä ovat vahvasti riippuvaisia kantaverkon toimenpiteiden lopullisesta toteutuksesta. Koska selvitysalueen vapaa kapasiteetti kantaverkossa alkaa olla loppu ja myös muiden verkonhaltijoiden vapaat kapasiteetit ovat hyvin vähissä, yleisellä tasolla vapaata liittämiskapasiteettia alueelle tulee jatkossa maksimissaan sen verran kuin kantaverkon toimenpiteet kulloinkin mahdollistavat. Tällöin muiden verkonhaltijoiden vaikutus on rajallinen. Verkonhaltijat kuitenkin kehittävät verkkoaan aktiivisesti asiakkaiden tarpeiden ja kantaverkon mahdollisuuksien mukaan jatkossakin.

5.2.3 Tuulivoiman liittämisperiaatteet

Tuulivoiman liittämisperiaatteet ja -käytännöt haastatteluissa verkkoyhtiöissä noudattavat hyvin pitkälti Fingridin vastaavia ja liittymisehtoina sovelletaan tyypillisesti Energiateollisuuden laatimia suurjännitteisen jakeluverkon liittymisehtoja. Tyypillisimmin liittymä tapahtuu verkonhaltijan voimajohdon varrelle erillisten kytkinlaitteiden kautta huomioiden kuitenkin suuntaajakytketyn tuotannon yläraja, 60 MW, johdonvarsiliittymälle. Myös liittyminen suoraan kytkinasemille 110 kV kiskoon on pääosin mahdollista kapasiteettien sen salliessa ja sitä on käytetty suurempien tuulipuistojen tapauksissa.

Useiden tuulipuistojen yhteisten liittymisjohtojen aiheutta käsiteltiin myös useimmissa haastatteluissa. Ympäristövaikutusten ja maankäytön näkökulmasta ne voisivat monissa tapauksissa olla parhaita ratkaisuja. Hankekehittäjillä ei kuitenkaan ole tällä hetkellä intressejä yhteisten liittymäjohtojen rakentamiseen muun muassa hankekehityksen nopeuden ja kustannusrakenteen takia ole. Lisäksi Energiaviraston tulkinta sähkömarkkina-alaista ei mahdollista verkonhaltijoille pelkkien tuotannon liittämiseksi tehtävien liittämiskohtojen rakentamista. Erilliset tuotannon liittymiskohtoja hallinnoivat yhtiöt voivat tulevaisuudessa tulla kysymykseen ja muuttaa tilannetta. Yhteiset liittymiskohtojen saattaisivat parantaa tuulivoiman liitettävyyttä myös haastatteltujen verkonhaltijoiden näkökulmasta.

5.2.4 Tuulivoiman liittämisen haasteita

Haastatteluissa nousi esiin loistehon tuomat haasteet siirrettäessä suuria tehoja 110 kV:n jännitteellä pitkiä matkoja. Kun siirrettävät tehot ovat satoja megawatteja 110 kV:n jännitteellä, voimajohdoilla loistehon kulutus nousee suureksi, mikä syö johdon kapasiteettia työtä tekevältä pätehtolta. Tämä aiheuttaa haasteita varsinkin pitkällä siirtoetäisyyksillä. Selvitysalueella on joitakin pitkäköjiä voimajohtoja. Toisaalta kantaverkko on tiheämpää ja tuulipuistojen etäisyydet kantaverkon liittymispisteistä ovat pääosin lyhyempiä kuin esimerkiksi Keski-Suomessa. Esimerkiksi Fingridin Kärppien muuntoasemainvestointi kuitenkin on jo parantanut tilannetta ja myös tulevina vuosina joitain vastaavia investointeja on tulossa alueelle. Uusien tuulipuistojen ollessa nimellisteholtaan hyvin suuria tulee niiden liittäminen korkeampaan kuin 110 kV jännitetasoon todennäköiseksi ja osaltaan vähentää loisteho-ongelmia 110 kV verkoissa.

Tuotannon lisääntyminen suurjännitteisessä jakeluverkossa on myös aiheuttanut muutoksia verkon käyttöön. Eräässä haastattelussa nousi ilmi, että suurjännitteistä jakeluverkkoa on käytetty aiemmin rengasverkkona. Tuotannon lisääntymisen myötä on jouduttu siirtymään verkon säteittäiskäyttöön koko sähköjärjestelmän paremman hallittavuuden takia. Tämä kuitenkin vähentää säteittäisen verkonosan toimitusvarmuutta ja aiheuttaa haasteita esimerkiksi huoltotilanteissa.

Yleinen esille tullut näkökulma haastatteluissa oli myös se, kuka hallitsee kokonaisuutta energiamurroksen eri vaikutuksista eri verkkotasoilla ja erilaisissa kytkentätilanteissa - vai hallitseeko lopulta kukaan. Kukin verkonhaltija vastaa toki omasta verkostaan, mutta sähköjärjestelmä itsessäänkin on hyvin monimutkainen kokonaisuus unohtamatta esimerkiksi maankäytöllisiä asioita. Useampien näkemysten mukaan kukaan ei tällä hetkellä aktiivisesti koordinoi kokonaisuutta, mikä saattaa aiheuttaa yhteiskunnan kannalta ei-toivottuja vaikutuksia. Hankkeita on alueella eri vaiheissa runsaasti ja koettiin, että esimerkiksi säännöllisestä tilannekuvan ylläpitämisestä ja koordinoinnista eri osapuolten kesken voisi olla hyötyä.

5.2.5 Muita esille nousseita asioita ja yhteenveto

Haastatteluissa verkonhaltijoilta kysyttiin myös yhteistyöstä ja synergioista muiden toimijoiden kanssa. Nimettyjä keskeisiä yhteistyötahoja olivat muut verkkoyhtiöt varsinkin ylemmillä verkkotasoilla ja yhteistyön niiden kanssa todettiin toimivan pääsääntöisesti hyvin. Myös kunnat, kaupungit ja muut vastaavat hallinnolliset toimijat, mukaan lukien maakuntaliitot, nimettiin keskeiseksi sidosryhmäksi, mutta enemmänkin lupa-asioiden näkökulmasta. Joissain haastatteluissa nousi esille, että parempi ja säännöllinen koordinointi laajasti eri toimijoiden kesken voisi olla hyödyllistä ja tukea hallitumpaa tuulivoiman ja siihen liittyvien muiden asioiden kehitystä. Myös ajatuksia esimerkiksi alueen hankkeiden priorisoinnista esitettiin samojen tavoitteiden edistämiseksi.

Keskeisin kaikissa haastatteluissa esille noussut sidosryhmä oli kantaverkkoyhtiö Fingrid. Fingrid, pitkälti asemastaan johtuen, määrittää tällä hetkellä melko paljon tuulivoiman kehitystä Suomessa, vaikka tämä ei varsinaisesti Fingridin ydintehtävä olekaan. Mutta koska länsirannikolla kantaverkon siirto- ja liittämiskapasiteetin osalta on niukkuutta, edetään tuulivoiman liittämisen osalta käytännössä kuitenkin lähitulevaisuudessa Fingridin toimenpiteiden mukaisesti riippumatta suoraan muiden verkonhaltijoiden toimenpiteistä. Alempien verkkotasojen toimijat puolestaan kehittävät omia verkkojaan kantaverkon toimenpiteiden tuomien mahdollisuuksien mukaan. Yleinen näkemys olikin, että verkkoja pyritään kehittämään asiakkaita ja tarpeita varten yhteiskunnan edun mukaisesti, mutta kokonaisuuden kehittäminen on vuosien ja vuosikymmenten prosessi, jossa reagoidaan muutoksiin jatkuvasti.

Yhteenvetona tuulivoima-alueiden sähkönsiirrosta Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla jakeluverkonhaltijoiden ja suurjännitteisen jakeluverkonhaltijoiden näkökulmasta voidaankin todeta se, että hyvin suuri osa alueella tuotettavasta energiasta siirretään lopulta kantaverkon kautta kulutuskeskittymiin. Tämän vuoksi kantaverkko ja sen liittymispisteet määrittävät aina lopulta, kuinka paljon ja mihin paikkaan tuulivoimaa voidaan liittää myös alemmilla verkkotasoilla. Näin tulee olemaan myös tulevaisuudessa erityisesti, mikäli merkittävää sähkönkulutusta ei selvitysalueelle muodostu esimerkiksi vedyntuotannon muodossa.

5.3 Tuulivoimayhtiöiden haastattelut

Tässä selvityksessä tunnistetuille tuulivoimatoimijoille lähetettiin tietopyyntö toimijoiden hankkeita koskien. Moni vastaaja vastasi sähköpostilla, joskin heille annettiin mahdollisuus myös Teams-haastatteluun. Tuulivoimatoimijoita haastateltiin noin 40-90 minuutin etähaastatteluilla. Haastatteluissa kerrottiin työprosessista, käytiin läpi toimijan hankkeita ja lisäksi tiedusteltiin näkemyksiä muista energiaratkaisuista. Energiaratkaisuista kysyttiin tietoja, sillä niillä on vaikutuksia sähköverkon kehittämiseen. Koska tuulivoima oli työn varsinainen selvityskohde, keskustelut vaihtoehtoisista energiaratkaisuista olivat varsin vapaamuotoisia ja vastausmäärä pieni. Aiheeseen johdateltiin kysymällä toimijoilta näkemyksiä akkuprojektien laajuudesta, niiden sijainnista suhteessa tuulivoimahankkeisiin, aurinkovoimasta ja muista energiaratkaisuista.

5.3.1 Tuulivoimayhtiöiden näkemyksiä muista energiaratkaisuista

Tuulivoiman lähtötietojen keräämisen lomassa kysyttiin useassa haastattelussa näkemyksiä muihin energiaratkaisuihin kuin tuulivoimaan. Osa vastaajista kommentoi asiaa myös sähköpostivastauksissa. Vastaajamäärä ei edusta kaikkia vastaajia.

Osa tuulivoimatoimijoista piti aurinkovoimaa mahdollisuutena, joka vaatii lisäselvittämistä. Muutamassa tuulivoimahankkeessa aurinkovoiman osuus oli merkittävä jo nykyisessä hankelaajuudessa. Aurinkovoima korostui erityisesti entisillä turvetuotanto- ja suoalueilla.

Energiaratkaisujen osalta saatuja haastattelu- ja kyselytietoja on yhdistelty myös samaan aikaan käynnissä olevasta Keski-Suomen selvityksestä riittävän vastaajamäärän saamiseksi. Sähkövarastojen osalta toimijoiden näkemykset painottivat pienempiä, enintään muutaman kymmenen MW:n sähkövarastoja. Niiden sijoittuminen olisi todennäköisimmin yleiskaavan EN-alueen lähelle, toisin sanoen lähelle nykyistä tuulipuiston puoleista sähköasemaa liittymisjohdon läheisyyteen, mutta kuitenkin riittävälle turvaetäisyydelle asemasta. Toisena mahdollisena sijaintipaikkana mainittiin esimerkiksi jonkin Fingridin sähköaseman läheisyys. Yksittäisessä haastattelussa toivottiin, että kaavoituksella ei ainakaan estetä aurinkovoiman tai sähkövaraston toteuttamista. Lisäksi toivottiin, että esimerkiksi sähkövarasto olisi mahdollista toteuttaa kevyemmällä menettelyllä, vaikkapa rakennusluvalla. Toisaalta todettiin myös, että energian varastointikeinoja on monia, kuten lämpö ja vety.

Lisäksi eräs vastaaja kommentoi, että ”Tuulivoimakehityksen kannalta on toivottavaa, että Fingrid investoisi Suomen länsirannikolle laitteita, jotka lisäävät sähköverkon inertiaa. Tämä mahdollistaisi alueelle enemmän investointeja uusiutuvan energiatuotannon muodossa.”. Sähkönsiirtoverkossa inertialla tarkoitetaan sähköjärjestelmän pyörivien koneiden (esim. perinteiset voimalaitosten

generaattorit) kykyä vastustaa sähköverkon muutosilmiöitä esimerkiksi häiriötilanteissa ²⁰. Tuuli- ja aurinkovoima ovat ns. suuntaajakytkettyä tuotantoa, jotka eivät lisää verkon inertiaa. Sähköjärjestelmässä tarvitaan riittävästi inertiaa, jotta verkkoa voidaan käyttää luotettavasti.

