

Kestävä tuulivoimarakentaminen Pohjois-Pohjanmaalla TUULI-hanke

Sähkönsiirtoselvitys



Kestävä tuulivoimarakentaminen Pohjois-Pohjanmaalla, TUULI-hanke

Sähkönsiirtoselvitys

Pohjois-Pohjanmaan liitto 12/2021

Karttojen tausta- ja maastokarttarasteri © Maanmittauslaitos 2021.

Etukannen kuvat

- Tuulivoimapuiston sähköasema, Sari Pulkka
- Tuulivoimapuisto, Suomen Tuulivoimayhdistys ry
- Tuovila- Kristinestad johtoyhteys Mustasaari, Niko Räsänen

Takakannen kuva

- Tuulivoimaloita, Suomen Tuulivoimayhdistys ry

Sisältö

1.	Työ- ja haastattelumenetelmät	6
2.	Tausta: nykytilanne ja tunnistetut tulevat muutokset	7
2.1	Ilmastopoliittiset tavoitteet ja tuulivoimaskenaariot	7
2.1.1	Sähkön siirtotarpeet nykytilanteessa	9
2.2	Sähköautoistuminen	12
2.3	Lämpöpumput	14
2.4	Teollisuuden sähkönkulutus	15
2.5	Vedyn merkitys sähköverkolle	17
2.6	Suunnittelussa olevat hankkeet suhteessa nykytilanteeseen	19
2.7	Tuulivoimaloiden uusinnat ja kehitys Pohjois-Pohjanmaalla tuulivoimayhdistyksen aineistojen valossa	21
3.	Sähköverkon kehittämissuunnitelmat ja haastattelujen yhteenvedot	23
3.1	Fingrid	23
3.1.1	Fingrid Verkkovisio	23
3.1.2	Verkkovision skenaariot	24
3.1.4	Teknologiset ratkaisut	30
3.1.5	Haastattelu	30
3.1.6	Karttajärjestelmä liityntävalmiuksista	31
3.2	Jakeluverkkoyhtiöt	32
3.2.1	Verkkokapasiteetit	32
3.2.2	Loistehon tuomat haasteet	35
3.2.3	Sähkömarkkinalaki ja liittymisjohdot	35
3.2.4	Muita esille nousseita asioita	35
3.3	Tuulivoimayhtiöiden haastattelut	36
3.3.1	Tuulivoimayhtiöiden näkemykset tuulivoimasta Pohjois-Pohjanmaalla seuraavan 20 vuoden aikana	36
3.3.2	Tuulivoimahankehittäjien ajatuksia yhteisrakentamisesta	38
3.4	Tuulivoimayhdistyksen aineistot suhteessa verkkovisioon	40

4.	Tuulivoimahankkeiden sähköverkkoon liittymistarkastelu	41
4.1	Vireillä olevat hankkeet	41
4.2	Esiselvitysvaiheen hankkeet	47
5.	Sähköverkon kehittämistarpeet	49
6.	Vaikutusten arvio ja vaikutusten vähentäminen	52
7.	Yhteenveto	54
8.	Lähteet.....	56

Johdanto

Pohjois-Pohjanmaan liitossa on käynnistynyt TUULI-hanke, jossa tuotetaan uutta tietoa Pohjois-Pohjanmaan alueen soveltuvuudesta tuulivoimatuotantoon ja etsitään ratkaisuja toimialan ympäristökysymysten ratkaisuun. Tavoitteena on luoda edellytyksiä tuulivoima-alan kehittymiselle ja siten päästöttömän sähköntuotannon lisäämiselle Pohjois-Pohjanmaan alueella kestäväen kehityksen eri näkökulmat huomioon ottaen. Hanke koostuu useista työpaketeista. Tämä selvitys paneutuu tarkemmin sähkönsiirtokysymyksiin.

Tässä sähkönsiirtoa koskevassa selvityksessä on huomioitu tulevaisuuden verkonkehityksen suunnitelmat sekä tiedossa olevat tuulivoimahankkeet. Samalla työssä arvioidaan karkealla tasolla sähköverkon kapasiteettia ja kykyä liittää uutta tuotantoa sähköverkkoon tulevaisuudessa. Työn taustalla on hyödynnetty eri lähteitä tulevaisuuden ennusteista ja skenaarioista. Näistä merkittävimpiä ovat Fingridin verkkovisio ja kantaverkon kehittämissuunnitelman 2022 – 2031 luonnos. Lisäksi paikallisia jakeluverkkoyhtiöitä ja maakunnan alueella toimivia tuulivoimakehittäjiä on haastateltu.

Sähkönsiirtoselvityksen tavoitteena on toimia tausta-aineistona muille TUULI-hankkeen työpaketeille. Sähkönsiirtoselvityksessä esiin nousseet havainnot asettavat mahdollisia reunaehtoja tuulivoiman liitettävyydelle Pohjois-Pohjanmaan alueella etenkin sijainninhajauksen näkökulmasta.

Tavoitteena on myös antaa tietoa verkon kehittämistarpeista ja mahdollisuuksista lyhyellä ja pitkällä aikavälillä

sekä toimia ohjaavana dokumenttina tulevaisuuden energiatuotantohankkeiden sijoittamisen osalta.

Kun huomioidaan hankekehitykseen liittyvät epävarmuudet ja se, että hankkeiden tilanne voi muuttua liittymispisteiden, koon tai alueen osalta, tämän selvityksen tärkein tavoite on luoda maakunnallista kokonaiskuvaa sähkönsiirtoverkon näkökulmasta.

Tavoitteena on myös olemassa olevan verkon tehokas hyödyntäminen, synergiat verkon yleisen kehittämisen ja tuulivoimapuistojen liittämisen välillä, eri toimijoiden välisen yhteistyön edistäminen ja uuden voimajohtorakentamisen tarpeen minimointi.

Selvityksen on koostanut tiimi, johon on kuulunut:

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

Riku Smolander, vastuualueena sähköverkon kehittämissuunnitelmat, sähköverkkotarkastelu ja sähköverkkoyhtiöiden haastattelut

Matti Hautero on toiminut sähkönverkkoselvityksen projektipäällikkönä.

Lisäksi työn ohjaukseen ovat osallistuneet Pohjois-Pohjanmaan liitosta Erika Kylmänen, Sari Pulkka ja Rauno Malinen. Sweco vastaa selvityskokonaisuudesta kaikkien työpakettien osalta

Lisäksi useat haastateltavat ovat antaneet arvokasta aikaansa. Kiitämme kaikkia haastateltuja ja sähköpostiviesteihin vastanneita.

1. Työ- ja haastattelumenetelmät

Sähkönsiirtoselvityksessä on yhdistelty useita selvitysmenetelmiä. Taustatietona on käytetty erilaisia kirjallisuus-, raportti- ja artikkelilähteitä, joita on syvennetty alan toimijoita koskevilla haastatteluilla. Iso osa aineistosta on saatu Pohjois-Pohjanmaan liitolta koskien käynnissä olevia tuulivoimahankkeita maakunnassa. Aineiston tarkempaa käsittelyä on kuvattu tarkemmin kappalekohtaisesti.

Kappale kaksi käsittelee tunnistettuja yhteiskunnallisia trendejä, joita liittyy sähkönsiirtotarpeisiin. Tavoite on tunnistaa, mitkä tekijät vaikuttavat sähkönsiirron ja tuulivoiman kehittämiseen lähivuosisikymmeninä.

Lähtötietoina on selvityksiä, säädöksiä ja tilastoja ja yksittäisissä tapauksissa uutisia. Kappaleissa on myös hyödynnetty paikkatietoanalyysijä tai tilastojen visualisointia kartoilla. Käytetyt lähteet ja menetelmät pyritään taustoittamaan kyseisen osan yhteydessä. Jos kartat ovat muusta lähteestä, niihin on viittaus kuvatekstissä. Ensimmäisessä kappaleessa tuulivoimahankkeiden lähteenä on tuulivoimayhdistyksen aineistot, koska ne ovat koko Suomen tasolla vertailukelpoisia ja soveltuivat paremmin trenditarkasteluun.

Kappaleessa kolme käsitellään Fingridin verkon kehittämissuunnitelmaa ja verkkovisiota. Ne kuvaavat minkälaisia suunnitelmia kantaverkon kehittämiseksi on Suomessa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Fingridin suunnitelmilla on suuri merkitys siihen, miten hankkeet liitetään sähköverkkoon. Kappaleessa esitellään myös tuulivoimayhtiöiden ja verkkoyhtiöiden haastattelujen tulokset.

Noin 40-60 minuutin etähaastattelussa tuulivoimayhtiöiltä kysyttiin: Miten näet tuulivoiman kehityksen Pohjois-Pohjanmaalla seuraavan 20 vuoden aikana. Toisena kysymyksenä kysyttiin näkemyksiä yhteisrakentamiseen. Voimaloiden korkeusmitoituksesta kysyttiin noin kymmeneltä vastaajalta osana näkemyksiä tulevaisuudesta. Lisäksi kysyttiin taustatietoa hankkeiden tilanteesta, jota on hyödynnetty kappaleessa neljä soveltuvien osin. Ensimmäiseen kysymykseen on kysytty tarkentavia kysymyksiä esimerkiksi siitä, miten he näkevät sijoittumisen merialueelle tai maakunnan sisäosiin. Yhteisrakentamisen osalta kysyttiin asiaa avoimella kysymyksellä ja tarvittaessa taustoitettiin kysymyksen taustaa, niin että paikoin eri voimajohdot samalla alueella ovat johtaneet ongelmallisiin yhteisvaikutuksiin ja kritiikkiin eri tahoilta. Haastatteluissa ei ole muuten käytetty valmista kysymyslistaa, joten muiden

huomioiden osalta vastaukset eivät edusta kaikkia vastaajia. Tekstissä on pyritty erottelemaan tietyn näkemyksen esittäjien määrä, jotta sen edustavuutta voi arvioida. Sähköverkkoyhtiöiden yleiset haastattelukysymykset on mainittu jakeluverkkoyhtiöitä käsittelevän kappaleen alussa. Niitä on voitu vielä tarkentaa yksittäisessä haastattelussa. Tavoite oli tuoda lisätietoa Fingridin verkon lisäksi myös muilta verkkotoimijoilta.

Kappaleessa neljä tarkastellaan tuulivoimahankkeiden verkkoon liittämistä ja verkkokapasiteetteja Pohjois-Pohjanmaalla. Lähtöaineisto on Pohjois-Pohjanmaan liiton tuulivoimayhtiöiltä ja kunnilta koostama lähtötietoaineistoja suunnitelluista tuulivoimahankkeista. Tietoja on myös yhdistelty haastatteluista. Näiden tietojen perusteella on muodostettu vaikutusalueita, jotka pyrkivät kuvaamaan tuulivoiman liittymistarpeita eri alueilla. Hankkeiden tilanne voi muuttua ja alueiden koostamiseen liittyy tulkintaa, eli tavoitteena on enemmän arvio maakunnan kokonaiskuvasta kuin jokaisen hankkeen tilanteesta erikseen.

Kappale viisi on kappaleen neljä ja aiempien kappaleiden yhteenvetoa. **Kappale kuusi** sisältää vaikutusarvion ja **kappale seitsemän** on koko selvityksen yhteenveto. Ne ovat kirjoittajien tulkintaa selvityksen tuloksista.

2. Tausta: nykytilanne ja tunnistetut tulevat muutokset

Sähkönsiirtotarpeisiin sisältyy yhteiskunnallisia trendejä, jotka tulevana vuosina tulevat vaikuttamaan sähköverkon kehittämiseen niin kansallisella kuin maakuntatasolla. Tässä kappaleessa käydään läpi olennaisimpia muutoksia ja erityispiirteitä tämän selvityksen kannalta, joita on tarkennettu muissa kappaleissa.

2.1 Ilmastopoliittiset tavoitteet ja tuulivoimaskenaariot

Suomen hallituksen tavoitteena on, että Suomi on hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Tavoite on tarkoitettu vahvistaa myös kansallisessa ilmastolaissa. Sitä odotetaan eduskuntaan alustavasti vuoden 2022

tammikuussa, jolloin on tarkoitettu vahvistaa tarkemmat kansalliset päästötavoitteet.¹ Vuodesta 2029 alkaen kivihiilen käyttö polttoaineena tullaan kieltämään Suomessa². Lisäksi Suomen hallitus on antanut esimerkiksi periaatepäätökset tieliikenteen (Fossiilittoman liikenteen tiekartta), lentoliikenteen sekä meri- ja sisävesiliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä 6.5.2021.³ Fossiilittoman liikenteen tiekarttaan sisältyy tavoite 700 000 sähkökäyttöisestä henkilöautosta ja 45 000 sähkökäyttöisestä pakettiautosta, joista vähintään puolet on täyssähköautoja vuoteen 2030 mennessä, mikä tarkoittaisi sähköautojen määrän noin kymmenkertaistumista vuosikymmenessä. Kaasuautotavoitteena on noin 130 000 henkilö- ja pakettiautoa vuonna 2030. Raskaassa kalustossa vastaavat tavoitteet ovat noin 4600 sähköautoa ja noin 6200 kaasukuorma-autoa ja -bussia.

Kesällä 2021 komissio esitteli laajan lainsäädäntöpakettin eli ns. Fit for 55:n. Sen päätavoite on jo nyt vahvistettu Eurooppalaisessa ilmastolaissa. Ilmastolaissa on määritetty tavoitteeksi 55 %:n vähennys kasvihuonekaasupäästöistä vuodesta 1990 vuoteen 2030. Tämä eurooppalainen ilmastolaki myös määrittää, että EU on hiilineutraali vuonna 2050.⁴

Ns. Fit for 55 lainsäädäntöpaketti jakautuu sektorikohtaisesti useisiin eri lainsäädäntömuutosehdotuksiin. Paketti on luonnosvaiheessa ja sen tarkempaan sisältöön vaikuttavat vielä sekä kansalliset hallitukset että Euroopan parlamentti. Luonnosten perusteella Euroopan unioni pyrkii kasvihuonekaasupäästöjen voimakkaaseen vähentämiseen ainakin kiristämällä päästökauppaa ohjaavaa päästökauppa-direktiiviä⁵, energinsäästödirektiiviä, uusiutuvan energian direktiiviä (RED II), asettamalla kilometrikohtaisia tavoitteita sähköautojen latausverkostolle ja muulle

¹ [Ilmastolain uudistus - Ympäristöministeriö](#)

² [Laki hiilen energiakäytön kieltämisestä 416/2019 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX®](#)

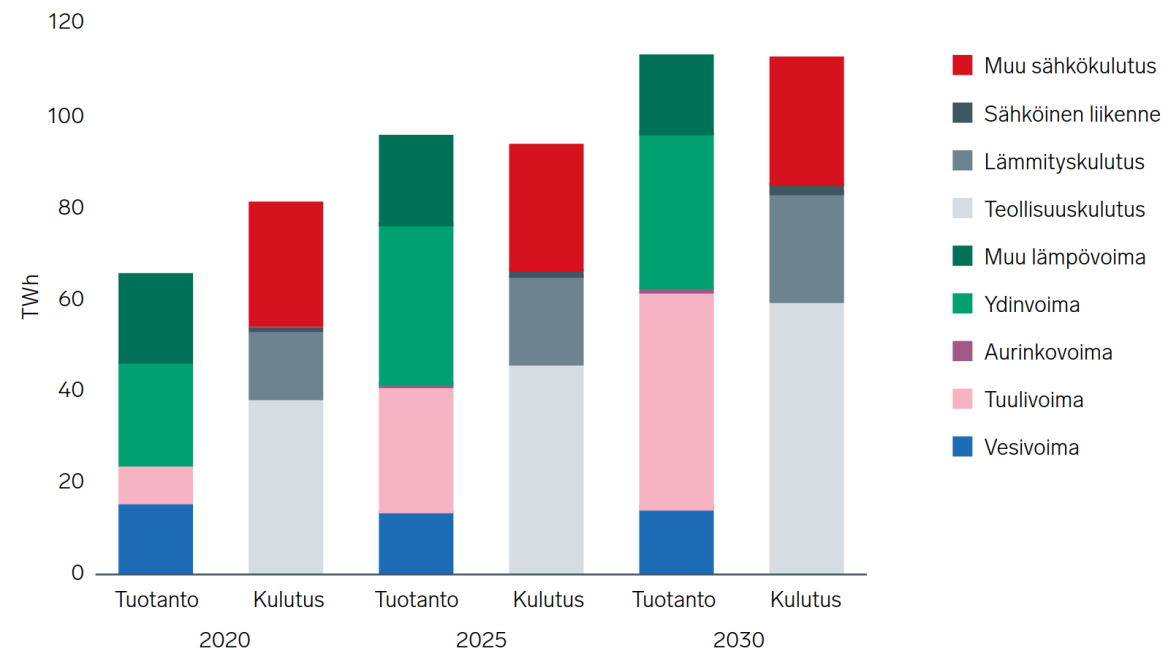
³ [Fossiilittoman liikenteen tiekartta \(valtioneuvosto.fi\)](#)

⁴ [Eurooppalainen ilmastolaki \(europa.eu\)](#)

⁵ https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision-eu-ets_with-annex_en_0.pdf

vähähiiliseen latausinfraalle⁶. Lisäksi ehdotus edistää lentoliikenteen ja laivaliikenteen siirtymistä vähähiilisiin polttoaineisiin. Unionin sisäisessä lentoliikenteessä on tarkoitus luopua päästöoikeuksien ilmaisjaoista ja päästökauppa on tavoitteena laajentaa meriliikenteeseen sekä EU:n sisäisiin että sen ulkopuolisiin matkoihin⁷. Lisäksi tarkasteluun otetaan erilaiset fossiilisten polttoaineiden verovapaudet energiaverodirektiivin kautta⁸. Myös nielujen lisäämiseen odotetaan kansallisia tavoitteita, mikä voi vaikuttaa metsäsektoriin. Lisäksi sekä meriliikenteelle että ilmailiikenteelle on tavoitteita käytetyille polttoaineille^{9,10}. Ne johtanevat vuosisadan puolivälin lähestyessä ja tavoitteiden kiristyessä siihen, että sähkön käyttö polttoaineissa välillisesti nousee. Näiden ohella myös mm. EU:n vetystrategia, rahoitussektorin säätely ja EU:n laajuinen elvytyspaketti liittyvät energiamurrokseen kohti päästötöntä sähköntuotantoa.

Suomen ja EU:n ilmasto- ja uusiutuvan energian tavoitteet sekä eri direktiivien ja poliittisten tiekarttojen yhteisvaikutus tarkoittaa todennäköisesti tarvetta rakentaa edelleen lisää tuulivoimaa, koska tarvitaan lisää vähähiilistä sähköä. Osa tuulivoimasta voi tulla myös merialueelle, mutta toistaiseksi kalliimpi hinta on hidastanut merelle rakentamista Suomessa.



Kuva 1. Kuvakaappaus Fingridin verkkovisiosta 1/2021. Verkkovision peruskkenaario sähköntuotannon ja -kulutuksen muutoksista 2020-luvulla.

Maatuulivoima on tällä hetkellä markkinaehtoisesti halvin tuotantomuoto, tosin laajamittainen käyttöönotto edellyttää lisäksi investointeja muun muassa energian varastointiin.¹¹

Sitran mukaan Suomen sähköntuotantokapasiteetti oli alle 20 GW vuonna 2020. Molemmassa "Sähköistämisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa"-raportin skenaarioissa se olisi 70 GW vuosisadan puolivälissä.

⁶ [EUR-Lex - 52021PC0559 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/559/oj)

⁷ [Emissions Trading – Putting a Price on carbon \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/559/oj)

⁸ https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12227-EU-Green-Deal-Revision-of-the-Energy-Taxation-Directive_en

⁹ [refueu_maritime - green european maritime space.pdf \(europa.eu\)](https://refueu.eu/aviation-sustainable-aviation-fuels)

¹⁰ [refueu_aviation - sustainable aviation fuels.pdf \(europa.eu\)](https://refueu.eu/aviation-sustainable-aviation-fuels)

¹¹ [Sähköntuotannon hintavertailu: tuulivoima edullisin - Uutiset - LUT](https://www.lut.fi/energia/sahkon-tuotanto)

Raportin perusteella sähkön kulutus siis yli kaksinkertaistuisi vuoteen 2050 mennessä ja tästä noin kaksi kolmasosaa olisi maatuulivoimaa, kun osuus vuonna 2020 oli alle 10 %. Kasvua sähkönkulutuksessa tulisi esimerkiksi teollisuudessa, palveluissa ja kaukolämmössä. Etenkin sähkönkulutus kavaisi SITRA:n raportin perusteella teollisuudessa ja vetyyn ja synteettisiin polttoaineisiin liittyvässä power-to-X kategoriassa. Toisin sanoen tuulivoiman määrä lisääntyy huomattavasti ja samalla sähkönkulutus kokonaisuutena kasvaa, kun yhteiskunnan energiankulutus siirtyy fossiilisista vähähiilisiin teknologioihin. Sitran:n lisäksi myös muun muassa Fingrid (kuva 1) ja Suomen ilmastopaneeli ovat omilla skenaarioissaan nostaneet tuulivoiman eniten lisääntyväksi energiantuotantomuoksi nykyhetkestä vuoteen 2050. Samat tahot ennakoivat myös yhteiskunnan kokonaissähkönkulutuksen kasvua.¹² Samoin energiateollisuuden vähähiilisyystiekartta odottaa sähkönkulutuksen kasvua ja tuulivoiman osuuden kasvua.¹³

2.1.1 Sähkön siirtotarpeet nykytilanteessa

”Sähkön tuotanto Suomessa vuonna 2019 oli 66,0 terawattituntia (TWh) eli miljardia kilowattituntia (kWh). Sähkön kokonaiskulutuksesta 77 prosenttia katettiin kotimaisella tuotannolla ja 23 prosenttia sähkön nettotuonnilla Pohjoismaista, Venäjältä ja Virosta. Sähkön nettotuonti säilyi edellisvuoden tasolla ollen noin 20 TWh.”¹⁴ Olkiluoto 3:n valmistumisen odotetaan lisäävän kotimaista tuotantoa.

Tuulivoimarakentamisen odotetaan siis lisääntyvän merkittävästi Suomessa. Tuulivoimarakentamista rajoittaa kuitenkin tiheä asutus suurien kaupunkien alueella, sekä paikoin esimerkiksi lentokenttien vaikutus. Tuulenopeuksia Suomessa mallintaneen Tuuliatlaksen analyysin perusteella parhaan tuulisuuden alueet ovat rannikon läheisyydessä, joka näkyi ensimmäisen sukupolven rakentamispaikoissa rannikon läheisyydessä. Näillä alueilla on myös paljon kantaverkkoa. Osin siksi on

syntynyt sähkön siirtotarvetta, jonka odotetaan edelleen kasvavan kun rakentaminen etenee (tarkemmin kappaleessa 2.6).

Kuvissa 2 ja 3 on havainnollistettu Energiategollisuuden sähköntuotanto maakunnittain ja sähkönkulutus maakunnittain tilastoaineistoja¹⁵¹⁶ kartalla (kuva 2) sekä näistä laskettu tuotannon ylijäämä tai alijäämä (kuva 3). Niistä voidaan huomata, että osa maakunnista erityisesti Etelä- ja Keski-Suomessa oli selkeästi sähkön nettotuojia. Sähkön tuotanto ylitti kulutuksen kolmessa rannikon maakunnassa: Pohjois-Pohjanmaalla, Pohjanmaalla ja Satakunnassa, jotka ovat myös suosittuja tuulivoiman rakentamismaakuntia muiden rannikon maakuntien ohella. Tuulivoimarakentaminen, kuin myös siirtoyhteydet muihin maihin lisäävätkin osaltaan siirtotarvetta maakuntien välillä.

¹² [ilmastopaneelin-julkaisuja-3-2021-sahkolla-merkittava-rooli-suomen-kasvihuo-nekaasupaastojen-leikkaamisessa.pdf](#)

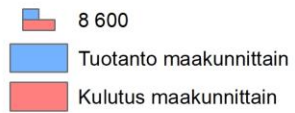
¹³ [PowerPoint-esitys \(energia.fi\)](#)

¹⁴ [Sähkön hankinta ja kulutus | Findikaattori.fi](#)

¹⁵ [Sähkönkäyttö maakunnittain 2007-2019 - Energiategollisuus](#)

¹⁶ [Sähköntuotanto maakunnittain 2007-2020 - Energiategollisuus](#)

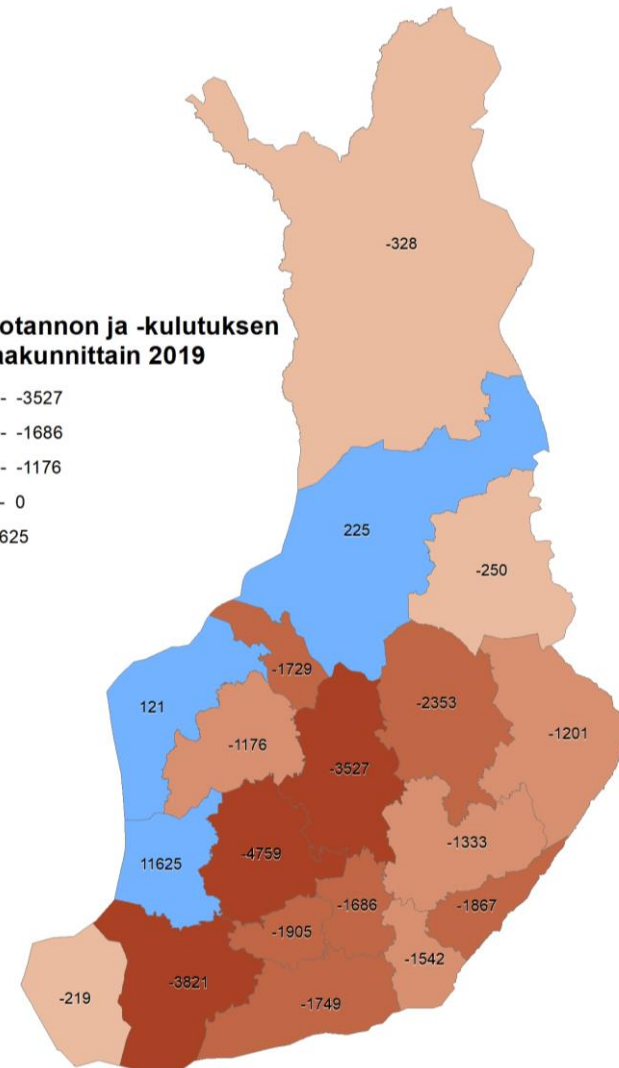
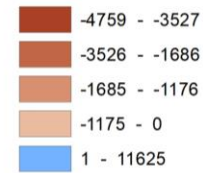
Sähköntuotanto- ja kulutus maakunnittain 2019



Sisältää Energiaviraston tilastoaineistoja ja Maanmittauslaitoksen hallintoraja-aineistoja 2021.

Kuva 2. Sähkönkulutus ja -tuotanto GWh maakunnittain 2019 palkkidiagrammeilla.

Sähköntuotannon ja -kulutuksen erotus maakunnittain 2019



Kartta: Rejlers. Lähtötietona Energiateollisuuden tilastoaineistoja ja Maanmittauslaitoksen hallintoraja-aineistoja 2021.

Kuva 3. Sähköntuotannon- ja kulutuksen erotus maakunnittain 2019 GWh.

Länsi-Suomen maatuulivoiman lisääntymistä haastavia tai täydentäviä mahdollisia kehityskulkuja olisivat laajamittainen merituulivoimarakentaminen Ahvenmaan lähelle¹⁷ tai laajamittaisen tuulivoimarakentamisen mahdollistuminen Itä-Suomeen¹⁸, samoin kuin yksittäiset merkittävät pistekulutuskohteet Pohjois-Suomessa. Näistä yksi näköpiirissä oleva on Raahen terästehtaan energia raaka-aineen korvaaminen vedyllä¹⁹ sekä muiden fossiiliseen tuontienergiiaan perustuvien käyttökohteiden ja teollisten prosessien korvautuminen vähähiilillä uusilla teknologioilla (esim. pitkän matkan liikenne, lannoite-tuotanto, kaukolämmön tuotanto). Mikäli vetytalous (tai power-to-x) laajenee, se lisää osaltaan teollisuuden välillistä sähköntarvetta ja lisää tarvetta kokonaissäköntuotantokapasiteetin kasvattamiselle, ellei vetyä opita tuotamaan muilla vähähiilillä teknologioilla kuin sähköllä. Aiheeseen liittyy silti paljon avoimia kysymyksiä.

