

Kestävä tuulivoimarakentaminen Pohjois-Pohjanmaalla TUULI-hanke

Visiotyöraportti



Kestävä tuulivoimarakentaminen Pohjois-Pohjanmaalla, TUULI-hanke

Visiotyöraportti

Pohjois-Pohjanmaan liitto 9/2022

Karttojen tausta- ja maastokarttarasteri © Maanmittauslaitos 2021.

Etukannen kuvat

- Merituulivoimala, Suomen Tuulivoimayhdistys ry
- Tuulivoimapuisto, Suomen Tuulivoimayhdistys ry
- Tervolan Varevaaran tuulivoimapuisto, Sari Pulkka

Takakannen kuva

- Tuulivoimaloita, Suomen Tuulivoimayhdistys ry

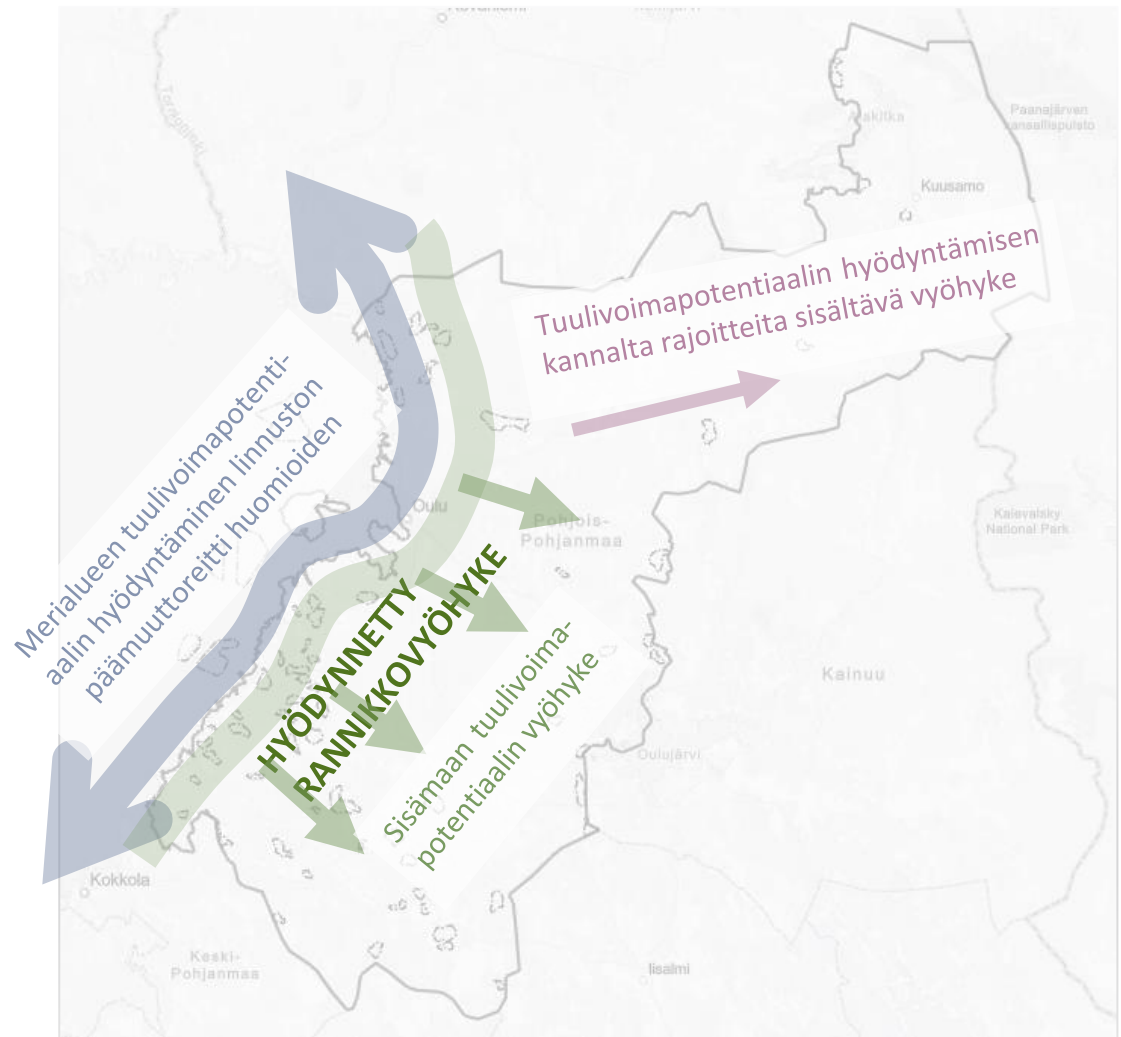
Sisältö

1.	TUULI-hanke kokonaisuutena	5
1.1	Visiotyön prosessi	5
1.2	Kunta- ja sidosryhmäyhteistyö	6
2.	Energiahuollon kokonaisuus ja tavoitteet	8
3.	Pohjois-Pohjanmaan tuulivoimatuotannon nykytilanne	12
4.	Strategiset tavoitteet.....	14
5.	Tuulivoiman kehittämispotentiaali ja tulevaisuus Pohjois-Pohjanmaalla	16
5.1	Vaihtoehdot tuulivoiman kehittämiseksi	17
5.2	Valittu vaihtoehto.....	17
5.3	Tuulivoimatuotannon vaikutuksista	18
5.4	Toteuttaminen.....	19
6.	Lähteet.....	21

Johdanto

Pohjois-Pohjanmaan maakuntaohjelman sekä tuoreen ilmastotiekartan yhtenä painopisteenä on ilmastomuutoksen haasteeseen vastaaminen ja maakunnan kehittäminen kohti vähähiilisyyttä. Ilmastomuutoksen hillitseminen ja siihen sopeutuminen edellyttävät alueellisia ja paikallisia toimia. Tuulivoimarakentamisen edistäminen on yksi merkittävimmistä keinoista edesauttaa näitä tavoitteita. Pohjois-Pohjanmaalla tavoitellaan kestävä, tehokasta ja vähäpäästöistä energiantuotantoa ja käyttöä. Maakunta on Suomen johtava tuulivoiman tuottaja ja jatkossakin pohjoisen hyvinvoinnin ja kasvun rakentaja. Pohjois-Pohjanmaan toiminta on ekologisesti, sosiaalisesti, taloudellisesti ja kulttuurisesti kestävä, mikä varmistaa tasapainon luonnon ja laadukkaan rakennetun ympäristön välillä samalla vahvistaen asukkaiden ja ympäristön hyvinvointia. Maakunta on monimuotoinen, mikä on säilytettävä ja vaalittava rikkaus.