5.4 Tuulivoimayhdistyksen aineistot hankkeiden kokonaiskuvasta

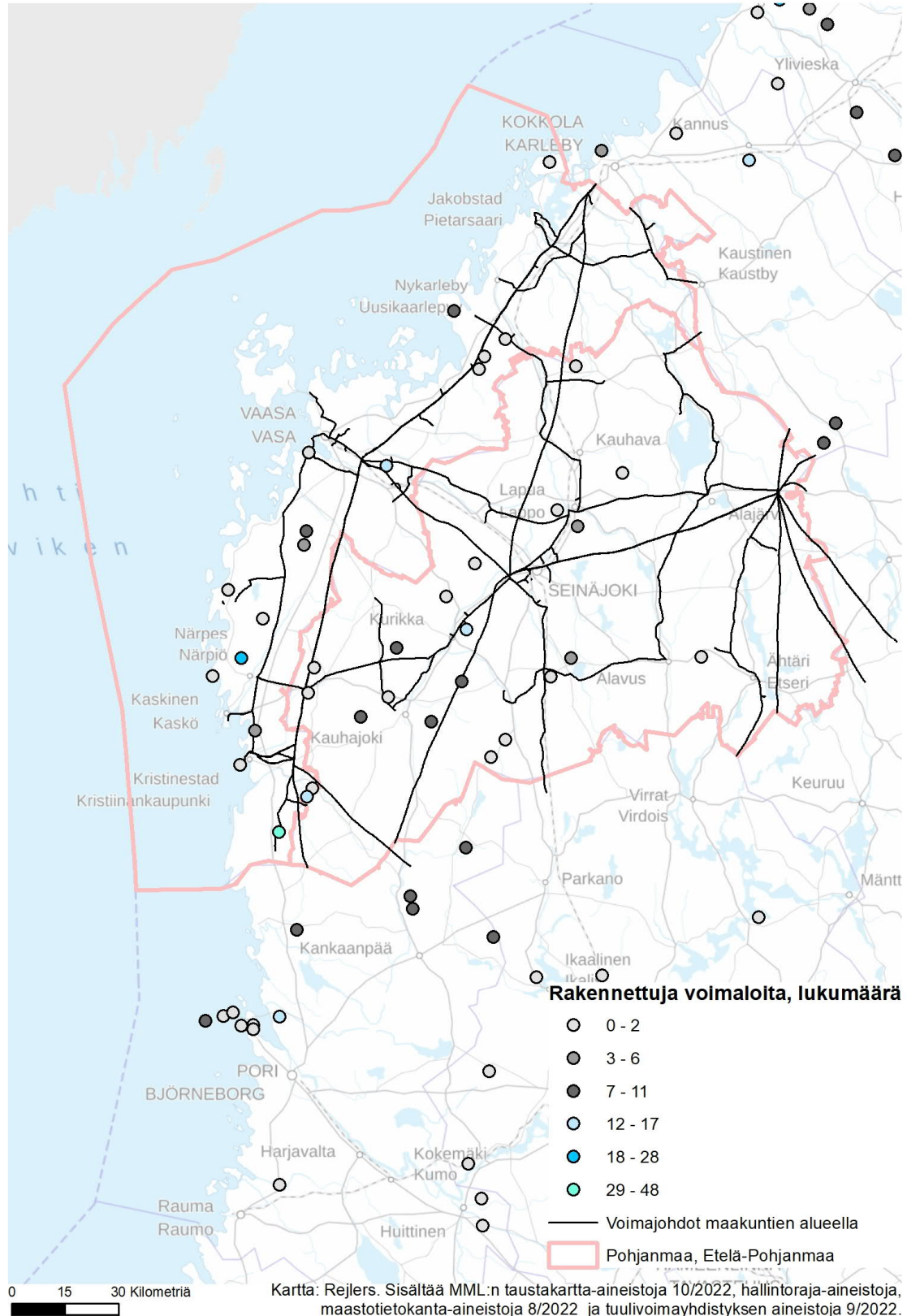
Oheinen kartta (Kuva 17) perustuu Suomen Tuulivoimayhdistyksen alkuvuodesta 2022 päivitettyyn hankelistaan, josta on kahden työn aikana tietoon tulleen hankkeen muuttunut hankevaihe päivitetty.

Kartta vahvistaa, että rakennetut tuulivoimapuistot (harmaa kolmio) sijoittuvat tarkastelualueen rannikko ja keskiosiin sähköverkon läheisyyteen. Käytännössä kartta kuvaa rakennettujen voimaloiden osalta myös yksittäisten pienitehoisten voimaloiden hankkeita. Mediaanivoimalamäärä rakennettujen voimaloiden osalta oli Pohjanmaalla kolme ja keskiarvo seitsemän ja Etelä-Pohjanmaalla neljä ja mediaani kaksi voimalaa. Toisin sanoen joukossa on paljon yhden tai muutaman voimalan hankkeita, jotka eivät ole täysin vertailukelpoisia nykyisiin yleensä tätä suurempiin hankkeisiin. Tarkemmin hankkeiden kokoa on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 16)

Muissa hankevaiheissa olevia hankkeita sijoittuu myös kauemmas rannikosta. On hyvä huomata, että kuvassa esitetyt Suomen Tuulivoimayhdistyksen hanketiedot eivät kata kaikkia varhaisessa esisuunnitteluvaiheessa olevia hankkeita. Myös jo rakennetuilla ja mahdollisesti tulevaisuudessa uusittavilla puistoilla on verkkovaikutuksia. Merialueella olevat julkiset hankkeet ovat keskimäärin varhaisemmassa vaiheessa. Rannikon läheisyydessä on myös paljon pitkällä hankekehityksessä olevia hankkeita (Kuva 17).

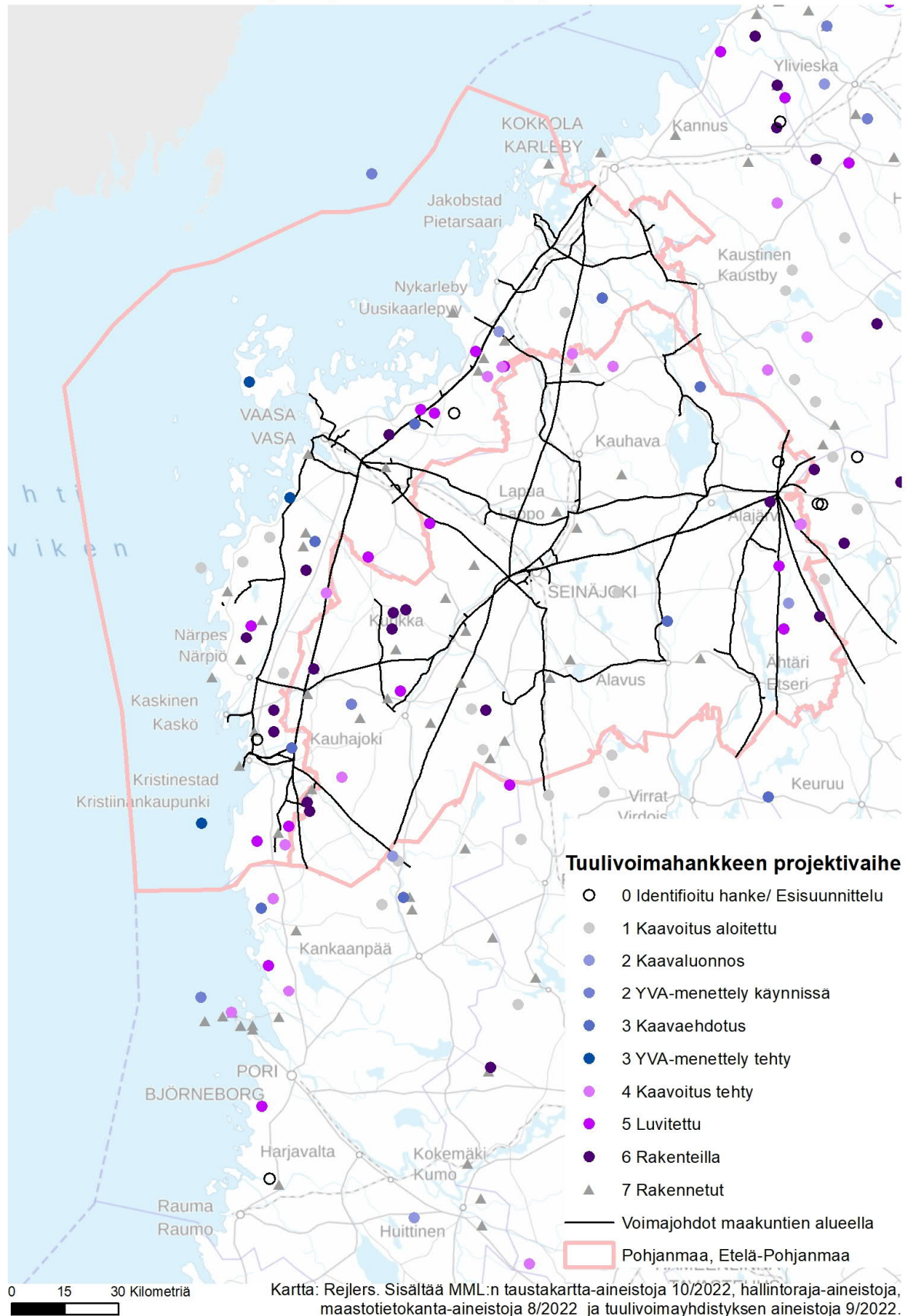
²⁰ <https://www.fingridlehti.fi/mita-on-inertia/>

Rakennetut hankkeet koon mukaan luokiteltuna



Kuva 16 Suomen tuulivoimayhdistyksen tiedossa olevat rakennetut hankkeet turbiinimäärän perusteella. Kuvasta huomataan, että suuri määrä rakennetuista hankkeista on enintään muutaman voimalan hankkeita.

Tuulivoimayhdistyksen hankelista projektivaiheen mukaan



Kuva 17. Suomen tuulivoimayhdistyksen hankelistan hankkeet vaiheen mukaan. Hankkeita on kaikissa hankevaiheissa.

6 Tuulivoimahankkeiden sähköverkkoon liittymistarkastelu

6.1 Laskentaperiaatteet sähköverkkoon liittymistarkastelussa

Tuulivoiman kasvava määrä vaatii sähköverkon kriittistä tarkastelua sähköverkkoon liitettävyyden suhteen. Tässä kappaleessa tarkastellaan tuulivoimahankkeiden liittymismahdollisuuksia sähköverkkoon ja arvioidaan sähkönsiirtojärjestelmän tulevaisuudenkuvaa suunnittelualueella.

Tukena on käytetty tuulivoimayhtiöiden haastatteluissa saatuja tietoja. Yksittäisten hankkeiden kohdalla lopulliset toteutuvat tehot voivat muuttua, koska hankkeen voimalatyypin ja teknologiseen kehitykseen liittyy epävarmuuksia.

Tuulivoimahankealueet voidaan jakaa karkeasti kolmeen kategoriaan perustuen saatuun lähtötietoon. Ensimmäisenä lähteenä toimii Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan liittojen toteuttama tuulivoimaselvitys, jossa on määritetty potentiaalisia tuulivoima-alueita maakuntien alueilla. Toisena kategoriana on nykyiset yleiskaavahankkeet, joissa kaava on vireillä. Viimeisenä lähteenä toimii nykyisen maakuntakaavan mukaiset hankkeet.

Tuulivoimaselvityksessä määritetyt potentiaaliset alueet on otettu laskentoihin sellaisenaan. Voimassa olevan maakuntakaavan aineistosta on eroteltu hankkeet, joihin on määriteltä potentiaalisesti vielä tulevan tuulivoimaloita. Potentiaalisten tuulivoimaloiden määrän mukaan on määritetty alueiden tehot kummallakin lähteellä.

Yleiskaava-aineisto sisältää hankkeita, jotka ovat hyvin eri vaiheissa. ELY-keskukselta saatujen tuulivoimalatietojen pohjalta yleiskaavan suunnitellut hankkeet on jaoteltu rakennettuihin, luvitettuihin ja kaavaprosessissa oleviin alueisiin. Näistä viimeiset tulevat vaikuttamaan tuulivoiman tuotantokapasiteettiin tulevaisuudessa. Tätä tietoa on verrattu myös haastatteluissa saatuihin tietoihin. Tämän tarkastelun kannalta viimeiset alueet ovat merkittäviä, ja otetaan huomioon laskuissa. Luvitetuilla ja rakennetuilla hankkeilla on todennäköisesti liittymissopimukset, jolloin Fingrid on jo huomionnut ne ilmoittamissaan liittymiskapasiteeteissa. Tämän vuoksi ne on pyritty poistamaan tuloksista.

Tiedot maakuntakaavoitukseen liittyvistä tuulivoima-alueista on laskettu ns. hilaamalla, niin että jokaisen pisteen ympärille, joka ei ole reunapiste, muodostuu teoreettisella voimasijoittelulla kuusikulmio, jonka keskustassa on myös piste. Reunapiste toimii uuden ”kuusikolmion” keskuksena, joista osa sisältyy viereiseen kuusikulmioon. Toisin sanoen etäisyydet pisteiden eli teoreettisten voimalasijaintien välillä ovat vakiot. Tällöin etäisyydet teoreettisten voimaloiden välillä ovat taulukossa kuvattun mukaisia. Laskennallisia voimalamääriä kuvaava aineisto on saatu Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan liitolta. Yleiskaava-alueella on lisäksi käytetty myös tuulivoimayhtiöiden haastatteluissa saatuja tietoja. Yksittäisten hankkeiden kohdalla lopulliset toteutuvat tehot voivat muuttua, koska hankkeen voimalatyypin ja teknologiseen kehitykseen liittyy epävarmuuksia. Tuotantotehojen arvioinneissa on käytetty taulukossa kuvattuja arvoja eri voimalasijoitteluille (Taulukko 9). Käyttämällä vähimmäis- ja enimmäistehon mukaista tehoaluetta on pyritty tuomaan käytännön epävarmuutta näkyvämmäksi. Teknologiseen kehitykseen, voimaloiden etäisyyksiin ja sijoitteluun ja voimaloiden vähenemiseen prosessin aikana liittyy epävarmuuksia, joten arviot ovat karkeita.

Merituulivoiman sijoittamisetäisyyksistä kysyttiin kahdelta voimalavalmistajalta. Siemens Gamesa (SGRE) vastasi, että he suosittelivat ”seitsemän kertaa roottorin halkaisija etäisyyttä vallitsevaan tuulensuuntaan ja neljä kertaa roottorin halkaisija etäisyyttä ei-vallitsevaan tuulensuuntaan. Kuitenkin projektikohtaisista, layoutiin ja tuulisuuteen liittyvistä seikoista riippuen etäisyys voi olla tätä pienempi tai suurempi.”. Kysyttäessä minimietäisyydestä voimaloiden välillä Vestaksen edustaja puolestaan vastasi, että minimissään merituulivoimalla on 3 kertaa roottorin halkaisija, mutta tyypillisemmin 4-5 kertaa roottorin halkaisija. Tämän lisäksi on tärkeä huomioida etäisyydet lähimpiin puistoihin ja pitää suhteessa pidempiä etäisyyksiä vallitsevaan tuulensuuntaan, niin että etäisyydet vallitsevassa suunnassa ovat niin pitkiä kuin on mahdollista.