Yksi mahdollinen kehityskulku on myös sähkönsiirtoyhteyksien lisääminen Norjaan, jolloin sähköä siirrettäisiin kovatuuliselta jäämeren rannikolta Suomen läpi tai Etelä-Suomen kulutuskohteisiin Lapin läpi. Arctic Energy Forerunners yhteenliittymä on kommentoinut Fingridin verkon kehittämissuunnitelmaan, että arktisen alueen tuulivoimapotentiali on jopa 50 TWh 2030-luvulle tultaessa ja

¹⁷ [Nouseeko Ahvenanmaan merialueille 500 tuulivoimalaa? Miljardien hanke etenee myötätulessa | Yle Uutiset | yle.fi](#)

¹⁸ [Fingrid verkkovisio](#)

¹⁹ [Kun Raahen teräsjätti luopuu kivihiilestä, tilalle tarvitaan vetyä ja ison ydinvoimalan verran sähköä - Maatalous - Maaseudun Tulevaisuus](#)

100 TWh 2040-luvulla. Heidän mukaansa yhteyden vahvistaminen Norjaan 400 kV-jännitetasolle mahdollistaisi jopa 5 TWh saamisen Suomen markkinamekanismin pii-riin.²⁰ Fingrid on verkkovisiossa ollut varauksellinen mahdollisuuksiin toteuttaa yhteys teknisesti toimivalla tavalla. Edellä esitettyjen lukujen perusteella Pohjois-Norjan tuulivoimapotentiali olisi lähellä Suomen nykyistä sähkönkulutusta eli erittäin merkittävä. Baltian maat ovat myös irtautumassa Venäjän sähköverkosta vuoteen 2025 mennessä. Tämä tarkoittaa, että paine energiaomavaraisuuteen kasvaa Baltiassa. Virossa on suunnitelmia merituulivoimahankkeista. Jos Viroon rakennettaisiin suuria merituulipuistoja, voisi niiden tuonti ajoittain suuntautua myös Etelä-Suomeen, vaikka se tuskin kattaisi koko sähköntarvetta.²¹

Näköpiirissä olevia mahdollisia muutoksia energiamarkkinalla:

-Helposti säädettävän polttoon perustuvan nykyisen yhteistuotannon väheneminen²² (esim. turve ja kivihiili) tai muuttuminen eri raaka-ainelähteille sekä lämmön- ja sähköntuotannon eriytyminen mm. lämpöpumppujen ja uusiutuvan energian vaikutuksesta. Myös maakaasun käyttöön lämmöntuotannossa tulee kohdistumaan aiempaa

²⁰ [arcti-energy-forerunners.pdf \(fingrid.fi\)](#)

²¹ [Riiianlahden merituulivoimahanke etenee: tavoitteena ydinvoimalan verran sähköntuotantoa vuonna 2030 - Ulkomaat - Aamulehti](#)

²² [Hiiliineutraalisuustavoitteen vaikutukset sähköjärjestelmään \(valtioneuvosto.fi\)](#)

enemmän painetta, kun päästökaupan katto kiristyy vähitellen.

-Sähköautojen lisääntyminen lisää sähköntarvetta, mutta tuo myös mahdollisuuksia joustoon. Jousto voi toteutua niin, että lataus ajoittuu tilanteeseen, jolloin sähkö on halpaa tai sähköä palautetaan verkkoon akuista latauksessa olon aikana.

-Aurinkopaneelit mahdollistavat sähköntuotantoa myös katoilla ja pinnoilla myös alueilla, joilla rakentaminen on tiivistä eikä ole mahdollista sijoittaa tuulivoimaa.

-Tuulivoiman voimakas lisärakentaminen lähivuosina Suomen lisäksi myös muissa Euroopan maissa. Entso-E ja ENT-SOG arvioivat, että aurinko- ja tuulivoiman osuus lisääntyy jopa 64 prosenttiin tehon kulutuksesta vuoteen 2030 ja 78 prosenttiin vuoteen 2040 mennessä EU:ssa.²³

-Siirtoyhteyksien merkitys ja vahvistuminen Suomen ja naapurimaiden välillä, ainakin Pohjois-Ruotsiin ja toisaalta Pohjoismaiden ja Keski-Euroopan ja Iso-Britannian välillä. Suomen ja Keski-Euroopan välisiin siirtoyhteyksiin liittyy enemmän epävarmuutta, koska toteuttaminen on kalliimpaa.

²³ [TYNDP 2020 Scenario Report – Final Report, June 2020 \(entsos-tyndp-scenarios.eu\)](#)

2.2 Sähköautoistuminen

Sähköautoistumista ajaa mm. EU:n tavoitteet, useiden autovalmistajien ilmoitukset siirtyä kokonaan sähköautoihin ja yleisesti tiukentuvat ilmastotavoitteet sekä panostukset latausinfrastruktuuriin. Viime vuosina ladattavien hybridien ja täyssähköautojen määrä on suuruusluokassa kaksinkertaistunut vuosittain, osuus kokonaisautokannasta on edelleen pieni, mutta osuus on kasvussa.

Kuvassa 4 on laskettu rekisteröityjen henkilöautojen määrä suhteessa maakunnan pinta-alaan. Tavoitteena on hahmottaa sähköautoilun lisääntymisen vaikutusta sähkönkulutukseen ja samalla pitkien etäisyyksien sähkön siirtotarpeisiin. Luvut on laskettu maakuntien maapinta-alalle. Lisäksi on laskettu kaikkien ajoneuvojen määrää kuntien pinta-alan suhteen. Siitä voi huomata, että ajoneuvomäärä aluekeskuksissa on suuri ja se selittää osan maakunnittain lasketuista tiheyskeskiarvoista.

Korkean sähkönkulutuksen alueet korostuvat myös tässä tarkastelussa, vaikka oletettavasti päivittäiset ajomatkat ovat pidempiä ja yleisesti auton käyttö on yleisempää harvemmin asutuilla alueilla.

Kuvassa 5 on laskettu kaikkien ajoneuvojen tiheys kunnittain sekä henkilöautojen sähkönkulutusarvio maakunnittain, jos koko autokanta olisi täyssähköautoja. Arvio on laskettu vuoden 2019 keskimääräisellä ajomatalla 13 600

km ja 20kWh/100km sähkönkulutuksella. Tavoite on kuvata karkealla tasolla sähköautoistumistrendin vaikutusta sähköjärjestelmään ja siirtotarpeisiin maakuntien välillä.

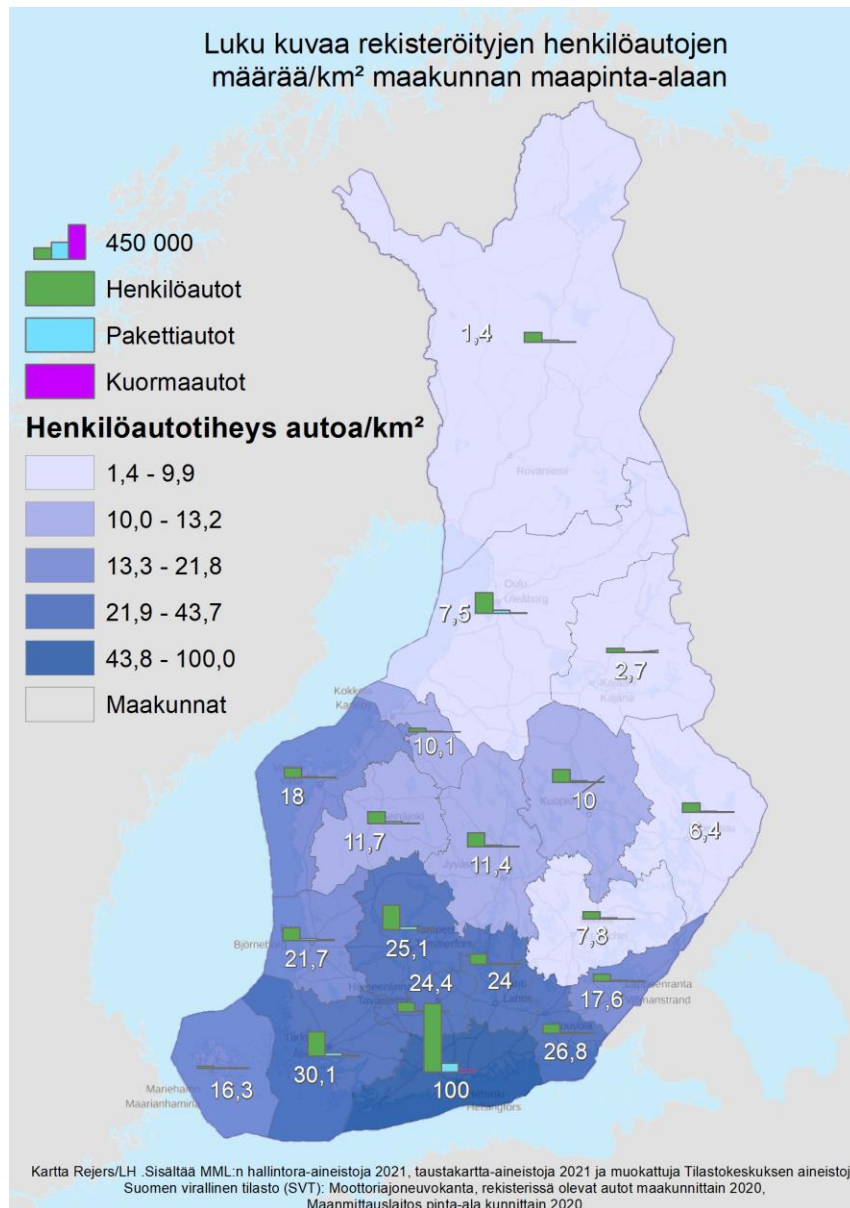
Kuvista voi huomata, että Uudellemaalla on maakuntatasolla tihein henkilöautojen määrä. Suuri ajoneuvojen määrä näkyy myös muissa autoluokissa (kuva 4 palkit kuvaavat absoluuttisia määriä). Karkean analyysin perusteella sähköntarve Uudellamaalla, Pirkanmaalla ja Varsinais-Suomessa selittäisi alle puolet sähköautojen kokonaissähköntarpeesta, Uusimaa yksinään vastaisi paria prosenttia suhteessa Suomen nykyiseen sähköntarpeeseen.

Pohjois-Pohjanmaalla puhutaan todennäköisesti noin sadasosasta Suomen nykyisestä vuosittaisesta sähkönkulutuksesta henkilöautojen osalta, vaikka koko autokanta sähköistyisi eli alle 1 TWh:sta. Kempele ja Oulu ovat pinta-alaan suhteutettuna tiheimpiä keskittymiä Pohjois-Pohjanmaan alueella.

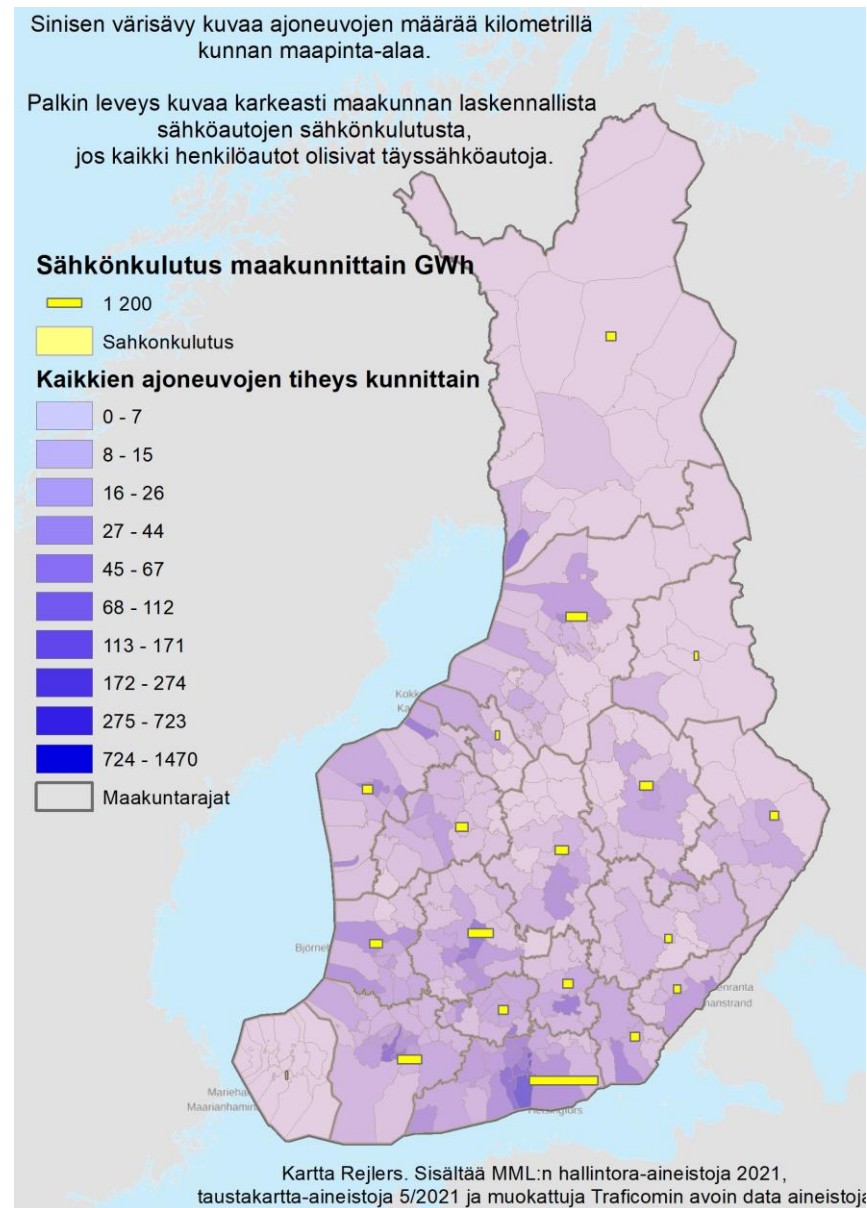
Kuvan 5 kuvaama sähkönkulutus, jos koko henkilöautokanta olisi sähköautoja, pyöristyy 10 TWh:iin vuodessa. Tämä on samassa suuruusluokassa kuin muut arviot. Ilmastopaneeli on arvioinut 2018 raportissa, että 250 000 sähköautoa ei kuluttaisi enempää kuin 1 TWh, kun koko henkilöautokanta oli 2,6 miljoonaa. Tosin sittemmin 2030 tavoitetta on nostettu 250 000 autosta 700 000 autoon²⁴.

Yhteenvetona sähköautoistuminen lisää osaltaan siirtotarvetta Suomen sisällä, varsinkin mikäli sähköntuotanto väkiluvultaan tiheimmissä kunnissa ei lisäännä. Sähköntarpeen lisäys ei kuitenkaan ole yhtä suurta kuin teollisuudella, jossa puhutaan kymmenistä TWh:sta.

²⁴ [jp_Sahkoautoistumisen-aiurit_sahkomarkkina_.pdf \(ilmastopaneeli.fi\)](#)



Kuva 4. Henkilöautojen tiheys maakunnittain suhteessa maakunnan maapinta-alaan sekä absoluuttiset määrät palkkidiagrammeilla.



Kuva 5. Ajoneuvojen tiheys kunnittain ja laskennallinen sähkönkulutus maakunnittain keltaisilla palkeilla.

2.3 Lämpöpumput

GAIA on tutkinut Suomen lämpöpumppuyhdistyksen toimeksiannosta lämpöpumppujen vaikutusta sähkön tarpeeseen. 2010-luvulla lämpöpumppujen lisääntymisestä huolimatta lämmityksen sähkönkulutus ei ole noussut, kun lämpöpumpuilla on korvattu esimerkiksi öljylämmityksen lisäksi myös suoraa sähkölämmitystä. Nykyisten sähköllä lämpenevien pientalojen osalta lämpöpumput vähentänevät sähkönkulutusta paremman hyötysuhteen vuoksi. Pientalorakentamisen lisäys johtaa arvion mukaan kuitenkin 1-8 % lisäsähkötarpeeseen huippukulutus-aikoina tarkastellussa rakennuskannassa vuoteen 2030. Uudet teknologiat ja kuormanohjaus eli sähkömittarin kautta tehtävä lämmityksen sähkönkäytön ohjaus esimerkiksi yön tunneille, voivat kuitenkin vaikuttaa tähän lukuun alentavasti.²⁵

Samassa suuruusluokassa on esitetty myös Aalto-yliopiston julkaisusarjassa 2020 julkaistu selvitys ”Sähköistyvä lämmitys”. Sen mukaan Vuoden 2030 skenaariossa rakennusten ja kaukolämmön lämpöpumput tuottavat vuositasolla lähes 40 TWh lämpöä, ja lämmityksen sähkönkulutus on vuositasolla 24 TWh. Tämä tarkoittaa vuositasolla 6:n tai 7:n TWh sähkönkulutuksen kasvua vuodesta 2018 vuoteen 2030. Sähköistäminen ilman lämpöpumppuja johtaisi suurempaan sähkönkulutuksen nousuun.²⁶

Smart Energy Transition hankkeen keskustelupaperissa ”Clean District heating -how can it work”, arvioidaan lämpöpumppujen sähkönkulutuksen lisääntymiseksi 13 TWh

100 % hiilivapaassa skenaariossa. Ero kesäkuukausien ja talvikuukausien välillä sähköntarpeessa on merkittävä. Lämmitystarve korostuu kylminä kuukausina.²⁷ Lisäksi lämpöpumpun hyötysuhde laskee lämpötilan laskiessa, vaikka lämmitystä tuotetaan jatkossakin eri tavoilla. Eri lämmitysteknologiat voivat myös täydentää toisiaan. Kun lämpöpumput yleistyvät edelleen kaukolämmön korvaamisessa, on oletettavissa, että sähköä tarvitaan aiempaa enemmän asutuskeskuksissa. Tämä näkyy koko maan tasolla sähkönsiirtotarpeena, joka korostuu talviaikaan. Aiemmin on siirretty fossiilisia polttoaineita putkissa, junilla, raiteilla tai rekoilla käytettäväksi lämmön tuotannossa. Jatkossa siirretään yhä useammin sähköä käytettäväksi lämpöpumpuissa. Lämpöpumput siirtävät lämpöä lämpövarastoista, vedestä, ilmasta ja maasta hyödyntämällä lämpötilaeroja ja nostamalla lämpötilaa edelleen lämmityksen tarpeisiin. Lämpöpumppuja tullaan oletettavasti näkemään sekä osana kaukolämpötoimijoiden lämmöntuotannon kokonaisuutta suuressa mittakaavassa, että pienempinä asunto tai kiinteistökohtaisina sovelluksina.

Yhteenvetona: pelkästään sähköä tarkasteltaessa lämmityksen lämpöpumppujen lisääntymisen sähkönkulutuslisä on hieman suurempi tai samassa suuruusluokassa kuin henkilöautojen, mutta kuitenkin vähäisempi kuin teollisuuden.

²⁵ [SULPU - Lisääntyvä lämpöpumppujen käyttö ei kasvatakaan Suomen sähköjärjestelmän tehokuormitusta - Uutiset](#)

²⁶ [isbn9789526401638.pdf \(aalto.fi\)](#)

²⁷ [isbn9789526087221.pdf \(aalto.fi\)](#)

2.4 Teollisuuden sähkökulutus

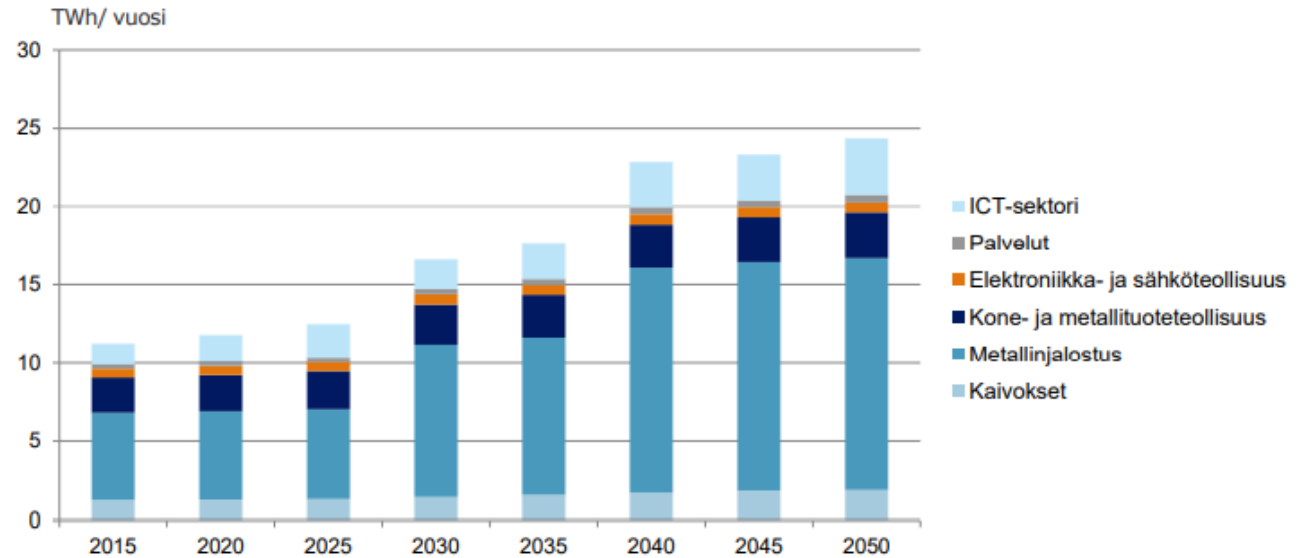
Teollisuus on yksittäinen suurin sähkökuluttaja Suomessa 46 prosentin osuudella vuonna 2020. Koko Suomen sähkön kokonaiskulutuksesta metsäteollisuuden osuus on 21 %, kemianteollisuuden 8 %, metallinjalostuksen 11 % ja muun teollisuuden 6 %. Metsäteollisuus myös itse tuottaa sähköä, mikä vähentää sen ostosähkön tarvetta^{28,29}

Valtaosa kemianteollisuuden käyttämästä energiasta suuntautuu tällä hetkellä lämmön tuotantoon (19 TWh) ja sähköä kulutetaan 7 TWh. Kemianteollisuuden vähähiilisyystiekartassa on arvioitu, että vuoteen 2045 sähkön tarve 4,5 kertaistuisi³⁰. Skenaarioiden välillä on kuitenkin eroa sähkökulutuksen kasvussa, sillä vähähiilisessä skenaariossa sähkön kulutus 2045 kasvaisi 27 TWh:iin verrattuna 8 TWh nykyuraskenaariossa. Samalla kun sähkön merkitys kasvaisi nykyisten energianlähteiden käyttö lasiksi.³¹

Myös teknologiateollisuuden vähähiilisyystiekartassa odotetaan sähkökulutuksen selvää kasvua. Suurinta kasvua teknologiateollisuuden sektorilla odotetaan metallinjalostuksessa, myös ICT kasvaa esimerkiksi konesalien myötä, mutta lähtötaso on alempi (kuva 6).

Metsäteollisuuden vähähiilisyystiekartassa odotetaan, että energiansäästötoimet hillitsisivät kokonaisenergian

Päästöttömän sähkön tarve kaksinkertaistuu



Kuva 6. Energiateollisuuden sähkökulutuksen kasvuarvio. Kuvakaappaus Energiateollisuuden vähähiilisyystiekartasta.

kasvua niin, että kokonaisenergiankulutus ei nouse, mutta ostetun sähköenergian määrä kuitenkin kasvane.³²

Rakennusteollisuuden nykyisestä hiilijalanjäljestä suurin osa koostuu rakennuksen käytönaikaisesta kulutuksesta,

etenkin kaukolämmöstä, sähköstä ja kevyestä polttoöljystä. Rakentamisvaiheessa työmaatoiminnoissa käytetään myös kevyttä polttoöljyä ja materiaalien kuljetuksessa dieseliä. Betoni on merkittävä materiaali rakenta-

²⁸ Tilastokeskus - Teollisuuden energiankäyttö 2017 (stat.fi)

²⁹ Energiavuosi 2020 Sähkö

³⁰ Ilmastohaasteen ratkaisusta vientivalti – tietkartta hiilineutraaliin kemianteollisuuteen julkaistu | Kemianteollisuus.fi

³¹ Kemianteollisuusroadmap.pdf (crasman.fi)

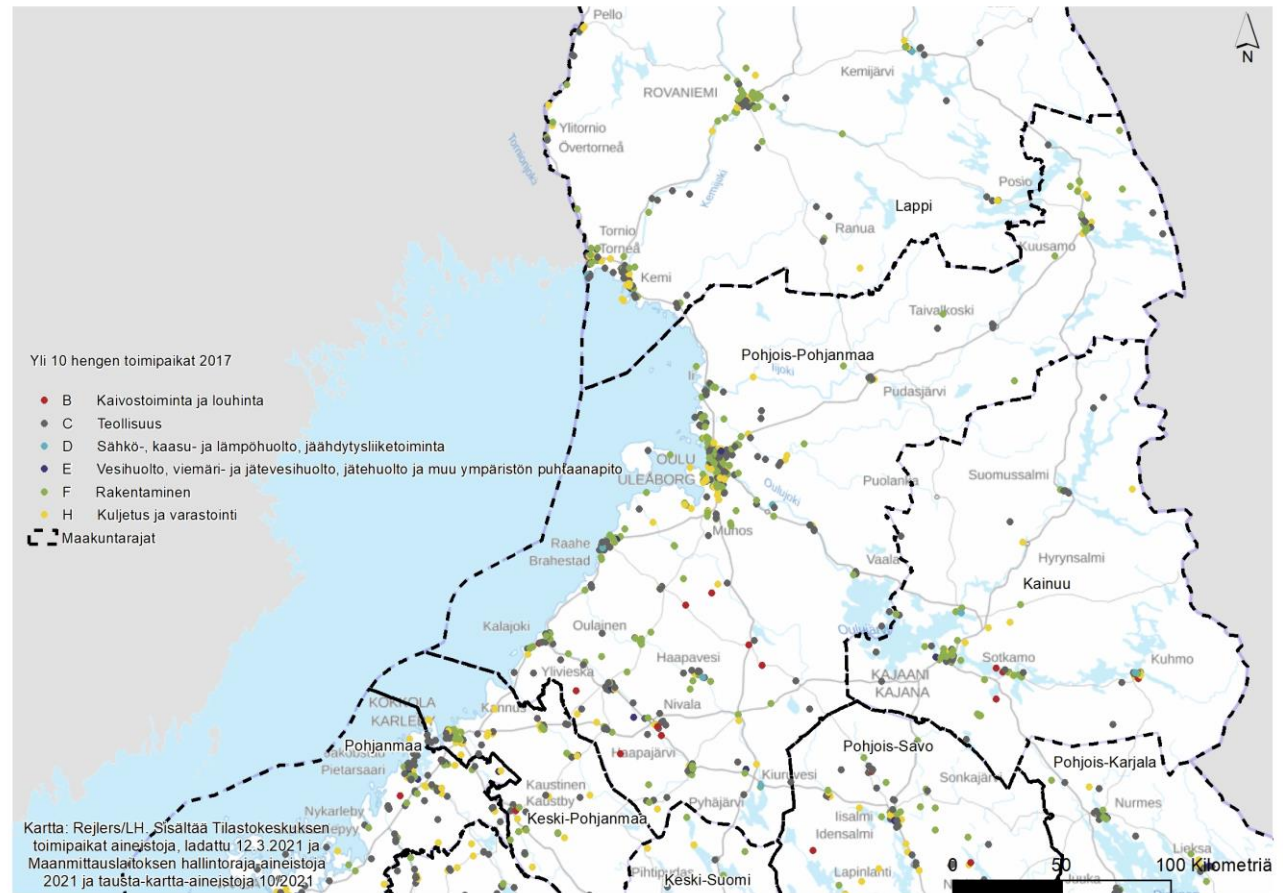
³² 5fd364e8a24bef1db9ceedb8 Metsäteollisuus ilmastotietokartta AFRY päästöosuus raportti 12062020.pdf (webflow.com)

misvaiheessa, jota käytetään sekä rakennuksissa että liikenneverkossa.³³ Betoniin käytettävän sementin vähähiilisyys vaatii lisätutkimusta³⁴ ja käytetty teknologia vaikuttaa sähkönkulutukseen.