Pohjois-Pohjanmaan nykyinen tuulivoimatuotanto keskittyy erityisesti rannikkoalueelle. Tekniikan kehittyessä myös sisämaan alueita pystytään hyödyntämään entistä tehokkaammin. Tulevina vuosina kiinnostus kohdistuukin yhä enemmän sisämaan potentiaalisiin alueisiin, joissa infrastruktuuri on pääosin valmiina ja sähkönsiirtoyhteydet ovat hyvät. Myös merituulivoima tarjoaa tulevaisuudessa runsaasti lisäpotentiaalia, kunhan taloudellinen kannattavuus paranee ja alueella olevat luonto- ja muut arvot, kuten lintujen päämuuttoreitit huomioidaan. Koillismaa soveltuu myös osittain tuulivoimalle, mutta sinne kohdistuu muuta maakuntaa enemmän rajoitteita, kuten sähkönsiirtoverkon puuttuminen tai kapasiteettiongelmia, porotalous, matkailu, luontoarvot ja puolustusvoimien tarpeet. Rajoitteita on alueellisesti koko maakunnan alueella, joten jokainen hanke on syytä tutkia ja arvioida erikseen.



Kuva 1. TUULI-hankkeessa muodostettu Pohjois-Pohjanmaan tuulivoimarakentamisen visio tiivistettynä.

1. TUULI-hanke kokonaisuutena

Pohjois-Pohjanmaan liiton TUULI-hankkeen tavoitteena on edistää kestävää tuulivoimarakentamista Pohjois-Pohjanmaalla. TUULI-hankkeen tuloksena voidaan esittää maakunnan tuulivoimapotentiaali sekä maakunnallinen näkemys tuulivoimarakentamiseen parhaiten soveltuvista alueista. Samalla luodaan edellytyksiä tuulivoima-alan kehittymiselle ja siten päästöttömän sähköntuotannon lisäämiselle Pohjois-Pohjanmaan alueella kestävän kehityksen eri näkökulmat huomioon ottaen.

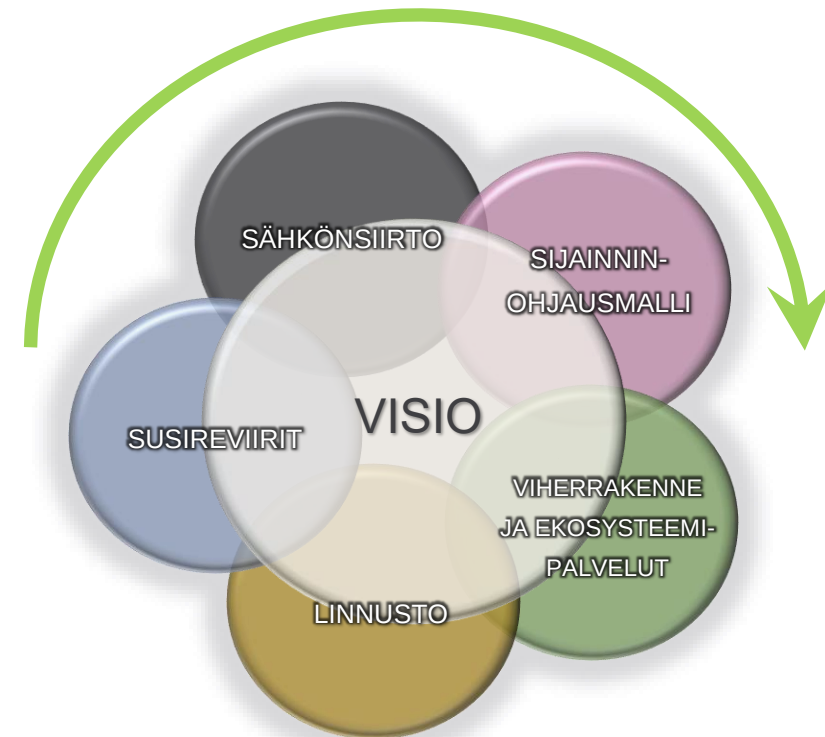
Visiotyö on yksi osa TUULI-hanketta. Visiotyössä muodostetaan tuulivoimatuotantoa ja tuulivoiman sijoitumista koskeva yhteinen tahtotila sekä strategiset tavoitteet tuulivoimatuotannon kehittämiseksi maakunnassa. Visiotyöraportissa kootaan yhteen muiden TUULI-hankkeen työpakettien tuloksia. Keskeinen osa vision laadintaa on ollut yhteistyö maakunnan kuntien ja muiden sidosryhmien kanssa.

Visiotyössä Pohjois-Pohjanmaan liiton yhteistyökumppanina ovat toimineet Tapio Tuuttila, Johanna Lehto,

Jaakko Raunio ja Mikko Autio Sweco Infra & Rail Oy:stä. Työtä ohjasivat Pohjois-Pohjanmaan liitosta Erika Kylmänen, Sari Pulkka ja Rauno Malinen. Hallinnollisesti työtä on ohjannut myös TUULI-hankkeen ohjausryhmä.

1.1 Visiotyön prosessi

Visiotyön keskiössä on selvittää tuulivoiman kehittämisen mahdollisuudet, rajoittavat tekijät ja yhteensovittamisen tarpeet maakunnan eri osissa. Vision luonnissa korostuu kattava vuorovaikutus sekä moniammatillinen yhteistyö. Maakuntatason visiossa korostuu seudullisen kokoluokan hankkeiden ja ylikunnallisten, kuntarajat ylittävien alueiden tarkastelu. Visiossa tarkastellaan tuulivoiman kehittämistä erilaisten skenaarioiden kautta. Tärkeä osa prosessia on vaikutusten arviointi.



1.2 Kunta- ja sidosryhmäyhteistyö

TUULI-hankkeeseen liittyen on järjestetty useita tilaisuuksia eri sidosryhmien kanssa. Neuvotteluja, työpajoja ja muita vuorovaikutusmenettelyjä on pidetty eri työpakettien laatimisprosessien yhteydessä.

Visiotyöhön liittyen pidettiin neljä aluetilaisuutta touko-kesäkuussa 2021 ja toiset neljä helmi-maaliskuussa 2022. Kunnat oli jaoteltu ryhmiin maantieteellisen sijainnin perusteella (kuva 2).

Tilaisuuksissa saatiin tietoa tuulivoimaan liittyvistä kokemuksista, tulevaisuuden näkymistä sekä kuntien tavoitteista. Tilaisuudet mahdollistivat myös seudullisen tarkastelun, sillä vaikutuksiltaan tuulivoimahankkeet ovat yleensä kuntarajat ylittäviä. Lisäksi keskusteluissa kiinnitettiin huomiota sähkönsiirtoverkkoon sekä mm. puolustusvoimien näkemyksiin.