Tämän tiedon perusteella raportin tekijät arvioivat, että hilaamalli vastaisi merialueella karkeasti 8-10 MW voimaloita. Todennäköisesti toteutuvat sijoitusetäisyydet olisivat hilaamalla suurempia vallitsevaan tuulensuuntaan ja pienempiä muihin suuntiin roottorihalkaisijoiden ollessa pääsääntöisesti alle 200 m.

Tulevaisuudessa voimaloiden etäisyys kasvaa todennäköisesti edelleen teknologian kehittymisen myötä. Nyt jo on tiedossa, että noin 15 MW voimalat ovat tulossa käyttöön merialueelle ja suurempia suunnitellaan. Lisäksi esimerkiksi Reimarin merituulivoimahankkeen YVA:ssa on käytetty voimaloiden etäisyytenä 2 km ja voimalakohteisena enimmäisnimellistehona jopa 30 MW. Käytännössä näin tehokkaita voimaloita ei tämän selvityksen aikana tullut tietoon, mutta merituulivoiman kehittymiseen liittyy epävarmuutta ja teknologia kehittyy seuraavien vuosikymmenten aikana.²¹

Merituulivoiman osalta käytetty laskentamalli todennäköisesti aliarvio toteutuvaa tilantarvetta ja voimalatyyppejä, mutta sijoittelu verrattain lähelle kompensoi tämän vaikutusta kokonaistehoarvioon. Joka tapauksessa luvut ovat hyvin viitteellisiä eivätkä kuvasta tarkkaa paikkatietoa alueelle mahdollisesti tulevasta tuulivoimapuistosta.

Taulukko 9. Potentiaalisten alueiden tehokaskennassa käytetty teoreettinen hilaamalli

	Minimiteho (MW)	Maksimiteho (MW)	Etäisyys voimaloiden välillä hilaamallissa
Maatuulivoima	5	8	800 m
Merituulivoima	8	10	1070 m

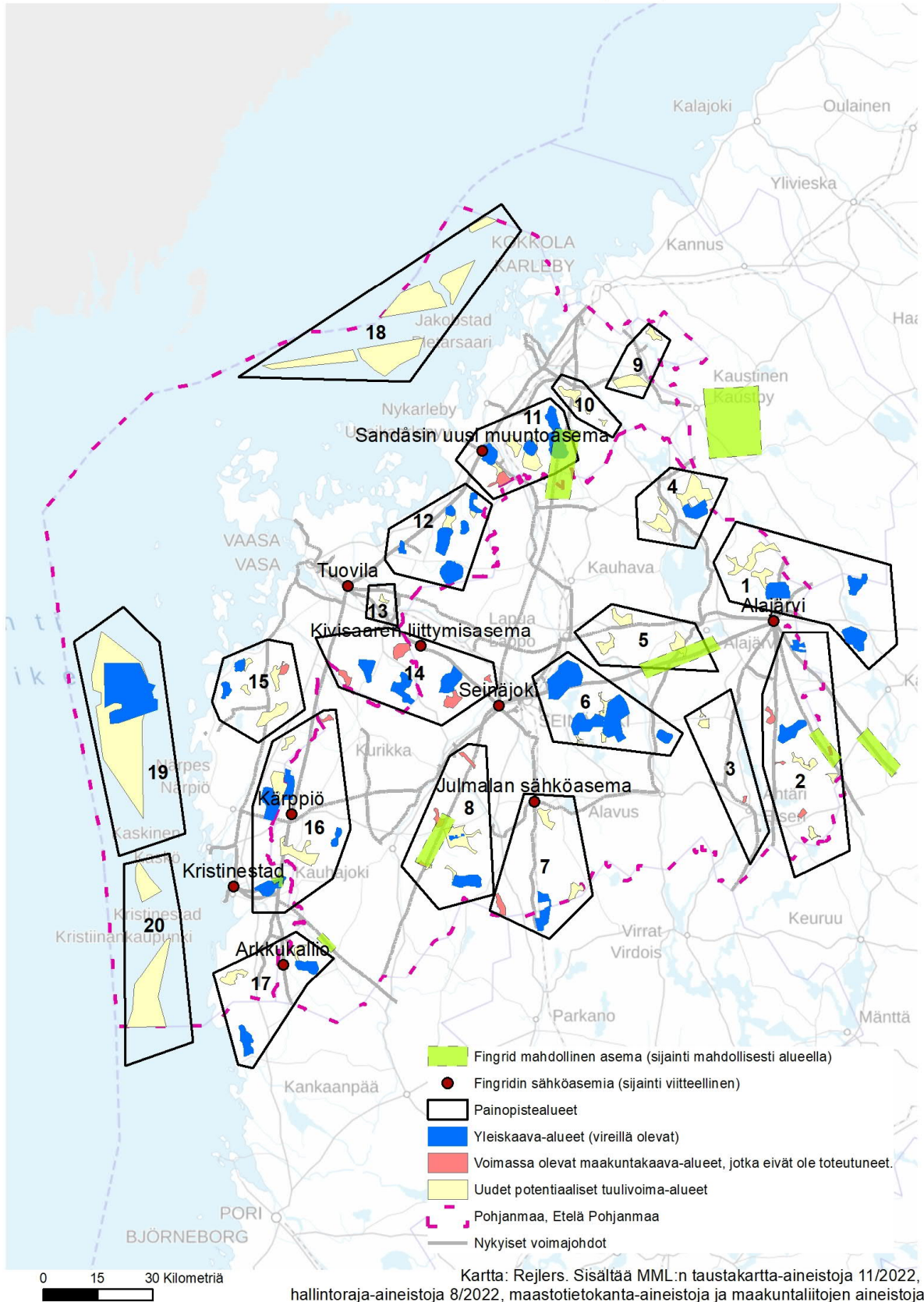
Yleiskaavojen osalta tehoarviot pohjautuvat tuulivoimayhtiöiltä saatuihin arvioihin heidän toteutuvista tuulivoimaloiden tuotantotehoista. Määritelly teoreettinen liittymispiste perustuu joko tekijän tulkintaan tai tuulivoimayhtiöltä saatuihin tietoon. Tarkastelu voi yksinkertaistaa tilannetta ja siksi tuloksia pitäisi tulkita yleiskuvana. Tarkempi liittymispiste määräytyy mm. YVA-prosessissa ja voimajohdon yleissuunnittelussa sekä verkkoyhtiöiden ja tuulivoimayhtiöiden välisissä keskusteluissa ja voi muuttua hankkeen edetessä. Kaikkia vaihtoehtoisia skenaarioita liittymispisteistä, hankkeiden toteutumisesta tai verkon kehittämisestä ei pystytty huomioimaan. Tarkastelussa pyritään luomaan kokonaiskuvaa tilanteesta.

6.2 Hankkeet ja tarkastelualueet

Sähköverkkojen kehittämistarpeiden selvittämistä varten tässä selvityksessä muodostettiin 20 tuulivoiman painopistealuetta Etelä-Pohjanmaalle ja Pohjanmaalle. Alueet muodostettiin maantieteellisen sijainnin, olemassa olevan sähköverkon ja tulevien sähköasemapaikkojen sekä tuulivoimapuistojen suunniteltujen liittymispisteiden perusteella. Painopistealueet ja suunniteltujen hankkeiden määrät ja koot on lueteltu seuraavassa taulukossa (Taulukko 10). Painopistealueet ja alueella olevat potentiaaliset tuulipuistot on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 18). Jälkimmäisessä kuvassa (Kuva 19) on havainnollistettu hankkeiden kokoa ympyrän halkaisijalle. Hankkeiden ja potentiaalisten hankkeiden koot vaihtelevat jopa satakertaisesti hieman yli kymmenestä megawattista jopa muutamaan tuhanteen megawattiin. Useimmat kaavoituksessa olevat maatuulivoimahankkeet ovat kymmeniä tai satoja megawatteja ja merituulivoimahankkeet ovat keskimäärin maatuulivoimahankkeita suurempia.

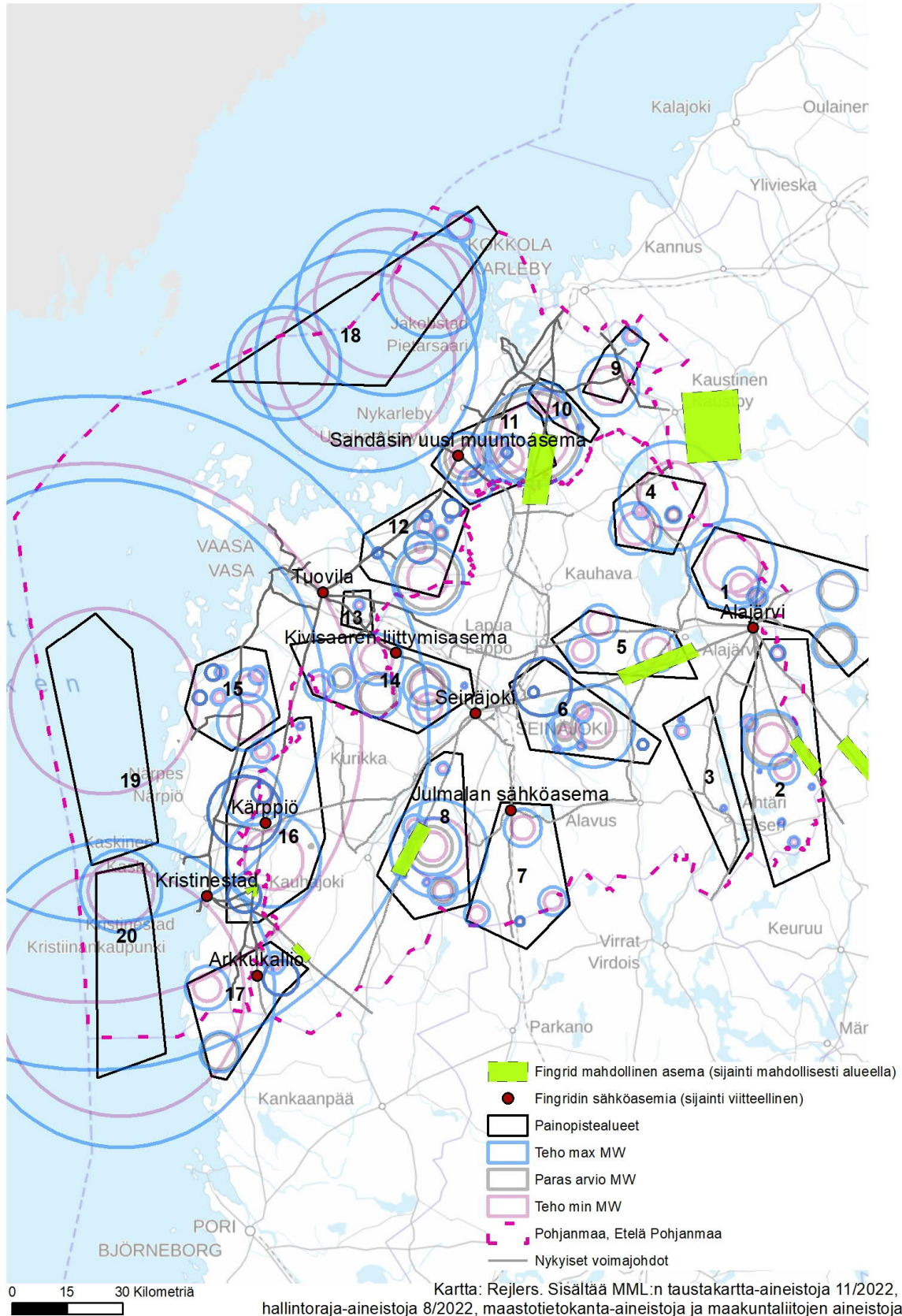
²¹ Skyborn Renewables (2022). Reimari - merituulivoimapuisto ympäristövaikutusten arviointiohjelma