Kaikkiaan teollisuuden ostosähkönkulutuksen odotetaan yli kaksinkertaistuvan vuoteen 2050 noin 30 TWh:sta liki 70:een TWh:iin vuoteen 2050, kun tällä hetkellä koko Suomen sähkönkulutus on noin 90 TWh. Saman suuruusluokan muutoksen lukuja on esitetty myös energiateollisuuden vähähiilisyystiekartan voimakkaan sähköistymisen skenaariossa, joskin eri lähtötasosta.³⁵

Oheisesta kuvasta 7 nähdään tarkemmin Pohjois-Pohjanmaan ja lähialueiden toimipaikkojen sijoittumista (toimipaikka on yhden yrityksen omistama, yhdessä paikassa sijaitseva ja yhdellä toimialalla toimiva eli pääasiassa yhdenlaisia tavaroita tai palveluja tuottava yksikkö³⁶). Kuvasta voidaan huomata, että teollisuuden keskittymiä on esimerkiksi Oulussa ja sen ympäristössä, Raahessa, Kokkolassa. Jos tarkastelua tekee yli maakuntarajojen voi huomata, että varsinkin rannikon läheisyydessä on teollisuustihentymiä, vaikka tämä ei olekaan koko kuva.

Esimerkiksi Uudellamaalla, Pirkanmaalla ja Varsinais-Suomessa on myös tiheää teollisuutta, mikä vaikuttaa koko Suomen sähkönsiirtotarpeisiin, vaikka yksittäisten suurien laitosten sähköntarve voi olla merkittävä koko Suomen tasolla, kuten Raahen esimerkki osoittaa.



Kuva 7. Toimipaikkojen sijoittuminen Pohjois-Pohjanmaalla ja lähialueilla.

³³ [Microsoft Word - TEM RT tiekartta väliraportti 2020-04-28](#)

³⁴ [gaia_report \(rakennusteollisuus.fi\)](#)

³⁵ [PowerPoint-esitys \(energia.fi\)](#)

³⁶ [Toimipaikka | Käsitteet | Tilastokeskus \(stat.fi\)](#)

2.5 Vedyn merkitys sähköverkolle

Esimerkiksi SITRA:n Sähköistämisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa -raportin sekä sektori-integraatioryhmän loppuraportin perusteella yksi keskeinen sähkön mahdollinen käyttökohde ja kulutuskohde olisi vedyn tuotanto. Vähähiilinen vety mahdollistaa teollisuusprosessien ja liikenteen päästöjen vähentämisen sekä toimii energiavarastona.³⁷ Nykyisin vedyn kulutus painottuu teollisuuteen ja se tuotetaan lähes kokonaan fossiilisista lähteistä, etenkin maakaasusta eli on ns. harmaata vetyä. Esimerkiksi lannoiteteollisuus on merkittävä vedyn käyttäjä. Kuitenkin ns. vihreän vedyn tuotannon lisäämiseen on poliittista painetta. Usein vihreällä vedyllä viitataan uusiutuvilla tuotettuun vetyyn. Taustalla on ainakin se, että vedyn tuotanto maakaasulla aiheuttaa merkittäviä hiilidioksidipäästöjä. Siksi se pitäisi joka tapauksessa korvata osana vähähiilisyystavoitteita. Osassa energian käyttökohteista kuten terästeollisuudessa päästöjen vähentäminen on hankalaa nykyisillä teknologioilla. Liikenteessä akkujen paino ja koko hankaloittavat pitkän matkan liikenteen sähköistämistä ja sähköä on haastava varastoida pitkiä aikoja esimerkiksi talven kulutushuippuihin, kun taas vedyn johdannaistuotteet vertautuvat enemmän fossiiliin polttoaineisiin kuin akkuihin tilantarpeelta ja käyttökohteilta. Jos akkuteknikka kehittyisi huomattavasti, se voisi muuttaa tilannekuvaa.

Sähköön perustuvaa ns. vetytaloutta on myös kritisoitu sillä perusteella, että vedyn tuottamiseksi tarvittaisiin sähköntuotantoa lisää. (Myös suoraan auringon valoon perustuvaa vedyn tuotantoa tutkitaan useissa maissa³⁸. Jos sitä saadaan kehitettyä teolliseen mittakaavaan, vetytalon siirtyminen ei aiheuttaisi suuria investointitarpeita sähköntuotantoon eikä sähköverkkoon.)³⁹ Lisäksi monessa mahdollisessa vedyn kulutuskohteessa on kilpailuvia suoraan sähköllä toimivia teknologioita, jolloin vedyn käyttö välissä voisi aiheuttaa tuotetun energian häviötä tuotannossa, siirrossa ja kulutuskohteessa verrattuna suoraan sähköistämiseen ja sähkön siirtoon sähköverkkoa pitkin. Suora sähköistämistä mahdollistavat lämmityksessä lämpöpumput, autoissa sähköautot ja myös teollisissa prosesseissa on sähköllä toimivia konsepteja.⁴⁰ Sähkön lisäksi biopolttoaineet ja biokaasu kilpailevat mm. pitkän matkan liikenteessä vetyyn pohjaavien teknologioiden kanssa vaikuttaen kokonaismarkkinaan. Myös fossiilisista lähteistä tuotettuun siniseen vetyyn, jossa on hiilidioksidin talteenotto kohdistuu kritiikkiä⁴¹ ja siksi sen käytöstä keskustelu tulee jatkumaan samoin kuin eri vedyn väreistä.

SITRA:n Sähköistämisen rooli Suomen ilmastotavoitteissa raportissa onkin todettu, että ”siellä missä päästöjä ei voida poistaa sähköistymisen avulla, voidaan käyttää vetyä tai biomassaa, kuten puuta.”⁴²

Koko vähähiilinen energiemarkkina etsii vielä muotoaan. Joka tapauksessa vety on tunnustettu tärkeäksi keinoksi

varsinkin teollisuuden hiilineutraaliustavoitteissa, joissa erilaisia teollisuusprosessien fossiilisia lähtötuotteita voitaisiin korvata sekä tilanteissa, joissa jo nyt tarvitaan vetyä. Vety on myös yksi lähtöaine suureen joukkoon muita lopputuotteita. Vetyä sisältävät mm. ammoniakki (käyttökohteita esim. lannoitteet ja laivan moottorit), metanoli ja synteettinen metaani. Myös ruoantuotantoa tai nesteistä polttoainetta autoihin voidaan kehittää hyödyntäen uusia prosesseja. Kokonaisenergianhäviöt ketjussa ovat kuitenkin merkittäviä toistaiseksi liikennepolttoaineiden osalta, vaikka niiden etuna onkin energiatiheys ja se, että niitä voi käyttää nykyisissä kulkuneuvoissa.

Vedyn tuotannon epäsuora merkitys sähköverkolle on se, että tarvitaan uutta sähköverkkoa, jotta uudet sähköä tuottavat laitokset saadaan kytkettyä verkkoon. Tämä sähkö tarvitaan elektrolyyserilaitteistossa vedyn valmistamiseen sähköstä ja vedestä. Mikäli vedyntuotanto on suurta ja käytetään verkkosähköä, voidaan tarvita verkon vahvistamista myös pelkästään elektrolyyserilaitteistojen takia. Jos esimerkiksi siirtoputki ja elektrolyyseri on tietyssä pisteessä, voi tämä piste vaikuttaa myös tuulipuiston liittymisjohdon linjauksiin.

³⁷ [Sektori-integraatioryhmän loppuraportti \(valtioneuvosto.fi\)](#)

³⁸ [tuvj_1+2018.pdf \(eduskunta.fi\)](#)

³⁹ [Oulussa kehitetään menetelmää, joka voisi mullistaa maailman energiatalouden – ratkaisun avaimet ovat auringossa | Yle Uutiset | yle.fi](#)

⁴⁰ [Liebreich: Separating Hype from Hydrogen – Part Two: The Demand Side | BloombergNEF \(bnef.com\)](#)

⁴¹ [Päästöttömäksi väitetty ”sininen vety” on haitallisempaa ilmastolle kuin maakaasun tai kivihiilen polttaminen, tutkimus väittää - Tekniikan Maailma](#)

⁴² [Sähköistämisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa \(sitra.fi\)](#)

Vedyn tuotantoon tarvittavien elektrolyysilaitteistojen sijoittumiseen ja sitä kautta sähköverkkoon vaikuttavien näkökulmia:

-Vedyn tarve. Pohjanlahden rannikon selvityksessä Pohjois-Pohjanmaalla tunnistettuja tärkeimpiä **vedyn mahdollisia kulutuskohteita olisivat Raahen ja Oulun** ja lähimaa-kunnissa myös Kemi-Tornio ja Kokkola. Raahessa tarve on arvioitu suurimmaksi näistä neljästä. Kemiran tehtaan sivutuotteena syntyy vetyä (kuva 8).⁴³ Ylen uutisessa prosessimetallurgian professori Timo Fabritiuksen haastattelussa esitetään, että "niin sanotulla Perämeren kaarella Kokkolan ja Uumajan välillä on yksitoista raskaan teollisuuden paikkakuntaa. Nämä paikat olisivat Fabritiuksen mukaan vedyn tuotannon ja kulutuksen kannalta merkittäviä."⁴⁴ Myös SSAB:n haastattelun perusteella Ruotsissa on merkittävää teollista vetypotentiaalia.⁴⁵

-Vedyn logistiikka. Toistaiseksi Suomessa ei ole laajamittaista vedyn putkiverkostoa. Maakaasuverkosto painottuu Tampereen eteläpuoliseen Suomeen. Todennäköisesti vedyn käyttöä varten olisi tarve rakentaa ainakin lyhyitä siirtoputkia, vaikka myös kuljetus raiteilla, kumipyörillä tai merellä on mahdollista, jos vety on paineistettu. Laajaa jopa Saksaan yltyvää siirtoverkkoa on visioinut nykyinen elinkeinoministeri⁴⁶. Koko Euroopan kattavassa kaasuoperaattorien visiossa on hahmoteltu vedyn siirtoverkkoa teollisten kohteiden lähelle alueellisesti Pohjois-Pohjanmaalle ja alueelliset verkot yhdistyisivät myöhemmin yhtenäiseksi rannikko mukaviksi siirtoputkeksi⁴⁷.

⁴³ [Hydrogen study of the bay of bothnia \(businessoulu.com\)](https://businessoulu.com/hydrogen-study-of-the-bay-of-bothnia/)

⁴⁴ [Oulussa kehitetään menetelmää, joka voisi mullistaa maailman energiatalouden – ratkaisun avaimet ovat auringossa | Yle Uutiset | yle.fi](#)

Tällainen laajamittainen siirtoverkko voisi vaikuttaa sähkön siirtotarpeisiin maan sisällä. Mikäli vedyn siirtoon olisi olemassa laaja putkiverkosto, voisi laajemmalla alueelta liittyä tuulipuistoja vedyntuottajiksi tuottamalla vetyä runkoputkeen.

Oletettavasti putket ovat kuitenkin ainakin alkuvaiheessa varsin lyhyitä. Lisäksi logistiikkaan ja kokonaisuuteen vaikuttaa vedyn käyttökohde, onko käyttö jatkuvaa ja välttämätöntä prosessin toiminnalle vai onko käyttö ajoittaista. Myös vedyn siirtohäviöt vaikuttavat kokonaistarkasteluun ja investointien järkevyyteen.

-Sivutuotteiden hyödyntämismahdollisuudet. Vedyn lähtötuotteet ovat sähkö ja vesi. Tuotetun vedyn lisäksi prosessin sivutuotteita ovat (hukka)lämpö ja puhdas happi. Syntyvä lämpö on niin korkeassa lämpötilassa, että sen hyödyntäminen esim. kaukolämpöverkkoon olisi mahdollista, mahdollisesti esimerkiksi Oulussa. Hapelle taas on joitakin teollisuuden ja lääketieteen sovelluskohteita.

-Hinta ja regulaatio. Vihreä vety ei ole kilpailukykyistä fossiilisen vedyn kanssa täysin markkinaehtoisesti, vaikka elektrolyysierien hinta onkin laskenut⁴⁸. EU:ssa on kuitenkin merkittäviä lainsäädäntöpaketteja valmistelussa, jotka voisivat luoda kysyntää ja rahoitusta. Lisäksi päästökaupan hinta vaikuttaa teollisuuden kustannuksiin. Lainsäädäntö tulee määrittelemään sitä, voiko pörssisähköä käyttää vedyn tuotannossa, ja onko tuotanto rajattu tiet-

⁴⁵ [När blir ståindustrin fossilfri? \(When will the steel industry become fossil-free?\) - YouTube](#)

⁴⁶ [Uutissuomalainen: Lintilältä hurja visio: Suomesta voitaisiin vetää vetyputki Ruotsin kautta Keski-Eurooppaan - Suomenmaa.fi](#)



Kuva 8. Mahdolliset vedyn keskittymät, joita on tunnistettu Perämerellä. Lähde: HYDROGEN STUDY OF THE BAY OF BOTHNIA (2021). P. Sulasalmi, M-L Kärkkäinen, T. Fabritius.

tyihin tuotantomuotoihin tai peräti uusiin hankkeisiin. Kokonaisuuden näkökulmasta kiinnostavia regulaatiokysymyksiä ovat, voiko pörssisähköä käyttää ja voiko ydinsähköä käyttää ja silti saada edullisen rahoituskohtelun ja mahdolliset tuet vedyn tuotannolle vai onko tuotanto si-

⁴⁷ [European Hydrogen Backbone 2021 \(gasforclimate2050.eu\)](#)

⁴⁸ [hydrogen_strategy.pdf \(europa.eu\)](#)

dottu suoraan uusiutuviin tuotantomuotoihin. Vaihtoehtoisten polttoaineiden direktiivisiä uusitaan ja se on luonnosvaiheessa. Luonnosteksti edellyttäisi käytännössä kattavan vedyn jakeluinfran rakentamista tieliikenteeseen⁴⁹.

Vedyn tuotanto voi siis edellyttää sähköverkon vahvistamista Pohjois-Pohjanmaalla lähellä tärkeimpiä vedyn kulutuskohteita esimerkiksi Raahessa, Oulussa ja Keski-Pohjanmaalla Kokkolassa. Vedyn tuotanto lisää nykyisellä teknologialla kokonaissähkönkulutusta, jota varten tarvitaan vähähiilisen energian investointeja, joihin tuulivoimakin lukeutuu. Tuulivoimarakentaminen edellyttää investointeja myös sähköverkkoon. Pidemmän aikavälin vaikutuksiin sähköverkkoon liittyy epävarmuutta, koska vähähiilisen vedyn sektori on varhaisessa vaiheessa.

2.6 Suunnittelussa olevat hankkeet suhteessa nykytilanteeseen

Tarkastelemalla tarkemmin suunniteltuja hankkeita, saadaan lisätietoa, minkälaista kehittämispainetta sähkönsiirtoon kohdistuu.

Merkittäviä suunnittelussa olevia kulutus- tai tuotantokohteita ovat ainakin seuraavan sivun kuvassakin havainnollistettu Olkiluoto 3 (arvio 13 TWh), Fennovoiman Hanhikivi 1 (arvio 10 TWh) ja Raahen terästehtaan muutoksen vaikutus vedyllä toimivaksi

⁴⁹ [revision of the directive on deployment of the alternative fuels infrastructure with annex 0.pdf \(europa.eu\)](#)

⁵⁰ [Tuulivoimaloiden hyötysuhde nousee ja tuotantokustannukset laskevat - ePressi](#)

(kartassa 12 TWh, lehti uutisen arvio 10-12TWh). Kuvasta 9 voi päätellä, että hankkeet yksinään ovat niin suuria, että ne vaikuttavat yksinään merkittäviin sähkön siirtotarpeisiin ja ovat jo vaikuttaneet suunnitteluun. Hankkeista pisimmällä on Olkiluoto 3, jonka käyttöönottoon sähköntuotantoon valmistaudutaan.

Tuulivoiman kokonaissähköntuotannon ja nimellistehon suhdetta kuvaavassa kapasiteettikertoimessa on tapahtunut selvä muutos ylöspäin 2010-luvun aikana. Energiaviraston ja energiateollisuuden datan perusteella, ”2011 – 2018 Suomeen rakennettujen tuulivoimaloiden keskimääräinen kapasiteettikerroin vuonna 2019 oli n. 33 prosenttia. Vuonna 2017 käyttöön otettujen voimaloiden kapasiteettikerroin oli keskimäärin 10 prosenttiyksikköä korkeampi, kuin vuonna 2011”^{50,5152}

Merituulivoiman kapasiteettikerroin on suurempi kuin maatuulivoiman esimerkiksi Tahkoluodon pilottivoimalassa 46 %⁵³. Eli vuoden tasolla tarkasteltuna tuotanto on lähes puolet sen nimellistehon mukaisesta tuotannosta. Sähkönsiirron näkökulmasta vuosituotannon sijaan olennaista on kuitenkin huipputeho. Sitä tarkastellessa kuvan 9 tuulivoiman sähköntuotantopalkit olisivat suuremmat.

Kuvan 9 tuulivoimaa koskevaan osuuteen on kerätty tiedot Suomen Tuulivoimayhdistyksen hankelistasta tammi-kuussa 2021, sillä se on koko Suomen tasolla vertailukelpoinen aineisto. Käytännössä hankkeet voivat peruuntua

⁵¹ [2011 - 2018 Suomeen asennettujen tuulivoimaloiden kapasiteettikertoimet - Suomen Tuulivoimayhdistys](#)

⁵² [finland-capacity-factors-2019.pdf \(tuulivoimayhdistys.fi\)](#)

⁵³ [Suomen Hyötytuuli – Tietotaitoa pilottivoimalasta \(hyotytuuli.fi\)](#)

tai muuttua, mutta kaikkia hankkeita ei myöskään näy listassa.

Oletuksena laskennassa on käytetty 40 prosentin kapasiteettikerrointa maatuulivoimalla ja 50 prosentin kerrointa merituulivoimalla koko Suomen osalta, jotka on johdettu toteutuneista kertoimista, sillä oletuksella, että ne hieman kasvavat tulevaisuudessa. Lukuja ei ole muokattu Pohjois-Pohjanmaan osalta, jotta eri maakuntien lähtötieto on samasta lähteestä ja paremmin vertailukelpoista.

Mikäli hankkeelta on puuttunut maksimiteho tuulivoimayhdistyksen listauksessa (tyypillisesti varhaisen vaiheen hanke) se ei sisälly laskentaan. Merituulivoimaksi on laskettu hankkeet, jotka ovat paikkatietoanalyysin perusteella merialueella. Mikäli piste on merkattu lähtöaineistoon epätarkasti, se voi vaikuttaa tuloksiin. Toisaalta on odotettavissa, että pidemmällä tulevaisuudessa, kun merituulivoimarakentaminen voimistuu, kauemmas merialueille tullaan suunnittelemaan uusia hankkeita, jolloin nykytilanteesta johdettu laskenta helposti aliarvioi merituuvoimapotentialiaalia. Ahvenanmaan lähialueiden Yle:n uutisessa väläytelty jopa 30 terawattitunnin merituulivoiman vuosituotantopotentialiaali ei näy lähtötiedossa.⁵⁴

Kuvasta 9. nähdään, että tuulivoimayhdistyksen tietojen perusteella tuulivoimaa (vihreä palkki) on suunnitteilla pelkästään Pohjois-Pohjanmaalle useita kertoja Fennovoim-

⁵⁴ [Nouseeko Ahvenanmaan merialueille 500 tuulivoimalaa? Miliardien hanke etenee myötätulessa | Yle Uutiset | yle.fi](#)

man (harmaan värinen palkki) ydinvoimaloilan vuosituotannon verran. Tämä olisi myös monta kertaa maakunnan nykyisen sähköntuotannon tai kulutuksen verran.

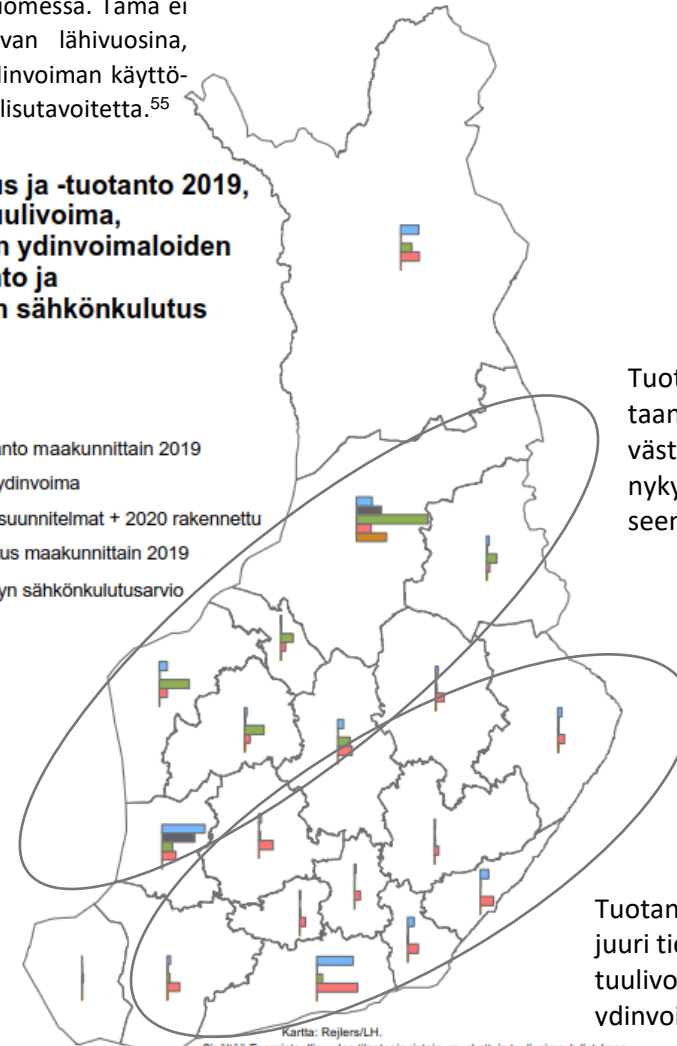
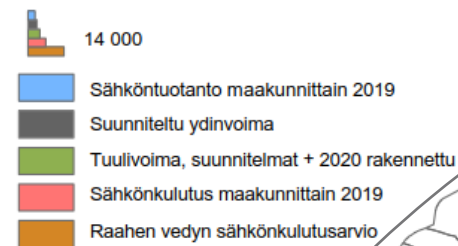
Raahen terästehtaan mahdollinen muuttaminen vetyä prosessissa käyttäväksi voi lisätä paikallista kulutusta. Tuulivoimaa on suunnitteilla myös naapurimaakuntiin, etenkin Pohjanmaan maakuntiin, mutta myös Sisä-Suomeen ja Lappiin. Kuvaajan esitystapa sähköntuotannon perusteella jättää huomiotta sen seikan, että tuulisena päivänä voimat tuottavat huipputeholla, jolloin huipputeho/kapasiteetti kuvaajassa tuulivoimalat olisivat vielä enemmän edustettuina. Tämä pitää huomioida myös sähköverkon suunnittelussa ja kuvaajien tulkinnassa. Lisäksi listasta puuttuu suuri joukko esiselvitysvaiheen hankkeita, jotka eivät ole julkisia vielä.

Kuvassa 9 esitetyn analyysin (tarkemmin taustoitettu aiemmin) perusteella näyttää, että paikallinen sähköntuotanto ei pysty hyödyntämään kaikkea sähköä, jota alueella pystyttäisiin tuottamaan. Tämä tarkoittaa, että tarvitaan merkittävästi lisää pitkien etäisyyksien siirtoyhteyksiä Pohjois-Pohjanmaan kautta erityisesti suurimpiin asutuskeskittyymiin. Asutuskeskittymien sähköntuotannosta lisää nykytilanteesta mm. teollisuuden, lämmityksen ja liikenteen sähköistyminen. Näillä alueilla ei ole näköpiirissä vastaavaa sähköntuotannon lisäystä tuulivoimasta.

Näiden lisäksi pohjois-etelä -suuntaista siirtotarvetta voivat lisätä vielä mahdolliset siirtoyhteydet ulkomaille tai muiden energiantuotantolähteiden tai kulutuskohteiden liittyminen verkkoon. Pienydinvoimaloiden yleistymisen

olisi yksi mahdollisista trendeistä, joka voisi muuttaa tilannetta, koska tuotanto voisi olla Etelä-Suomessa. Tämä ei kuitenkaan näytä todennäköiseltä aivan lähivuosina, vaikka ainakin Helen selvittääkin pienydinvoiman käyttömahdollisuuksia osana 2035 hiilineutraalisuutavoitetta.⁵⁵

Sähkönkulutus ja -tuotanto 2019, suunniteltu tuulivoima, suunniteltujen ydinvoimaloiden sähköntuotanto ja Raahen vedyn sähkönkulutus GWh



Tuotannon odotetaan kasvavan selvästi suhteessa nykyiseen kulutukseen.

Tuotantoa ei ole juuri tiedossa tuulivoimasta tai ydinvoimasta.

⁵⁵ [Helen mukana selvittämässä pienydinvoiman hyödyntämistä kaukolämmössä | Helen](#)

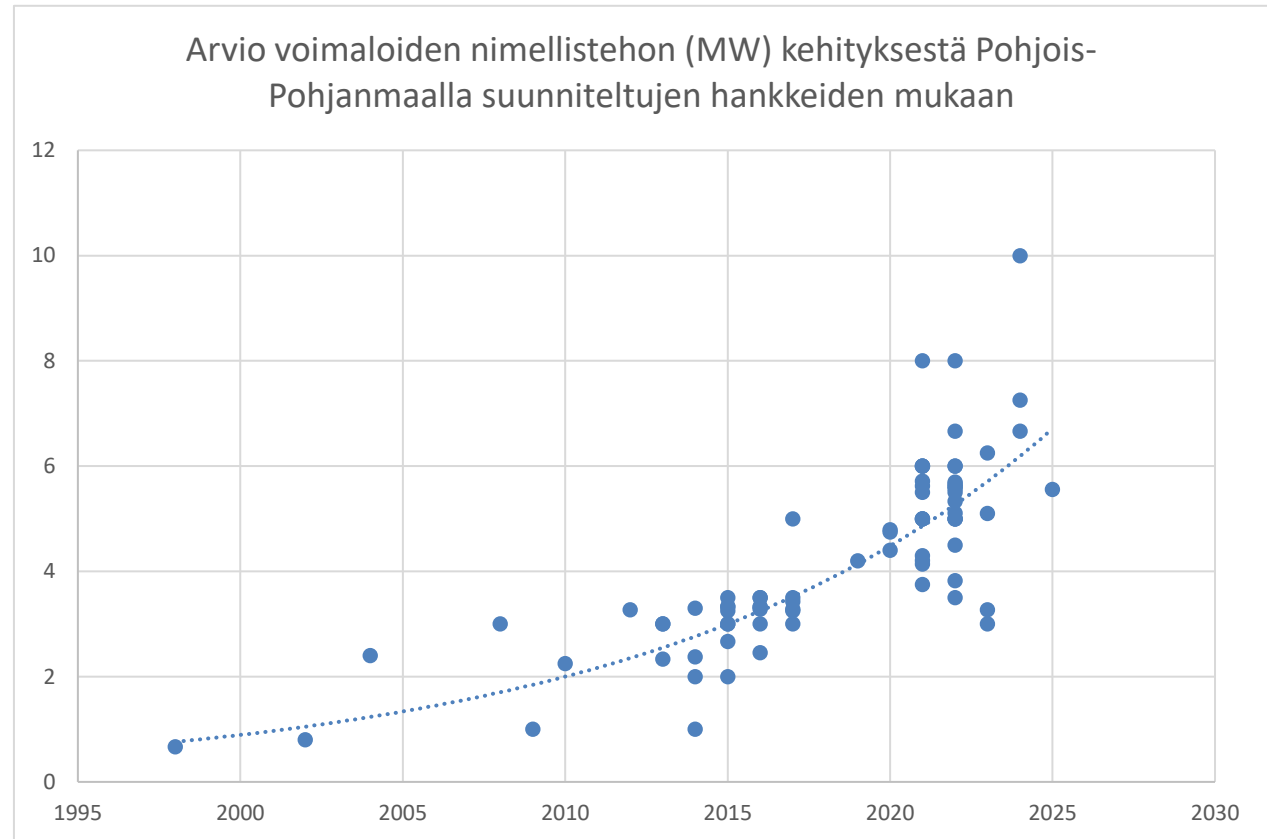
Kuva 9. Suunniteltu tuulivoima, ydinvoima ja Raahen vedyn tarve suhteessa sähkön kulutukseen ja tuotantoon

2.7 Tuulivoimaloiden uusinnat ja kehitys Pohjois-Pohjanmaalla tuulivoimayhdistyksen aineistojen valossa

Tuulivoiman nykykehitys on ollut voimakasta Pohjois-Pohjanmaan alueella. Uusien hankkeiden lisäksi, vanhojen voimaloiden uusinnat tulevat ajankohtaisiksi tulevaisuudessa. Tässä kappaleessa on vertailtu Tuulivoimayhdistyksen hankelistan tietojen perusteella tulevaa ja mennyttä kehitystä. Aineisto on päivitetty tammikuussa 2021, minkä vuoksi ne soveltuivat trenditarkasteluun.