Ennen ensimmäisiä tilaisuuksia 2021 kuntiin lähetettiin kysely, jossa tiedusteltiin mm. odotuksia TUULI-hankkeelta. Tilaisuuksiin kutsuttiin jokaisesta kunnasta 2–5 edustajaa, ja niissä koottiin tavoitteita ja näkemyksiä tuulivoimaan liittyen. Yleisesti ottaen maakunnan kunnat suhtautuvat tuulivoiman kehittämiseen myönteisesti. Kuntien tuulivoimaa koskevissa linjauksissa on kuitenkin myös jonkin verran eroavaisuuksia. Kuntien välillä on merkittäviä eroja myös siinä, kuinka paljon niiden alueelle on tähän mennessä toteutettu tuulivoimatuotantoa.

Nostaja vuoden 2021 tilaisuuksista:

- **Koillismaan tilaisuudessa** huomio kiinnittyi nykyiseen sähköverkon suppeuteen sekä puolustusvoimien lausuntoihin, jotka eivät ole itäisimmässä osassa Koillismaata puoltaneet

tuulivoimahankkeita. Maisema-arvot, matkailu ja porotalous nähtiin Koillismaalla tärkeänä tekijänä, minkä vuoksi tuulivoiman ja näiden tekijöiden yhteensovittamisesta keskusteltiin tilaisuudessa pitkään.

- **Oulun seudun kunnat** ovat tuulivoiman kehityksessä hyvin erilaisissa asetelmissä; osissa kuntia tuulivoimakehitys on alkutekijöissä, kun toisaalla tuulivoimapuistot ovat jo toiminnassa. Myös Oulun seudun rannikkoalueilla puolustusvoimat sekä petolintujen reviirit ovat olleet esteenä hankekehitykselle. Sähkönsiirtokapasiteetin loppuminen nähtiin Oulun seudulla isona ongelmana.
- **Pyhäjokilaakson rannikon kunnat** ovat edelläkävijöitä tuulivoiman suhteen, sillä kunnissa on jo tällä hetkellä paljon tuulivoimaa. Uusia esiselvitysvaiheessa tai vireillä olevia hankkeita on käynnissä lähinnä sisämaan suunnassa. Maisema-arvot puhututtivat tilaisuudessa ja erityisesti kylien saartaminen tuulivoimaloilla.
- **Kalajokilaakson kunnissa** sähkönsiirtokapasiteetin loppuminen nähtiin myös ongelmana, sillä uusia hankkeita olisi tulossa alueelle, mikäli sähköverkkoa kehitettäisiin. Maakunnan rajalla on vireillä useita hankkeita, ja seudullinen yhteisvaikutusten tarkastelu nähtiin tuulivoimapuistojen kehittämisessä tarpeelliseksi.



Kuva 2. Pohjois-Pohjanmaan kunnat jaettiin ryhmiin maantieteellisen sijainnin perusteella.

Rannikon kunnissa oltiin hyvin kiinnostuneita meritulivoimasta sekä tuulivoiman hyödyntämisestä vetyteknologian tarpeisiin. Myös osassa Pyhäjokilaakson kunnista nähtiin, että sähkönsiirtokapasiteetin loppuminen tulee rajoittamaan hankekehitystä jatkossa.

Toiset kuntakohtaiset aluetilaisuudet järjestettiin maalikuussa 2022 sijainninhjausmalliluonnoksen valmistuttua. Näissä tilaisuuksissa esiteltiin alustavaa sijainninhjausmallia ja käytiin läpi kuntien mielipiteitä alueista, jotka ovat sijainninhjausmallin pohjalta soveltuvia tuulivoimalle. Lisäksi kunnilta pyydettiin tietoja yksittäisten, hajallaan olevien ja tuulivoimapotentiaalisia alueita rajaavien asumusten käyttötarkoituksista. Kuntien kommentit ja tiedot on huomioitu sijainninhjausmallissa ja myös visiotyössä.

Kesäkuussa 2022 järjestettiin tuulivoimarakentamisesta niin **kyläyhdistyksille** kuin asukkaillakin suunnattu kaikille avoin Kyläinfo-keskustelutilaisuus yhteistyössä Pohjois-Pohjanmaan kylät ry:n kanssa. Etäyhteydellä järjestetyssä tilaisuudessa osallistujat esittivät kysymyksiä. Kysymykset liittyivät mm. asutuksen ja elinympäristöjen suojavyöhykkeisiin, tuulivoiman sijoittumisen periaatteisiin, tuulivoiman hyötyihin ja haittoihin sekä yleisesti energiantuotantoon.

Poronhoitoalueelle sijoittuu yhteensä 57 paliskuntaa, joista Pohjois-Pohjanmaan maakunnan alueella on 15. Sijainninhjausmallivaiheessa järjestettiin myös tilaisuuksia maakunnan alueen **paliskunnille**. Tilaisuuksien tavoitteena oli kerätä tietoa siitä, mitkä alueet ovat poronhoidon näkökulmasta mahdollista tuulivoimatuotannolle, ja mille alueille tuotannon sijoittaminen ei olisi toivottavaa. Paliskunnille järjestettiin ensin infotilaisuus, jossa esiteltiin TUULI-hanketta, alustavaa sijainninhjausmallia ja maakuntakaavan päivitystyötä. Tämän jälkeen paliskuntiin lähetettiin kartta-aineistoa hankkeesta ja alustavista tuulivoimapotentiaalisista alueista. Paliskunnille järjestettiin kaksi keskustelutilaisuutta (itäisille ja läntisille paliskunnille omansa). Tilaisuuksissa paliskunnilta saatiin tietoa poronhoidon kannalta keskeisistä alueista.

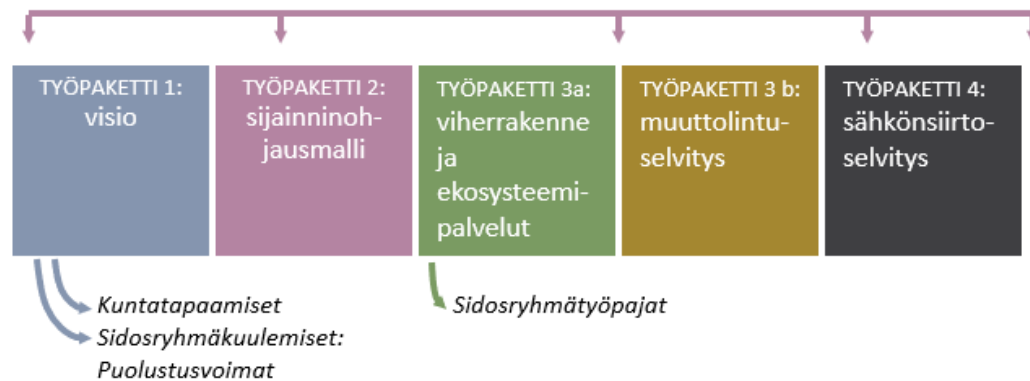
Paliskuntain yhdistyksen mukaan tuulivoimalat voivat aiheuttaa merkittäviä muutoksia laidunalueiden ja vasoma-alueiden käyttöön sekä porojen kulkureitteihin. Voimaloiden sijoittuminen suhteessa porolaitumiin ja niiden käyttöön on keskeisessä asemassa arvioitaessa voimaloiden vaikutuksia, ja tuulivoimalahankkeita tulee aina tarkastella tapauskohtaisesti. Hankesuunnittelun alkuvaiheista alkaen tulee selvittää, millaisia vaikutukset mahdollisesti ovat ja voidaanko niitä suunnittelun keinoin vähentää. Paliskuntien näkemykset on huomioitu myös visiotyössä.