Tuulivoima-alueiden arvioidut sähkönsiirron painopistealueet



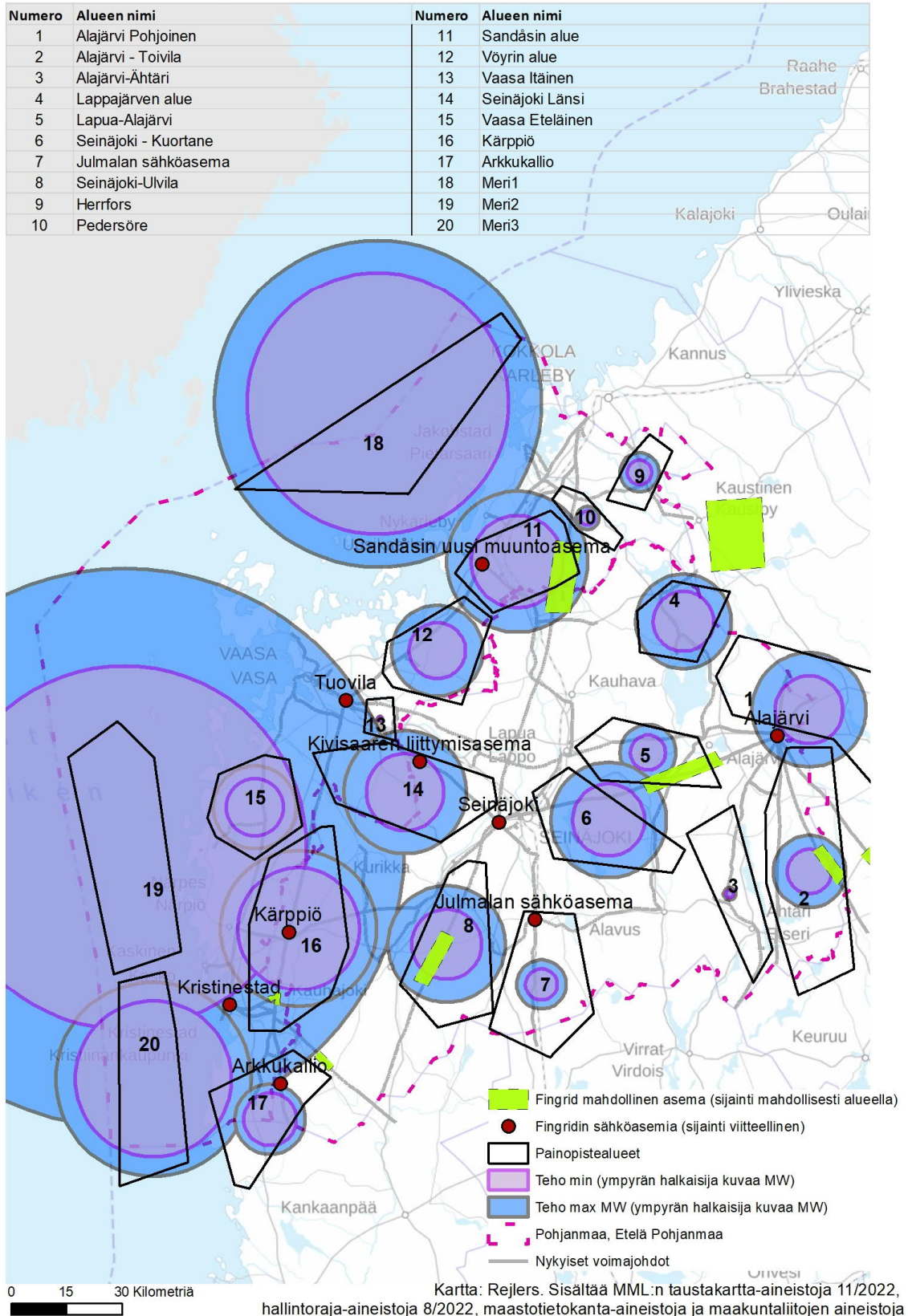
Kuva 18 Sähkönsiirron painopistealueet. Alueelle muodostettiin yhteensä 20 sähkönsiirron painopistealuetta. Painopistealueiden selitteet ja muut tiedot on esitetty erikseen taulukoituna (Taulukko 10).

Tuulivoima-alueiden arvioidut tehot



Kuva 19 Suunniteltujen ja potentiaalisten tuulivoima-alueiden havainnollistetut tehot. Yksittäiset potentiaaliset merituulivoima-alueet korostuvat tehoarvioissa. Painopistealueiden selitteet ja muut tiedot on esitetty erikseen taulukoituna (Taulukko 10).

Painopistealueiden arvioidut tehot havainnollistettuna

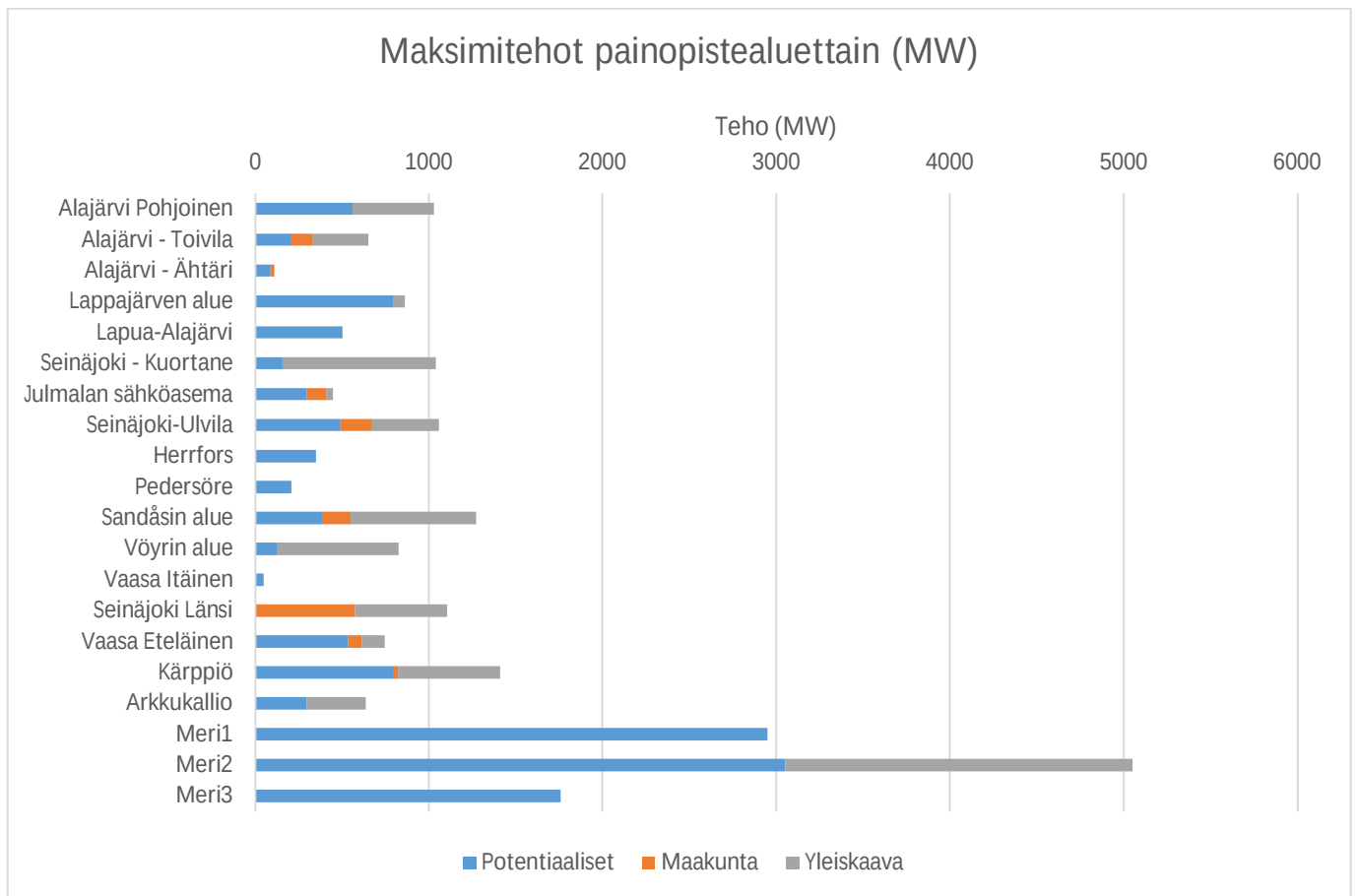


Kuva 20. Suunniteltujen ja potentiaalisten alueiden yhteenlasketut tehot havainnollistettuna painopistealueen kokonaisteholla. Merialueet korostuvat myös alueittain tarkasteltuna. Ympyrä on sijoitettu alueen keskipisteeseen, joten hankkeiden sijainti voi hieman erota. Painopistealueiden selitteet ja muut tiedot on esitetty erikseen taulukoituna (Taulukko 10).

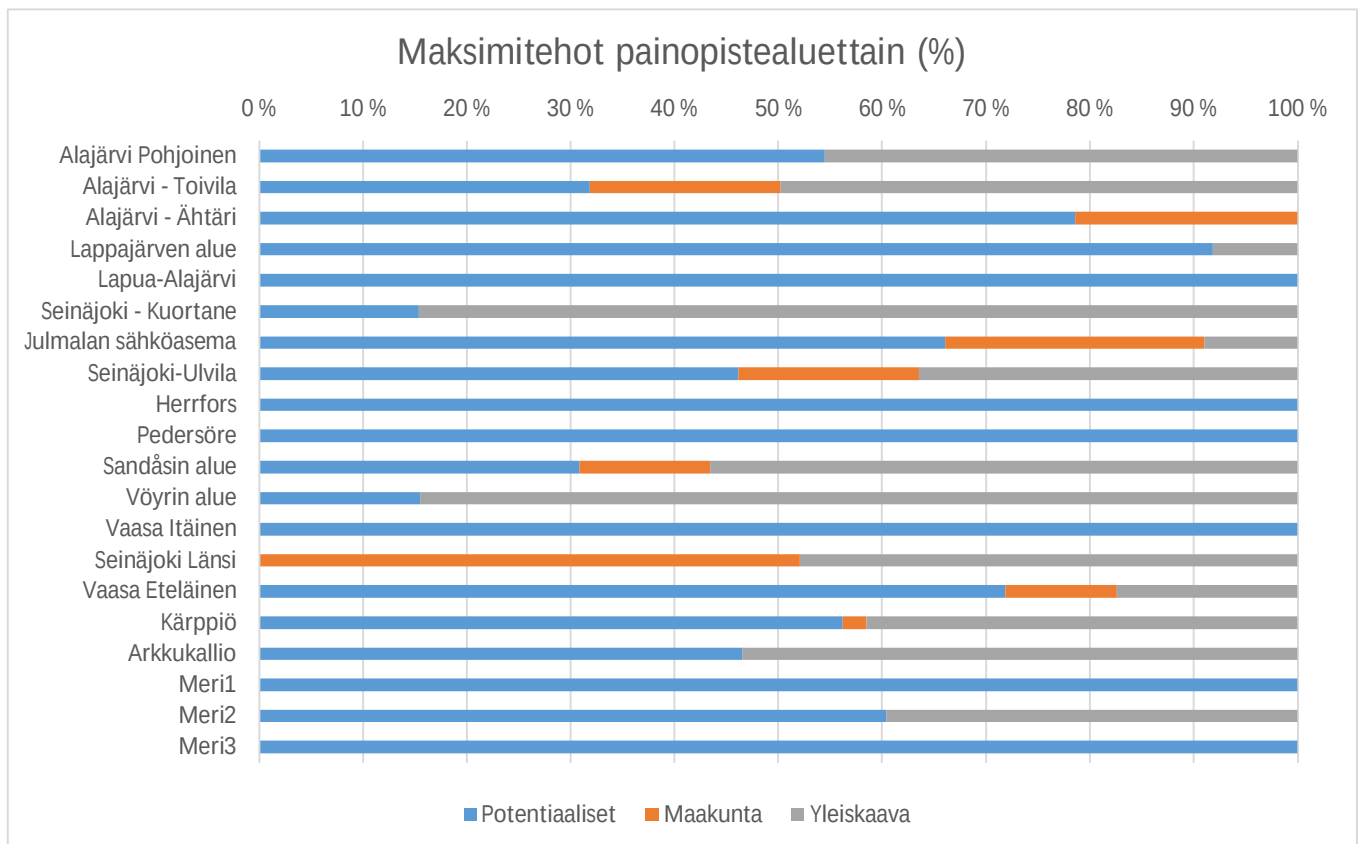
Tässä kappaleessa avataan painopistealueittain alueiden potentiaalista tuulivoimatuotannon tehoa ja sen suhtautumista sähköverkkojen vapaaseen kapasiteettiin. Lisäksi tarkastellaan painopistealueen tuulivoima-alueiden etäisyyttä lähimpään teoreettiseen liityntäpisteeseen ja kantaverkon voimajohtoon. Teoreettinen liityntäpiste on kunkin tuulivoima-alueen osalta lähin kantaverkon olemassa oleva tai suunniteltu liityntäpiste ellei tarkempaa liityntäpistetietoa ole selvityksessä käynyt ilmi. Verkon kapasiteettitietojen ollessa jokseenkin puutteellisia, voidaan etäisyydestarkastelua käyttää tuulivoima-alueiden liittämismahdollisuuksien arvioinnissa. Mitä lähempänä teoreettista liittymispistettä tai voimajohtoa alue sijaitsee, sitä pienemmillä vaikutuksilla tuotanto on ainakin teoriassa alueelta verkkoon liitettävissä. Tämä perustuu olettamukseen, että verkkoyhtiöt kehittävät verkkoaan tulevaisuudessa tuulivoiman mukaan tarveperusteisesti siten, että uutta liityntäkapasiteettia saadaan luotua. Taulukon aluekohtaiset arviot ovat myös esitettynä oheisessa kuvassa (Kuva 20).

Taulukko 10. Tarkastelualueet, potentiaalisten tuulivoima-alueiden määrä ja arvio hankkeiden yhteistehosta.

Alueen numero:	Painopistealue:	Alueiden määrä:	Teho: Min-Max (MW)
1	Alajärvi Pohjoinen	5	610 - 1028
2	Alajärvi - Toivila	8	398 - 653
3	Alajärvi-Ähtäri	3	70 - 112
4	Lappajärven alue	4	545 - 862
5	Lapua-Alajärvi	3	315 - 504
6	Seinäjoki - Kuortane	8	650 - 1040
7	Julmalan sähköasema	4	287 - 448
8	Seinäjoki-Ulvila	8	630 - 1057
9	Herrfors	2	220 - 352
10	Pedersöre	3	130 - 208
11	Sandåsin alue	7	830 - 1271
12	Vöyrin alue	8	510 - 825
13	Vaasa Itäinen	1	30 - 48
14	Seinäjoki Länsi	7	696 - 1106
15	Vaasa Eteläinen	7	515 - 746
16	Kärppiö	8	1100 - 1409
17	Arkkukallio	4	475 - 636
18	Meri1	5	2360 - 2950
19	Meri2	2	3280 - 5050
20	Meri3	2	1408 - 1760
	Yhteensä	99	15059 - 22065



Kuva 21. Painopistealueiden maksimitehojen vertailu eri lähtötietoaineistojen mukaisesti.



Kuva 22. Prosentuaalinen painopistealueiden maksimitehojen vertailu eri lähtötietoaineistojen mukaisesti.

Oheisista kuvista voidaan havaita, että uusien maakuntakaava-alue ehdotukset vastaavat noin 65 % potentiaalisesta tuulivoimatehosta, ja täten mahdollistavat huomattavan kehityksen alueen tuulivoimamäärässä (Kuva 21 ja Kuva 22).