Uusien suunnittelussa olevien voimaloiden lisäksi Pohjois-Pohjanmaan sähkönsiirtoon ja tuulivoimaloiden tilanteeseen vaikuttavat myös jo nyt rakennetut voimalat. Usein tuulivoimaloiden tekninen käyttöikä lasketaan noin 20-25 vuoteen. Jo rakennetut voimalat sijoittuvat usein parhaimman tuulisuuden alueelle rannikolle. Siksi alueiden käyttöön on intressejä myös tulevaisuudessa syöttötariffin loputtua ja voimaloiden teknisen käyttöiän loppumisen jälkeen tai sen loppumisen läheystessä.

Tuulivoimayhdistyksen aineistojen perusteella rakennettujen voimaloiden nimellistehot ovat vähitellen kasvaneet 2010-luvulla. Kuvan 10 kuvaajan perusteella Pohjois-Pohjanmaalla rakennettiin ennen vuotta 2010 usein alle 3 MW voimaloita ja vuosina 2010-2017 noin 3 MW:n suuruisia voimaloita.



Kuva 10. Tuulivoimaloiden nimellistehon kehitys Pohjois-Pohjanmaalla tuulivoimayhdistyksen aineistojen perusteella.

Tämä tarkoittaa, että ennen vuotta 2010 rakennetut usein alle 3 MW:n voimalat tulevat pian uusimiskään ja tämän jälkeen uusimisvuorossa on runsaasti noin 3 megawatin voimaloita. Tyypillisesti näiden tuulivoimapuistojen kokonaisteho on muutaman kymmenen megawattia (kuva 11).

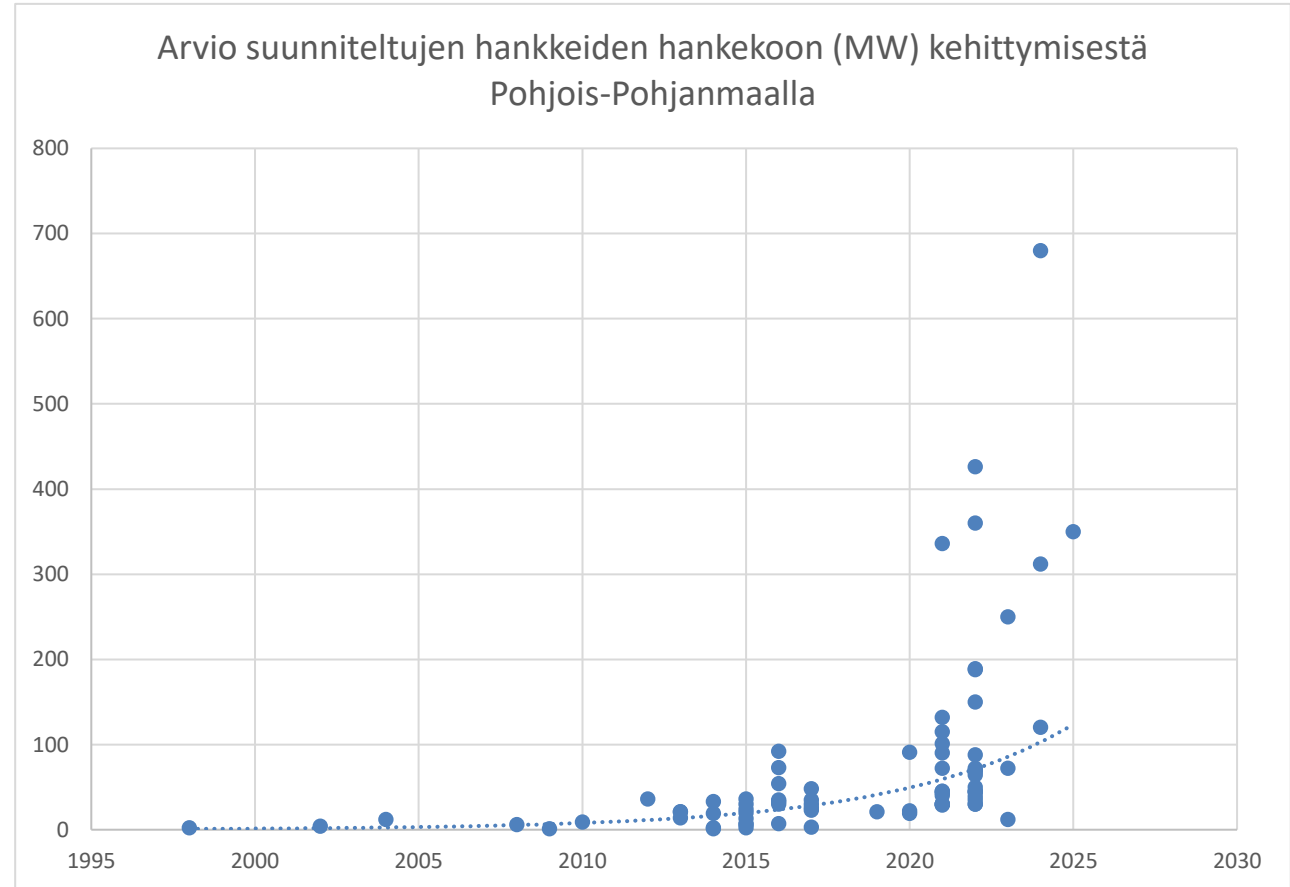
On epätodennäköistä, että vanhimpia voimaloita korvataisiin käyttöiän päätyttyä saman nimellistehon voimaloilla, mikäli alueen ympäristössä ei ole siihen johtavia rajoitteita. Tosin kaava rajoittaa usein voimaloiden tehon alle 30 MW:iin, joten tämä voi edellyttää kaavamutosta. Jos voimalakoot muuttuvat myös voimaloiden sijoittelu

todennäköisesti muuttuu, koska suuret voimat sijoitetaan kauemmas toisistaan kuin aiemmat. Lisäksi voimalakoon kasvu voi vaikuttaa sijoitteluun myös suhteessa esimerkiksi asutukseen.

Uusimisajankohtaan vaikuttaa mahdollisesti myös vuosituoton muutos, johon vaikuttaa mm. kapasiteetikertoimen kehitys. Sekä mahdollisen uusimisajankohdan että sähköverkon ja siirtokapasiteetin näkökulmasta on kiinnostavaa, miten paljon puiston kokonaisteho lisääntyisi uusinnan yhteydessä. Riittäviä tietoja tähän kysymykseen ei saatu julkisten lähteiden perusteella, sillä tilanteet vaihtelivat eri maiden välillä huomattavasti mm. voimalakanan osalta. Yleisellä tasolla arviot sähkötuotannon lisääntymisestä vaihtelivat noin 10-50 % välillä.

Siksi kokonaistehon muutosta uusinnan yhteydessä tiedusteltiin kahdelta Suomessa toimivalta ja verrattain yleiseltä voimalatoimittajalta, joista vastaus saatiin toiselta. Nordexin vastauksessa todettiin, että vuonna 2010 asennetut voimat olivat yleisesti 1,5-2,5 MW voimaloita, jolloin tyypillinen puiston koko olisi ollut noin 10 x 2,5 MW eli 25 MW. Tällä hetkellä saatavilla olevilla voimalatyypeillä voimalamäärä samalla alueella tippuisi karkeasti puoleen, eli 5 x 5,7 MW. Tästä tehonlisäykseksi tulisi 25:sta MW:sta 28,5 MW:iin, joka vastaisi noin 10-20 % tehon lisäystä verkon kytkeytymispisteessä.

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



Kuva 11. Hankekoon kehittyminen Pohjois-Pohjanmaalla tuulivoimayhdistyksen aineistojen perusteella.

3. Sähköverkon kehittämissuunnitelmat ja haastattelujen yhteenvedot

Kantaverkkoyhtiö Fingridin verkkovisiosta⁵⁶ ja kantaverkon kehittämissuunnitelman luonnoksesta⁵⁷ saa hyvän käsityksen Suomen kantaverkon kehittymisestä tulevaisuudessa. Niitä on seuraavaksi käyty läpi Pohjois-Pohjanmaan osalta. Lisäksi esitellään verkko- ja tuulivoimayhtiöiden haastattelujen tulokset ja avataan niissä käytyjä aiheita.

3.1 Fingrid

3.1.1 Fingrid Verkkovisio

Fingridin verkkovisio tarkentaa edellisessä kappaleessa taustoitettuja sähköverkon pitkän aikavälin kehittämistä ohjaavia trendejä mallintaen niiden vaikutukset sähköverkkoon ja analysoiden sähköverkon kehittämistarpeita erilaisissa skenaarioissa.

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

Fingridillä on käytössä tarkempaa tietoa tulevista investointisuunnitelmista, kuin on mahdollista saada avoimista lähteistä. Esimerkiksi sen saamien tuulivoiman hanketiedustelujen määrä on moninkertainen tuulivoimayhdistyksen hankelistaan nähden. Tuulivoimayhdistyksen hankelistan hankkeita on 2021 n. 21 400 MW. Fingrid viestitti Kantaverkon kehittämissuunnitelman webinaarissa elokuussa 2021, että se on saanut hanketiedusteluja peräti yli 100 000 MW edestä. Myös jotkin myöhemmin sähköä 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. Silti yhteiskunnallinen ja sähköntuotannon kehitys on niin riivakkaa, että se näkyy myös merkittävässä hajonnassa eri skenaarioiden välillä, mikä on myös tarkastelutavan vahvuus.

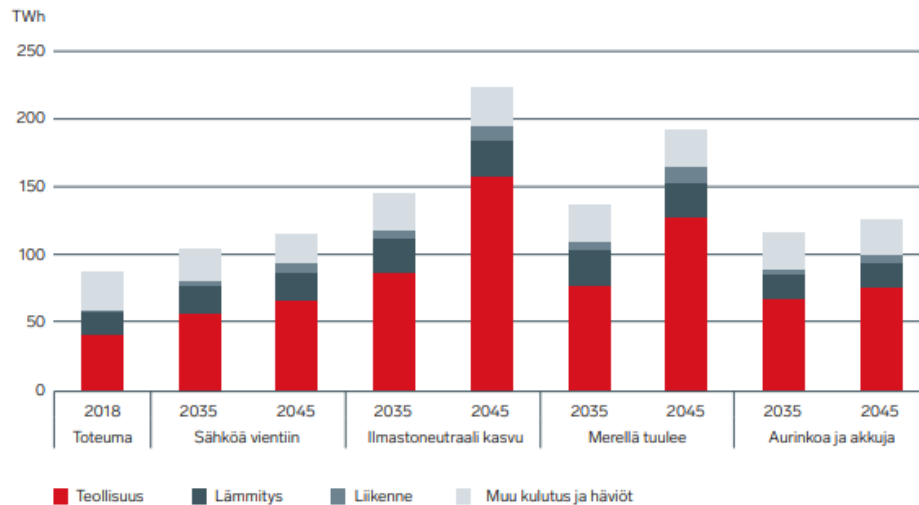
Fingridin saamaa hanketiedustelujen määrää voi suhteuttaa esimerkiksi Suomen nykyiseen alle 20 000 MW sähköntuotantokapasiteettiin. Silti osa tuulivoimahankkeista ja muista sähköverkkoon vaikuttavista investoinneista ei etene pidemmälle suunnittelussa. Mahdollisia syitä tähän voivat olla esimerkiksi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

⁵⁶ [Verkkovisio - Fingrid](#)

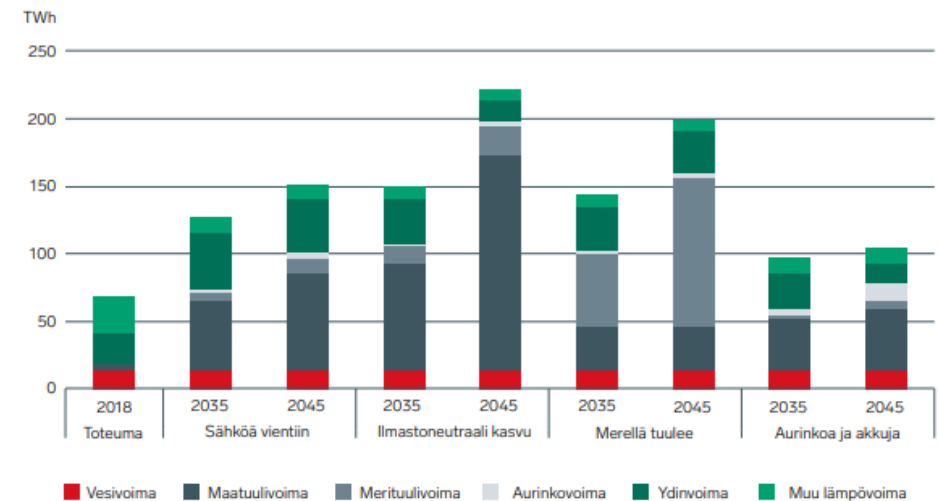
⁵⁷ [Kehittämissuunnitelma 2022-2031 Luonnos - Fingrid](#)

3.1.2 Verkkovision skenaariot

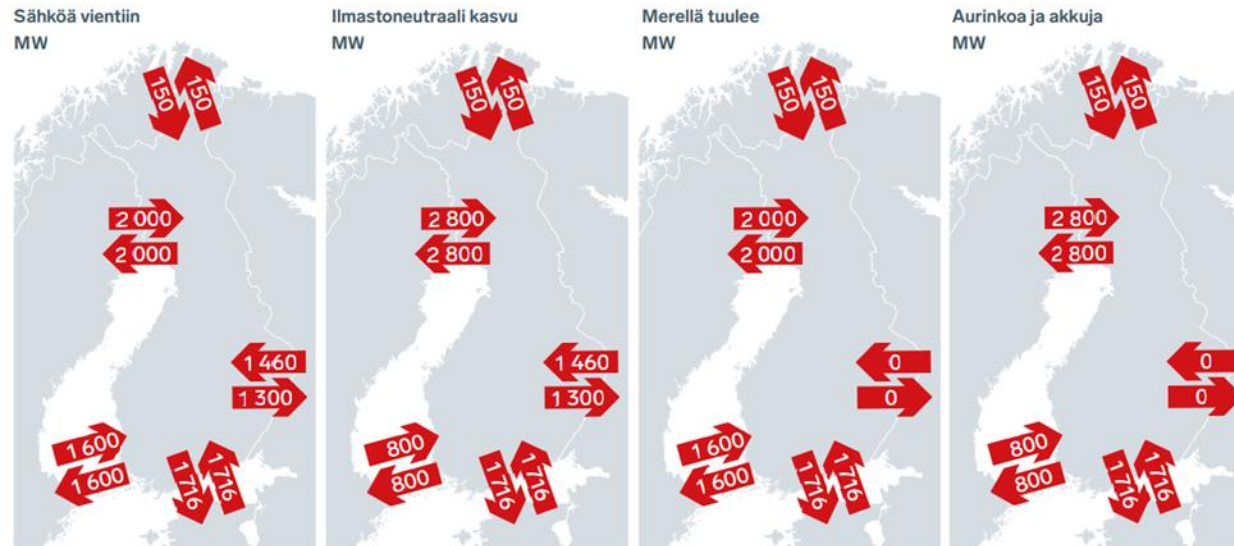
Kaikki Fingridin skenaariot lähtevät siitä oletuksesta, että sähkön kulutus ja tuotanto kasvavat selvästi nykytasosta. Skenaarioiden välillä on kuitenkin eroa siinä, miten voimakasta kasvu on ja mikä sähköntuotantomuoto vastaa suurimmasta kasvusta. ”Sähköä vientiin” ja ”Ilmastoneutraali kasvu” -skenaarioissa suurin osa uudesta sähköntuotannosta on maatuulivoimaa. ”Merellä tuulee” -skenaariossa jo vuonna 2035 ja erityisesti vuoteen 2045 tullessa merituulivoiman merkitys on suurin. ”Aurinkoa ja akkuja” -skenaariossa on laskettu eniten lisäystä aurinkovoiman tuotannolle, mutta huomionarvoista on, että siinäkin skenaariossa aurinkovoiman lisäys alittaa tuulivoiman lisäyksen sekä 2035 että 2045. Kuvassa 12 on kuvattu sähkönkulutus eri skenaarioissa ja kuvassa 13 sähköntuotanto eri skenaarioissa.



Kuva 12. Kuvakaappaus Fingridin verkkovisiosta 1/2021. Sähkönkulutus eri skenaarioissa.



Kuva 13. Kuvakaappaus Fingridin verkkovisiosta 1/2021. Sähköntuotanto eri skenaarioissa.



Nykytilanteessa kaupallinen maksimituontikapasiteetti näkyy taulukosta 1. Käytännössä kapasiteetti ei ole jatkuvasti tällä tasolla, vaan siihen kohdistuu ennalta suunniteltuja väliaikaisia muutoksia. Lisäksi Ahvenanmaan ja Naantalin välillä on 100 MW yhteys (jonka kapasiteettirajat tulisivat nopeasti vastaan, mikäli haluttaisiin tuottaa Ahvenanmaalla sähköä laajasti Manner-Suomeen) ja Norjaan on 220 kV vaihtosähköyhteys. Kuvassa 14 on esitetty rajasiirtokapasiteetit verkkovision eri skenaarioissa.

Fingrid lähtee siis siitä oletuksesta, että siirtokapasiteetti Pohjois-Ruotsiin kasvaa ja kapasiteetin lisäämistä suunnitellaan jo, mutta lisäyksen määrä vaihtelee eri skenaarioissa. Etelä-Ruotsin ja Venäjän osalta skenaariot eroavat.

Seuraavalla sivun kuvassa 15 on yhteenveto eri skenaarioiden verkon vahvistustarpeiden yhteistarkastelusta, vasemmanpuoleisessa kuvassa nähdään tärkeimmät kaikissa skenaarioissa tarvittavat sähkönsiirtoyhteydet ja oikeassa tietyistä kehityskuluista riippuivaiset verkon vahvistustarpeet.






Kuva 14. Kuvakaappaus Fingridin verkkovisiosta. Rajasiirtokapasiteetit eri skenaarioissa.

Taulukko 1. Kaupallinen siirtokapasiteetti Suomen ja muiden alueiden välillä.

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



Nro	Johto
A1	Pyhänselkä–Herva–Viitajärvi–RAC3
A2	Nuojuankangas–Herva–Petäjaskoski
A3	Johtoristeämän toteuttaminen Pohjois-Pohjanmaalla
A4	Pyhänselkä–Nuojuankangas
A5	Nuojuankangas–Seitenoikea
A6	Jylkkä–Petäjävesi
A7	Metsälinja 1 (rakenteilla)
A8	Metsälinja 2
A9	Järvilinja 2
A10	Kristinestad–Melo
A11	Johtoristeämän toteuttaminen Etelä-Pohjanmaalla
A12	Rauma–Uvila
A13	Petäjävesi–Hikiä
A14	Huittinen–Forssa 2
A15	Inkoo–Hikiä
A16	Helsingin 400 kV kaapeli
B1	Lapin lenkki
B2	Pirttikoski–Pikkarala
B3	Pirttikoski–Nuojuankangas
B4	Pirttikoski–Kuusamo–Suomussalmi
B5	Hanhela–Lumijärvi (kaksoisjohto)
B6	Suomussalmi–Seitenoikea–Kuhmo (kaksoisjohto)
B7	Vuolijoki–Kajaani–Kuhmo
B8	Vuolijoki–Pieksämäki–Koria
B9	Kuhmo–Kontiolahti (kaksoisjohto)
B10	Alajärvi–Seinäjoki
B11	Seinäjoki–Melo
B12	Huutokoski–Kontiolahti
B13	Petäjävesi–Hikiä 2
B14	Kontiolahti–Yllikkälä (kaksoisjohto)
B15	Kangasala–Lavianvuori
B16	Lavianvuori–Hikiä
B17	Hikiä–Koria
B18	Koria–Yllikkälä
B19	Lieto–Naantalinsalmi

-  Tarvitaan todennäköisesti
-  Tarve riippuu tietyistä kehityskulusta / Ratkaisut vaihtoehtoisia toisilleen
-  Asiakashanke
-  Kolmas 400 kV AC -yhdysjohto Ruotsiin
-  Mahdollinen uusi rajasiirtoyhteys

Kuva 15. Kuvakaappaus Fingridin verkkovisiosta 1/2021. Tunnistettut päävoimansiirtoverkon kehittämistarpeet. Vasemmalla on todennäköiset tarpeet ja oikealla tietyistä kehityskulusta riippuvat verkkovahvistustarpeet.

Metsälinjan (kuvassa 15 johto nro A7) rakentaminen on käynnissä ja se vastaa osaltaan Ruotsin ja Pohjois-Suomen tuulisähkön lisääntymiseen. Metsälinjalle on myös jo ajateltu vahvistamista uudella johdolla (A8). Järvinä 2 (A9) uutta 400+110 kV voimajohtoa suunnitellaan parhaillaan ja arvio rakentamisesta on vuosina 2023-2026. Jylkkä-Petäjävesi -voimajohtoa (A6) suunnitellaan rakennettavaksi 2027-2028 tuulivoiman liittymismahdollisuuksien varmistamiseksi, mutta yhteyden laajuus tarkentuu lähempänä rakentamisajankohtaa.

Kemi-Oulujoen poikkileikkaukseen suunnitellaan kahta 400 kV vahvistusta. Poikkileikkauksella tarkoitetaan sähkötekniisin perustein määriteltyä rajaa, joka rajoittaa pohjoiseteläsuuntaista sähkön siirtokapasiteettia. Toinen poikkileikkauksen vahvistus on Pyhänselkä-Viitajärvi -yhteys (A1), joka liittyy kolmanteen Ruotsin vaihtosähköyhteyteen ja toinen vahvistus on Nuojuankangas-Petäjäskoski -voimajohto (A2). Myös Pyhänselän ja Nuojuankankaan välille nähdään vahvistustarpeita (A4).

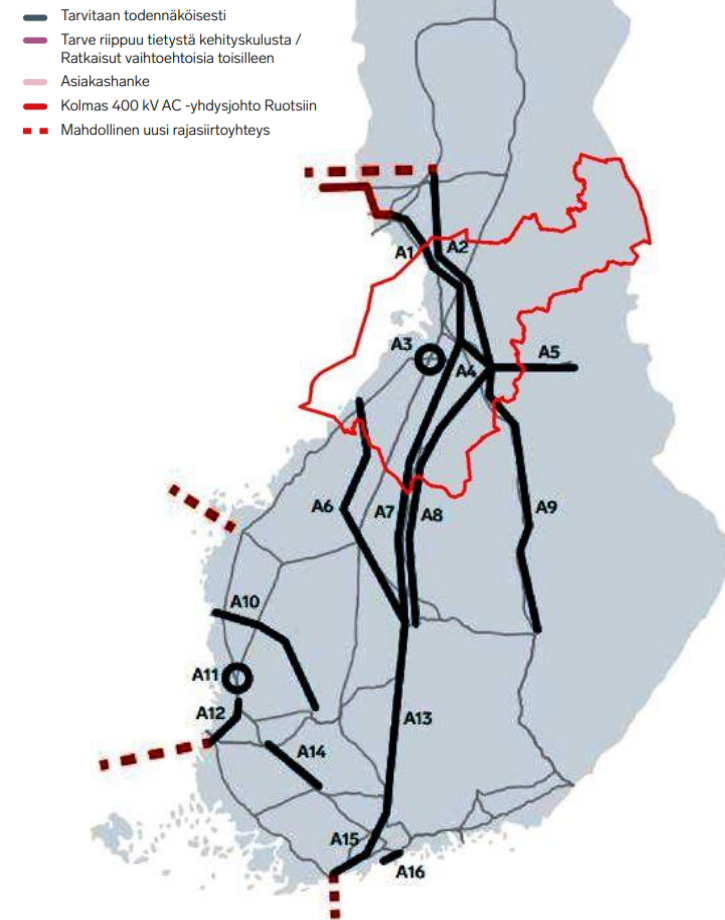
Kantaverkon kehittämissuunnitelmassa on käsitelty Pohjois-Pohjanmaan osalta kaikki verkkovision verkkovahvistustarpeet lukuun ottamatta Metsälinja 2:ta ja johtoristeämien toteuttamista. Muut tunnistetut vahvistustarpeet

nähdään niin todennäköisinä, että niitä on käsitelty tarkemmin kantaverkon kehittämissuunnitelmassa, jota on avattu tarkemmin seuraavassa luvussa.

Verkkovisiossa mainittu johtoristeämien toteuttaminen Pohjois-Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla lisäisi rannikkolinjan kapasiteettia ja mahdollistaisi suuremman tehonsiirron ulos alueelta.

Viereiseen kuvaan 16 on lisätty Pohjois-Pohjanmaan maakuntarajaus punaisella, jolloin Pohjois-Pohjanmaata koskevat verkkovahvistukset on helppo erottaa.

Muita tietyistä kehityskuluista riippuvia mahdollisia vahvistustarpeita on kuvattu kuvassa 17 seuraavalla sivulla. Näitä Pohjois-Pohjanmaan alueella ovat Kemi-Oulujoen poikkileikkausta vahvistavat siirtoyhteydet. Pirttikoski-Pikkarala (B2), Pirttikoski-Nuojuankangas (B3) ja Pirttikoski-Kuusamo-Suomussalmi -yhteydet nähtiin Ilmastoneutraali kasvu-skenaarioissa tarpeellisiksi. Hanhela-Lumijärvi 400 kV kaksoisjohdon (B5) tarve riippuu Hankikiven ydinvoimalaitoksen toteutumisesta. Kaikki Fingridin Pohjois-Pohjanmaan alueen verkkovahvistustarpeet on lisäksi koostettu taulukoihin 2 ja 3.



Kuva 16. Kuvakaappaus Fingridin verkkovisiossa 1/2021. Fingridin todennäköiset verkkovahvistustarpeet Pohjois-Pohjanmaan alueella. Lisätty Pohjois-Pohjanmaan maakuntaraja.

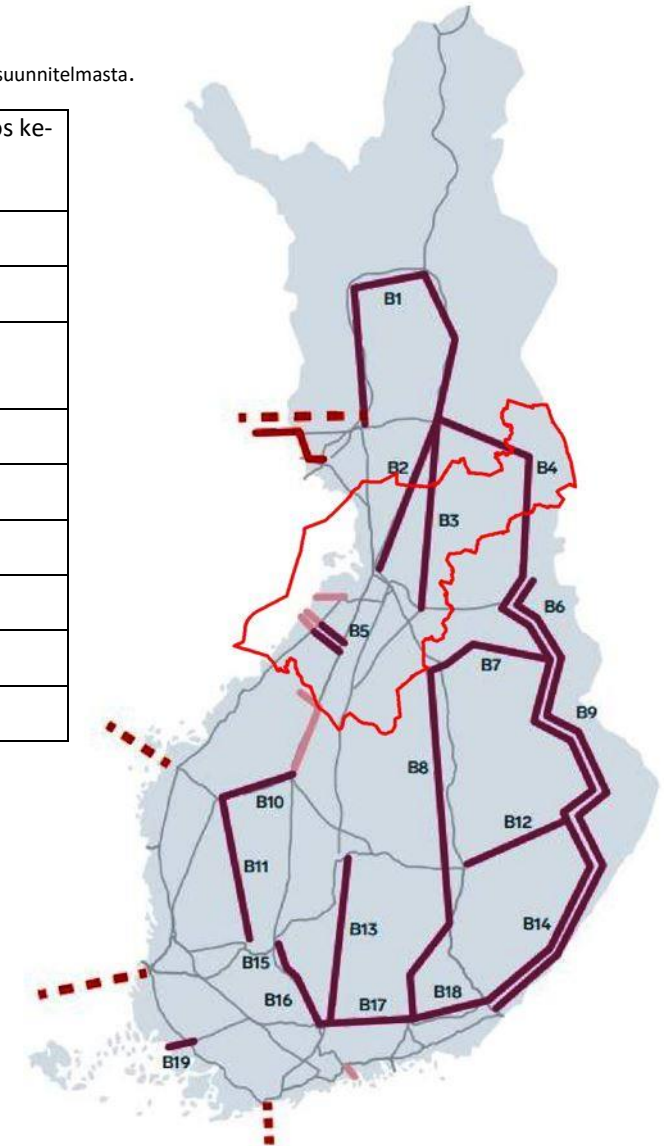
Taulukko 2. Fingridin todennäköiset verkkovahvistutarpeet Pohjois-Pohjanmaan alueella. Tiedot koottu Fingridin verkkovisiosta ja kantaverkon kehittämissuunnitelmasta.