Tuulivoimarakentamista ajatellen **puolustusvoimat** on keskeinen toimija, jolta on aina pyydettävä lausunto

uuden, yli 50 metriä korkean tuulivoimalan rakentamiseen. Puolustusvoimien kanssa järjestettiin sijainninhjausmalliprosessin laadinnan aikana useita sidosryhmäpalavereita. Tietyillä alueilla tuulivoimalla on toteutuessa vaikutuksia muun muassa puolustusvoimien aluevalvonnassa käyttämiin sensorijärjestelmiin. Puolustusvoimien tarpeet ja näkemykset on huomioitu visiotyössä

TUULI-hankkeen aikana **muiden työpakettien yhteydessä järjestetyt vuorovaikutusmenettelyt** on kuvattu tarkemmin kunkin työpaketin raportissa.

Jatkuva yhteistyö eri työpakettien välillä, säännölliset työpalaverit, ohjausryhmän kokoukset



2. Energiahuollon kokonaisuus ja tavoitteet

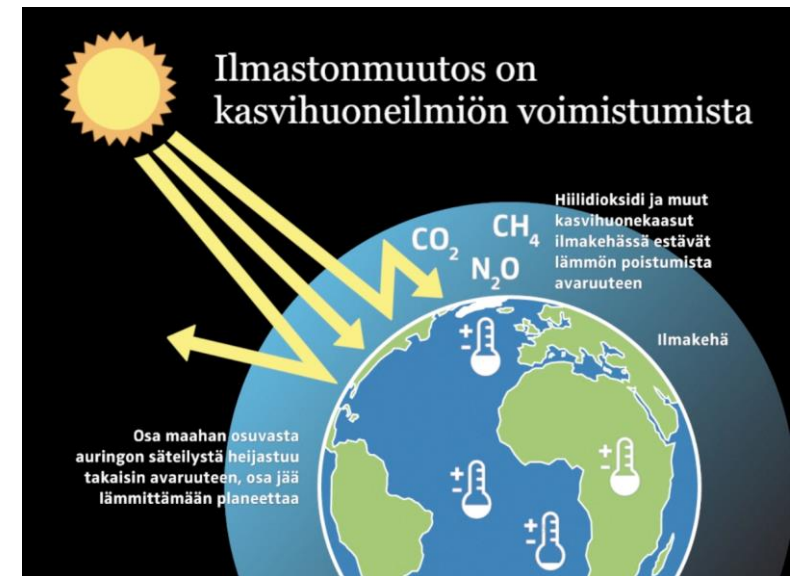
Suomessa uusiutuvien energialähteiden osuus energian loppukulutuksesta on yli 40 prosenttia, mikä tekee Suomesta yhden johtavista maista uusiutuvien energialähteiden ja erityisesti bioenergian hyödyntämisessä. Vuoteen 2030 tähtäävän kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaisesti tavoitteena on lisätä uusiutuvan energian käyttöä niin, että sen osuus energian loppukulutuksesta nousee yli 50 prosenttiin 2020-luvulla. (Lähde: Työ- ja elinkeinoministeriö).

Uusiutuville energialähteille yhteistä on se, että niitä hyödynnettäessä kestäväällä tavalla niiden varanto ei vähene pitkällä aikavälillä. Suomessa käytettäviä uusiutuvia energialähteitä ovat vesi- ja tuulivoima, aurinkoenergia, maa- ja ilmalämpöenergia (otetaan talteen lämpöpumpuilla), biokaasu, kierrätys- ja jättepolttoainneiden biohajoava osuus, puuperäiset polttoaineet sekä muut kasvi- ja eläinperäiset polttoaineet.

Fossiilisilla polttoaineilla taas tarkoitetaan polttoaineita, jotka ovat muodostuneet biomassasta ja varastoituneet maaperään miljoonia vuosia sitten. Fossiilisia polttoaineita ovat mm. kivihiili, ruskohiili, maakaasu ja raakaöljystä jalostetut polttoöljyt. Kansainvälisissä luokituksissa turve luokitellaan usein fossiiliseksi polttoaineeksi, vaikka se on selvästi niitä nuorempi

polttoaine. Fossiilisia polttoaineita käytettäessä niiden varanto vähenee ja loppuu jossain vaiheessa. Fossiilisten polttoaineiden käytön ongelmia kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi ovat niiden epäluotettavat ja vaihteluille alttiit markkinat. (Lähteet: Tilastokeskus, Ilmasto-opas.fi)

Kasvihuonekaasuksi kutustaan kaasua, joka ilmakehässä ollessaan päästää lähes kaiken aurinkonsäteilyn lävitseen, mutta absorboi suuren osan maanpinnalta lähtevästä lämpösäteilystä. Näin syntyy kasvihuoneilmiö, jonka vaikutuksesta maan pinnan ja alimpien ilmakerrosten lämpötila on huomattavasti korkeampi kuin ilman niitä, ja elämä maapallolla on mahdollista. Ihmiskunnan päästöt lisäävät ilmakehässä esiintyvien kasvihuonekaasujen määrää koko ajan, mikä lämmittää planeettaamme aiheuttaen ongelmia. Euroopassa ja Suomessa suurin kasvihuonekaasupäästöjen lähde on energiasectori (osuus yli 80 % vuonna 2017). Sen jälkeen tulevat maatalous, teollisuusprosessit sekä jätteiden käsittely. Päästöjä aiheuttavaa toimintaa ovat mm. hiilen, öljyn ja kaasun polttaminen, metsien raivaaminen ja maanviljely.



Kuva 3. Kasvihuoneilmiö perustuu kasvihuonekaasujen lämpöä vangitsevaan vaikutukseen. Ilmastonmuutoksella tarkoitetaan kasvihuoneilmiön voimistumista. Kuvan lähde: luokanopen ilmasto-opas.

Maapallon lämpötilan on eri skenaarioiden mukaan ennustettu nousevan tällä vuosisadalla 1,4–5,8 astetta. Lämpötilan nousu ei jakaudu tasaisesti, vaan skenaarioiden mukaan lämpötila nousee voimakkaammin pohjoisen pallonpuoliskon korkeilla leveysasteilla. Lisäksi ilmastomuutos mm. sulattaa jäätiköitä ja mannerjäitä, nostaa merenpintaa, lisää tai voimistaa äärimmäisiä sääilmiöitä kuten tulvia ja kuivuuskausia, vaikuttaa satoihin sekä vähentää luonnon monimuotoisuutta.