Yhteensä Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla on vielä 99 potentiaalista tuulivoima-aluetta, joiden kokonaisteho voi olla jopa 22 GW. Lisäksi on esisuunnitteluvaiheen hankkeita, jotka eivät sisälly arvioihin.

Alajärvi-Toivilan painopistealueella on yhteensä 8 tuulivoima-aluetta, joista 3 on uusia potentiaalisia tuulivoima-alueita, 3 voimassa olevan maakuntakaavan mukaisia alueita ja 2 yleiskaavaan merkittyä hanketta. Merkittävin hanke alueella on yleiskaavan mukainen Kimpilamminkankaan tuulivoimahanke, jonka tehoarvio on 230 MW. Toinen julkinen hanke alueella on Pesola, jonka tehoarvio on 64 MW. Voimassa olevassa maakuntakaavassa olevien ja uusien potentiaalisten alueiden arvioidut koot vaihtelevat pääasiassa 10-48 MW välillä, mutta potentiaaliselle tuulivoima-alueelle Ähtärin Kivijärven pohjoispuolella on mahdollista rakentaa 85-136 MW tuulivoimatuotantoa. Molempien alueen julkisten hankkeiden pääasiallisena liityntäpaikkana olisi Alajärven sähköasema. Alajärven sähköasemalle on merkitty liittymiskapasiteettia 280 MW 110 kV liitانتänä. Liitانتäkapasiteettia alueella ei täten ole riittävästi vaan tarvitaan verkon kehittämistoimia.

Alajärvi-Toivilan painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 14 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 5 km.

Alajärvi Pohjoinen alueella on 5 tuulivoima-aluetta, joista 2 on uusia potentiaalisia alueita ja yksi yleiskaavasta löytyvä alue. Hankkeista 3 on Etelä-Pohjanmaan puolella ja 2 Keski-Suomen puolella. Hankkeiden mahdolliset koot ovat huomattavasti Alajärvi-Toivilaa suuremmat ja Etelä-Pohjanmaan 3 hankkeen yhteistehot ovat noin yhtä suuret kuin Alajärvi-Toivilan alueen 8 hankkeella. Potentiaalisille alueille on suunnitteilla 350-560 MW edestä tuulivoimatuotantoa. Yleiskaavaan merkityn hankkeen teho on arviolta noin 72 MW ja arvioitu liityntäpiste on Möksyn sähköasema. Keski-Suomen puolella ovat Hanhinevan hanke n. 170 MW ja Kirvesvuoren hanke n. 160 MW, joiden arvioitu liittymispiste olisi Alajärven sähköasema. Lisäksi Keski-Pohjanmaan alueella maakuntakaavassakin oleva Perhon Kokkonevan suurehko arviolta 250-340 MW hanke liittyyne alueelle, mutta se puuttuu laskennasta ja kartoilta, koska raportin aikana oletettiin, että se ei ole yleiskaavavaiheessa.

Alajärvi Pohjoinen painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 17 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 4 km.

Arkkukallion alueelle on tulossa Fingridin uusi 400/110 kV muuntoasema. Alueella on yhteensä 4 tuulivoima-aluetta, joista 2 on uusia potentiaalisia alueita ja 2 yleiskaavaan merkittyä hanketta, joista Korpi-Matin tuulivoimahanke on Satakunnan maakunnan puolella. Yleiskaavahankkeiden suunnitellut tehot ovat 160 MW Surmankeidas ja 160 MW Korpi-Matin tuulivoimahanke. Potentiaalisten alueille on määritetty sopivan 185-296 MW edestä tuulivoimatuotantoa. Alueen pääasiallisena liityntäpaikkana on Arkkukallion sähköasema. Arkkukallion asemalle on merkitty liittymiskapasiteettia 400 kV puolelle 1110 MW. 110 kV puolelle liittymiskapasiteettia on puolestaan merkitty 610 MW. Arkkukallion asemalle pystytään liittämään kaikki alueelle suunnitteilla oleva tuotantokapasiteetti. Arkkukallion alueelle sijoittuu myös Kolmihaaran tuulivoimahanke, mutta sen liittymispiste on Satakunnan puolella sijaitseva Fingridin tuleva Honkajoen kytkinasema. Tämän vuoksi Kolmihaaran hanketta ei ole käsitelty tässä analyysissä.

Arkkukallion painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 11 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 6 km.

Lappajärven alueella on noussut esille huomattavasti uusia tuulivoima-alueita maakuntaliittojen selvityksessä. Alueella on 3 uutta potentiaalista aluetta, joiden tuulivoiman kokonaistehon arvioidaan olevan 455-728 MW. Näiden lisäksi alueella on yleiskaavan merkitty Iso Saapasnevan hanke, jonka tehoarvio on 60 MW. Iso Saapasneva on liittymässä EPV 110 kV verkkoon johdonvarsiliityntänä. Jos potentiaalisille alueille muodostuu hankkeita, on todennäköistä, että hankekoot ovat huomattavasti Iso Saapasnevaa suurempia. Tämän vuoksi tulevaisuudessa vastaava johdonvarsiliityntä ei tule olemaan mahdollinen.

Lappajärven painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 27 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 5 km.

Herrforsin alueella on noussut tuulivoimaselvityksessä esille kaksi potentiaalista aluetta. Alueiden potentiaalinen tuulivoimatuotannon määrä on 220-352 MW. Potentiaalisilla alueilla ei ole määriteltyjä liityntäpaikkoja, mutta alueella toimii pääasiassa Herrfors Nät-Verkko Oy Ab. Herrforsin verkkoon on tulossa 500 MW uutta liitântäkapasiteettia.

Herrforsin painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 31 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 3 km.

Julmalan sähköasema alueen määrittämisessä on käytetty tietoa, että Fingrid on rakentamassa alueelle uuden 110 kV:n sähköaseman. Alueella on yhteensä 4 tuulivoima-aluetta, joilla on vaikutusta tulevaisuuden tuotantokapasiteettiin. Tuulivoimaselvityksessä on selvinnyt kaksi uutta potentiaalista aluetta, joiden arvioitu tehotuotanto on 185-296 MW. Tämän lisäksi maakuntakaavassa on määritetty alue, jolle on arvioitu mahtuvan 70-112 MW edestä tuulivoimatuotantoa. Yleiskaavassa on myös merkintä Lylyharjun hankkeesta, jonka tehoarvio on 40 MW. Lylyharjun hankkeen arvioitu liittymispiste on Fingridin Seinäjoki-Rännäri-voimajohto tai Rännärin sähköasema.

Julmalan sähköaseman painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 22 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 6 km.

Alajärvi - Ähtäri on alue, jossa potentiaalisia alueita on vähän ja potentiaalinen tuulivoimatuotanto pientä. Alueen pohjoisosassa on kaksi uutta potentiaalista aluetta, joiden tuulivoiman kokonaistuotanto on yhteensä 45-72 MW. Ähtärin tasalle on merkitty yksi tuulivoima-alue voimassa olevassa maakuntakaavassa ja sen arvioitu koko on 15-24 MW. Alueiden pienen koon vuoksi on mahdollista, että voimalat voisivat liittyä alueella toimivan Sähkö-Virkeät Oy:n Virrat - Alajärvi - voimajohdolle. Yhteensä alueelle on mahdollista liittää maksimissaan 60 MW, joten liitântäkapasiteettia ei ole riittävästi.

Alajärvi - Ähtäri painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 21 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 6 km.

Kärppiön alue on määritetty Fingridin 400/110 kV Kärppiön sähköaseman alueelle. Alueella on runsaasti hankkeita. Yleiskaavatason hankkeet, jotka tulevat vielä vaikuttamaan liityntäkapasiteetteihin ovat Ristihaarjunkalliot 15 MW, Paulakangas 90 MW, Bredåsen 330 MW (osayleiskaava valmisteluvaiheessa) ja Abäck 150 MW (osayleiskaava ehdotusvaiheessa). Ensimmäiset kolme aluetta on arvioitu liitettävän Kärppiön sähköasemaan ja Åback puolestaan liitetään Fingridin johtoon hankealueella. Näiden lisäksi alueella on kolme uutta potentiaalista tuulivoima-aluetta ja yksi voimassa olevaan maakuntakaavaan määritetty alue. Näiden arvioitu tuotannon yhteenlaskettu kokonaismäärä on 495-792 MW uusille alueille ja 20-32 MW voimassa olevaan maakuntakaavaan merkitylle alueelle. Fingridin tämänhetkisten investointien pohjalta Kärppiön asemalla on liittymiskapasiteettia 1300 MW 400 kV ja 330 MW 110 kV puolille. Tämä riittäisi yhteenlaskettuna kattamaan kasvavan tuotannon painopistealueella.

Kärppiön painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 12 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 4 km.

Lapua-Alajärven alueella on määritetty kolme uutta potentiaalista tuulivoima-aluetta. Tuulivoima-alueiden yhteenlaskettu koko on 315-504 MW. Alueille ei ole tiedossa potentiaalisia suunniteltuja liityntäpaikkoja, joten hankkeiden todennäköisimmät liityntäpisteet ovat joko Seinäjoen tai Alajärven sähköasemat.

Lapua-Alajärven painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 15 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 3 km.

Meri1 alueen arvioidut voimalamäärät ovat hieman pienempiä kuin toisilla merituulivoima-alueilla, mutta yhteensä alueen teho on 2360 – 2950 MW. Kaikkien alueiden arvioitu liityntäpaikka olisi Sandåsin sähköasema.

Meri1 painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 49 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 32 km.

Meri2 alueella on puolestaan kaksi tuulivoima-aluetta, joista toinen on uusi potentiaalinen tuulivoima-alue ja toisesta alueista on tehty kaavoituspäätös (mutta hanke on vielä esiselvitysvaiheessa). Uuden potentiaalisen alueen arvioitu koko on 2440-3050 MW. Kaavoituspäätöksen saaneen Korsnäs havsvindpark tehoarviossa on huomattavan suuri hajonta 840-2000 MW, mikä on tyypillistä merituulivoimahankkeille. Korsnäs hankkeen osalta alueen potentiaalisiksi liitännäspisteiksi on merkitty Tuovilan sähköasema.

Meri2 painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 54 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 23 km.

Meri3 painopistealueella on kaksi potentiaalista tuulivoima-aluetta. Tuulivoima-alueiden yhteenlaskettu koko on 1408-1760 MW. Varsinaista liitännäspistettä ei ole, mutta rannikolla lähin potentiaalinen sähköasema olisi Abåckin 400 kV sähköasema.

Meri3 painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 37 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 24 km.

Pedersören alue koostuu kolmesta uudesta potentiaalisesta tuulivoima-alueesta. Potentiaalisten tuulivoimahankkeiden yhteenlaskettu arvioitu koko on 130-208 MW.

Pedersören painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 17 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 5 km

Sandåsin alue on määritetty alueelle, johon Fingrid on rakentamassa uutta muuntoasemaa. Alueella on huomattavan suuri tuulivoimapotentiaali, ja yhteensä potentiaalisia alueita on 7, joista 3 on uusia tuulivoimaselvityksen pohjalta määritettyjä alueita. Alueella on 3 yleiskaavaan merkittyä hanketta (valmisteluvaiheessa), joiden koot ovat Purmo 400 MW, Kaitsar 45 MW ja Björkbacken 180 MW. Potentiaalisten alueiden yhteenlaskettu arvioitu koko on 245-392 MW. Näiden lisäksi on yksi voimassa olevan maakuntakaavan mukainen alue, jolle on arvioitu mahtuvan 100-160 MW tuulivoimaa. Björkbackenin ja Purmon tuulivoimahankkeiden arvioitu liittymispaikka on tuleva Sandåsin uusi muuntoasema. Sandåsin asemalle on merkitty liittymiskapasiteettia 1300 MW ja 300 MW 400 kV ja 110 kV puolille. Tämän kapasiteetin toteutuessa voidaan Sandåsin asemalle liittää kaikki maatuulivoima alueelta. Viereisistä painopistealueista on myös tarvittaessa mahdollista liittää tuotantotehoa Sandåsiin. Fingrid kuitenkin nosti esille, että Sandåsia on ajateltu potentiaalisesti merituulivoiman liitännäsasemaksi, jolloin kapasiteetti ei riitä.

Sandåsin painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 8 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 4 km

Seinäjoki - Kuortane alue koostuu pääasiassa jo yleiskaavaan merkityistä hankkeista, ja uudet potentiaaliset alueet ovat lähinnä pienempiä alueita yleiskaava-alueiden reunamilla. Painopistealueen merkittävimmät hankkeet ovat Napalankalliot-Hietaharjunkangas, jonka koko on arviolta 200 MW ja Lamminneva, jonka tuotantoteho on arviolta 260 MW. Muut yleiskaavan alueet ovat Isovuori 45 MW, Palopättäränmäki 80 MW ja Sarvineva 45 MW. Alueen hankkeiden arvioidut liittymispisteet vaihtelevat Seinäjoen ja Alajärven välillä. Kolmen uuden potentiaalisen alueen yhteenlaskettu kokoarvio on 100-160 MW.

Seinäjoki - Kuortane painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 22 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 7 km

Seinäjoki Länsi painopistealueella on 7 potentiaalista tuulivoima-alueita, joista 3 on yleiskaavassa ja 4 voimassa olevan maakuntakaavan mukaisia alueita. Yleiskaavassa merkityt hankkeet ovat Ooperi 160 MW, Taaborinvuori 80 MW ja Jokiperä 160 MW. Voimassa olevan maakuntakaavan mukaisten alueiden yhteenlaskettu kokoarvio on 360-576 MW. Kaikkien yleiskaavan hankkeiden liityntäpiste on Seinäjoen sähköasema. Seinäjoen asemalle on merkitty liittymiskapasiteettia 310 MW 110 kV puolelle. Kapasiteetti ei riitä kattamaan alueen liityntätarpeita.