Verkkovahvistus	Johto	Arvioitu valmistuminen (jos tiedossa)	Verkkovision lisäksi myös kehittämissuunnitelmassa
A1	Pyhänselkä-Herva-Viitajärvi-RAC3	2024	Kyllä
A2	Nuojuankangas-Herva-Petäjäsoski	2027	Kyllä
A3	Johtoristeämän toteuttaminen Pohjois-Pohjanmaalla		Ei
A4	Pyhänselkä-Nuojuankangas	2022*	Kyllä
A5	Nuojuankangas-Seitenoikea	2030	Kyllä
A6	Jylkkä-Petäjävesi	2027-2028	Kyllä
A7	Metsälinja 1 (Petäjävesi-Pyhänselkä)	2022	Kyllä
A8	Metsälinja 2 (Petäjävesi-Nuojuankangas)		Ei
A9	Järvilinja 2 (Huutokoski-Nuojuankangas)	2026	Kyllä

*Valmistuu 2022 ja otetaan silloin 110 kV:n käyttöön, 400 kV:n käyttöön otetaan 2026.

Taulukko 3. Fingridin mahdolliset verkkovahvistutarpeet todennäköisten verkkovahvistustarpeiden lisäksi Pohjois-Pohjanmaan alueella.

Verkkovahvistus	Johto
B2	Pirttikoski-Pikkarala
B3	Pirttikoski-Nuojuankangas
B4	Pirttikoski-Kuusamo-Suomussalmi
B5	Hanhela-Lumijärvi (kaksoisjohto)



Kuva 17. Kuvakaappaus Fingridin verkkovisiosta 1/2021. Fingridin mahdolliset verkkovahvistustarpeet Pohjois-Pohjanmaan alueella. Lisätty Pohjois-Pohjanmaan maakuntaraja.

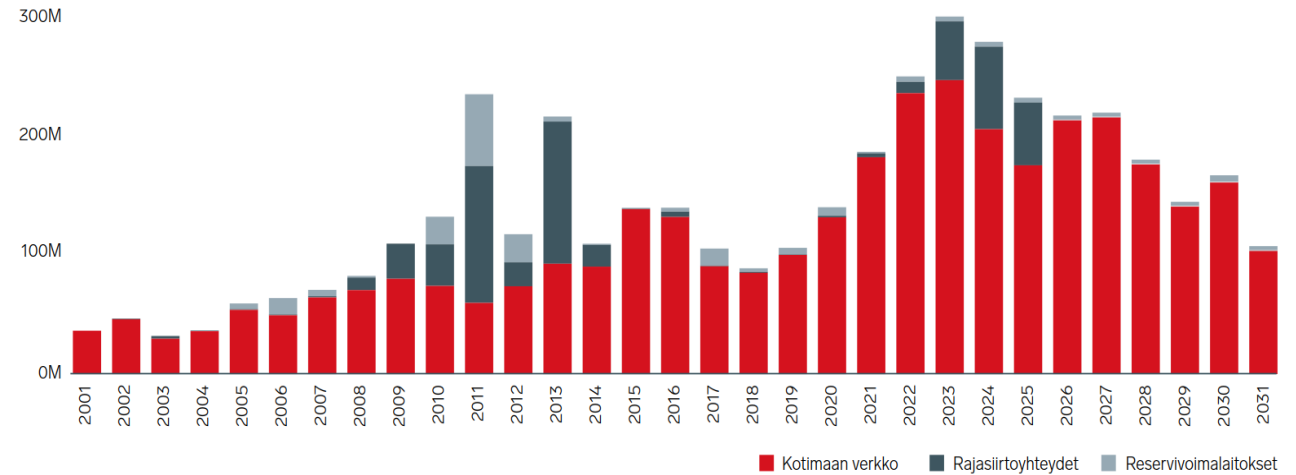
3.1.3 Kantaverkon kehittämissuunnitelma

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

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 miljoonaa euroon vuodessa.

Kuvassa 18 on esitetty Fingridin investointitasot kanta-verkkoon vuosina 2001-2031. 2020-luvun loppupuoliskon investointiluvut eivät sisällä vielä tunnistamattomia investointitarpeita.

Fingridin viimeaikaisista investoinneista yksi merkittävimmistä Pohjois-Pohjanmaalla on ollut 400 kV **Rannikkolinjan** rakentaminen Kokkolan Hirvisuon sähköasemalta Muhoksen Pyhänselän asemalle. Rannikkolinja parantaa Pohjois- ja Etelä-Suomen välistä siirtokapasiteettia ja luo edellytyksiä liittää tuulivoimaa alueella kantaverkkoon. Kalajoelle rakennettiin rannikkolinjan yhteyteen **Jylkän sähköasema** ja aseman laajennus kolmannella muuntajalla valmistuu vuonna 2022. Laajennus parantaa alueen tuulivoiman liitettävyyttä. Myös **Siikajoelle** rakennettiin vuonna 2016 uusi 110 kV sähköasema tuulivoiman liittämiseksi kantaverkkoon ja asemaa on varauduttu tulevaisuudessa laajentamaan muuntoasemaksi.



Kuva 18. Kuvakaappaus Fingridin kantaverkon kehittämissuunnitelman luonnoksesta. Fingridin vuosittaiset investointitasot 2000-luvulla.

Isokankaan muuntoasema rakennettiin Oulun pohjoispuolelle vuonna 2016 yhdistämään 400 kV ja 110 kV verkot toisiinsa lijokivarressa sekä parantamaan sähkön siirtovarmuutta ja mahdollistamaan tuulivoiman liittämisen alueella.

Pohjois-Pohjanmaan alueelle on suunnitteilla useampikin 400 kV voimajohto. Viides Keski-Suomen poikkileikkauksen yli menevä 400 kV johtoyhteys, **Metsälinja**, valmistuu vuonna 2022 Petäjaveden ja Muhoksen Pyhänselän asemien välille. Metsälinjan yhteyteen Haapajärvelle valmistuu **Pysäysperän muuntoasema** tuulivoiman liittämiseksi. Haapavedelle on myös suunnitteilla uusi muuntoasema niin ikään tuulivoiman liittämiseksi ja korvamaan Haapaveden VL sähköasema.

Pyhänselän sähköasema laajenee vuonna 2021 110 kV kytkinlaitoksella ja 400/110 kV muuntamalla. Vuonna 2022 valmistuu **Pyhänselän** ja Vaalan uuden **Nuojuankankaan** aseman välille 400+110 kV voimajohtoyhteys, joka on aluksi 110 kV käytössä, mutta otetaan Järvinlinja 2:n valmistuttua 400+110 kV käyttöön. Samassa yhteydessä **Nuojuankankaan asemaa** laajennetaan 400 kV kytkinlaitoksella ja muuntajilla. **Järvinlinja 2** lisää pohjoiseteläsuuntaista siirtokapasiteettia Nuojuankankaan ja Joroisten Huutokosken asemien välillä.

Järvinlinja 2:n jälkeen on näköpiirissä **Nuojuankankaalta** Rovaniemen **Petäjäskoskelle** vuonna 2027 valmistuva 400 kV voimajohto, joka lisää Kemi-Oulujoen poikkileikkauksen siirtokapasiteettia. Vuonna 2025 valmistuu **Ruotsiin**

kolmas vaihtosähköyhteys, joka kulkee Pyhänselän asemalta Keminmaan **Viitajärven** aseman kautta Ruotsiin ja kasvattaa samalla pohjoiseteläsuuntaista siirtokapasiteettia.

Valkeuden muuntoasema rakennetaan vuonna 2023 Rannikkolinjan yhteyteen Pyhäjoelle tuulivoiman liittämiseksi. Myös **Teikkoperän 110 kV asema** Ylivieskaan valmistuu samana vuonna tuulivoiman liittämiseksi.

3.1.4 Teknologiset ratkaisut

Fingrid tuo kantaverkon kehittämissuunnitelmassa esiin monia erilaisia teknologisia ratkaisuja, joilla voidaan lisätä olemassa verkon siirtokapasiteettia kustannustehokkaasti. 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 säätilan vaikutukset johdon kuormitettavuuteen. Static Line Rating (SLR) on perinteinen menetelmä, jolla on määritetty johtojen kuormitettavuus muutumatottomissa olosuhteissa. Sen käyttö on johtanut alhaiseen 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 Lapissa maailman ensimmäisenä käyttöön. Tällä säätöjärjestelmällä pystytään tehokkaasti vaimentamaan verkossa esiintyviä tehoheilahduksia, mikä mahdollistaa suurempien tuotantomäärien liittämisen verkkoon.

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

Korkean lämpötilan johtimilla voidaan kasvattaa siirtokapasiteettia perinteistä kevyemmällä johtimilla. Tällöin voidaan lisätä siirtokapasiteettia ilman pylväiden vaihtoa. Suomessa tämä toteutettiin ensimmäisen kerran Isohaaran-Raasakka -voimajohdon Isohaaran puoleisessa päässä vuonna 2016.

3.1.5 Haastattelu

Fingridin haastattelussa nousi esiin erittäin suuri tuotantokyselyiden määrä. Hankekehittäjät ottavat Fingridiin ensimmäisenä yhteyttä, jolloin Fingridillä on ajantasaisin ja paras tieto suunnitteilla ja käynnissä olevista tuulivoima-

hankkeista. Kyselyiden kasvu on ollut merkittävää, pelkästään haastatteluhetkeä edeltäneen kuukauden aikana uusia hankekyselyjä oli Fingridille tullut 10 000 MW edestä. Fingridin mukaan on tärkeää, että tunnistettaisiin hyvissä ajoin ne hankkeet, jotka etenevät toteutukseen asti. Tämän hetket verkkosuunnitelmat eivät pysty yksinään vastaamaan kaikkeen tarpeeseen.

Fingrid korosti, että sillä on sähkömarkkinalakiin perustuva velvollisuus ja vastuu kehittää kantaverkkoaan. Fingrid joutuu suunnittelussa huomioimaan verkon kehittämistä koko Suomen ja myös siirtoyhteyksien osalta. Lisäksi yhteistyötä jakelu- ja alueverkkoyhtiöiden kanssa pidettiin tärkeänä ja sitä tehdäänkin jatkuvasti.

Fingridiltä saatiin muutamia suuntaa antavia verkkokapasiteetteja selvityksen tueksi. Liityntäkapasiteettia rajoittavana tekijänä voi olla itse liittymispiste tai johtokapasiteetit. Esimerkiksi yksi 400 kV päävoimansiirtolinja lisää pohjoiseteläsuuntaista kapasiteettia noin 700-800 MW. Lisäksi Kalajoen **Jylkän** muuntoasemaan tulee vuonna 2022 valmistuvan laajennuksen jälkeen noin 1300 MW kapasiteettia liittämään tuulivoimaa. Jylkän asema onkin yksi merkittävimmistä tuulivoiman liityntäasemista Suomessa. **Valkeuden** asema hiukan pohjoisempana valmistuu tuulivoiman keräysasemaksi, jolla on kapasiteettia noin 600-800 MW. Myös Haapajärven **Pysäysperän** asemalle on tulossa saman verran kapasiteettia. Iihin suunnitteilla olevalle **Hervan** asemalle saattaa tulla kapasiteettia mahdollisesti 1000 MW.

Fingrid tarkastelee uusien sähköasemien sijoittamiseen useita paikkoja. Asemapaikkoihin voivat vaikuttaa muun muassa maatekniset kysymykset ja muuntajareitit. 400 kV asemien etäisyydet ovat tyypillisesti 50-100 km, mutta sähköasemia ja liittymispisteitä kaivataan tiheämmin. Sijainnit määräytyvät lopulta tarpeiden mukaan.

3.1.6 Karttajärjestelmä liityntävalmiuksista

Fingridillä on valmistunut kesän 2021 aikana liityntävalmiuksien kehittämisprojekti, jonka tavoitteena on selvittää, minkälaisia liittymistarpeita Fingridin asiakkailta on ja missä päin nämä liittymistarpeet sijaitsevat⁵⁸. Lisäksi Fingrid julkaisee uuden julkisesti käytettävän karttapalvelun.

Fingridin erikoisasantuntija Juhani Tonteri toteaa, että ”Karttajärjestelmässä tulee näkymään julkisesti eri sähköasemilla ja voimajohdoilla oleva liityntäkapasiteetti ja julkistetut, suunnitteilla olevat tuotanto- ja kulutushankkeet. Sen avulla on helppo nähdä, missä sähköjärjestelmässä olisi hyvin tilaa. Karttapalvelusta selviää sekä nykyhetken kapasiteetti että arvio tulevien vuosien liityntäkapasiteetista sekä kulutukselle että tuotannolle. Tämä verkonsuunnittelun tilannekuva luo yhteistyömahdollisuuksia kaikille toimijoille ja tukee alueellisten visioiden muodostamista.”

Tällaisilla tiedoilla varustettu karttapalvelu tuo eri sidosryhmille ja asiasta kiinnostuneille tilanteen kokonaiskuvan tarkasteltavaksi.

“Karttajärjestelmässä tulee näkymään julkisesti eri sähköasemilla ja voimajohdoilla oleva liityntäkapasiteetti ja julkistetut, suunnitteilla olevat tuotanto- ja kulutushankkeet.”

⁵⁸ [Liityntävalmiuksien kehittämisprojekti tehostaa kantaverkon suunnittelua ja rakentamista - Fingrid-lehti \(fingridlehti.fi\)](#)

3.2 Jakeluverkkoyhtiöt

Sähkösiirtoselvityksen osalta lähestyttiin Pohjois-Pohjanmaan alueella toimivia sähköverkkoyhtiöitä. Lähinnä isoja ja laajalla alueella toimivia yhtiöitä, joilla on 110 kV verkkoa vähintään useampi kymmenen kilometriä, haastateltiin. Pienempiä yhtiöitä lähestyttiin sähköpostikyselyllä. Haastateltuja yhtiöitä olivat Elenia, Caruna, Kajave, Herrfors Nät-Verkko ja Oulun Energia Sähköverkko. Sähköpostitse vastaukset saatiin Rantakairan Sähköltä, lin Energialta ja Haukiputaan Sähköosuuskunnalta.

Käsiteltäviä aiheita ja haastattelukysymyksiä verkkoyhtiöiden haastatteluissa olivat muun muassa

- *Tuulivoimahankkeiden tilanne verkkoyhtiönne alueella*
- *Mahdolliset liityntäpisteet ja nykyisen kapasiteetin riittävyys tämän hetkisessä verkossa*
- *Verkon kehittämis-/vahvistamistarpeet*
- *Tuulivoiman liittymisperiaatteet*
- *Eriyishaasteet tuulivoiman liittämässä verkkoon*
- *Synergiat ja tulevaisuuden näkymät verkon kehittämisessä muiden toimijoiden kanssa*
- *Muut keskusteluissa esille nousseet asiat*

Suhteessa pienissä jakeluverkkoyhtiöissä, joilla ei ollut olennakaan 110 kV voimajohtoja tai voimajohtoa oli vain vähän ja joiden toiminta painottui keskijänniteverkkoon,

voimakas ja lisääntynyt tuulivoimarakentaminen ei näkynyt juuri mitenkään. Kyselyn vastauksen mukaan näillä yhtiöillä ei ole tulevaisuudessa mahdollisuutta liittää isoja tuulipuistoja verkkoonsa. Korkeintaan yksittäisiä pieniä voimaloita, kooltaan enintään 1-3 MW, olisi mahdollista liittää keskijännitteen kautta verkkoon.

3.2.1 Verkkokapasiteetit

Haastatteluhetkellä, kesällä 2021 suurimmilla verkkoyhtiöillä oli jo nykyisellään liittyneenä tuulipuistoja verkkoonsa. Kyselyitä tuulivoiman liittämisestä on tullut melko paljon. **Elenialla**, joka on jakeluverkkoyhtiöistä yksi merkittävimmistä toimijoista Pohjois-Pohjanmaalla, oli noin 540 MW tuulivoimaa liittyneenä verkkoon Pohjois-Pohjanmaalla ja määrän arvioitiin noin tuplaantuvan vuoden 2024 loppuun mennessä. Elenia näkemyksen mukaan on hankala arvioida, mihin suuntaan vuosien 2025-2030 tuulivoimakehitys kehittyy. Nykyisellään Elenian verkossa on jonkin verran vapaata kapasiteettia liittää uutta tuulivoimaa, mutta monin paikoin kapasiteetit ovat käytössä.

Elenian Siikajoki-Jylkkä -voimajohtoon on liittyneenä paljon tuulivoimaa. Voimajohdon jakoraja on noin johdon puolivälissä, jolloin voimajohtoyhteyden pohjoispäähän liittyneiden tuulipuistojen tuottamat tehot syötetään Siikajoen asemalle ja yhteyden eteläpäähän liittyneiden tuulipuistojen tehot Jylkän asemalle. Sekä pohjois- että eteläpäässä on liittyneenä tällä hetkellä noin 200 MW tuulivoimaa eli yhteensä noin 400 MW. Liityntätehot kasvavat parissa vuodessa johdon kummassakin päässä noin 230

MW:iin asti, jolloin johdon kapasiteetti on kokonaan käytössä. Jylkän asemaan on liittyneenä myös Elenian rannikolle päin kulkeva Jylkkä-Mäkikangas -voimajohto, johon on liittyneenä yhteensä 230 MW tuulivoimaa.

Fingridin Metsälinjan valmistuttua tulevaan Pysäysperän sähköasemaan Haapajärvellä tulee liittymään useampi Elenian voimajohto. Samassa yhteydessä Fingridin Petäjävesi-Haapaveden VL 220 kV voimajohto siirtyy Elenialle 110 kV käyttöön. Pysäysperästä Haapavedelle kulkevalle voimajohdolle Elenia arvioi vapaaksi kapasiteetiksi noin 80-120 MW riippuen liittymiskohdista. Mitä lähemmäksi Pysäysperän asemaa tuulivoimahankkeet johdolla sijoittuvat, sitä enemmän tuulivoimaa on mahdollista johdolle liittää. Pysäysperä-Petäjävesi -voimajohdolla ei ole enää vapaata kapasiteettia vaan koko kapasiteetti on jo myyty täyteen. Pysäysperä-Nivala johdolla kapasiteettia on noin 200-250 MW.

Pyhäjärven suunnalla Elenian Pyhäsalmi-Viitasaari -voimajohto saneerataan, mutta kyseisen johto-osuuden pohjoispäässä Pohjois-Pohjanmaan puolella ei tule olemaan vapaata kapasiteettia eikä myöskään Haapajärvi-Ruotanen -johdolla. Vuolijoki-Ruotanen -voimajohdon uusimisen jälkeen johdolla tulee olemaan jonkin verran kapasiteettia, mutta tarkempaa kapasiteettia ei pysty toteamaan, koska siihen vaikuttavat sijainti ja tilanne voivat muuttua koko ajan tuulivoimahankkeiden etenemisestä riippuen.

Vihanta-Pulkkila ja Karhukangas-Haapavesi -voimajohtoilla tuulivoiman liitettävyyttä rajoittaa Fingridin liittymispiste Vihannin asemalla, jossa ei ole kapasiteettia ottaa vastaan suuria tehoja.

Muilla suurilla yhtiöillä eli Kajavella, Carunalla ja Herrfors Nät-Verkolla voimajohtojen kapasiteetit Pohjois-Pohjanmaan alueella olivat suurilta osin käytössä tai tulevat käyttöön rakenteilla olevien tuulivoimapuistojen valmistuttua.

Carunalla on pitkä rengasyhteys Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin alueella. Se alkaa Oulun Haapakosken sähköasemalta jatkuen Pudasjärven ja Taivalkosken kautta Kuusamoon ja sieltä edelleen Posion kautta Fingridin Pirttikosken asemalle. Rengasyhteydessä on jonkin verran haara-johtoja, muun muassa Iso-Syötteen ja Tolpanvaaran johdot. Pudasjärven Tolpanvaaran ja Posion Murtotuulen tuulivoimapuistojen valmistuttua rengasyhteyden koko kapasiteetti tuotannon osalta tulee käyttöön eikä vapaata kapasiteettia liittää uutta tuulivoimaa ole näiden hankkeiden valmistumisen jälkeen.

Pyhäkosken asemaan liittyneet Pällin ja Montan voimajohtot Muhoksella ovat lyhyitä ja kapasiteetiltaan melko pieniä, joten alueen uuden tuulivoimatuotannon liittäminen käy helpoiten Fingridin verkkoon. Ylikiimingin johtoon kapasiteetin puolesta voisi pieni tuulipuisto mahtuakin. Vaalassa Jylhämän johto palvelee vesivoimatuotantoa.

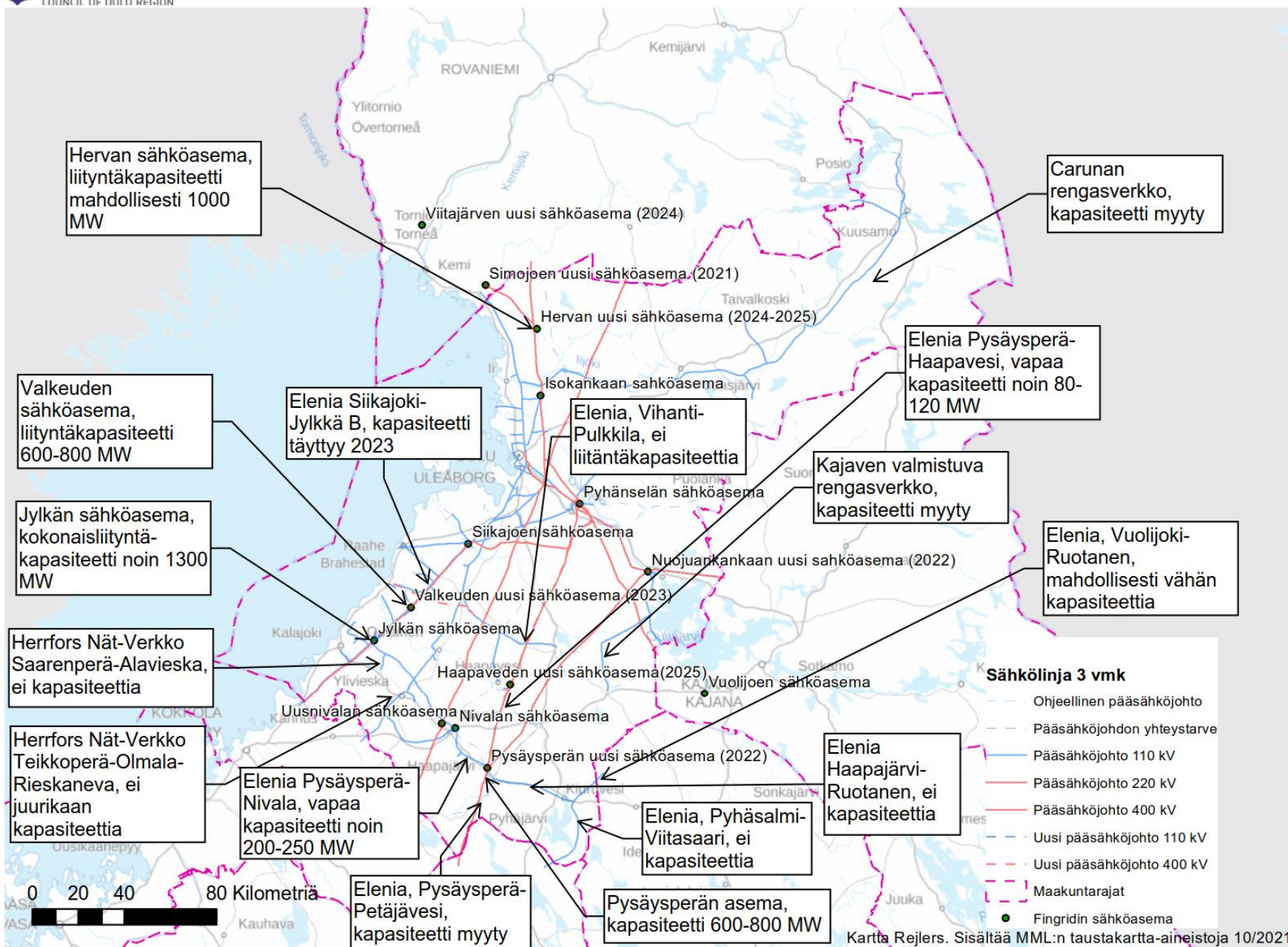
Kajavella on valmistumassa Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuun alueella uusi rengasyhteys, joka alkaa Kajaanin Vuo-

lijoen asemalta jatkuen Piiparinmäen ja Pyhännän asemien kautta Kestilään ja edelleen Metsälamminkankaan kautta takaisin Vuolijoelle. Tähän lenkkiin on liittynyt tai liittymässä rakenteilla olevat Piiparinmäen, Metsälamminkankaan ja Kokkonevan tuulivoimapuistot sekä suunnitteilla oleva Kajaanin Harsunlehdon tuulivoimapuisto. Näiden tuulipuistojen valmistuttua Kajaven rengaslenkin koko kapasiteetti tulee käyttöön.

Herrfors Nät-Verkolla on kaksi voimajohtoa Pohjois-Pohjanmaan alueella: Alavieskassa Saarenperä-Alavieska -johto ja Ylivieskassa Rieskaneva-Olmala-Possanveräjä -johto. Alavieskan johtoon on liittynyt Saarenkylän 30 MW tuulipuisto. Ylivieskan johdon pohjoispäässä olisi hiukan liittämiskapasiteettia, mutta Fingridin liittymispiste rajoittaa.

Oulun Energia Sähköverkon 110 kV verkko keskittyy Oulun kantakaupungin alueelle, eikä kyseinen alue tämän vuoksi sovellu tuulivoiman tuotantoalueeksi. Yhtiön verkon kehittämiseen ja suunnitteluun tuulivoimarakentaminen ei ole juuri vaikuttanut.

Seuraavan sivun kuvaan 19 on koostettu jakeluverkkoyhtiöiden tärkeimpiä johtokapasiteetteja sekä Fingridin muutaman sähköaseman kokonaisliityntäkapasiteetti. Kapasiteetit ovat haastatteluhetken kapasiteetteja ja ne voivat muuttua tai tarkentua tulevaisuudessa.



Kuva 19. Jakeluverkkoyhtiöiden voimajohtojen kapasiteetteja ja Fingridin sähköasemien liityntäkapasiteetteja haastattelujen perusteella.

3.2.2 Loistehon tuomat haasteet

Useammassa haastattelussa 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 päätöteholta. Tämä aiheuttaa haasteita varsinkin pitkillä siirtoetäisyyksillä. Lisäksi kompensointi on vaikeaa, koska loistehoa tuottavia kondensaattoreita ei voi laittaa voimajohdoille tuulipuistojen päähän, sillä tuulipuistot säätävät jännitettä. 110 kV:lla suuria tehoja siirrettäessä kannattavuusraja tulee nopeasti vastaan ja 300 MW suuremmat tehot kannattaisi siirtää 400 kV:lla. Tällöin eräs ratkaisu olisi tuoda 400 kV verkko lähemmäksi suuria tuulivoimatuoantaloalueita. 110 kV:n kaapeliverkossa loisteho-ongelmat olisivat vieläkin suurempia ja kaapelien sarjakompensointi nostaisi lisäksi entisestään kaapeloinnin hintaa.

3.2.3 Sähkömarkkinalaki ja liittymisjohdot

Sähkömarkkinalain ajantasaisuus liittymisjohdojen osalta nousi esille useassa haastattelussa. Nykyisellään sähkömarkkinalain mukaan liittymisjohto voi palvella vain yhtä sähkönkäyttöpaikkaa tai yhtä tai useampaa voimalaitosta. Energiaviraston tulkinta laista on, että verkkonhaltija ei saa rakentaa vain liittyjiä (tuotantolaitoksia) palvelevia johtoja vaan liittyneenä pitäisi olla aina myös kuluttajia, jotta johto voisi olla verkkoluvan haltijan johto. Tällöin verkkonhaltija eli verkkoyhtiö ei voi rakentaa esimerkiksi vain tuulivoimaa palvelevia liittymisjohtoja.

Yhteisten liittymisjohdojen rakentamisessa kahden tai useamman tuulivoimatoimijoiden kesken haasteena on ollut hankkeiden eriaikaisuus ja varmuus hankkeiden toteutumisesta, jolloin riskit yhteisen liittymisjohdon kustannusten kasaantumisesta yhdelle toimijalle on katsottu sellaiseksi riskiksi, että yhteisiä liittymisjohtoja ei ole lähdetty liiemmin toteuttamaan. Yhteiset liittymisjohdot nähtiin kuitenkin myös verkkoyhtiöiden keskuudessa erittäin kannatettavana ratkaisuna. Yksi ohjauskeino yhteisten liittymisjohdojen käyttöön voisi mahdollisesti olla liittymismaksuilla ohjaaminen.