Ilmastomuutoksella vaikutukset ulottuvat ympäristöön, talouteen, ihmisten terveyteen ja sosiaalisiin olosuhteisiin. Ilmastomuutoksen pysäyttäminen ei ole enää mahdollista, mutta ilmastomuutosta on mahdollista hidastaa. Mikäli hillintatoimiin ryhdytään tehokkaasti, eivät muutoksista aiheutuvat vahingot ehdi kasvaa ylitsepääsemättömiksi, ja sopeuttamistoimet ovat helpommin ja taloudellisemmin toteutettavissa.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001 uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu) eli ns. RED II annettiin 11.12.2018 ja se oli saatettava osaksi kansallista lainsäädäntöä viimeistään kesäkuussa 2021. RED II:ssa säädetään sitovasta unionin yleistavoitteesta, jonka mukaan uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus on vähintään 32 prosenttia unionin energian kokonaisloppukulutuksesta vuonna 2030. Jäsenvaltioiden on asetettava kansalliset panoksensa unionin yleistavoitteen saavuttamiseksi osana jäsenvaltioiden yhdenmukaisia kansallisia energia- ja ilmastosuunnitelmia hallintomalliasetuksessa (EU) 2018/1999 vahvistetun hallintoprosessin mukaisesti. Suomi on ilmoittanut tavoittelevansa vähintään 51 %:n uusiutuvan energian osuutta vuonna 2030. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2)

(lähteet: Ilmasto-opas.fi, Euroopan parlamentti, Ilmatieteen laitos).

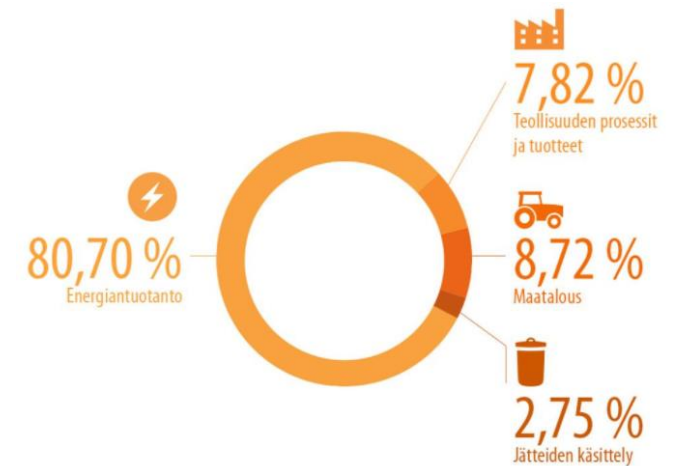
Suomen ilmastopaneeli toteaa, että energiajärjestelmien sähköistäminen voi vähentää hiilidioksidipäästöjä, ja näin auttaa ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Ilmastopaneelin arvio perustuu useisiin kansainvälisiin arvioihin. Sähköllä voidaan tuottaa energiaa liikenteeseen ja lämmitykseen sekä sähköstä tuottaa polttoaineita, joilla korvataan fossiilisia polttoaineita. Kun sähköä tuotetaan vähäpäästöisillä energialähteillä, mahdollistuvat päästöleikkaukset. Vaikka sähkön tarve kasvaa, voidaan sähköntuotantoa lisätä uusiutuvista lähteistä. Yleisesti tällöin katsotaan, että iso osa sähköntuotannosta tulisi perustua aurinko- ja tuulivoimaan.

Uusiutuvan energian tuotantomuotojen näkökulmia:

- Vesivoima ei tuota jätteitä, ja se voi tuottaa suuria määriä sähköä, sähköntuotanto on vakaata (sopii myös säätöenergiaksi). Ongelmia ovat mm. ympäristövaikutukset, vaikutukset kalakantoihin ja kalastukseen, haitat vesiluonnolle sekä säännöstelyn aiheuttamat vaikutukset veden pinnan korkeusvaihtelulle ja virtaamiin.
- Aurinkoenergian käytön ongelmana on vuodenaikavaihtelut, minkä vuoksi tuotanto ei ole vakaata. Suomessa tuotanto on suurinta kesällä, jolloin kulutus on pienintä, ja talvella energiaa ei saada hyödynnettyä.
- Maa- ja ilmalämpöenergiassa tuotetaan lämpöä (ei sähköä). Maalämmön ongelmaksi nähdään yleensä poraustalustukset sekä keskusteluihin nousseet epäilyt lämpöenergian ehtymisestä isomman mittakaavan

hankkeissa (ei yksittäiset omakotitalot, mutta isommat yksiköt).

- Bioenergia: biokaasu, kierrätys- ja jätepolttoaineiden biohajoava osuus, puuperäiset polttoaineet sekä muut kasvi- ja eläinperäiset polttoaineet, ongelmia ainakin tällä hetkellä tuotanto-ongelmat, osittain myös verotus- ja luvitusongelmat.
- Suomessa kaukolämpö on kaupungeissa ja taajamissa yleisin lämmitysmuoto. Kaukolämpö tuotetaan sähköä ja lämpöä tuottavissa voimalaitoksissa tai lämpökeskuksissa, joissa tuotanto voi olla uusiutuvaa energiaa, mutta monesti myös fossiilisia polttoaineita hyödyntävää.
- Ydinvoima käyttää uraania, joka on yleinen aine maaperässä ja vedessä. Ydinvoimassa ei synny kasvihuonekaasuja eikä esim. hiukkaspäästöjä, mutta ionisoivan säteilyn



Kuva 4. Alakohtaiset kasvihuonekaasupäästöt EU:ssa vuonna 2017 (kaikki alat lukuun ottamatta maankäyttöä, maankäytön muutosta ja metsien käyttöä).

leviäminen tulee estää. Voimalaitos tuottaa paljon energiaa pienellä polttoainemäärällä. Voimalaitoksen rakentaminen vaatii suuria investointeja, ja uraanin louhinta sekä kuljetukset tuottavat ympäristöhaittoja. Suurimmat ongelmat liittyvät kuitenkin käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen sekä voimalan onnettomuusmahdollisuuteen.

- Energian tuonti on epävarmaa ja hinta voi vaihdella, erityisesti kriisitilanteissa.