Seinäjoki Länsi painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 14 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 7 km

Seinäjoki-Ulvilan painopistealue koostuu 8 tuulivoima-alueesta, jotka tulevat vaikuttamaan kapasiteettiin. Alueista 2 on yleiskaava-alueita Harjanneva 100 MW ja Palloneva 180 MW. Lopuista alueista 3 on voimassa olevan maakuntakaavan mukaisia alueita, joiden yhteenlaskettu koko on 115-184 MW, ja viimeiset kolme ovat uusia potentiaalisia alueita yhteenlasketun kokoarvion ollessa 305-488 MW. Yleiskaavahankkeiden liityntäpisteeksi on arvioitu uusi kytkinlaitos Fingridin 400 kV Seinäjoki-Ulvila voimajohtoyhteydellä.

Seinäjoki-Ulvilan painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 9 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 4 km

Vaasa Eteläinen painopistealue koostuu 7 hankkeesta, joista 4 on uusia potentiaalisia tuulivoima-alueita, 1 voimassa olevan maakuntakaavan mukainen tuulivoima-alue ja 2 yleiskaavahanketta. Potentiaalisille alueille on arvioitu mahtuvan yhteensä 335-536 MW edestä tuulivoimaa ja voimassa olevan maakuntakaavan mukaiselle alueelle 50-80 MW tuulivoimalaa. Yleiskaavassa (valmisteluvaihe) mainitut hankkeet ovat Molpe 70 MW ja Poikel 60 MW. Poikelin arvioitu liityntäpiste on Taklaxin sähköasema, ja Molpe puolestaan liittyy Lolaxiin. Molemmat kuitenkin todennäköisesti liittyvät EPV Alueverkon (EPA) sähköverkkoon.

Vaasa Eteläinen painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 34 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 5 km

Vaasa Itäinen alue koostuu vain yhdestä painopistealueesta. Kyseinen alue on eritelty, koska se on monen voimajohdon lähellä, joten mahdollisia liittymispisteitä on monia. Alueen arvioitu koko on 30-48 MW. Alueella on Tuovilan sähköasema, joka on todennäköisin liityntäpaikka, mutta näin pieni tuulipuisto voi myös liittyä voimajohdon varteen. Fingridin tämänhetkisten suunnitelmien mukaan Tuovilan asemalle voidaan liittää 280 MW tuulivoimaa.

Vaasa Itäinen painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 10 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 2 km

Vöyrin alue koostuu alueesta Vaasan ja Sandåsin tulevan muuntoaseman välissä, ja alueella on suunnitteilla paljon tuulivoimaa. Suurin osa alueista on jo yleiskaavassa, mutta lisäksi on havaittu, että alueella on lisäpotentiaalia tuulivoimaselvityksessä. Yleiskaavan (valmisteluvaihe, pl. Söderskogen) alueet ja niiden arvioidut tehot ovat Öland 45 MW, Lasor 140 MW, Kivine 280 MW, Söderskogen 45 MW, Vargitmosse 80 MW ja Roukus 50 MW. Potentiaalisten alueiden yhteenlaskettu kokoarvio on 80-128 MW. Vöyrin alue jää kahden alueelle merkittävän liityntäaseman Tuovila ja Sandåsin väliin. Tämä näkyy hankkeiden arvioiduissa liittymispaikoissa. Mahdollisia liittymispisteitä ovat pääasiassa Lotlaxin sähköasema ja Tuovilan sähköasema. Osa tuulivoimayhtiöistä ovat kuitenkin nostaneet esille, että liittäminen on mahdollista vasta, kun Sandåsin uusi muuntoasema on rakennettu.

Vöyrin painopistealueen hankealueiden keskimääräinen etäisyys lähimmästä teoreettisesta liityntäpisteestä on n. 20 km. Keskimääräinen etäisyys lähimmästä voimajohdosta on puolestaan n. 5 km

Painopistealueiden liitettävyyden osalta voidaan todeta, että Meri1, Meri2 ja Meri3 liittyminen tulee aiheuttamaan paikallisesti eniten kehitystarpeita liityntäjohtojen ja ympäröivän verkon kannalta. Etäisyydet olemassa oleviin liityntäpisteisiin ovat kohtalaisen pitkiä ja erityisesti potentiaalinen tuulivoimatuotannon määrä on suuri verrattuna maatuulivoimakohteisiin. Maatuulivoiman osalta nähdään, että Alajärven ja Seinäjoen ympäristöön kohdistuu huomattavaa painetta uusille liitynnöille, joskin etäisyydet teoreettisiin liityntäpisteisiin ovat maltilliset. Myös Tuovilan sähköaseman seutuun kohdistuu painetta Vöyrin ja Vaasan alueista, joskin täällä tilannetta helpottaa tuleva Sandåsin asema. Sandåsin liityntäkapasiteetille on kuitenkin runsaasti kysyntää, mikäli merituulivoima alkaa toteutua. Evijärven alueen osalta voidaan todeta, että etäisyys teoreettiseen liityntäpisteeseen on kohtalaisen pitkä, eikä EPV:n verkkoon saada liitettyä enää merkittäviä määriä uutta tuulivoimaa. Myös Julmalan osalta etäisyys teoreettisen liittymispisteen osalta on pitkä, joskin täällä Fingridillä on jo olemassa oleva suunnitelma uudesta liityntäasemasta.

7 Sähköverkon kehittämistarpeet

Fingrid on havainnut Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan alueilla vallitsevan verkon kehitystarpeen jo hyvissä ajoin, mutta kantaverkon hankekehitys kestää useita vuosia. Tuulivoimahankkeiden kehitys on usein nopeampaa ja hankkeita on erittäin paljon, minkä seurauksena Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla on voimassa käytännössä liittymiskielto. Investointipäätöksiä uusista liittymisasemista on kuitenkin viety jo pitkälle ja noin 7 vuoden kuluessa tulee alueelle paljon uutta liittämiskapasiteettia. Uudet sähköasemat painottuvat erityisesti rannikkolinjan alueelle, missä tuulivoimatuotantoa on suunnitteilla eniten.

Tuulivoimapuistojen keskimääräiset koot ovat kasvaneet ja tulevat tulevaisuudessa todennäköisesti edelleen kasvamaan. Tuulipuistojen 400 kV:n verkkoliitynnät tulevat yleistymään. Näistä syistä liittyminen tapahtuu useimmiten Fingridin kantaverkkoon. 110 kV:n jännitetasolla suuria tehoja pitkiä matkoja siirrettäessä loistehon kulutus muodostuu haasteeksi, johon 400 kV:n verkon käyttäminen vastaa. Muun muassa näistä syistä Fingridillä on erittäin merkittävä rooli tuulivoiman mahdollistajana Suomessa.

Verkkoliitännäsanalyysin pohjana käytettiin verkkokiikarissa olevia kapasiteetteja, sähköverkkojen olemassa olevia ja suunniteltuja liittymispisteitä sekä tuulivoimayhtiöiden ilmoittamia potentiaalisia liittymispisteitä. Rannikkoseudulla potentiaalinen tuulivoima jakautuu uusien liittymisasemien mukaisesti pitkin rannikkoa. Tällä hetkellä voidaan todeta, että kun rannikkoalueen kantaverkon vahvistukset tulevat voimaan, hyvin suuri osa kyseisten alueiden kapasiteeteista voidaan liittää verkkoon. Fingrid ei kuitenkaan jakanut tarkkaa tietoa alueiden yhteisvaikutuksista, joten analyysissä käytetyt kapasiteetit voivat olla liiankin suuria. Merituulivoimaloiden rakentaminen tulisi kuitenkin viemään vapautuvan kapasiteetin lähes kokonaan, ja verkkovahvistuksia tarvittaisiin vielä enemmän. Sisämaahan siirryttäessä liittymispisteet ovat kuitenkin pääasiassa Seinäjoen ja Alajärven sähköasemat. Alajärven sähköasema on laajentumassa, mutta varsinaista vaikutusta kapasiteetteihin ei näy verkkokiikarissa. Erityisesti Etelä-Pohjanmaan alueelle muodostuukin painetta uusille liittymispisteille ja kapasiteetit ovat loppumassa.

Merkittävä tuloksiin vaikuttava tekijä on merituulivoiman kehittyminen ja myös puistojen toteutuva teholaajuus. Yksittäisillä merituulipuistoilla on merkittäviä verkkovaikutuksia. Toisaalta merituulivoimahankkeiden toteutumista ei odoteta aivan lähivuosina mm. hankevaiheen ja kustannusten takia, jolloin on mahdollista, että verkkoa ehditään kehittää niin että niiden liittäminen myöhemmin on mahdollista. Muussa tapauksessa on mahdollista, että osa molempia tuotantomuotoja tukevista verkkoinvestoinneista ehtii tukea maatuulivoiman liittymistä. Toisaalta mahdollisessa kaavarajauksella on jo itsessään verkon kehittämistä ohjaavaa signaali vaikutusta. Mikäli sähkön sijaan siirrettäisiin vetyä, voi tämä vähentää painetta sähköverkon kehittämiseen.

Nykytilanteessa jakeluverkkoyhtiöillä alueverkkojen kapasiteetit ovat monin paikoin jo kokonaan käytössä tai vapaat kapasiteetit on jo myyty rakennettavalle tuulivoimalle. Joissakin paikoissa kapasiteettia on vielä jäljellä, mutta tuulivoiman liittäminen on aina katsottava tapauskohtaisesti, koska käytettävissä oleva kapasiteetti riippuu muuan muassa tarkasta liittymiskohdasta eikä tarkkaa vapaata kapasiteettia pysty aina toteamaan. Tässä selvityksessä esitetyt arviot ovat viitteellisiä ja viime kädessä verkkoyhtiö vastaa liittymäkapasiteetin osoittamisesta. Jakeluverkkoyhtiöiden investoinnit voimajohtoihin ja sähköasemiin riippuvat paljon Fingridin suunnitelmista ja aiotuista investoinneista. Fingridin suunnitelmat ja tehtävät verkkoinvestoinnit vaikuttavat jakeluverkkoyhtiöiden verkkoon, sillä Fingridin verkkovahvistukset ja uuden verkon rakentaminen voivat myös vapauttaa jakeluverkkoyhtiöiden nykyisen alueverkon kapasiteettia uudelleen käyttöön. Tämän takia Fingridin roolia ja yhteistyön merkitystä korostettiin.

Fingridin päävoimansiirtoverkon vahvistukset Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla pyrkivätkin parantamaan siirtoyhteyksiä rannikolta kulutukselle. Kristinestad - Melo -voimajohto parantaa erityisesti tilannetta Rannikkolinjan eteläosissa, kun taas Alajärvi - Jylkkä -voimajohto pienentää pohjois-etelä suuntaista painetta Rannikkolinjan pohjoispäässä. Tuulivoiman kehittyminen on kuitenkin niin voimakasta, että kantaverkkoa joudutaan kehittämään vielä molempien maakuntien alueella.

Voimakas tuulivoimarakentaminen ei ole ainut tekijä, joka vaikuttaa Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan sähkönsiirtotarpeisiin. Siihen vaikuttavat myös sähkönkulutuksen kehittyminen ja Suomen sisäisen pohjoiseteläsuuntaisen siirtotarpeen kasvu. Tähän vaikuttaa lisäksi osaltaan rajayhteyksien kehittyminen Ruotsiin. Sähkönkulutuksen kehittymisen ja sijoittumisen osalta on ehkä enemmän epävarmuutta kuin tuotannon kehittymisen ja sijoittumisen osalta. Sillä, minne ja missä laajuudessa sähkönkulutusta tulevaisuudessa kehittyä, on vaikutusta sähkönsiirtotarpeisiin.

Suurjännitteisten jakeluverkkojen (110 kV -jännitetaso) osalta kehittämistarpeita ohjaa osin kahdesta eri suunnasta tulevat ajurit, joiden muodostamien tarpeiden ja rajoitteiden perusteella verkonhaltijat voivat verkkoa kehittää huomioiden sähkömarkkinalain mukaiset verkon liittämisen- ja kehittämisvelvollisuudet. Kehittämistä ohjaa sähköntuotannon kehitys, erityisesti tuulivoimahankkeiden kehitys, sekä sähkönkulutuksen kehitys niin jakeluverkoissa kuin suurjänniteverkossakin. Toisaalta kehittämistä ohjaa ja mahdollistaa Fingridin kantaverkon kehittäminen. Toisaalta verkon tilanne aiheuttaa myös rajoitteita erityisesti uusiutuvan sähköntuotannon liittämiseksi Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla lähivuosina.

Varmistuneita lähitulevaisuuden verkkojen kehittämishankkeita seuraavat suurjännitteisen jakeluverkon kehittämistoimenpiteet riippuvatkin lopulta vahvasti siitä, miten yksittäiset kantaverkon kehittämiseksi tehtävät hankkeet lopulta toteutuvat ja mitä ne mahdollistavat. Näin ollen niiden ennakoiminen ennen tämän hetken tiedon mukaan vuosina 2027-2028 valmistuvien kantaverkon investointien lopullisen toteutuksen selviämistä on jokseenkin haasteellista. Myöskään myöhempiä suurjännitteisen jakeluverkon kehittämistarpeita on melko haasteellista ennakoida maakuntakaavassa, sillä ne riippuvat edelleen kantaverkon kehittämisestä ja toisaalta tuulivoima- ja muiden hankkeiden etenemisjärjestyksestä. Kantaverkon liittymiskapasiteetti jossain pisteessä voi kasvaa esimerkiksi uuden sähköaseman, uuden voimajohdon tai muun investoinnin seurauksena. Muut verkonhaltijat pyrkivät mahdollisesti hyödyntämään kasvaneen liittymiskapasiteetin rakentamalla omia voimajohtoyhteyksiä kyseisten pisteiden läheisyyteen. Tällä on maankäyttövaikutusta aseman läheisyydessä ja se voi vaikuttaa aseman sijaintiin, vaikka yleisesti pyritäänkin hyödyntämään yhteisiä johtokäytäviä. Kehittämisvalintoihin vaikuttaa merkittävästi myös

kunkin toimijan jo olemassa olevat verkot, mitkä on vuosikymmenten aikana tehty hyvin pitkälti sähkönkulutuksen ehdoilla erityisesti alempia jännitetasoja palvelemaan. Verkko ei tällöin monesti ole laajamittaisen tuotannon liittämisen kannalta optimaalinen. Tämän vuoksi esimerkiksi tuulivoimatoimijat saattavat joutua rakentamaan liittymisjohdoista pidempiä ja enemmän tilaa vieviä erityisesti, mikäli yhteisten liittymisjohtojen hyödyntäminen ei yleisty.