Toinen merkittävä esille nousut ajatus oli, että jos verkkonhaltija saisi rakentaa liittymisjohtoja, se voisi kehittää ja rakentaa alueen sähköverkkoa suunnitelmallisemmin kantaen samalla yhteisiin liittymisjohtoihin kohdistuvia riskejä. Tällöin yhteisistä liittymisjohdoista syntyviä riskejä ei tuulivoimayhtiöiden tarvitsi kantaa. Verkon kehittäminen voisi olla kuitenkin suunnitelmallisempaa, kun ei olisi useaa toimijaa suunnittelemassa ja rakentamassa liittymisjohtoja vain omia tarpeita varten. Eräissä haastattelussa todettiin, että tällaisella muutoksella ei saisi kuitenkaan kohdistaa liikaa riskejä verkkoyhtiölle, koska uuden verkon investointikustannukset on pystyttävä kattamaan verkon liittymis- ja käyttömaksuilla. Toisaalta verkkonhaltijan rakentamaan liittymisjohtoon olisi mahdollista liittää myöhemmin myös sähkönkuluttajia. Yhteisistä liittymisjohdoista on kerrottu lisää tuulivoimayhtiöiden haastatteluiden yhteydessä.

3.2.4 Muita esille nousseita asioita

Haastatteluissa nousi esille muitakin mielenkiintoisia asioita. Voimajohtojen ja tuulivoimaloiden elinkaaret ovat eri luokkaa, tuulivoimaloilla tyypillisesti 20-30 vuotta ja voimajohdoilla 50-80 vuotta. Tällä on vaikutusta, jos tuulivoimaloita uusitaan niiden elinkaaren tullessa päätökseen. Sähköverkko pystyy vastaanottamaan vain tietyn verran liityntäkapasiteettia. Tuulivoimalaitosten yksikkötehojen kasvun vuoksi uusia voimaloita voidaan liittää kapasiteettirajojen puitteissa sähköverkkoon lukumäärällisesti aiempaa vähemmän.

Eräissä haastattelussa nousi esille, että N-1 -ajattelusta (sähköverkon tulee kestää mikä tahansa yksittäinen vika ilman laajenevaa häiriötä) luopumalla vikatilanteessa hyväksytään, että tuotantoa rajoitetaan. Tällöin saataisiin verkon nykykäytöstä enemmän irti.

Eräissä haastattelussa muistutettiin tulevaisuuden sähköverkon suunnittelun tärkeydestä ja siitä, ettei esimerkiksi pidä liiaksi nojautua nykyisen verkon tarjoamiin liittymismahdollisuuksiin. Sähköverkon tehtävä on palvella asiakkaita, verkkoon liittyneitä kuluttajia ja tuottajia. Verkot rakentuvat sinne, missä niitä tarvitaan. Toisaalta maankäytölliset syyt voivat ohjata käyttämään esimerkiksi rinnakkaisia johtokäytäviä, jotta maankäyttö olisi tehokasta.

3.3 Tuulivoimayhtiöiden haastattelut

Pohjois-Pohjanmaalla toimivia tuulivoimatoimijoita haastateltiin noin 40-60 minuutin etähaastatteluilla. Haastatteluissa käytiin läpi toimijan hankkeita (taustatietoa kappaleeseen kolme). Lisäksi kysyttiin näkemyksiä tuulivoiman tulevaisuudesta Pohjois-Pohjanmaalla ja näkemyksiä yhteisrakentamisesta.

Kappaleen lähtötietona oli noin 20 haastattelua tai kirjallista vastausta eri tuulivoimayhtiöiden edustajilta. Tarkkaa vastausprosenttia ei ole laskettu, koska osa ei ollut enää aktiivisia hankekehityksessä. Yhteensä lähestyttiin 34 toimijaa.

3.3.1 Tuulivoimayhtiöiden näkemykset tuulivoimasta Pohjois-Pohjanmaalla seuraavan 20 vuoden aikana

Haastateltujen tuulivoimatoimijoiden mukaan tuulivoiman sijaintipaikan ei enää tarvitse sijaita rannikon lähellä, toisin kuin ensimmäisen hankesukupolven aikana. Voimaloiden korkeudet, lapojen pituudet ja pyyhkäisyala-alueet ovat kasvaneet, jolloin rakentaminen kauemmas rannikosta onnistuu, kunhan tuulenopeus ei ole alueella huono. Yksittäisessä haastattelussa mainittiin, että rakentamiseen vaikuttaa noin 20 tekijää, joiden ollessa kunnossa tuulivoiman rakentaminen on mahdollista. Yleisesti

mainittuja rakentamiseen vaikuttavia tekijöitä olivat asutus, ympäristöseikat, puolustusvoimat, verkon kattavuus ja kaavoitus.

Useimmissa haastatteluissa nähtiin, että tulevaisuudessa rakentaminen Pohjois-Pohjanmaalla alkaa saturoitua ja tulevaisuudessa on vaikea löytää uusia alueita nyt jo hankkeiden valmistelussa olevien alueiden lisäksi. Osassa haastatteluista nähtiin riski, että tihentävästä rakentamisesta seuraa myös riski hankkeiden hyväksyttävyydelle ja osin myös voimajohtojen rakentamiselle. Haastatteluissa mainittiin, että nyt aloitetut projektit Pohjois-Pohjanmaalla ovat jo yleisesti valmiita 20 vuoden päästä ja painopiste on siirtynyt maalla vanhojen hankkeiden uusimiseen ns. repowering. Vanhojen tuulivoimapuistojen uusimista puoltaa osaltaan se, että hankkeet on rakennettu usein tuulisuuden kannalta parhaille paikoille rannikon läheisyyteen, jossa uudella tehokkaammalla voimalalla päästään selvästi aiempaa parempaan vuosituottoon, koska esimerkiksi voimalakoot ja kapasiteettikertoimet ovat kasvaneet.

Rannikkoalueiden tuulivoimarakentamisen myötä haastateltavien mukaan paine siirtyä sisämaan kuntiin Pohjois-Pohjanmaalla on kasvussa. Itä-Suomen rakentamisen laajempaa liikkeelle lähtöä pidettiin olennaisena kysymyksenä. Haastatteluissa toivottiin verkon kehittämistä maakunnan itäosiin ja laajemmin Itä-Suomeen. Yksittäisinä kiinnostavina kuntina tuulivoimarakentamiselle olisivat haastateltujen mukaan mm. Pudasjärvi, Puolanka (Kainuussa), Oulun Kiiminki ja Taivalkoski. Carunan verkon

vahvistamista Pohjois-Pohjanmaan itäosissa toivottiin yksittäisissä haastatteluissa.

Turvealueita käsiteltiin yksittäisissä haastatteluissa. Turvealueista mainittiin, että turpeen tuotanto on laskussa ja osa maakunnan aiemmista turvealueista soveltuu tuulivoimalle ja mahdollisesti myös aurinkovoimalle. Turvealueen soveltuvutta parantaa, jos esimerkiksi turvetta on poistettu paljon, joka helpottaa rakentamista tai alueella on muuten voimalapaikoiksi soveltuvia alueita ja sähköverkkoa lähellä. Lisäksi asiaan voi vaikuttaa ympäristöarvot.

Vedyn merkitys on kasvussa mm. SSAB:n teräksen valmistusprosessiin tulevien muutosten myötä. Vedystä kysyttiin useammalta haastateltavalta, mutta haastatteluista ei tullut selkeää yhtenäistä näkemystä sähköverkon ja vetynfran rakentamiseen tuulivoiman näkökulmasta.

Osa hankehittäjistä kertoi kehittävänsä aktiivisemmin merelle, osa seurasi esimerkiksi lainsäädännön kehittymistä ja moni keskittyi tietoisesti pelkästään maatuulivoimaan. Merelle rakentamista helpottavia muutoksia esimerkiksi kiinteistöveron osalta pidettiin mahdollisena ja siitä on hallituksen esitys käynnissä. Pohjois-Pohjanmaa mainittiin yhtenä potentiaalisena alueena merituulivoimalle ja pidettiin tärkeänä, että asiaa selvitetään tarkemmin. Tuotiin esiin, että merituulivoimassa on korkeammat kehityskustannukset ja toistaiseksi huonompi kannattavuus, mutta harva toimija tyrmäsi merituulivoiman merkityksen lisääntymistä lähivuosisikymmeninä. Yhtenä tekijänä merituuli-

voiman suhteen mainittiin myös se, että maalle tullaan rakentamaan paljon, jolloin sopivien sijaintipaikkojen löytäminen voi hankaloitua ja tuolloin kiinnostus suuntautuu merelle päin. Yksittäisessä haastattelussa tuotiin myös esiin, että merellä maanomistus on keskittynyt Metsähallitukselle, mikä voi vaikuttaa mahdollisuuksiin kehittää hankkeita.

Yksittäisessä haastattelussa tuotiin esille, että naapurimaakunnissa on tuulivoimapotentiaalia, joka edellyttää verkon vahvistamista esimerkiksi maakunnan itäosissa ja näin eri maakuntien verkon kehittyminen kytkeytyy toisiinsa. Siksi myös maakuntakaavoituksessa yhteistyö ja yhteinen visiotila maakuntien välillä myös sähköverkon kehittämisessä on tärkeää. Lisäksi haastatteluissa toivottiin, että puolustusvoimien tutkavaikutuksiin löydetään ratkaisu.

Noin kymmeneltä haastateltavalta kysyttiin näkevätkö he tulevaisuudessa yli 300 metrin korkeuteen yltäviä voimaloita. Useimmat haastatellut eivät nähneet 300 metrin ylittymistä tapahtuvan aivan lähitulevaisuudessa, mutta pitivät sitä kuitenkin mahdollisena tulevaisuudessa. Osa arvioi, että voimalat kasvavat edelleen ja osa arvioi, että korkeus ei todennäköisesti enää merkittävästi kasva. Eli arviot tulevasta voimalakehityksestä jakautuivat. Yhdessä haastattelussa arvioitiin, että todennäköisesti napakorkeus ei juuri kasva, mutta lavat kasvavat. Esimerkiksi 5-10 vuoden aikajänne mainittiin yksittäisessä haastattelussa

veikkauksena ajankohdasta jolloin 300 metrin ylitys saataisi tapahtua. Todettiin myös, että tulevaisuuden ennakointi on vaikeaa ja voimalat ovat kasvaneet tähänkin asti.

Vain yksi haastateltava kertoi alkavansa käyttää 310 metrin mitoitusta. Voimaloiden korkeutta alle 300 metriin rajoittavina tekijöinä haastateltavat mainitsivat etenkin soveltuvien voimalamallien puutteen sekä sopivan nostokaluston puutteen. Nostokalustoa saatetaan kehittää esimerkiksi voimalan runkoon tukeutuvaksi tulevaisuudessa. Yksittäisessä haastattelussa mainittiin, että lapojen koon kasvu maatuulivoimaloissa asettaisi haasteita kuljetusten logistiikalle, jos lavat olisivat nykyistä suurempia yli 100 metrisiä.

Merituulivoimaloissa lapojen kasvu ei aseta vastaavia haasteita kuljetusten logistiikalle, sillä merituulivoimalan lavat voi kuljettaa pitkissä laivoissa tieverkon sijaan. Jos maatuulivoiman lavat pystytään kuljettamaan osissa, se olisi toinen vaihtoehto logistiikan helpottamiseksi. Merituulivoiman osalta yksi hanketoimija kertoi käyttävänsä 320 metrin mitoitusta tulevaisuudessa luvituksessa eli näköpiirissä oli voimaloiden kasvu edelleen. Ruotsista tuotiin esiin esimerkki voimaloiden koon kasvusta tulevaisuudessa, jossa merituulivoimapuiston rakentamista selvitetään 370 metrin pyyhkäisykorkeudella. Siksi merituulivoima kokonaiskorkeutta ei voi täysin verrata maatuulivoimaan.

Merituulivoiman kustannus on nykytilanteessa korkeampi kuin maatuulivoimalla. Yksittäisissä haastatteluissa tuotiin

esiin, että sähköverkkoon liitynnän kustannusten jakaminen muille toimijoille kuin hankekehittäjille nopeuttaisi rakentamista. Hankekehityssyklit ovat pitkiä, jopa 10 vuotta ja kehittäminen kallista, koska tarvitaan muun muassa vedenalaisia tutkimuksia. Tämän hankkeen kehitysajan perusteella vuonna 2030 suunniteltaisiin jo 2040 luvun hankkeita.

Viime vuosien nopeasta kehityksestä voidaan päätellä, että myös seuraavan 10 vuoden aikana merituulivoiman teknologia tulee kehittymään valtavasti. Haastattelun mukaan luvitus kuitenkin lähtee usein siitä lähtökohdasta, että voimaloiden paikat määritetään varhaisessa vaiheessa suunnittelua. Teknologian kehittyminen ja voimalakokojen kasvu johtavat siihen, että niiden paikat olisi tarkoituksenmukaista muuttaa myöhemmin (esimerkiksi suurempien voimaloiden takia etäämmälle kuin aiemmin on arvioitu). Suunnitteluun vaikuttaa useita viranomaisprosesseja mm. vesilupa, rakentamislupa, ympäristövaikutusten arviointi ja kaavoitus mahdollisine valituksineen. Hankkeen alkupuolelle toivottiin lisää joustavuutta ja esimerkiksi sitä, ettei ympäristövaikutusten arviointimenttelystä olisi tarvetta määrittää vielä voimalapaikkoja. Voimalapaikkojen määrittely edellyttää jo varsin tarkkaa suunnittelua ja on todennäköistä, että teknologinen kehitys muuttaa suunnitelmia myöhemmin. Tämä muutos alentaisi kustannuksia, nopeuttaisi ja helpottaisi suunnittelua. Arviot jäiden vaikutuksesta merituulivoimaan vaihtelivat.

3.3.2 Tuulivoimahankehittäjien ajatuksia yhteisrakentamisesta

Lähes kaikki haastatellut suhtautuivat lähtökohtaisesti positiivisesti voimajohtojen yhteisrakentamiseen eli siihen, että useampi toimija rakentaa yhdessä tuulipuistojen sähköverkkoon kytkemiseen tarvittavaa verkkoinfraa. Osa korosti erikseen kannattavansa yhteisrakentamista. Hyötyinä nähtiin mm. vähäisemmät ympäristövaikutukset, parempi hyväksyttävyyys, yleinen mielekkyys ja kustannussäästö. Haastateltavat mainitsivat yksittäisiä esimerkkejä omassa hankekehityksessä olevista hankkeista, joissa on toteutettu yhteisrakentamista ja myös hankkeista, jotka mielellään toteutettaisiin yhteisrakentamisena. Yksittäisissä haastatteluissa oltiin skeptisiä käytännön onnistumiseen, mutta myönnettiin problematiikka, joka liittyy useisiin johtoihin samalla alueella ja näiden aiheuttamaan maankäyttövaikutukseen. Lisäksi mainittiin yksittäisiä alueita esimerkkeinä, joissa eri hankkeiden voimajohdot olivat johtaneet merkittäviin yhteisvaikutuksiin esimerkiksi niin, että samalle asemalle liittyy suuri joukko liityntäjohtoja.

Useissa haastatteluissa mainittiin, että paine viranomaisilta helpottaisi eri toimijoiden hankkeiden yhteisrakentamista. Myös Fingrid ja Energiavirasto mainittiin yksittäisessä haastattelussa asiaan vaikuttavina tahoina.

Yksittäisissä haastatteluissa nostettiin esiin tarve mallipohjille ja muille yhteisrakentamista helpottaville doku-

menteille. Mallipohjille voi olla tarvetta, varsinkin jos toimijalla ei ole aiempaa kokemusta yhteisrakentamiseen liittyvistä sopimuksista.

Mainittiin, että sopimusasiat ovat monimutkaisia. Toisaalta myös todettiin, että sopimukset saadaan tehtyä, jos niihin on halua. Haastattelussa ehdotettiin, että mallisopimus pohjia voisi kehittää eri asiaan liittyvien tahojen esim. tuulivoimayhtiöiden, verkkoyhtiöiden ja tuulivoimayhdistyksen yhteistyössä. Mainittuja sopimuksiin liittyviä kysymyksiä ovat mm. kustannusten jakoperusteet, sekä rakentamisen että käytön ja huollon aikaiset kysymykset. Lisäksi toivoittiin tietoa siitä, mitä tapahtuu sähköverkkohäiriön tilanteessa, jos kaikille ei riitä kapasiteettia ja toimintamalli tilanteessa, jossa toimija on maksukyvytön tai ei osallistu kustannuksiin. Yksittäisessä vastauksessa toivottiin myös, että Fingrid osoittaisi enemmän mahdollisuuksia sähköverkkokapasiteetin laajentamiseen ja näin edistäisi yhteisrakentamista. Oletettavasti tämä edellyttää edelleen lisäinvestointeja kantaverkon johtoihin ja asemiin.

Lähes kaikissa haastatteluissa eri hankkeiden aikataulujen yhteensovittamista pidettiin vaikeimpana kysymyksenä yhteisrakentamisen onnistumisen suhteen. Voimajohto pitää olla käytössä, kun puiston tuulivoimalat on saatu pystyyn, eikä ole mahdollisuutta odottaa pitkiä aikoja investointipäätöksiä. Toinen usein mainittu ongelma oli mahdollisten hankeriskien toteutuminen, mikä voisi aiheuttaa koko voimajohdon kustannusten kaatumisen toiselle toimijalle. Investointipäätöksen tekemisen ajankohta voi

vaihdella hankkeiden välillä ja siihen vaikuttaa mm. valitukset oikeusasteissa, kaavaprosessi ja ympäristöseikat, jolloin voi olla vaikea tehdä päätöstä samanaikaisesti, jos toiseen hankkeeseen liittyy epävarmuutta. Jos toinen hanke kaatuisi, niin toinen hanke joutuisi kantamaan taloudellista riskiä, mikä ei aina ole mahdollista, koska usein yritysten pääomarakenne on kevyt verrattuna esimerkiksi verkkoyhtiöihin. Mikäli sama hankekehittäjä kehittää useita hankkeita alueella, tämä helpottaa yhteisrakentamista, koska hankkeita voi edistää helpommin kokonaisuutena ja riski ja hyöty ovat samoissa käsissä.

Yksittäisessä haastattelussa tuotiin esiin myös Fingridin edellyttämä vaatimus sähköverkon liittymisen rakentamisesta tiettyssä määräajassa, mikä osaltaan lisää aikataulupainetta. Yksittäisissä haastatteluissa todettiin myös, että mikäli käsittelyajat viranomaisprosesseissa, esimerkiksi valituksissa, olisivat lyhyemmät, tämä saattaisi helpottaa aikataulujen yhteensovittamista. Myös ympäristövaikutusten arviointiselvityksen (YVA) roolia yhteisrakentamiseen pohdittiin *yksittäisissä* haastatteluissa. Mikäli YVA-selvityksen päivittäminen helpottuisi, tämä voisi mahdollisesti helpottaa yhteisrakentamista tilanteissa, joissa YVA on ensin tehty yhdelle johdolle tai on kaksi rinnakkaista YVA:a samalle johdolle eri liittyvien tuulipuistojen myötä. Tämä johtuu siitä, että YVA:n päivittäminen vaikuttaa itessään hankkeen aikatauluun ja jos useita YVA-selvityksiä päivitetään, se vaikuttaa useiden hankkeiden aikatauluun.

110 kV ja 400 kV voimajohtojen osalta oli tulkittavissa hie-
man eroa suhtautumisessa yhteisrakentamiseen. 400 kV
johdot ovat tyypillisesti kalliimpia, pidempiä ja niihin jää
nykyisillä puistojen laajuuksilla enemmän vapaata kapasi-
teettia, jolloin yhteisrakentamisen hyödyt ja kustannus-
säästöt korostuvat. Yhteisrakentaminen nähtiin ajoittain
jopa lähes välttämättömänä 400 kV johtojen rakentami-
sessa. Kun hankekoko kasvaa, niin 400 kV johdot yleisty-
vät.

Valtaosassa haastatteluista korostettiin, että yhteisraken-
tamista olisi hyvä tehdä yhteistyössä verkkoyhtiöiden
kanssa. Koettiin, että verkkoyhtiö olisi luonteva taho tuo-
maan yhteen alueen tuulivoimahankkeita sekä osin myös
kantamaan riskiä. Haastatteluissa mainittiin erilaisia mah-
dollisia sopimusmalleja, joilla tuulivoimayhtiö voisi mak-
saa tarvitsemastaan verkosta esimerkiksi korkeampana
siirtomaksuna. Yksittäisessä haastattelussa mainittiin,
että liittymäjohdot eivät kuulu sähköverkkoyhtiöillä ta-
searvoon, mistä lasketaan sallittu voitto-osuus. Mikäli tuo-
hon tulisi muutos, se lisäisi verkkoyhtiöiden halua raken-
taa johtoja. Verkkoyhtiö voisi jopa tuoda varhaisen vai-
heen hankkeita yhteen ilman, että yhtiöiden täytyy jakaa
tietoa tarkasti hankkeista esimerkiksi erillisen nimetyn yh-
teyshenkilön kautta. Hyvänä ja jo koeteltuna käytäntönä
nykylainsäädännön näkökulmasta pidettiin esimerkiksi
sitä, että verkkoyhtiö otetaan mukaan keskusteluun joh-
tolinjauksesta. Tällöin on mahdollista, että valmistuva
johto voi vastata erilaisiin verkon kehittämistarpeisiin ja
kun hanke valmistuu, niin verkkoyhtiö hankkii johdon
omistukseensa osana verkon kehittämistä.

3.4 Tuulivoimayhdistyksen aineistot suhteessa verkkovisioon

Oheinen kartta (kuva 20) perustuu Suomen Tuulivoimayhdistyksen tammikuussa 2021 päivitettyyn hankelistaan ja Fingridin verkkovision kuvakaappaukseen (kuvat 16 ja 17).

Se vahvistaa, että rakennetut tuulivoimapuistot (purppura piste) sijoittuvat Pohjois-Pohjanmaalla tyypillisesti muutama kymmenen kilometrin säteelle rannikosta. Muissa hankevaiheissa olevia hankkeita sijoittuu paljon myös tätä kauemmas rannikosta. Fingridin verkkovision todennäköisesti toteutuvien linjojen (mustalla) läheisyydessä on runsaasti pitkällä hankekehityksessä olevia hankkeita ja myös optiolinjauksien (purppuralla) läheisyydessä on jo hankkeita. Osa hankkeista on kauempana myös mahdollisista linjauksista. Samalla on hyvä huomata, että kuvassa esitetyt Suomen Tuulivoimayhdistyksen hanketiedot eivät kata kaikkia varhaisessa esisuunnitteluvaiheessa olevia hankkeita. Myös Fingridin verkkovision linjaukset ovat alustavia. Aiemmin esitettyssä Hankekoolla ja arvioidulla tuotannolla painotetusta maakunnittaisesta analyysistä (kuva 9) voi huomata, että rannikon maakunnissa on suhteessa paljon hankekehitysvaiheessa olevia hankkeita, mikä lisää tarvetta verkon vahvistamiseen myös alueilla, joilla on jo paljon hankkeita. Myös jo rakennetuilla ja todennäköisesti tulevaisuudessa uusittavilla puistoilla on verkkovaikutuksia.

Verkkovision optiolinjauksien toteutuminen voisi kuvan perusteella aktivoida hankkeita myös lähimaakunnissa ja mahdollistaa hankekehityksen painopisteen siirtymistä kauemmas rannikosta, ja tätä hankekehittäjät ennakoivat. Toisin päin ajateltuna hankekehitys voi myös edesauttaa verkon kehittämistä. Tilannetta onkin kuvattu muna vai kana vertauksella, jossa molemmat tahot odottavat aktiivisuutta toiselta.

Tuulivoimayhdistyksen hankelistan hankkeet vaiheen mukaan ja Fingrid verkkovisiot 1/2021

-Verkkovisio: todennäköiset linjaukset mustalla, optio purppuralla

- 7 Tuotannossa
 - 6 Rakenteilla
 - 5 Luvitettu
 - 4 Kaavoitus tehty
 - 3 YVA-menettely tehty
 - 3 Kaavaehdotus
 - 2 YVA-menettely käynnissä
 - 2 Kaavaluonnos
 - 1 Kaavoitus aloitettu
 - 0 Identifioitu hanke/ Esisuunnittelu
- Pohjois-Pohjanmaa

0 25 50 100 Kilometriä

Kartta Rejlers Finland Oy. Sisältää kuvakaappaukset FG:n verkkovisioista ja MML:n hallintoraja-aineistoja 2021 sekä tuulivoimayhdistyksen aineistoja

Kuva 20. Tuulivoimayhdistyksen hankelistan hankkeet vaiheen mukaan suhteessa Fingridin verkkovision linjauksiin.

4. Tuulivoimahankkeiden sähköverkkoon liittymistarkastelu

Tuulivoiman kasvava määrä vaatii sähköverkon kriittistä tarkastelua sähköverkkoon liitettävyyden suhteen. Tässä kappaleessa tarkastellaan tuulivoimahankkeiden liittymismahdollisuuksia sähköverkkoon. Ensiksi tarkastellaan alueittain julkistettujen hankkeiden liittymismahdollisuuksia sähköverkkoon ja sitten karkeammalla tasolla julkistamattomien esiselvitysvaiheen tuulivoimahankkeiden liittymismahdollisuuksia.

Tiedot hankkeista, niiden tehoista ja turbiinimääristä on koostanut Pohjois-Pohjanmaan liitto tuulivoimayhtiöiltä ja kunnilta kesän ja syksyn 2021 aikana. Lisäksi tukena on käytetty myös tuulivoimayhtiöiden haastatteluissa saatuja tietoja. Yksittäisten hankkeiden kohdalla lopulliset toteutuvat tehot voivat muuttua, koska hankkeen voimallisuustyyppiin ja teknologiseen kehitykseen liittyy epävarmuuksia. Varsinkin useista esiselvitysvaiheen hankkeista ei ollut välttämättä saatavilla kuin suunniteltu sijainti, tehoista ja turbiinimääristä ei ollut vielä tietoa saatavilla.

4.1 Vireillä olevat hankkeet

Sähköverkkojen kehittämistarpeiden selvittämistä varten julkistettujen tuulivoimahankkeiden näkökulmasta muodostettiin 17 tarkastelualuetta Pohjois-Pohjanmaalle. Alueet muodostettiin maantieteellisen sijainnin, olemassa olevan sähköverkon ja tulevien sähköasemapaikkojen sekä tuulivoimapuistojen suunniteltujen liittymispisteiden perusteella, jos ne olivat tiedossa. Tarkastelualueet ja suunniteltujen hankkeiden määrät ja koot on lueteltu seuraavan sivun taulukkoon 4. Tarkastelualueet ja luvitetut ja vireillä olevat hankkeet on esitetty kuvassa 21. Kuvassa 22 on havainnollistettu hankkeiden kokoa.

Kartoissa näkyvä vaaleanpunainen soikio tarkoittaa tarkastelualuetta, joiden hankkeilta on tunnistettu yhteinen intressi verkkoon liittymiseen. Hankkeiden liittymistarpeen megawattien havainnollistamiseksi on tehty toinen kartta. Hankkeista saatiin tietoa hieman eri muodossa, siksi kartalle on luotu kolme eri visualisointia, punaisella

ympyrällä on minimiteho, sinisellä maksimiteho ja mustalla ympyrällä paras arvio. Tarkempi liittymisteho tarkentuu ympäristövaikutusten arviointi- (YVA) ja kaavoitusmenettelyjen aikana ja siksi näitä voi pitää suuntaa antavina arvioina. Rakennusvaihetta lähenevissä hankkeissa tieto voi olla kuitenkin jo varsin tarkka. Hankkeita on paljon ja niiden tilanne elää jatkuvasti, joten oheinen hankevaihekartta on myös paras arvio tilanteesta raportin tekohetkellä. Siitä voi huomata, että monet rannikon läheisistä suhteissa pienemmistä hankkeista on jo luvitettu. Tietoja hankevaiheesta voi halutessa verrata edellisen kappaleen karttaan.