Tuulivoima on täysin uusiutuvaa, eikä sen tuotannossa synny hiilidioksidia tai päästöjä. Tuulivoimatuotannon ongelmia ovat maisema-, melu- ja väikevaikutukset sekä luonnonympäristöön kohdistuvat vaikutukset. Haitallisia vaikutuksia on mahdollista vähentää hyvällä suunnittelulla. Lisäksi tuulivoiman tuotanto riippuu tuulisuudesta, joten tuotanto ei ole vakaata, ja tuulivoima vaatii rinnalleen joko säätövoimaa tai energian varastointia. Tuulivoimalat ovat kuitenkin vanha keksintö, ja niiden pystyttäminen sekä purkaminen on periaatteessa helppoa, minkä vuoksi vaikutuksia on mahdollista seurata ja lieventää. Tuulivoimalla vastataan nopeasti uusiutuvan energiantuotannon vaateisiin. Tuulivoiman käytön lisääntyessä myös tuulivoimaloita kehitetään jatkuvasti. Tarkoituksena on saada tehokkaampia voimaloita, joiden vaikutukset olisivat vähäisempiä. Tällä hetkellä tuulivoimaloiden lavat ovat kierätyksen ja uusiokäytön näkökulmasta haastavin osuus purettavaa voimalaa. Lasikuitumuovin lisäksi laivoissa on monia erilaisia materiaaleja, kuten metallia, eikä materiaaleja voida erottaa toisistaan. Kuitenkin tutkimuksen ja tuotekehittelyn ansiosta myös siipien ongelmalliseksi koettuun jatkohyödyntämiseen on löytymässä parannusta mm. sementin valmistuksen raaka-aineena. (lähteet: Energiamaailma, Vattenfall, SciTechDaily, Tuulivoimayhdistys).

Meneillään on globaali energiamurros, jossa siirrytään pois fossiilisiin polttoaineisiin perustuvasta tuotannosta kohti hiilineutraaleja energiamuotoja. Tuuli- ja aurinkovoima ovat muuttumassa halvimmiksi tuotantomuodoiksi, ja tämän odotetaan johtavan koko yhteiskunnan entistä suurempaan sähköistymiseen, kun energiassektori, rakennukset, tietoja viestintäteknologia sekä liikenne integroituvat siirryttäessä entistä hajautetumpaan ja joustavampaan energiajärjestelmään. Vaihtelevan sähköntuotannon lisääntyessä sähkönsyönnän joustavuuteen ja varastointiin joudutaan kiinnittämään entistä enemmän huomiota.

Hajautetun ja vaihtelevan tuotannon sekä sähköistymisen myötä energia tulee myös yhä näkyvämmäksi kansalaisten arjessa. Esimerkiksi yhä useamman rakennuksen omistajasta on tullut sähkönsyöntäjä, ja liikenteen sähköistyminen on alkanut lisääntyä tuoden latauspisteet bensa-asemilta kotipihoihin.

Vety on noussut 2020-luvulle tultaessa keskeiseksi osaksi tulevaisuuden energia- ja ilmastokeskusteluja. Hiilineutraalisti tuotetulle vedylle nähdään kansainvälisesti suuri potentiaali etenkin teollisuudessa ja liikenteessä. Vetyä käytetään pääasiassa kemianteollisuudessa ammoniakkin ja metanolin tuotannossa sekä öljynjalostuksessa. Tällä hetkellä yli 99 % käytetystä vedystä tuotetaan fossiilisia polttoaineita reformoimalla, mikä tuottaa hiilidioksidipäästöjä.

Vetyä voidaan käyttää monipuolisesti raaka-aineena, polttoaineena, energiankantajana ja väliaineena energian varastointiin. Sillä voidaan korvata fossiilisten raaka-aineiden ja energianlähteiden käyttöä useissa sovelluksissa, jos vety on tuotettu puhtaasti tai vähähiilisesti. Puhtaasta vedystä puhuttaessa tarkoitetaan uusiutuvista tai muista päästöttömistä

energianlähteistä valmistettua vetyä. Varastoitavissa oleva vety voi auttaa tasaamaan energiantuotannon ja -kulutuksen vaihteluja mahdollistaen siten hiilidioksidivapaan sähköenergian (kuten aurinko-, tuuli- ja vesivoima) lisäämisen tulevaisuuden energiajärjestelmissä. Vedyn tuotannossa vapautuu sivutuotteena lämpöä, jonka hyödyntäminen voi tarjota mahdollisuuksia esimerkiksi kaukolämpönä.

Tuulivoiman hyödyntäminen on yksi mahdollisuus puhtaan vedyn valmistamiseen. Tuulivoiman rakentamispotentiaali nähdäänkin Suomen kilpailukykytekinä tulevaisuuden vedyntuotannossa. Tänä päivänä puhdas ja vähähiilinen vety eivät vielä ole taloudellisesti kilpailukykyisiä, mutta jo 2030-luvulle tultaessa vety nähdään oleellisena keinona vähentää hiilidioksidipäästöjä.

Poikkeustilanteiden varalta huoltovarmuudesta on syytä huolehtia myös energian osalta. Suomen energiahuolto perustuu hajautettuun energiantuotantoon, monipuolisiin energialähteisiin ja toimintavarmaan siirto- ja jakelujärjestelmään. Sähköä ja kaukolämpöä tuotetaan tehokkaasti monista kotimaisista ja tuontipolttoaineista. Sähkönsyöntä ja kulutuksen on oltava tasapainossa joka hetki. Keskeisimmät tavoitteet ovat energian häiriötön saatavuus, kilpailukykyinen hinta ja ympäristöystävällisyys. Huoltovarmuus mitoitetaan siten, että yhteiskunnan toimintakyky voidaan ylläpitää normaaliolojen vakavissa häiriöissä ja poikkeusolosuhteissa, puolustustila mukaan luettuna, pitkittyvänkin kriisin aikana.

Energian saantihäiriön varalta ja kansainvälisten sopimusvelvoitteiden täyttämiseksi pidetään yllä keskimäärin viiden kuukauden normaalikulutusta vastaavat tuontipolttoainevarastot. Tuontipolttoaineiden

velvoitevarastointi koskee kivihiiltä, raakaöljyä ja muita öljynjalostuksessa käytettäviä syöttöaineita, keskeisiä öljytuotteita ja maakaasua. Uusia ratkaisuja energiahuoltovarmuuteen vähähiilisessä yhteiskunnassa etsitään laajassa Energia 2030 -ohjelmassa (Lähde: Huoltovarmuuskeskus).

Huoltovarmuuden sekä äkillisten maailmanpoliittisten muutosten ja hintavaihteluiden kannalta tuontienegiaan liittyy riskejä. Keväällä 2022 alkanut Venäjän sota Ukrainassa ja sen laajemmat seuraukset pakotteineen ovat nostaneet energiaomavaraisuuskeskustelun pinnalle. Nopeat ja suorat vaikutukset kuten pakotteet ja yhteistyön lopettaminen venäläisten toimijoiden kanssa ovat jo lisänneet tarvetta investoida uusiutvaan energiaan sekä kasvattaa omavaraisuutta eri aloilla.