Yleisesti sähköverkkojen näkökulmasta esimerkiksi juuri maakuntakaava voisi olla ohjaava tekijä myös verkkojen kehittämisessä muodostamatta toteutettavuuden kannalta mahdottomia reunaehdot sähköverkonhaltijoille tai muille toimijoille, mikäli uusiutuvan energian kehitystä halutaan ohjata yhteiskunnan kannalta optimaaliseksi. Ohjausta voitaisiin toteuttaa esimerkiksi hankkeiden priorisoinnin ja eri toimijoiden välisen koordinoinnin kautta. Yhteenvetona sähköverkkojen kehittämistarpeista selvitysalueella voidaan todeta, että nykyinen vapaa liitäntäkapasiteetti suurjännitteisissä verkoissa alkaa olla tilapäisesti loppumassa tai on jo loppunut ja kehittämistarpeita uuden tuotannon liittämiseksi on. Erityisesti selvitysalueen läntisessä osassa uuden nimellisteholtaan yhtään merkittävämmän energiantuotannon liittäminen vaatii käytännössä laajempaa verkkojen kehittämistä ja vahvistamista esimerkiksi uusien voimajohtoyhteyksien muodossa.

8 Sähkönsiirron ympäristövaikutuksia ja vaikutusten vähentäminen

Yksittäisen 110 kV voimajohdon ympäristövaikutukset arvioidaan yleensä Energiateollisuuden ohjeen mukaisella ympäristöselvityksellä, johon tyypillisesti liittyy viranomaisneuvottelu ja maastotöitä. Selvityksessä arvioidaan mm. voimajohdon vaikutuksia maisemaan, luontoon, arkeologisiin kohteisiin ja asutukseen. Laissa ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVAL 252/2017) määritetään automaattinen ympäristövaikutusten arviotarve, kun kyseessä on vähintään 220 kilovoltin maanpäälliset voimajohdot, joiden pituus on yli 15 kilometriä. Toisin sanoen kaikki yli 15 km pituiset 220 kV johdot käyvät läpi ympäristövaikutusten arviointiprosessin, mutta tyypillisesti myös 110 kV liityntäjohdot sisällytetään tuulipuiston ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn. Selvityksissä tunnistettuja haitallisia vaikutuksia pyritään vähentämään suunnittelun ja rakentamisen aikaisilla ratkaisuilla. Hankkeiden välillä on eroa siinä, mihin tärkeimmät vaikutukset kohdistuvat.

Käytännössä tuulipuistojen liityntäjohdot rakennetaan ilmajohtoina. Rakentaminen kaapelina tulee kyseeseen lähinnä tiiviisti asutuilla keskusta-alueilla. Kaapelien teknisenä haasteena on korkeampi kustannus, lyhyempi käyttöikä ja hankalampi viankorjaus. Lisäksi rakentamisen aikana kaivuuta tarvitaan laajemmalla alueella kuin ilmajohdon rakentamisessa. Tuulipuiston sisäinen sähkönsiirto kuitenkin toteutetaan tyypillisesti kaapelointina matalammalla jännitetasolla.

Voimajohtojen merkittävimmät haitalliset vaikutukset kohdistuvat metsiin ja niiden lajistoon, sillä johtoaukealta poistetaan puusto. Reuna-alueelta poistetaan puusto niin, että kun etäisyys johdon keskilinjasta kasvaa, puiden pituus kasvaa. Tavoite on varmistaa sähköjohdon säävarmuus ja turvallisuus. Yleensä 110 kV johtoaukko on sivulle 13 metriä, jonka lisäksi tulee 10 metrin reuna-alue, jolta puustoa lyhennetään. Mikäli johdot ovat vierekkäin, voi niiden välinen etäisyys olla tapauskohtaisesti hieman lyhyempi ja tämä vähentää myös metsävaikutuksia johtoalueella. Mikäli useampia 110 kV virtapiirejä voidaan viedä samaan pylväsrakenteeseen tämä vähentää myös maankäyttövaikutusta verrattuna kahteen erilliseen johtoon.

Uusilla 110 kV johdoilla rakennusraja asetetaan usein 23 metriin, mikä vaikuttaa uudisrakentamiseen. STUK suosittelee johtojen sijoittamista suhteessa asuinrakennuksiin ja muihin pitkäaikaiseen oleskeluun tarkoitettaviin tiloihin, niin että, että magneettikenttä ei ylitä 0,3–0,4 mikrotesslaa (μT). Ajan kuluessa useampia johtoja saatetaan rakentaa rinnakkain. Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ohjaavat rakentamaan olemassa oleviin johtokäytäviin. Näin johtojen yhteisvaikutuksesta voidaan päätyä lähemmäs asutusta kuin on tavoiteltu ensimmäisellä johdolla. Siksi varsinkin uusilla johdoilla on tarkoituksenmukaista välttää sijoittamista lähelle asutusta, koska ensin rakennettu johto voi vaikuttaa epäsuorasti myös muiden johtojen sijaintiin.

Peltoalueilla tärkein vaikutus on se, että pylväsrakenteet varaavat tilaa peltoalueelta. Pylvässuunnittelulla ja sijoittelulla voidaan vähentää tätä vaikutusta. Pelloilla johdoilla voi olla myös vaikutusta lintuihin, mikäli johto sijaitsee esimerkiksi lähellä levähdysaluetta.

Suoalueella kasvillisuus on usein matalaa, joten puiden poiston sijaan suora vaikutus koostuu pylväsrakenteista ja pylväasperustuksista. Varsinkin luonnontilaisten tai lähellä luonnontilaa olevien soiden osalta vaikutuksia voidaan vähentää pylvässijoittelulla, niin että pylväitä ei sijoiteta luontoarvoiltaan tärkeimmille alueille. Linnustovaikutukset voivat korostua tapauskohtaisesti ja niitä voidaan myös vähentää huomioesteillä (esim. ns. lintupallot).

Tuulipuistot edellyttävät sähkönsiirtoa. Siksi sähkönsiirron vaikutuksia ei voi erottaa niihin kytkeytyvistä tuulipuistoista. Tuulivoima on useimpien tutkimusten perusteella keskeisiä teknologioita ilmastomuutoksen torjunnan vastaisessa työssä lähivuosikymmeninä. Ilmastomuutoksella on puolestaan vaikutusta yhteiskuntiin ja elinympäristöihin ja yksittäisiin lajeihin, jolloin tuulipuiston siirto johdoilla on epäsuoria positiivisia vaikutuksia. Sähköjohdot mahdollistavat myös häiriöttömän sähkönsiirron ja jatkossa enenevässä määrin myös lämmityksen ja teollisuuden prosessien toiminnan, mitkä ovat välttämättömiä osia nykyaikaista yhteiskuntaa. Lisäksi riittävä eri alueiden ja maiden välinen siirtokyky tasaa sähkön hintavaihteluja ja auttaa hyödyntämään tuotetun sähkön ja vähentää säätövoiman tarvetta.

Yhteisrakentamisella on merkittävä vaikutus voimajohtojen tilantarpeeseen, jolloin useampi puisto liittyy sähköasemalle samalla pylväsrakenteella. Näin vältetään rinnakkaiset tai risteävät johdot, vaikka johdon leveys tai rakenteen korkeus voikin kasvaa hieman. Riittävän aikainen yhteydenpito korostuu yhteisrakentamisessa, jotta voidaan sovittaa suunnitelmia yhteen ja varmistetaan että johdot on suunniteltu verkkoyhtiön määritelmien mukaan.

Joissain tilanteissa myös kantaverkon vahvistaminen uusilla 400 kV siirto johdoilla tai asemilla voisi lyhentää 110 kV liittymisjohtojen tarvetta. Tämä korostuu alueilla, joilla ei ole juuri kantaverkkoa, mutta olisi potentiaalia tuulivoimalle. Riittävä liittymiskapasiteetti myös vähentää hankekehityksen kiirettä.

9 Yhteenveto

Tuulivoima-alueen toteutumisesta tulee tuulivoimahankkeella olla edellytykset liittyä sähköverkkoon. Siksi selvityksessä pyydettiin tuulivoimayhtiöitä tietoa hankkeiden arvioituista liittymistehoista sekä alustavista liittymispisteistä. Lisäksi haastateltiin sähköverkkoyhtiöitä ja selvitettiin verkkojen kapasiteettitietoja ja kehityssuunnitelmia. Raportissa käsitellään myös Fingridin julkaisemia suunnitelmia sähköverkon kehittämisestä seuraavan 10 vuoden aikana ja pidemmän aikavälin näkymiä kuvaavaa verkkovisiota. Lisäksi tarkasteltiin tuulivoimayhdistyksen tietoja alueelle sijoittuvista hankkeista.

Tuulivoimayhdistyksen tietojen perusteella Pohjanmaa ja Etelä-Pohjanmaa sijoittuvat Suomen maakuntien joukossa sijoille kaksi ja neljä rakennetun tuulivoiman määrässä. Hankkeita on kaikissa kehitysvaiheissa. Osa vielä hankekehityksessä olevista hankkeista on jo rakentamisvaiheessa. Selvityksessä saatujen tietojen perusteella näyttää todennäköiseltä, että tuulivoimaloiden tehot edelleen kasvavat tulevaisuudessa ja merelle suunnitellaan merkittävän kokoisia tuulipuistoja.

Nopea ja voimakas tuulivoimarakentamisen kasvu Suomessa erityisesti länsirannikolla on johtanut tilanteeseen, jossa sähköverkkojen ja sähkönsiirron näkökulmasta vapaasta kapasiteetista alkaa olla tällä hetkellä niukkuutta ainakin väliaikaisesti. Pohjanmaa ja Etelä-Pohjanmaa eivät ole ainakaan tällä hetkellä sähkönkulutuksen painopistealueita Suomessa, minkä takia suurin osa alueella tuotettavasta sähköstä pitää siirtää pääosin eteläisempiin kulutuskeskittymiin. Aktiivinen ja laajamittainen tuulivoimarakentaminen painottuu läntiseen ja pohjoiseen Suomeen ja samanaikaisesti myös fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaa sähköntuotantoa poistuu käytöstä lähellä eteläisen Suomen kulutuskeskittymiä. Seurauksena sähkönsiirtotarpeet Suomen sisällä kasvavat erityisesti kantaverkkotasolla. Kantaverkkoyhtiö Fingrid kehittää kantaverkkoa ja tekee suuria investointeja jatkuvasti tällä hetkellä ja myös tulevaisuudessa, mutta kantaverkkoinvestoinnit, erityisesti uudet 400 kV voimajohdot, ovat hyvin suuren mittaluokan infrahankkeita. Niiden toteuttaminen on nopeimmillaankin useiden vuosien prosessi, johon vaikuttaa monia taustatekijöitä, muun muassa luvitus. Sähkönsiirtokapasiteetista saattaa näin muodostua hetkellinen ja väliaikainen pullonkaula tuulivoimakapasiteetin lisääntymiselle selvitysalueella.

Kaikkia sähköverkkoja kehitetään jatkuvasti ennen kaikkea tarpeiden eli sähköntuotannon ja -kulutuksen kehityksen perusteella. Niitä, pyritään ennakoimaan mahdollisuuksien mukaan. Verkonhaltijoita koskeekin lain määräämät kehittämis- ja liittämismahdollisuudet. Kantaverkon tasolla kehitystä ja investointeja ohjaa tällä hetkellä ja myös lähitulevaisuudessa erityisesti tuulivoiman kehitys. Toisaalta verkko ja sen kehitys myös ohjaavat tuulivoimaa tietyille alueille esimerkiksi kohdistamalla investointeja tietyille alueille. Kyseinen ilmiö korostuu tällä hetkellä Suomessa erityisesti länsirannikolla eli myös Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla, koska vapaasta tuulivoiman liittämiskapasiteetista alkaa jo olla pulaa alueella. Käytännössä lyhyellä aikavälillä ollaankin jossain määrin tilanteessa, jossa verkon kehitys määrittää tuulivoiman kehitystä eikä päinvastoin. Tuulivoimaa näyttääkin olevan tulossa selvitysalueelle niin paljon, ettei kaikille todennäköisesti riitä liittämiskapasiteettia välittömästi niin pian kuin hankekehittäjät toivoisivat. Fingrid kuitenkin selvittää tälläkin hetkellä voimajohtoinvestointien lisäksi muitakin kevyempiä keinoja, joilla tuulivoiman liitettävyyttä länsirannikolla voitaisiin nopeammin parantaa. Joka tapauksessa sähkönsiirrosta aiheutuva pullonkaula tuulivoiman kehitykselle länsirannikolla on kuitenkin väliaikainen ja ratkeaa kantaverkon toimenpiteillä. Toisaalta myös merituulivoimaa on Pohjanmaan rannikolle suunnitteilla nimellisteholtaan jopa useita tuhansia megawatteja, mikä saattaa vaatia vielä lisää toimenpiteitä erityisesti, mikäli niiden tuottama energia halutaan siirtää sähkönä kulutukseen eikä esimerkiksi muuttaa vedyksi.