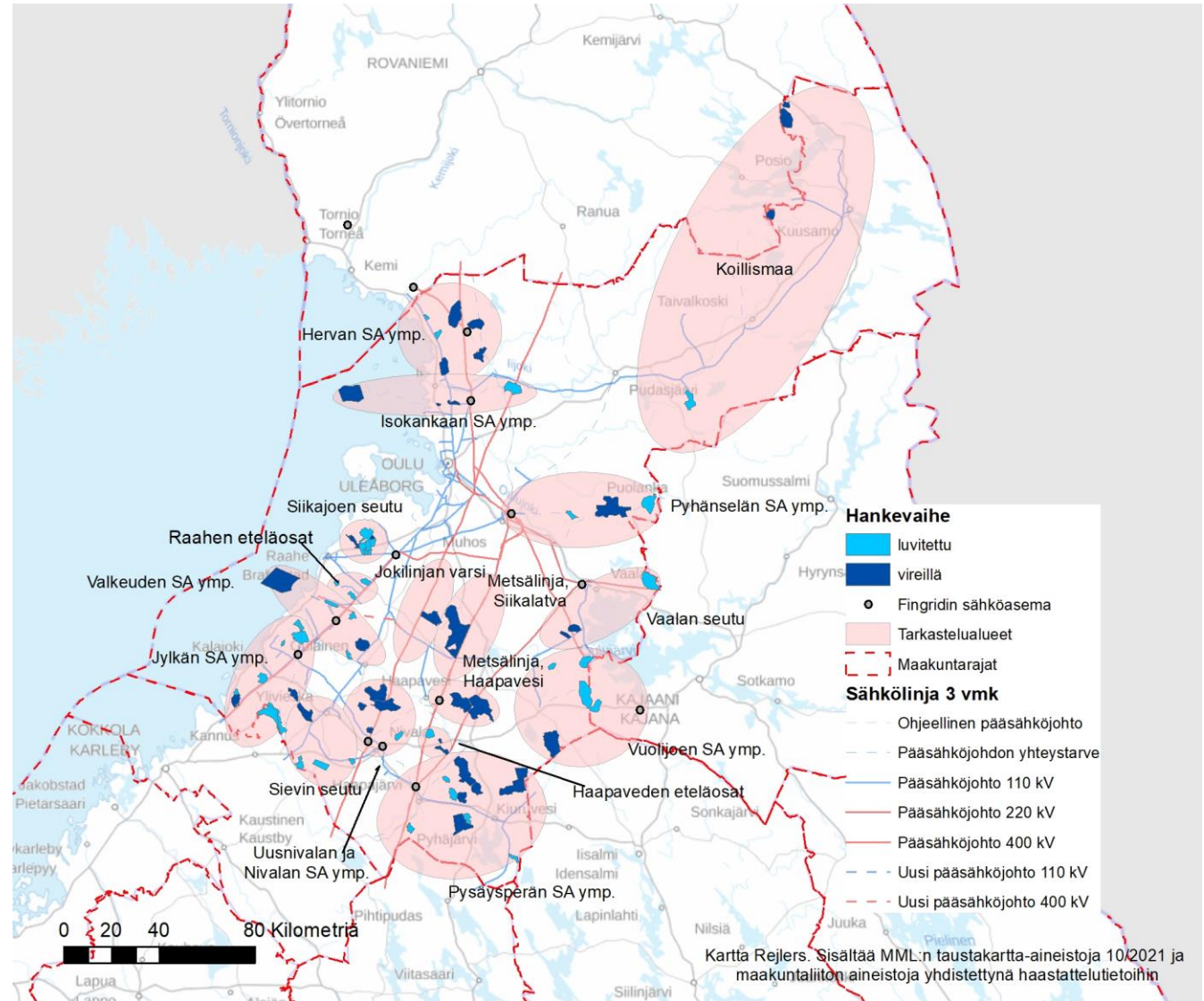
Taulukko 4. Tarkastelualueet, julkistettujen hankkeiden määrä alueella ja arvio hankkeiden yhteistehosta.

Alue	Julkistettujen hankkeiden määrä alueella	Paras arvio suunniteltujen hankkeiden yhteistehosta (MW)
Hervan sähköaseman seutu	5	733 - 742
Isokankaan sähköaseman seutu	4	662
Koillismaan alue	4	586
Pyhänselän sähköaseman seutu	3	629
Siikajoen seutu	6	448 - 493
Raahen eteläosat	3	101
Valkeuden sähköaseman seutu	5	650
Jylkän sähköaseman seutu	8	916
Jokilinjan varsi	1	240
Uusnivalan ja Nivalan sähköasemien seutu	5	720 - 862
Sievin seutu	4	262
Metsälinjan varsi, Siikalatva	1	300-450
Metsälinjan varsi, Haapavesi	2	808
Haapaveden eteläosat	2	90
Pysäysperän sähköaseman seutu	9	1 316-1 416
Vaalan seutu	3	431
Vuolijoen aseman seutu	5	598
Yhteensä	70	Noin 9 500-10 000

Hervan tulevan sähköaseman ympäristössä vireillä olevia hankkeita ovat Yli-Olhavan, Iso Rytisuon, Ollinkorven, Palokankaan ja Isokankaan hankkeet. Fingridin arvion mukaan Hervan sähköasema valmistuu aikaisintaan vuonna 2024 ja sillä voisi mahdollisesti olla kapasiteettia 1000 MW edestä liittää uutta tuotantoa verkkoon. Tätä kapasiteettia voi kuitenkin rajoittaa siirtojohtojen kapasiteetit. Tuulivoimahankkeista suurin on Yli-Olhavan tuulivoimapuisto, kooltaan mahdollisesti 500 MW. Iso Rytisuon hanke on teholtaan noin 60 MW ja Ollinkorven 70 MW. Valmistuttuaan Hervan asemalla olisi kapasiteettia liittää nämä hankkeet. Palokankaan (noin 70 MW) ja Isokankaan (25 MW) tuulipuistojen hankekehittäjältä saadun tiedon mukaan hankkeiden liittymispiste olisi Lapin maakunnan puolelle vuonna 2021 valmistuva Fingridin Simojoen sähköasema.

Fingridin Isokankaan aseman ympäristössä vireillä olevia hankkeita ovat Pahkakosken, Kovasinkankaan ja Ketunmaankankaan hankkeet. Lisäksi merelle on suunnitteilla lin Suurhiekan 350-480 MW tuulivoimapuisto, jonka mahdollinen liittymispiste voisi olla Isokankaan asemalla. Isokankaan muuntoasema valmistui vuonna 2016 muun muassa mahdollistamaan alueen tuulivoiman liittämisen alueella. Pahkakosken tuulivoimapuisto on teholtaan noin 150 MW. Nämä hankkeet pystytään kapasiteetin puolesta todennäköisesti liittämään Isokankaan asemalle.

Kovasinkankaan (45 MW) ja Ketunmaankankaan (17,3 MW) puistot ovat hankekooltaan niin pieniä, että ne on mahdollista liittää voimajohtoliityntänä sähköverkkoon. Näille hankkeille mahdolliset liittymispisteet ovat Fingridin Isokangas-Leväsuon voimajohtoon.



Kuva 21. Tuulivoimahankkeet, joissa on kaava vireillä tai jotka on luvitettu.

Raahen ja Siikajoen välille on suunnitteilla useita merkittävän kokoisia tuulivoimapuistoja. Suureen hankekokoaisuuteen liittyy Kangastuulen, Karhukankaan ja Navetakankaan tuulivoimapuistot. Hankekokoaisuuden kooksi on arveltu 250 MW. Lisäksi alueelle on suunnitteilla Isonevan (126 MW), Isonevan laajennus (36 MW) ja Hummastinvaaran (noin 50 MW) hankkeet. Elenialle on valmistumassa uusi voimajohto Siikajoelta Olkijärvelle ja siitä edelleen Siikajoenkylään asti. Tähän voimajohtoon on jo olemassa liittymissopimuksia noin 250 MW edestä ja johdon kapasiteetti on sitä myöten kokonaan tulossa käyttöön.

Myös Fingridille valmistuu uusi voimajohto Siikajoelta Olkijärvelle ja myöhemmin myös Raahen asti. Fingrid valmistautuu tällä myös alueen tuulivoiman liittämiseen, joten on oletettavaa, että suunnitellut hankkeet alueella saadaan liitettyä verkkoon.

Raahen eteläpuolella on suunnitteilla Mastokankaan (63 MW), Kopsa III:n (42 MW) ja Ketunperän (alle 20 MW) hankkeet. Nämä kolme hanketta on suunniteltu liitettäväksi mahdollisesti Elenian Siikajoki-Jylkkä B voimajohtoon. Kopsan ja Ketunperän hankkeet voivat olla mahdollisia liittämään voimajohtoliityntänä.

Pyhäjoelle on suunnitteilla Fingridin uusi **Valkeuden muuntoasema**, jonka arvioitu valmistuminen olisi vuonna 2023. Tarkastelualueella on viisi tuulivoimahanketta suunnitteilla. Karahkan hanke Oulaisissa on teholtaan noin 150 MW ja sen liittymispiste olisi Valkeuden asema. Maaselänkankaan (42 MW) hanke Karahkan hankkeen eteläpuolella

on tarkoitus liittää Vihanti-Uusnivala -voimajohtoon voimajohtoliityntänä.

Pyhäjoen hankkeet Polusjärvi (48 MW) ja Parhalahti itäinen (50 MW) ovat jo rakenteilla ja ne on tarkoitus liittää Elenian voimajohtoon Siikajoki-Jylkkä B. Lisäksi merelle on suunnitteilla Maanahkiaisen 360 MW tuulivoimapuisto, jonka mahdollinen liityntäpiste olisi uusi Valkeuden asema. Valkeuden asema rakennetaan tuulivoiman liittämiseksi, joten se parantaa alueen tuulivoiman liitettävyyttä.

Fingridin **Jylkän** asemasta on tulossa Suomen merkittävin tuulivoiman kokooja-asema. Asemalle tulee kolmas muuntaja vuonna 2022 ja asemalle voi olla tulevaisuudessa mahdollista liittää yhteensä jopa 1300 MW tuulivoimaa. Aseman lähiseudulla on käynnissä useita tuulivoimahankkeita. Merkittävin hanke on Kannuksen, Kalajoen ja Kokkolan alueella oleva Mutkalammin hankekokoaisuus (404 MW). Muita hankkeita ovat Karhunnevan kangas (188 MW) ja Puskakorvenkallio (88 MW) Pyhäjoella, Juurakko (enintään 40 MW) ja Läntinen-Kalajoki (63 MW) Kalajoella sekä Hangaskurunkangas (72 MW) Alavieskassa.

Kalajoen länsiosassa on vielä Torvenkylän (40 MW) ja Kokkokaan (18 MW) tuulivoimahankkeet suunnitteilla. Torvenkylän puiston on tarkoitus liittyä voimajohtoliityntänä Jylkkä-Hirvisuo voimajohtoon, johon myös Kokkokaan puiston voimajohtoliityntä on mahdollinen.

Jylkän aseman lähiseudun kaikista hankkeista ei saatu liittymispistettä tietoon, mutta kaikilla näillä hankkeilla yksi mahdollinen ja luonnollinen liityntäpiste sähköverkkoon

olisi Jylkän asemalla. Hankekoot ja -määrät ovat kuitenkin niin suuria, että Jylkän aseman kapasiteetti ei välttämättä riitä kaikille hankkeille, sillä asemaan on jo tälläkin hetkellä liittyneenä tuulivoimatuotantoa.

Jokilinjan varteen Siikajoelle on suunnitteilla Hukanpalon 240 MW tuulivoimapuisto. Puiston mahdollinen liityntäpiste olisi Jokilinjan varteen rakennettava Fingridin uusi Lumijärven sähköasema. Lumijärven sähköaseman rakentuminen on kuitenkin ainakin osittain riippuvainen Hanhikiven ydinvoimalaitoshankkeen etenemisestä. Elenian Vihanti-Pulkkila voimajohto kulkisi melko läheltä hankealuetta, mutta johdon täyden kapasiteetin hyödyntämistä rajoittaa Fingridin liittymispisteen verkon kapasiteetti Vihannin asemalla.

Uusnivalan sähköaseman lähiseudulla on suunnitteilla viisi hanketta. Rahkola-Hautakankaan (320 MW) ja Puutiinsaaren (vähintään 250 MW) hankkeet aiotaan liittää yhteisellä 400 kV voimajohtolla Uusnivalan asemaan. Pienempiä hankkeita ovat Urakkanevan (72 MW), Tuomiperän (45 MW) ja Kukonahon (45 MW) hankkeet. Urakkanevan hankkeen todennäköinen liittymispiste olisi Nivalan sähköasemalla, Tuomiperän hankkeella Uusnivalan asemalla ja Kukonahon hankkeella Uusnivalan tai Nivalan asemalla. Isommat hankkeet ovat sen verran suuria, että vaativat liittyäkseen merkittävästi verkkokapasiteettia. Uusnivalan sähköasema on kahden 400 kV:n linjan varressa, joten liittämiskapasiteettia voisi olettaa olevan. Fingridillä on ajantasaisimmat tiedot liittymismahdollisuuksista.

Sievin ja Alavieskan alueella Ventusneva-Uusnivala voimajohdon läheisyydessä on suunnitteilla Verkasalon (noin 175 MW), Puutikankaan (44 MW), Tuppurannevan (13 MW) ja Jakoistenkallioiden (30 MW) tuulivoimapuistot. Puutikankaan hanke on edennyt rakennusvaiheeseen ja liittyy Herrfors Nät-Verkon uuteen Kalliomaan sähköasemaan Rieskanevalla. Muut hankkeet liittyvät mahdollisesti Fingridin Ventusneva-Uusnivala voimajohdon varrelle. Ventusneva-Uusnivala voimajohtoon on liittynyt useita haarajohtoja ja johdolla on pituutta yli 100 km, joten alueen sähköverkko voi vaatia vahvistuksia, jotta kaikki hankkeet olisi mahdollista liittää verkkoon.

Metsälinjan varteen Siikalatvalle on suunnitteilla suuri 300-450 MW Leuvanannevan-Kurunnevan tuulivoimapuisto. Liityntä olisi 400 kV liityntä mahdollisesti Metsälinjan varteen rakennettavalle sähköasemalle tai Jokilinjan varteen Lumijärven sähköasemalle.

Haapavedellä on suunnitteilla Piipsannevan (344 MW) hanke ja sen vieressä itäpuolella Siikalatvan ja Kärsämäen puolella Tuulikaarron (464 MW) hanke. Näiden hankkeiden todennäköiset liitynnät olisivat Metsälinjan varteen suunnitteilla olevalle Fingridin Haapaveden muuntoasemalle.

Haapaveden eteläosassa on rakenteilla Kesonmäen tuulivoimapuisto (alle 45 MW) sekä Hankilannevan puisto (45 MW). Kesonmäen tuulipuisto liittyy Fingridiltä Elenialle siirtyvään Pysäysperä-Haapavesi VL -voimajohtoon. Hankilannevan puisto liittyy Fingridin Pysäysperä-Nuojua -voimajohtoon.

Haapajärvellä ja Pyhäjärvellä on useita tuulipuistoja suunnitteilla. Alueella on valmistumassa Fingridin 400 kV:n **Metsälinja** ja uusi **Pysäysperän asema**, joka mahdollistaa 600-800 MW tuulivoiman liittämisen.

Elenian tulevaan Haapajärvi-Ruotanen -voimajohtoon tulee liittymään Murtomäen (90 MW) tuulipuisto. Haapajärvi-Pyhäjärvi -voimajohtoon on liittynyt Välikankaan (Välikangas-Ristiniitty kokonaisuus 100 MW) tuulivoimapuisto, joka on jo osittain tuotannossa. Pajuperänkangas (80 MW) Haapajärven eteläosassa liittyy Fingridiltä Elenialle siirtyvään Petäjävesi-Pysäysperä -voimajohtoon. Vuotomäen (alle 45 MW) tuulipuisto Pyhäjärven eteläosassa liittyy Elenian Pyhäsalmi-Pihtipudas -voimajohtoon. Elenian voimajohdoissa Haapajärven ja Pyhäjärven alueella ei ole vapaata kapasiteettia liittää uutta tuotantoa nykyisten sopimusten ja voimassa olevien tarjousten lisäksi.

Pyhäjärvellä on lisäksi suunnitteilla myös Nurmesnevan (70 MW), Hautakankaan (320-500 MW), Kokkopetäikön (100 MW) ja Itämäen (150-200 MW) hankkeet sekä Kärsämäellä Riitamaan (200-300 MW) tuulivoimahanke. Nämä puistot liittyisivät sähköverkkoon todennäköisesti **Pysäysperän asemalla**. Pysäysperän aseman liitöntäkapasiteetti ei tule riittämään, jos kaikki edellä mainitut hankkeet toteutuvat täysi määräisesti. Fingridin Verkkovisiossa kuvattu Metsälinja 2, jonka mahdollinen valmistuminen olisi 2020-luvun loppupuolella, parantaisi todennäköisesti osaltaan Pysäysperän aseman liitöntäkapasiteettia.

Vaalan alueella on suunnitteilla kolme hanketta. Vaalan itäosassa Turkkiselän hankkeen (336 MW) todennäköinen

liittymispiste olisi Fingridin Nuojuankankaan asemalle. Säräisniemen lähiseudulla on suunnitteilla Painuan kanavan (72 MW) ja Naulakankaan (30 MW) hankkeet. Kajave purkaa nykyisen Jylhämä-Säräisniemi-Kestilä -voimajohdon Vuolijoen sähköasemalta lähtevän rengasverkon valmistuttua. Fingridille valmistuu Järvinlinja 2 arviolta vuonna 2026 nykyisen 110 kV:n Nuojua-Vuolijoki -johdon rinnalle. Fingridillä ei ole nykyisellään Säräisniemen seudulla sähköasemaa, joka mahdollistaisi tuulipuistojen sähköasemaliitynnät alueelta. Ainakin tältä osin vaadittaisiin verkon kehittämistä alueella, jotta myös suurempien, sähköasemaliityntöjen vaativien tuulipuistojen liittäminen olisi mahdollista.

Kajavelle on valmistumassa **Vuolijoen asemalta lähtevä rengasverkko**, joka kulkee Metsälamminkankaan, Kestilän, Pyhännän, Piiparinmäen ja Harsunlehdon asemien kautta takaisin Vuolijoen asemalle. Tähän johtoon on jo liittynyt tai liittymässä rakenteilla olevat Metsälamminkankaan (132 MW), Kokkonevan (45 MW) ja Piiparinmäen (211 MW) tuulipuistot. Lisäksi Kajaaniin Harsunlehtoon (50 MW) on myös suunnitteilla tuulipuisto. Kun nämä hankkeet valmistuvat on Kajaven rengasverkon koko kapasiteetti käytössä eikä tähän verkkoon ole mahdollista enää liittää uusia hankkeita.

Pyhännän eteläosassa on suunnitteilla Konnunsuon (150-300 MW) hanke, joka voisi liittyä mahdollisesti 400 kV:n liityntänä Vuolijoen sähköasemalle. Metsälinja 2:n valmistuminen todennäköisesti parantaa Vuolijoen liityntäkapasiteettia.

4.2 Esiselvitysvaiheen hankkeet

Pohjois-Pohjanmaan liiton tiedossa on yli sata tuulivoimatuiston esiselvityshanketta. Esiselvitysvaiheessa hankkeen kaavoitusta tai YVA-menettelyä ei ole vielä aloitettu. TUULI-hankkeessa esiselvitysvaiheen hankkeita käsitellään luottamuksellisena. Hankkeet eivät ole vielä julkisia ja niiden toteutumiseen liittyy paljon epävarmuustekijöitä. Tämä huomioiden julkistamattomia esiselvitysvaiheen tuulivoimahankkeita tarkastellaan karkeammalla tasolla, miten ne voivat vaikuttaa Pohjois-Pohjanmaalla sähkönsiirto- ja sähköverkon kehittämistarpeisiin. Tässä Pohjois-Pohjanmaa jaettiin seitsemään tarkastelualueeseen, jotka on esitetty seuraavan sivun kuvassa 23. Tarkastelualueet ovat laajemmat kuin julkistettujen hankkeiden tarkastelun yhteydessä johtuen juuri esiselvitysvaiheen hankkeiden luottamuksellisuudesta. Lisäksi esiselvityshankkeisiin liittyy huomattavaa epävarmuutta niiden laajuudesta ja toteutumisesta, jolloin myös liian yksityiskohtainen tarkastelu ei ole mielekäästä.

Esiselvitysvaiheen hankkeiden potentiaalinen arvioinnissa on käytetty analyysimallia, jossa alueelle sijoitettaisiin 8 MW voimaloita 1 km etäisyydelle toisistaan (Sweco). Tiedot on pyöristetty. Tulkinnanvaraisissa tilanteissa hanke on joko pilkottu tai liitetty yksittäiset voimalat mielekkäseen kokonaisuuteen. Luvut kuvaavat maksimipotentiaalia, eli voivat yliarvioida realistista toteutuvaa tehoa mer-

kittävästikin. Tähän voi vaikuttaa esimerkiksi se, jos voimaloiden sijoittelu olisi todellisuudessa harvempaa tai alueilla on ympäristöarvoja, jotka pienentävät hankekokoja. Tarkastelualueet ja arviot alueen hankkeiden yhteisestä ovat listattu taulukkoon 5.

Pudasjärven, Oulun ja lin alueilla on useita isoja sekä muutama pienempi esiselvitysvaiheen hanke suunnitteilla. Tarkastelualueen länsiosassa on liittymispisteitä tuulivoimalle, mutta alueen itäpuolella huonommin. Fingridin verkkovisiossa kuvattu Pirttikoski-Nuojuankangas 400 kV voimajohtoyhteys voisi toteutussaan mahdollisesti parantaa Pudasjärven seudun liittymismahdollisuuksia.

Koillismaan alueella on useita esiselvitysvaiheen hankkeita suunnitteilla, osa on melko merkittävänkin kokoisia. Kuten jo edellisessä kappaleessa on todettu, Koillismaan alueella tarvitaan selvästi nykyistä vahvempi sähköverkko, jotta alueelle suunniteltuja uusia tuulivoimahankkeita voisi liittää verkkoon. Toinen mahdollinen vaihtoehto olisi yhteiset pitkät liittymisjohdot nykyiseen kantaverkkoon.

Vaalan, Muhoksen ja Utajärven ympäristössä on paljon esiselvitysvaiheen tuulivoimahankkeita. Hankkeiden koot vaihtelevat paljon. Alueella monen hankkeen todennäköinen liittymispiste olisi Fingridin Pyhänselän tai Nuojuankankaan sähköasema. Fingridin Järvilinja 2:n valmistuminen vuonna 2026 parantaa osaltaan alueen verkon kapasiteettia, mutta esiselvityshankkeiden laajasti toteutuessa olisi alueella todennäköisesti lisää verkon vahvistamistarpeita.

Rannikkolinjan läheisyydessä on muutamia esiselvitysvaiheen tuulivoimahankkeita, joista osa on pienehköjä. Nämä hankkeet eivät ainakaan suuressa määrin aiheuta lisää sähköverkon vahvistamistarpeita.

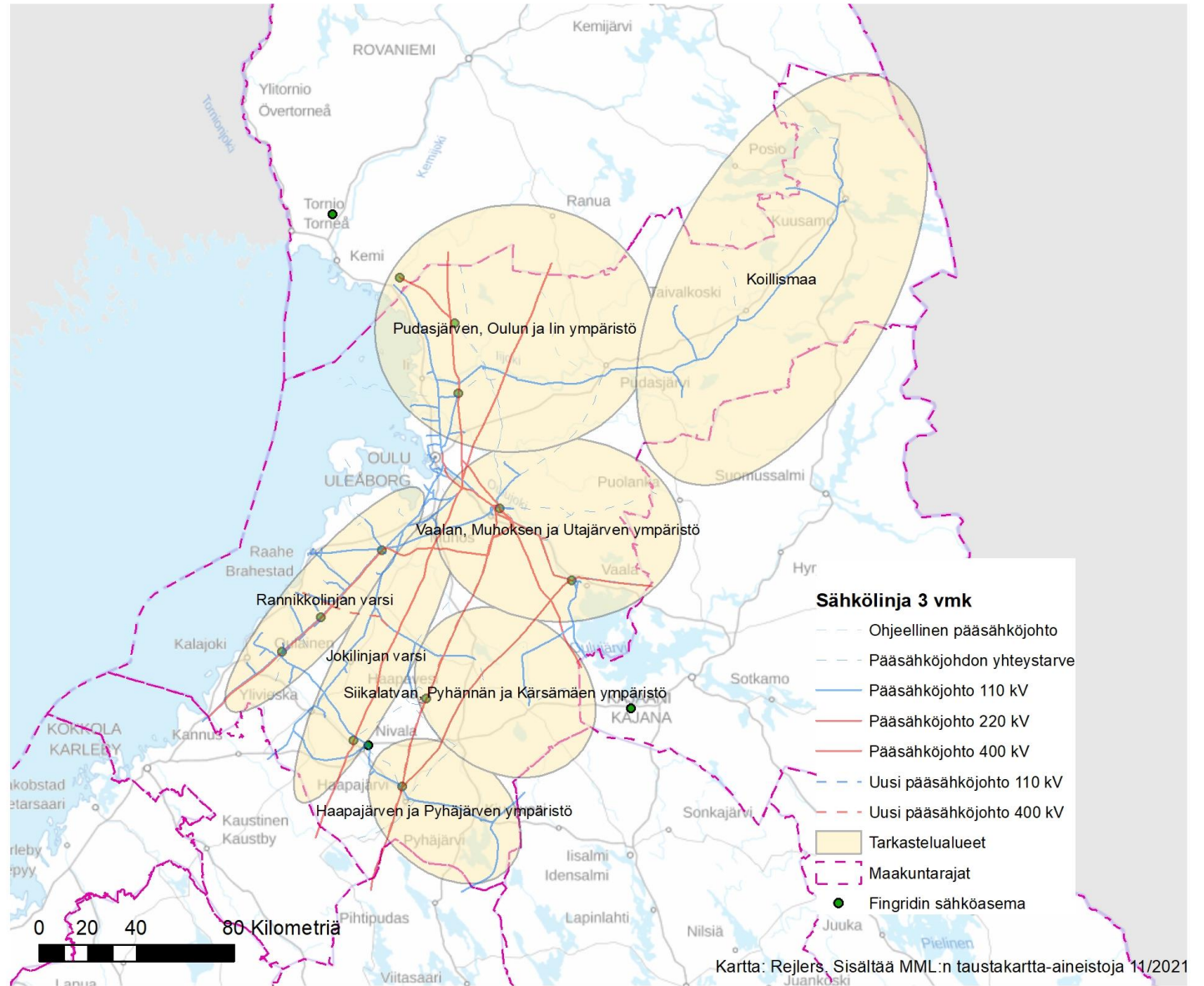
Jokilinnan läheisyydessä on myös muutamia esiselvitysvaiheen hankkeita. Joidenkin hankkeiden kokoluokasta ei vielä tässä vaiheessa ole tietoa, joten verkon kapasiteetin riittävyyttä on hankala arvioida.

Siikalatvan, Pyhännän ja Kärsämäen alueilla on useita esiselvitysvaiheen hankkeita suunnitteilla. Osa hankkeista on kokoluokaltaan melko suuriakin. Metsälinja 1:n valmistuminen vuonna 2022 ja Metsälinja 2:n mahdollinen toteutuminen myöhemmin lisäävät alueen verkon kapasiteettia. Kuitenkin Pyhännän eteläosasta on jonkin verran matkaa lähimpiin kantaverkon liittymiskohtiin, jolloin liittymisjohdoista tulisi melko pitkiä. Kajaven rengasverkon koko kapasiteetti on tulossa jo täyteen eikä kyseiseen verkkoon ole mahdollista liittää uusia hankkeita.

Haapajärven ja Pyhäjärven alueilla on useita esiselvitysvaiheen hankkeita useiden julkistettujen hankkeiden lisäksi. Hankkeiden koot vaihtelevat. Alueella on siis voimakasta hankesuunnittelua. Haapajärvelle vuonna 2022 Pyhäjärven asema pystyy liittämään runsaasti alueen tuulivoimaa, mutta jos suuri määrä esiselvityshankkeista etenee toteutukseen asti, alueella tarvitaan lisää liittämiskapasiteettia.

Taulukko 5. Esiselvitysvaiheen hankkeiden tarkastelualueet ja arvio hankkeiden yhteistehosta alueella.

Alue	Arvio hankkeiden yhteistehosta (MW), mikäli ne toteutuvat täysimääräisinä
Pudasjärven, Oulun ja Iin ympäristö	5 100
Koillismaa	3 600
Vaalan, Muhoksen ja Utajärven ympäristö	4 200
Rannikkolinjan varsi	400
Jokilinjan varsi	1 200
Siikalatvan, Pyhännän ja Kärsämäen ympäristö	3 300
Haapajärven ja Pyhäjärven ympäristö	1 700
Yhteensä	Noin 19 500



Kuva 23. Tarkastelualueet esiselvitysvaiheen hankkeille.

5. Sähköverkon kehittämistarpeet

Fingrid investoi tulevina vuosina voimakkaasti kantaverkkoon. Pohjois-Pohjanmaan alueella on suunnitteilla useita sähköasemahankkeita tuulivoiman liittämiseksi sekä useita 400 kV voimajohtohankkeita pohjoiseteläsuuntaisen siirtokapasiteetin lisäämiseksi. Osasta suunnitelmista on tehty jo investointipäätös, mutta osa suunnitelmista on vasta suunnittelutasolla. Tällöin on hyvä muistaa, että nämä verkkosuunnitelmat voivat muuttua ja tarkentua myöhemmin.