Sähkön nettotuonnista Venäjän osuus oli vuonna 2021 noin kolmanneksen, mikä vastasi noin kymmentä prosenttia koko Suomen sähkönkulutuksesta. Sähkön tuonti Venäjältä on tapahtunut markkinoiden ohjaamana, jolloin sen määrä on vaihdellut sähkön hinnan mukaan. Kaikki Suomessa käytettävä maakaasu tuodaan ulkomailta (Lähde: Energiavirasto).

Ydinvoiman lisäämisen Olkiluoto 3:n ja Hanhikiven voimaloiden myötä on ajateltu parantavan Suomen energiaomavaraisuutta. Fennovoiman on ollut tarkoitus rakentaa ydinvoimala Pyhäjoen Hanhikiven alueelle. Rakentamista varten on laadittu vuoden 2010 Hanhikiven ydinvoimamaakuntakaava. Kevään 2022 maailmanpoliittisessa tilanteessa Fennovoima Oy päätti kuitenkin toukokuussa 2022 purkaa venäläisen Rosatomin kanssa tehdyn laitostoimitussopimuksen ja perui samalla voimalan rakentamislupahakemuksen.

Kaavaillun voimala-alueen tulevaisuus aikatauluineen on tällä hetkellä auki.

Kiinnostus hajautettuun sähkön ja lämmön tuotantoon on kasvanut, vaikka energijärjestelmämme perustuu vielä suurelta osin keskitettyyn tuotantoon. Hajautetun tuotannon lisäämisellä on monia positiivisia vaikutuksia energijärjestelmään mm. huoltovarmuuden ja päästöjen vähentämisen kannalta, mikäli hajautetulla tuotannolla korvataan tuontipolttoaineita ja fossiilista energiaa. Hajautetun energian tuottamisessa vältetään energian siirron häviöitä, jolloin energiatehokkuus paranee ja päästöt edelleen vähenevät.

Myös tuulivoimaa voidaan tuottaa hajautetusti kiinteistökohtaisesti omaan käyttöön kuten esimerkiksi aurinkosähköäkin. Jotta pientuulivoimalla voisi olla merkittävää potentiaalia Suomessa, tulisi teknologian kuitenkin kehittyä merkittävästi. Tällä hetkellä 5 m/s keskituulta pidetään maailmalla yleisesti alarajana, jolla pienoistuulivoima olisi vielä taloudellisesti kannattavaa. Pientuulivoima soveltuisi siten vain alueille, joissa tuuliolosuhteet ovat erityisen suotuisat. Pientuulivoima voi olla teknistaloudellisesti kannattava vaihtoehto tapauskohtaisesti esimerkiksi aurinkoenergian tukena. Parhaat hyödyntämismahdollisuudet ovat sähköverkon ulkopuolella, esimerkiksi saarissa, tai erityissovelluksissa, kuten telecom-mastoissa.

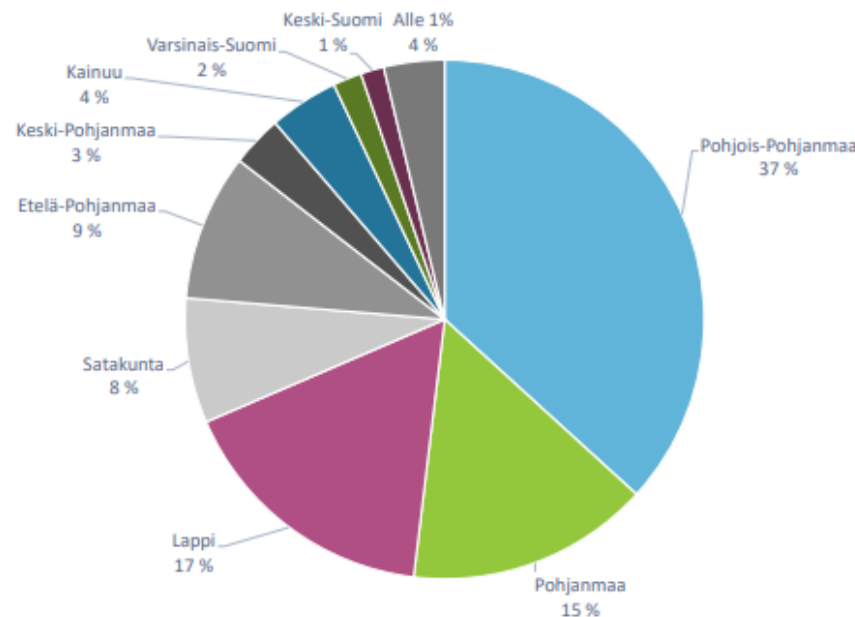
Jotta pientuulivoima muuttuisi Suomessa kannattavaksi 5 m/s:n tuulella, tulisi nykyisten pienoiskohtaloiden investointikustannusten jopa puolittua. Tällöinkin ongelmana olisi tarpeeksi tuulisten sijoituspaikkojen löytyminen, minkä vuoksi pienoistuulivoimalla ei oleteta olevan laajamittaista potentiaalia hajautetussa sähköntuotannossa. (lähde: Valtioneuvosto)

3. Pohjois-Pohjanmaan tuulivoimatuotannon nykytilanne

Pohjois-Pohjanmaan lämpö- ja sähköenergian tuotanto perustuu valtaosin omiin raaka-aineisiin: vesivoimaan, turpeeseen, metsäteollisuuden sivutuotteiden energiakäyttöön sekä kasvavassa määrin tuulivoimaan. Uusiutuvan energian, erityisesti puupolttoaineiden ja tuulivoiman, osuus tulee jatkossa edelleen kasvamaan yhdyskuntien sähkön- ja lämmön tuotannossa.

Pohjois-Pohjanmaa on Suomen merkittävin tuulivoiman tuotantoalue. Vuonna 2021 Pohjois-Pohjanmaalle rakennettiin 60 uutta tuulivoimalaa. Tällä hetkellä tuotannossa on yhteensä 42 tuulivoimapuistoa, joissa on yhteensä 412 tuulivoimalaa. Tämä vastaa yhteensä 37 prosenttia Suomen tuulivoimakapasiteetista (kuva 5) (Suomen Tuulivoimayhdistys ry).

Pohjois-Pohjanmaan alueen toteutuneissa 42 tuulivoimapuistossa voimaloita on yhteensä 412 kpl (kuva 6) ja näiden yhteenlaskettu kapasiteetti on noin 1600 MW (huhtikuu 2022). Eniten



Kuva 5. Kumulatiivinen tuotantokapasiteetti (MW) maakunnittain vuonna 2021 (Suomen Tuulivoimayhdistys ry).

toteutuneita tuulivoimaloita on rannikkoalueella. Kunnista eniten tuulivoimatuotantoa on Kalajoella (64 voimalaa), Pyhäjoella (63 voimalaa), Raahessa (62 voimalaa) sekä lissä (56 voimalaa). Maakunnassa on myös useita kuntia, joiden alueella ei ole tuulivoimatuotantoa.