Alue- ja jakeluverkkoyhtiöillä ei ole tarjota tällä hetkellä merkittävästi suuren mittaluokan tuulipuistojen liityntämahdollisuuksia selvitysalueella, vaan nykyiset verkot ovat jo monin paikoin ”loppuun kehitettyjä” viime vuosien aktiivisen tuulivoiman liittämisen seurauksena. Toisaalta esimerkiksi verkkojen saneeraukset ja investoinnit voivat lisätä kapasiteettia ja nimellisteholtaan pienempien tuulipuistojen liittäminen kuitenkin saattaa onnistua edelleen. Kaikkia investointisuunnitelmia vuoteen 2050 asti ei ole tiedossa tai edes suunniteltuna, vaan ne ovat hyvin vahvasti riippuvaisia Fingridin kantaverkon suunnitelmista ja toimenpiteistä. Yleisellä tasolla voidaan todeta, että kantaverkko ja sen liittymispisteet määrittävät aina lopulta, kuinka paljon ja mihin tuulivoimaa voidaan liittää myös alemmilla verkkotasoilla. Toisaalta tuulipuistojen nimellistehojen kasvaessa niiden liittäminen korkeampiin kuin 110 kV:n jännitetasoon tulee yhä todennäköisemmäksi eli niitä liitetään enemmässä määrin suoraan kantaverkkoon.

Fingridillä on kokonaisvastuu kantaverkon ja sähkönsiirron kehittämisestä Suomessa ja ensisijainen koordinoituvastuu kokonaisuudesta. Kehittämistä voidaan tehdä myös Fingridin ja muiden toimijoiden yhteistyönä, mutta tällöin varhainen yhteydenpito korostuu. Fingridin kokonaisvastuu on kuitenkin ennen kaikkea sähköjärjestelmän näkökulmasta eli esimerkiksi yhteiskunnallisten tai ympäristöllisten vaikutusten koordinointi ei kuulu Fingridin ydintehtäviin. Selvityksessä tehtyjen haastatteluiden perusteella tuulivoimaan liittyvän kokonaisuuden kehitystä ei varsinaisesti koordinoi tai hallitse mikään taho tällä hetkellä, sillä se ei oikeastaan ole minkään aktiivisesti toiminnassa mukana olevan tahon vastuulla tai vaikutusmahdollisuuksien rajoissa. Fingrid kuitenkin liittymissopimusten kautta käytännössä määrittää missä järjestyksessä hankkeita liitetään verkkoon. Toisaalta vapaampi kehitys mahdollistaa markkinaehtoisemman kehityksen, mutta myös yhteiskunnan kannalta epätoivottuja vaikutuksia saattaa ilmetä. Vapaan liittämiskapasiteetin niukkuuden takia tuulivoiman hankekehittäjien näkökulmasta kyseessä on tällä hetkellä pitkälti nopeuskilpailu Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueella. Tuulipuistojen yhteisiä liittymisjohtoja ei tällä hetkellä juurikaan hyödynnetä, millä on maankäytöllisiä vaikutuksia. Koko Suomen näkökulmasta haasteena on sähköntuotannon ja -kulutuksen sijoittuminen kauemmas toisistaan, mikä aiheuttaa merkittäviä investointitarpeita kantaverkossa.

Selvityksen analyysivaiheessa selvitettiin sähköverkkojen ja tuulivoima-alueiden välistä suhdetta. Sähköverkkoyhtiöiltä saatuihin tietoihin perustuen selvitettiin olemassa olevien ja suunniteltujen sähköasemien sijainnit karkealla tasolla. Potentiaalisista uusista tuulivoima-alueista (ehdolla maakuntakaavaan), voimassa olevassa maakuntakaavassa osoitetuista tuulivoima-alueista sekä yleiskaavoituksessa vireillä olevista tuulivoimahankkeista muodostettiin maantieteellisen sijainnin ja todennäköisen sähköverkon liittymispisteen perusteella tuulivoiman painopistealueita. Yhden painopistealueen alle määritettiin siis useampi samalla alueella oleva yksittäinen tuulivoima-alue.

Tuulivoima-alueille määritettiin vähimmäis- ja enimmäisteho. Tehot määritettiin yleiskaavahankkeiden lähtötietojen sekä tuulivoima-alueiden arvioituun voimalamäärään ja yksittäisten voimaloiden arvioituun vähimmäis- ja enimmäistehoon perustuen. Kunkin painopistealueen osalta esitettiin arvioidun kokonaistehon jakautuminen yleiskaavoituksessa vireillä olevien tuulivoimahankkeiden, potentiaalisten uusien tuulivoima-alueiden ja voimassa olevassa maakuntakaavassa osoitettujen tuulivoima-alueiden välillä. Kokonaistehoon otettiin mukaan myös mahdolliset arviot aurinkovoiman tuotannosta samalla hankealueella, mikäli ne olivat tiedossa.

Tässä tarkastelussa ei huomioitu rakennusvaiheessa olevia tai täysin luvitettuja tuulivoimahankkeita, sillä näiden katsottiin olevan jo huomioitu sähköverkkoliityntöjen näkökulmasta. Myöskään yksittäisiä hankkeita, joiden yleiskaava ei ole tullut vireille, jätettiin pois tarkastelusta. Haasteena tarkastelussa oli tarkkojen kapasiteettitietojen saatavuus. Mitä pidemmälle ajassa mennään, sitä vaikeampaa on verkon liityntäkapasiteettien ja toisaalta tuulivoiman tuotantomäärien tarkka arviointi. Liittymismahdollisuuksia arvioitiin muodostettujen painopistealueiden mukaisesti. Kunkin painopistealueen osalta arvioitiin todennäköisimmän liittymispisteen vapaata kapasiteettia. Tämän lisäksi selvitettiin painopistealueen ja tuulivoima-alueiden keskimääräistä etäisyyttä lähimpään teoreettiseen liittymispisteeseen. Mikäli teoreettisia verkon liittymispisteitä on tuulivoima-alueen lähellä, ovat liittymisedellytykset ainakin teoriassa paremmat kuin tilanteessa, jossa etäisyyttä liittymispisteisiin on runsaasti. Tämä perustuu olettamukseen, että Fingrid ja muut verkkoyhtiöt pyrkivät kehittämään verkkojaan siten, että kehityksellä vastataan tuulivoiman kasvavaan liittymiskapasiteettitarpeeseen.

Analyysituloksista nähdään, että merkittävin paine uusiin liityntöihin ja verkon kehittämiseen Pohjamaan ja Etelä-Pohjanmaan alueella kohdistuu merituulivoiman potentiaalisista tuulivoima-alueista. Maatuulivoiman osalta uusia liityntätarpeita muodostuu erityisesti Seinäjoen, Alajärven ja Tuovilan sähköasemien ympäristöihin. Näiden alueiden läheisyyteen on myös suunnitteilla mahdollisesti Fingridin uusia verkon vahvistuksia, jotka voivat lyhentää liittymisetäisyyksiä ja osaltaan vastaisivat liityntätarpeisiin. Näihin hankkeisiin liittyy kuitenkin epävarmuutta. Pienempiä hankkeita voidaan paikoin liittää myös johdonvarsiliitännöillä suoraan 110 kV voimajohtoihin tai alueverkon sähköasemille. Nykyisissä liittymispisteissä kapasiteettia voi myös vapautua viiveellä, kun kantaverkkoa vahvistetaan.

Tuulivoiman rakentamista edistävät mm. kustannustehokkuus ja ilmastopoliittiset tavoitteet. Eri strategiat odottavat tuulivoimarakentamisen selvää kasvua Suomessa. Tuulivoiman ohella verkon tulevaisuuteen vaikuttaa myös muu sähköistymiskehitys, kuten lämpöpumppujen, liikenteen ja teollisuuden prosessien sähkön kulutus. Paikoin aurinkovoima alkaa näkyä hankekehityksessä ja vaikuttaa tuulivoiman ohella kokonaisliityntäkapasiteettiin. Koska tämän selvityksen tarkastelualueella on jo rakennettuja voimaloita, myös niiden uusintoihin on syytä varautua. Lisäksi mahdollinen vedyn tuotannon lisääntyminen kasvattaisi sähkön kulutusta alueellisesti. Tämä vähentäisi edelleen sähköverkkojen siirtotarvetta, mikä voisi puolestaan avata lisää alueellista liityntäkapasiteettia tuulivoimalle. Vedyn tuotannon kehittymiseen liittyy kuitenkin vielä epävarmuuksia.

10 Lähteet

Lähteet on esitetty aakkosjärjestyksessä. Kuvien aineistolähteet ovat kuvien yhteydessä ja työmenetelmä ja analyysikappaleiden osalta lähteitä on kuvattu tekstissä.

Energiavirasto (2022). Sähkön toimitusvarmuus vuonna 2021 2.12.2021

<<https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12722768/S%C3%A4hk%C3%B6n+toimitusvarmuus+vuonna+2021.pdf/6f44505f-e004-25a4-78b7-1ff1a1610e8e/S%C3%A4hk%C3%B6n+toimitusvarmuus+vuonna+2021.pdf?t=1638513974909>>

Euroopan komissio (2021). Questions and Answers - Emissions Trading – Putting a Price on carbon <[Emissions Trading – Putting a Price on carbon \(europa.eu\)](#)>

Etelä-Pohjanmaan liitto (2022). Tilannekuva ja tilastot. Ympäristö <<https://epliitto.fi/tilastot/tilannekuva-ja-tilastot/aluerakenne-ja-ymparisto/ymparisto/>>

EPV Energia, Rami Vuola Vedyn rooli tulevaisuuden sähkömarkkinoilla, Vaasan H-FLEX-E-hankkeen esittely.

<<https://wecfinland.fi/wp-content/uploads/2021/05/vedyn-rooli-tulevaisuuden-shkmarkkinoilla-vaasan-h-flex-e-hankkeen-esittely-vuola-rami.pdf>>

Fingrid (2021). Verkkovisio <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/fingrid_verkkovisio.pdf>

Fingrid (2022). Fingridin sähköjärjestelmävisio 2022 – tulevaisuuden järjestelmän skenaarioluonnokset

<[fingrid_sahkojarjestelmavisio_2022_skenaarioluonnokset-final-korjattu-29.8.pdf](#)>

Fingrid (2021). Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022–2031 <

<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/kantaverkon-kehittamissuunnitelma-2022-2031.pdf>>

Fingrid (2021). [Liityntävalmiuksien kehittämisprojekti tehostaa kantaverkon suunnittelua ja rakentamista - Fingrid-lehti \(fingridlehti.fi\)](#)

HYDROGEN STUDY OF THE BAY OF BOTHNIA (2021). P. Sulasalmi, M-L Kärkkäinen, T. Fabiritus.

H2 cluster (2022) – Projects <https://h2cluster.fi/projects/>

Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on ensuring a level playing field for sustainable air transport < https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/refuelev_aviation_-_sustainable_aviation_fuels.pdf>

Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:52021PC0559>>

Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC < https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/fueleu_maritime_-_green_european_maritime_space.pdf>

Ramboll, ENERGIANTUOTANTO POHJANMAALLA JA ETELÄ-POHJANMAALLA 2050 Raportti < [ENERGIANTUOTANTO POHJANMAALLA JA ETELÄ-POHJANMAALLA 2050 \(epliiitto.fi\)](#)>

Ramboll, Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan liitto. ENERGIANTUOTANTO POHJANMAALLA JA ETELÄ-POHJANMAALLA 2050 RAPORTIN TIIVISTELMÄ < <https://epliiitto.fi/wp-content/uploads/2021/06/Energiantuotanto-Pohjanmaalla-ja-Etela-Pohjanmaalla-2050-selvitys-tiivistelma-saavutettava.pdf>>

Ramboll, Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan liitto (2021). Energiantuotanto Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla 2050 raportin tiivistelmä <[Energiantuotanto Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla 2050 - tiivistelmä \(epliiitto.fi\)](#)>

Ramboll (2021). Energiantuotanto Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla 2050.< [ENERGIANTUOTANTO POHJANMAALLA JA ETELÄ-POHJANMAALLA 2050 \(epliiitto.fi\)](#)>

Rejlers (2021). Kestävä tuulivoimarakentaminen Pohjois-Pohjanmaalla TUULI-hanke Sähkönsiirtoselvitys < <https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2021/12/Sahkonsiirtoselvitys.pdf>>

Euroopan komissio (2022). REPowerEU-suunnitelma: kohtuuhintaista, varmaa ja kestävää energiaa Euroopalle < https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_fi>

Skyborn Renewables (2022). Reimari - merituulivoimapuisto ympäristövaikutusten arviointiohjelma <https://www.ymparisto.fi/download/Skyborn_Renewables_Reimari_merituulivoimahanke_YVAohjelma_10102022pdf/%7BC820953F-7EDA-4251-8F37-70534D97953E%7D/177349>

F. Roques, Y. L. Thieis, G. Aue, P. Spodniak, G. Pugliese (Compass Lexecon),
S. Cail, A. Peffen (Enerdata), S. Honkapuro,
V. Sihvonen (LUT) SITRA (2021). <[Sähköistämisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa \(sitra.fi\)](#)>

Suomen tuulivoimayhdistys (2022). Tuulivoima Suomessa 30.6.2022.

Suomen tuulivoimayhdistys (2022). *Lista tuulivoimahankkeista*

Vedyn rooli tulevaisuuden sähkömarkkinoilla, Vaasan H-FLEX-E-hankkeen esittely < [PowerPoint-esitys \(wecfinland.fi\)](#)>

YM (2021). <[Ilmastolain uudistus - Ympäristöministeriö](#)>