Kuvassa 24 on havainnollistettu tuulivoiman määrää erilaisissa skenaarioissa ja eri lähtötiedoilla, huomioiden myös tässä selvitystyössä arvioidut mahdolliset kapasiteetit sekä Suomen että Pohjois-Pohjanmaan alueella. Fingridin ja SITRA:n luvut kattavat koko maan. Tuulivoimayhdistyksen luvut on esitetty erikseen Pohjois-Pohjanmaalle ja koko Suomeen. Kuvasta huomataan, että tuulivoima tulee lisääntymään moninkertaiseksi Suomen nykytilanteesta.

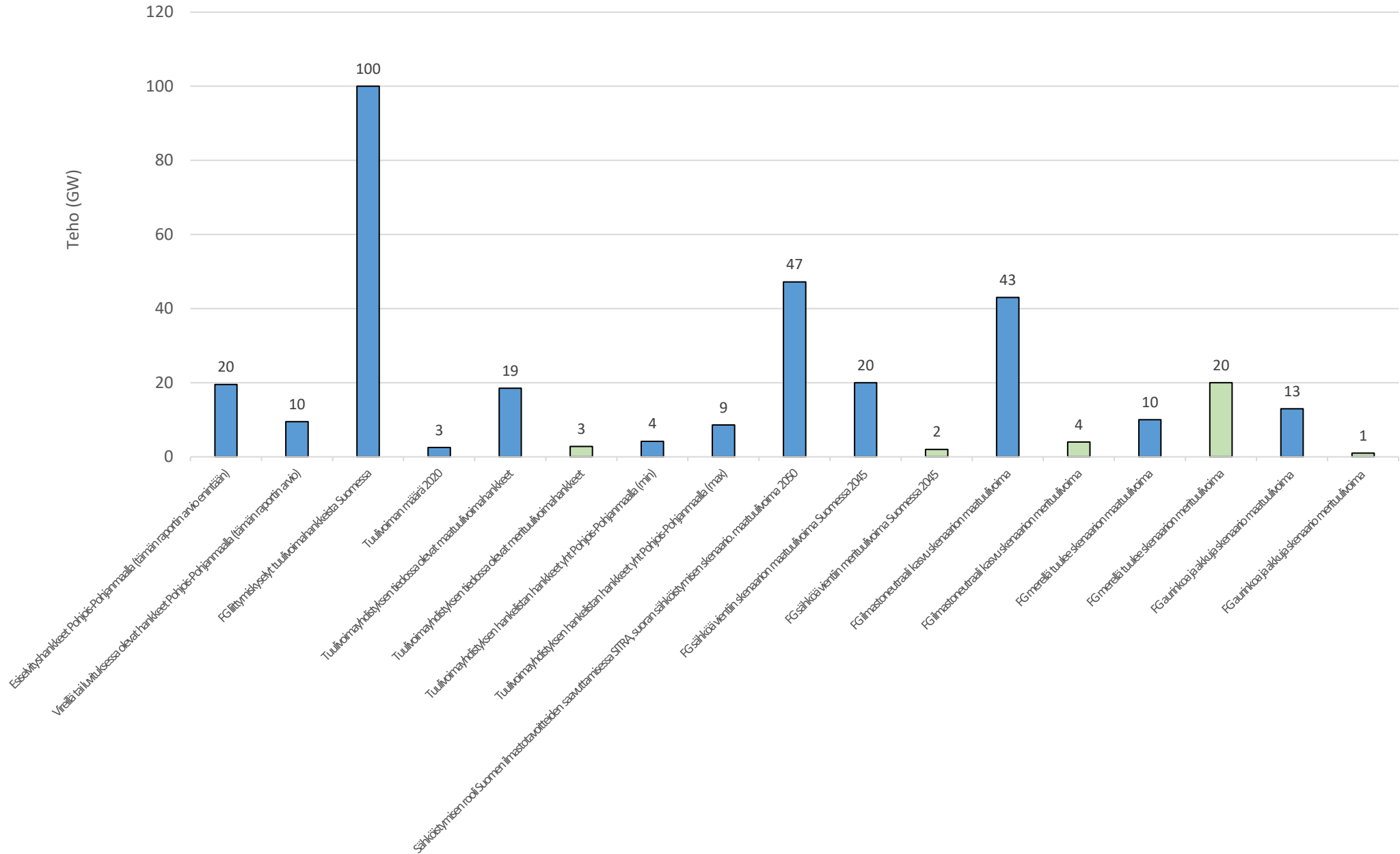
Nykytilanteessa jakeluverkkoyhtiöillä alueverkkojen kapasiteetit ovat monin paikoin jo kokonaan käytössä tai vapaat kapasiteetit on jo myyty rakennettavalle tuulivoimalle. Joissakin paikoissa kapasiteettia on vielä jäljellä,

mutta tuulivoiman liittämiset on aina katsottava tapauskohtaisesti, koska käytettävissä oleva kapasiteetti riippuu muuan muassa tarkasta liittymiskohdasta eikä tarkkaa vapaata kapasiteettia pysty aina toteamaan. 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.

Tuulivoimapuistojen koot ovat kasvaneet ja tulevat tulevaisuudessa todennäköisesti entuudestaan kasvamaan. Tuulipuistojen 400 kV:n verkkoliitynnät tulevat yleistyämään. 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.

Tarkastelun perusteella voidaan todeta, että Pohjois-Pohjanmaan alueella vireillä olevat hankkeet, joita on yhteensä noin 10 000 MW, pystytään pääosin liittämään jo olemassa olemaan sähköverkkoon. Sen sijaan esiselvitysvaiheen hankkeita on runsaasti, teholtaan jopa kaksinkertainen määrä vireillä oleviin hankkeisiin nähden ja niiden laajamittaisesti toteutuessa sähköverkon kehittämis- ja vahvistamistarpeet ovat merkittävät.



Kuva 24. Arvioita tuulivoiman tehomääristä selvityksen ja muiden lähteiden perusteella eri skenaarioissa (GW). Merituulivoimaa kuvaavat palkit ovat vihreitä.

Vireillä olevat hankkeet sijaitsevat pääsääntöisesti maakunnan länsi- ja eteläosissa. Sen sijaan esiselvitysvaiheen hankkeita on paljon maakunnan itä- ja pohjoisosissa. Rannikon läheisyydessä esiselvitysvaiheen hankkeita on vähemmän kuin muualla maakunnassa. Tähän kehityskulkuun on johtanut todennäköisesti kaksi syytä. Rannikolle ja rannikon läheisyyteen on jo rakennettu paljon tuulivoimaa eikä tuulivoimalle soveltuvia alueita ole enää liiemmin jäljellä toisin kuin sisämaassa. Varsinkin linnuston päämuuttoreille rannikon läheisyyteen ei suositella lisää tuulivoimarakentamista. Lisäksi tuulivoimateknologioiden kehittyminen ja turbiinien yksikkökoon kasvu mahdollistavat kannattavan tuulivoimantuotannon myös sisämaan tuuliolosuhteissa.

Vireillä olevien hankkeiden suuri määrä maakunnan länsiosassa tekee merkittävän tuotannon ylijäämän, jonka siirtämiseksi alueelta muualle tarvitaan merkittävästi lisää verkkokapasiteettia. Fingridin on valmistautunut tähän varautumalla rakentamaan mahdollisesti jopa kaksi 400 kV päävoimansiirtoverkon yhteyttä Jylkkä-Alajärvi -välille.

Esiselvityshankkeiden perusteella tuulivoiman tuotanto tulee jakautumaan tulevaisuudessa tasaisemmin Pohjois-Pohjanmaan maakunnan alueella. Sähköverkkojen näkökulmasta esiselvitysvaiheen tuulivoimahankkeiden painottuminen enemmän maakunnan pohjois- ja itäosiin luovat myös painetta sähköverkkojen kehittämiselle ja vahvistamiselle näillä alueilla.

Pohjois-Pohjanmaalla yksi selkeimmistä alueista, joka vaatii verkon vahvistamista tuulivoiman liittämisen näkökulmasta, on Koillismaan alue. Nykytilanteessa Fingridin kantaverkko ei yllä alueella ja Carunan nykyisen rengasverkon kapasiteetti ei mahdollista uuden tuulivoiman liittämistä sähköverkkoon. Tosin Koillismaan alueella sähköverkon kapasiteetin riittävyys ei ole ainoa merkittävä haaste, vaan myös Puolustusvoimien tutkilla on merkittävä vaikutus alueen tuulivoimakehitykselle.

Myös muuallakin maakunnan itäosissa on alueita, joissa todennäköisesti vaaditaan sähköverkon kehittämistä. Pyhäjärvi-Siikalatva-Utajärvi-Oulu-Pudasjärvi -akseli kokonaisuudessaan on esiselvitysvaiheen hankkeiden perusteella tulevaisuudessa voimakasta tuulivoimarakentamisen aluetta. Haapajärven ja Pyhäjärven seudulla on jo nyt vireillä olevia hankkeita merkittävä määrä. Pysäysperän aseman ympäristö tuleekin olemaan merkittävää tuulivoima-alueita. Fingridin verkkovision Ilmastoneutraali kasvu -skenaariossa tarpeelliseksi nousi myös kolmas 400 kV:n yhteys Pysäysperän asemalta Petäjävedelle, mutta tämä oli jätetty huomioimatta maankäytöllisistä syistä, koska kolme rinnakkaista 400 kV:n voimajohtoa olisi erittäin haastava rakentaa.

Fingridin päävoimansiirtoverkon vahvistukset (Metsälinja 1 ja 2, Järvilinja 2 ja Nuovuankangas-Petäjäskoski sekä Pyhänselkä-Viitajärvi -voimajohdoyhteydet) tulevat parantamaan sähköverkon kykyä liittää uusia tuulivoimahankkeita Pohjois-Pohjanmaan pohjois- ja itäosissa lukuun ottamatta Koillismaata. Tuulivoiman kehittyminen näyttää

kuitenkin sen verran voimakkaalta, että sähköverkon kehittämis- ja vahvistamistarpeita joudutaan tarkasti pohtimaan koko maakunnan alueella.

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

6. Vaikutusten arvio 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 400 kV johdot käyvät läpi ympäristövaikutusten arviointiprosessin, mutta usein myös 110 kV liityntäjohdot sisällytetään tuulipuiston ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn. Selvityksissä tunnistettuja haitallisia vaikutuksia pyritään vähentämään suunnittelun ja rakentamisen aikaisilla ratkaisulla. 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 kaivuuta tarvitaan laajemmalta alueelta. Tuulipuiston sisäinen sähkönsiirto kuitenkin toteutetaan tyypillisesti kaapelointina matalammalla jännitetasolla.

Voimajohtotojen 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 johtokäyttöviin. 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. Pylväsuunnittelulla ja sijoittelulla voidaan vähentää tätä vaikutusta.

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 pylviäitä 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 kytketyistä tuulipuistoista. Tuulivoima on useimpien tutkimusten perusteella keskeisiä teknologioita ilmastonmuutoksen torjunnan vastaisessa työssä lähivuosikymmeninä. Ilmastonmuutoksella on puolestaan vaikutusta yhteiskuntiin ja elinympäristöihin ja yksittäisiin lajeihin, jolloin tuulipuiston siirto-ohdoilla 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 säästövoiman tarvetta.

Jo varhaisessa vaiheessa selvitystä tunnistettiin, että potentiaalisin keino voimajohtojen ympäristövaikutusten vähentämiseen on yhteisrakentamisen edistäminen, jolloin

useampi puisto liittyy sähköasemalle samalla pylväsrakenteella. Näin vältetään rinnakkaiset tai risteävät johdot, vaikka johdon leveys voikin kasvaa hieman. Näitä tuloksia on käyty läpi tarkemmin haastattelu- ja johtopäätös kapaleissa. 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-ohdoilla 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. Tuulivoimahankkeita on kuitenkin todella paljon ja kantaverkon kehittäminen on jo nyt aktiivista Pohjois-Pohjanmaalla.

7. Yhteenveto

Tuulivoimarakentamista edistää etenkin vähähiilisyystavoitteet sekä Suomen kansalliset tavoitteet että EU-tavoitteet. Tällä hetkellä tuulivoima on kilpailukykyisin tuotantomuoto. Siksi se on lukuisissa viime vuosina valmistuneissa selvityksissä nostettu eniten lisääntyväksi sähkön tuotantomuodoksi.

Selvityksessä tunnistettiin useita pitkien etäisyyksien sähkönsiirtotarvetta lisääviä trendejä, jotka Fingridin verkkovisio osaltaan vahvistaa. Näitä ovat esimerkiksi sähköautoistuminen, lämpöpumppujen yleistuminen, paineet fossiilille sähkön ja lämmön yhteistuotannolle ja hiilivaipustavoitteet. Tuulivoimayhdistyksen tilastojen perusteella voi odottaa nopeaa tuulivoimarakentamista Länsi-Suomessa myös tulevaisuudessa. Pohjois-Suomen oman sähkönkulutustarpeen vähäisyys lisää siirtotarvetta. Merkittävin sähkön kuluttaja on teollisuus ja sähköistymisen odotetaan lisäävän teollisuuden sähkönkulutusta. Analyysin perusteella nyt tuulivoimayhdistyksen tiedossa olevista hankkeista suurin tuulivoimasähköntuotannon lisäys

kohdistuisi Pohjois-Pohjanmaan maakuntaan. Tuulivoiman lisäksi Fennovoiman ydinvoimala on tunnistettu tuotantokohde ja SSAB:n ja muiden toimijoiden vedyn tarpeen lisääntyminen ovat tunnistettuja verkkoon vaikuttavia merkittäviä sähköä edellyttäviä kulutuskohteita. Osa tulevaisuuden potentiaalisista merkittävistä kulutuskohteista on myös Ruotsin puolella.

Vety (tai power-to-x) talouden vaikutuksesta sähköverkon kehittämistarpeisiin tarvitaan lisätietoa. Kärjistäen voi kysyä, siirretäänkö vetyä vai sähköä. Osaltaan siihen vaikuttaa myös EU-säätelyn kehittyminen. Esimerkiksi perusteet, joilla uusiutuvan vedyn tuotanto saa taloudellista tukea ja käykö verkkosähkö sähkönlähteeksi. Rannikon läheisyydessä on vedyn tuotannon lisäksi erityisesti tuulivoimaan liittyviä verkon kehittämistarpeita esimerkiksi merituulivoiman kehittyminen, vanhojen voimaloiden uusimiset ja uudet hankekehityksessä olevat maatuulivoimahankeet. Siksi Fingridin tavoite kehittää verkkoa niin, että

se vastaa erilaisiin tarpeisiin ja kehityskulkuihin on hyvä lähtökohta.

Hankekehittäjiä toiveena on verkon kehittäminen Pohjois-Pohjanmaan itäosissa ja laajemmin Itä-Suomessa. Hyvä lähtökohta on Fingridin verkkovision optiot, jotka mahdollistavat tuulivoiman tasaisemman sijoittumisen. Vanhojen puistojen uusiminen niiden lähestyessä elinkaariloppua tulee lisäämään sähkönsiirtotarvetta ja on yksi keskeisistä kehityskuluista lähivuosikymmeninä, jota on tärkeä seurata ja mallintaa. Olemassa olevan johdon kapasiteetin lisääminen esimerkiksi DLR:llä on asia, jota kannattaa tutkia lisää. Sähkönsiirron kehittäminen yli maakuntarajojen vaikuttaa hankkeiden toteutusedellytyksiin muissa maakunnissa ja vaikuttaa pitkien etäisyyksien sähkönsiirtotarpeisiin. Rajasiirtoyhteyksien kehittämisellä olisi vaikutusta sekä koko sähkömarkkinaan ja sähkönsiirtotarpeisiin esimerkiksi Norjasta Suomeen ja lähimaihin. Jos Pohjois-Norjan tunnistettu tuulivoimapotentiaali lähitisi toteutumaan, niin että sähköä siirrettäisiin Suomeen

ja Suomen kautta laajasti, tämä todennäköisesti näkyisi myös Pohjois-Pohjanmaalla lisäten pitkien sähkönsiirtoyh-teyksien tarvetta edelleen.

Voimajohtojen yhteisrakentaminen on tärkeä keino sähkönsiirron ympäristövaikutusten pienentämisessä, sillä se vähentää voimajohtojen tilantarvetta verrattuna erillisiin johtoihin. Haastattelujen perusteella tuulivoimayhtiöt suhtautuvat pääosin positiivisesti yhteisrakentamiseen, koska se vähentää mm. ympäristövaikutuksia ja alentaa hankkeen kustannuksia. Käytännön projekteissa hankkeiden aikataulujen yhteensovittaminen on kuitenkin osoittautunut hankalaksi. Mikäli toimija etenee omalla päätöksellä, riskit toisen hankkeen etenemisestä huolestuttavat, vaikka on myös käytännön onnistuneita esimerkkejä yhteisrakentamisesta. Yhteistyö verkkoyhtiöiden kanssa on tärkeä keino edistää yhteisrakentamista ja viranomaisilla on mahdollisuus edistää sitä luomalla painetta. Mallisopimuksilla tai mahdollisilla esimerkiksi sähkömarkkinalain lainsäädäntömuutoksilla voisi mahdollisesti edistää yhteisrakentamista koko Suomen tasolla. Puistojen koon kasvu ja 400 kV siirtojohtojen yleistyminen todennäköisesti lisäävät eri toimijoiden yhteistyötä edelleen, koska yhteisrakentamisen hyödyt kasvavat edelleen. Yhteistyö on tärkeää yhteisrakentamisen käytännön toteutuksessa. Mikäli tuulivoimayhtiöiden ja verkkoyhtiöiden yhteistyötä pystytään edelleen lisäämään, voidaan saada synergiahyötyjä ja rakentaa verkkoa kokonaisuutena kustannustehokkaammin ja todennäköisesti myös nopeammin. Tiedon kulku riittävän aikaisessa vaiheessa mahdollistaa

verkkoyhtiön teknisten määritelmien käytön suunnittelussa.

Tuulivoiman liittämismahdollisuuksien kannalta selkein alue, joka vaatisi verkon kehittämistä, on Koillismaan alue. Se voi vaikuttaa osaltaan myös lähimaakuntien tuulivoimamahankkeiden toteutusmahdollisuuksiin. Tällä hetkellä tuulivoimarakentamisen painopiste on vielä maakunnan länsi- ja eteläosassa, mutta tulevaisuudessa painopiste siirtyy rannikolta maakunnan itä- ja pohjoisosiin. Verkon kehittämistä ja vahvistustarpeita joudutaan kuitenkin poh-timaan koko maakunnan alueella.

8. Lähteet

Lähteet ovat raportin mukaisessa järjestyksessä, alaviitteissä oleva nettiosoitelinkki hakasuluissa. Kvalälhteet ovat kuvien yhteydessä

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

[Laki hiilen energiakäytön kieltämisestä 416/2019 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX®](#)

Valtioneuvosto.fi (2021). <[Fossiilittoman liikenteen tiekartta \(valtioneuvosto.fi\)](#)>

Euroopan komissio 2021 <[Eurooppalainen ilmastolaki \(europa.eu\)](#)>

DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission

allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757

DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757 <https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision-eu-ets_with-annex_en_0.pdf <https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision-eu-ets_with-annex_en_0.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 COM/2021/559 final <[EUR-Lex - 52021PC0559 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)>

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

Euroopan komissio (2021). EU Green Deal – Revision of the Energy Taxation Directive. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12227-EU-Green-Deal-Revision-of-the-Energy-Taxation-Directive_en

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 <[fueleu maritime - green european maritime space.pdf \(europa.eu\)](#)>

Proposal for a
REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF
THE COUNCIL
on ensuring a level playing field for sustainable air
transport

¹ <[refueleu aviation - sustainable aviation fuels.pdf \(europa.eu\)](#)>

LUT (2017). <[Sähkön tuotannon hintavertailu: tuulivoima edullisin - Uutiset - LUT](#)>

P. Lund, P. Kivimaa, A. Arasto, A. Lipsanen, P. Heliste, E. Tsupari. Suomen ilmastopaneelin julkaisu 3/2021. Sähköllä merkittävä rooli Suomen kasvihuonekaasupäästöjen leikkaamisessa <[ilmastopaneelin-julkaisu-3-2021-sahkolla-merkittava-rooli-suomen-kasvihuonekaasupaastojen-leikkaamisessa.pdf](#)>

Energiateollisuus Energia-alan vähähiilisyystiekartta. <[PowerPoint-esitys \(energia.fi\)](#)> CIT AFRY, Finnish Energy Low Carbon Roadmap 2020.

Tilastokeskus Findikaattori (päiv 3.11.2020). Sähkön hankinta ja kulutus <[Sähkön hankinta ja kulutus | Findikaattori.fi](#)>

Energiateollisuus (2021). Sähkön tuotanto maakunnittain 2007-2020.

<[Sähkön tuotanto maakunnittain 2007-2020 - Energiateollisuus](#)>

Energiateollisuus (2021). Sähkönkäyttö maakunnittain <[Sähkönkäyttö maakunnittain 2007-2019 - Energiateollisuus](#)>

Yle (2021). Nouseeko Ahvenanmaan merialueille 500 tuulivoimalaa? Miljardien hanke etenee myötätuulessa. <[Nouseeko Ahvenanmaan merialueille 500 tuulivoimalaa? Miljardien hanke etenee myötätuulessa | Yle Uutiset | yle.fi](#)>

Fingrid verkkovisio (1/2021) <[Verkkovisio - Fingrid](#)>

Maaseudun tulevaisuus (2021). <[Kun Raahen teräsjätti luopuu kivihiilestä, tilalle tarvitaan vetyä ja ison ydinvoimalan verran sähköä - Maatalous - Maaseudun Tulevaisuus](#)>

Arcti Energy Forerunners. Palautteet: Luonnos kantaverkon kehittämissuunnitelmasta vuosille 2019 – 2030 (¹[arcti-energy-forerunners.pdf \(fingrid.fi\)](#))

Aamulehti (2020) <[Riiianlahden merituulivoimahanke etenee: tavoitteena ydinvoimalan verran sähkötehoa vuonna 2030 - Ulkomaat - Aamulehti](#)>

J. Forsman, J. Närhi, H. Uimonen, N. Semkin, V. Miettinen, S. Toivola. VALTIONEUVOSTON SELVITYS - JA

TUTKIMUSTOIMINNAN JULKAISUSARJA 2020:4 Hiilineutraalisuustavoitteen vaikutukset sähköjärjestelmään <[Hiilineutraalisuustavoitteen vaikutukset sähköjärjestelmään \(valtioneuvosto.fi\)](#)>

ENTSO-E // ENTSOG TYNDP 2020 Scenario Report <[TYNDP 2020 Scenario Report – Final Report, June 2020 \(entso-tyndp-scenarios.eu\)](#)>

M. Kopsakangas-Savolainen, T. Meriläinen. Suomen ilmastopaneeli 1/2018. SÄHKÖAUTOILUN SÄHKÖMARKKINA AJURIT JA HAJAUTETTU VARASTOINTI <[IP Sahkoautotumisen-ajurit_sahkomarkkina .pdf \(ilmastopaneeli.fi\)](#)>

SULPU - Lisääntyvä lämpöpumppujen käyttö ei kasvatakaan Suomen sähköjärjestelmän tehokuormitusta - Uutiset

T. Ohrling, A. Temmes, R. Lovio. Sähköistyvä lämmitys. Aalto-yliopiston julkaisusarja KAUPPA+TALOUS 5/2020. <[isbn9789526401638.pdf \(aalto.fi\)](#)>

S. Rinne, K. Auvinen, F. Reda, S. Ruggiero, A. Temmes. Clean district heating - how can it work? Aalto-University Publication Series BUSINESS+ECONOMY 3/2019. <[isbn9789526087221.pdf \(aalto.fi\)](#)>

Tilastokeskus 2018. Teollisuuden energiankäyttö kasvoi kaksi prosenttia vuonna 2017. <[Tilastokeskus - Teollisuuden energiankäyttö 2017 \(stat.fi\)](#)>

Energiateollisuus (2021) <[Energiavuosi 2020 Sähkö](#)>

Kemianteollisuus (2020). [Ilmastohaasteen ratkaisusta vientivaltti – tiekartta hiilineutraaliin kemianteollisuuteen julkaistu | Kemianteollisuus.fi](#)

Vasara, Nyman, Lehtinen, Aktüre, Laukkanen (2020). Roadmap to reach carbon neutral chemistry in Finland by 2045 Final report <[Kemianteollisuusroadmap.pdf \(crasman.fi\)](#)>

Vasara, Patronen, Lehtinen, Laukkanen (2020). Tiekartta Metsäteollisuudelle vähähiilistyvässä yhteiskunnassa osa: päästöt. Pöyry/AFRY <[5fd364e8a24bef1db9ceedb8 Metsäteollisuus ilmastotiekartta AFRY päästöosuus raportti 12062020.pdf \(webflow.com\)](#)>

Rakennusteollisuuden tiekartta vähähiilisyteen (2020). Väliraportti. <⁴ [Microsoft Word - TEM RT tiekartta väliraportti 2020-04-28](#)>

RT/GAIA (2020). Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035. Osa 4. Rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön vähähiilisyden tiekartta 2020 - 2035 – 2050 <[gaia_report \(rakennusteollisuus.fi\)](#)>

Tilastokeskus. Käsitteet. <[Toimipaikka | Käsitteet | Tilastokeskus \(stat.fi\)](#)>

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia, 2021:47 <[Sektor-integraatiotyöryhmän loppuraportti \(valtioneuvosto.fi\)](#)>

eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 1/2018. Suomen sata vuotta mahdollisuutta 2018–2037 Yhteiskunnan toimintamallit uudistava radikaali teknologia. <[tuvj_1+2018.pdf \(eduskunta.fi\)](#)>

YLE 2021. <[Oulussa kehitetään menetelmää, joka voisi mullistaa maailman energiatalouden – ratkaisun avaimet ovat auringossa | Yle Uutiset | yle.fi](#)>

Rejlers Play (2021). När blir stålindustrin fossilfri? (When will the steel industry become fossil-free?). C. B. Friborg, SSAB Kestävyysjohtaja <[När blir stålindustrin fossilfri? \(When will the steel industry become fossil-free?\) - YouTube](#)>

BloombergNEF (2020). <[Liebreich: Separating Hype from Hydrogen – Part Two: The Demand Side | BloombergNEF \(bnf.com\)](#)>

TM (2021). <[Päästöttömäksi väitetty ”sininen vety” on haitallisempaa ilmastolle kuin maakaasun tai kivihiilen polttaminen, tutkimus väittää - Tekniikan Maailma](#)>

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 \(sitra.fi\)](#)>

P. Sulasalmi, M.-L. Kärkkäinen & T. Fabritius. HYDROGEN STUDY OF THE BAY OF BOTHNIA (2021). <[Hydrogen study of the bay of bothnia \(businessoulu.com\)](#)>

Uutissuomalainen (2021). <[Uutissuomalainen: Lintilältä hurja visio: Suomesta voitaisiin vetää vetyputki Ruotsin kautta Keski-Eurooppaan - Suomenmaa.fi](#)>

Extending the European Hydrogen Backbone. European hydrogen backbone grows to 40,000 km covering 21 countries April 2021. <[European Hydrogen Backbone 2021 \(gasforclimate2050.eu\)](#)>

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe <[hydrogen_strategy.pdf \(europa.eu\)](#)>

Suomen tuulivoimayhdistys (2019). <[Tuulivoimaloiden hyötysuhde nousee ja tuotantokustannukset laskevat - ePressi](#)>

Suomen tuulivoimayhdistys (2018): <[2011 - 2018 Suomen asennettujen tuulivoimaloiden kapasiteettikertoimet - Suomen Tuulivoimayhdistys](#)>

VTT (2019). Capacity factors of wind power

<[finland-capacity-factors-2019.pdf](#) (tuulivoi-
[mayhdistys.fi](#))>

Suomen hyötytuuli < [Suomen Hyötytuuli – Tietotaitoa pi-
lottivoimalasta \(hyotytuuli.fi\)](#)>

Helen (2020). <[Helen mukana selvittämässä pienydinvoi-
man hyödyntämistä kaukolämmössä | Helen](#)>

Fingrid (2021). Kantaverkon kehittämissuunnitelman
2022-2031 Luonnos <[Kehittämissuunnitelma 2022-2031
Luonnos - Fingrid](#)>

Fingrid (2021). <[Liityntävalmiuksien kehittämisprojekti te-
hostaa kantaverkon suunnittelua ja rakentamista - Fing-
rid-lehti \(fingridlehti.fi\)](#)>