Tuulivoimaloiden, joilla on rakennusluvut mutta jotka eivät ole vielä toiminnassa, yhteenlaskettu kapasiteetti on noin 2930 MW (568 voimalaa). Vireillä olevissa tuulivoimakavoissa on suunnitteilla yli 6000 MW lisää kapasiteettia. Vireillä olevia tuulivoimahankkeita on yhteensä 44 kpl (1025 voimalaa). Lisäksi on noin 110 kpl esisuunnitteluvaiheessa olevia hankkeita (huhtikuu 2022).

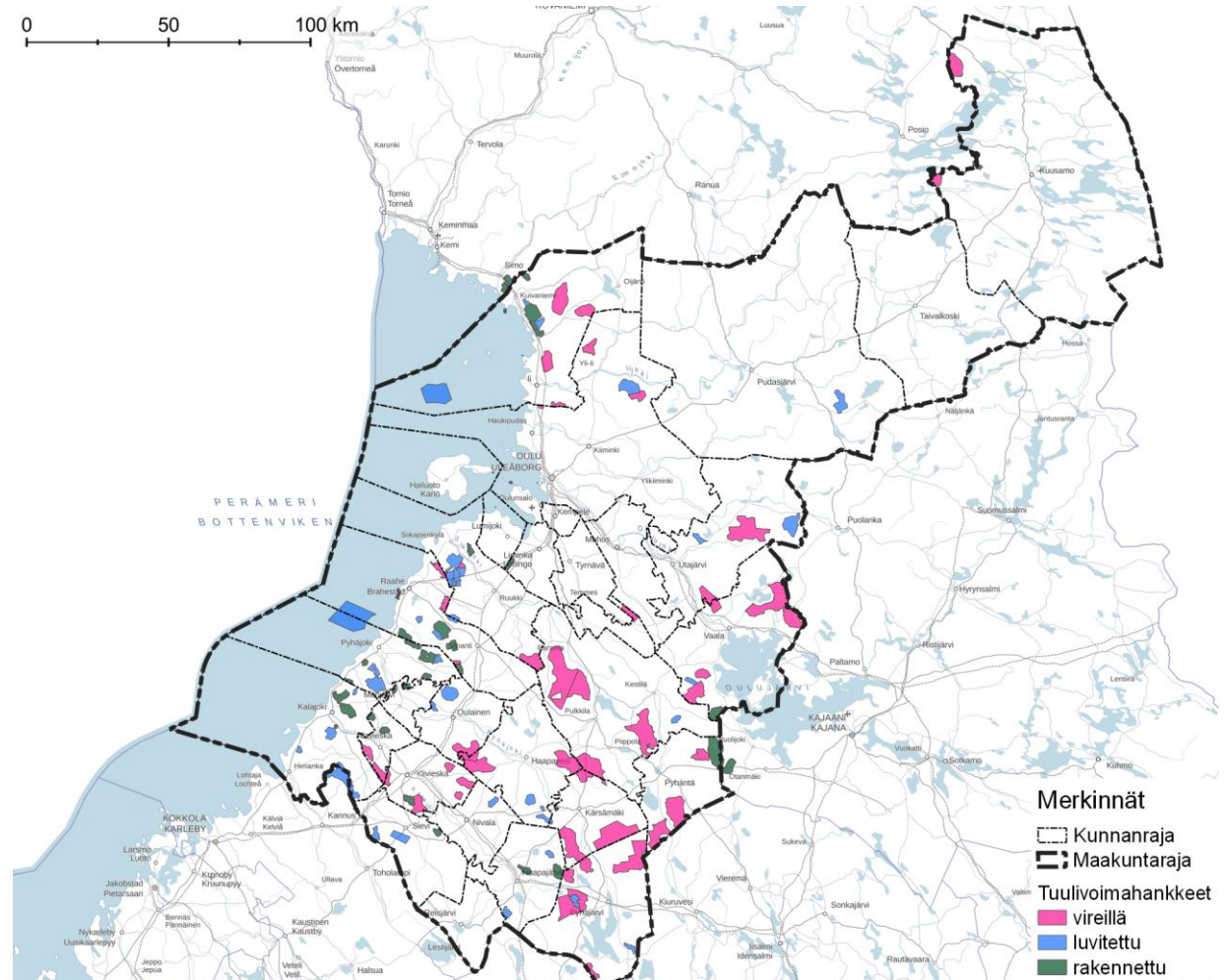
Vireillä olevia tuulivoimahankkeita sijoittuu eri puolille maakuntaa, mutta hankkeet painottuvat maakunnan eteläosaan ja rannikkoalueelle. Koillismaahan alueella vireillä olevia hankkeita on toistaiseksi ollut vähemmän. Viime

vuosina tuulivoimayhtiöt ovat yhä enemmän kiinnostuneet myös sisämaa-alueista, sillä kehittynyt tekniikka mahdollistaa tuulivoimatuotannon myös vähemmän tuulisille alueille. Lisäksi rannikkoalueella soveltuvat alueet ovat jo monelta osin rakennettu. Sähkönsiirtokapasiteetin puute on tuulivoimatuotannon kehittämisen hidasteena tietyillä alueille. Merituulivoima tarjoaa runsaasti lisäpotentiaalia energiantuotantoon. Perämeren potentiaalia on tarkasteltu hyväksytyssä Merialuesuunnitelmassa.

Nykyisissä maakuntakaavoissa osoitetut tuulivoimaan soveltuvat alueet alkavat olla varattuina (luvitettu/vireillä) tai alueille on jo rakennettu tuulivoimapuisto, joten maakunnassa on ollut tarvetta uudelle kokonaistarkastelulle. Tähän tarpeeseen vastataan TUULI-hankkeessa ja sen kautta syntyvän aineiston viemisessä maakuntakaavaan. Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavan uudistaminen on käynnistynyt syksyllä 2021. Uusien tuulivoima-alueiden sijoittumisen tulee olla ekologisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti kestävä.

Sähköntuotanto ja -kulutus jakautuvat epätasaisesti Suomessa maakunnittain tarkasteltuna. Pohjois-Pohjanmaa on Pohjanmaan ja Satakunnan lisäksi ainoa maakunta, jossa sähköä tuotetaan enemmän kuin kulutetaan. Tämä on pitkälti tuulivoiman ansiota, sillä valtaosa tuulivoimatuotannosta on sijoittuvat rannikkoalueelle. Tuulivoimarakentaminen, kuin myös siirtoyhteydet muihin maihin lisäävätkin osaltaan siirtotarvetta maakuntien välillä. Varsinkin Etelä- ja Keski-Suomessa oli selkeästi sähkön nettotuotajia eli ne kuluttavat sähköä enemmän kuin tuottavat (lähde: Energiategollisuus).

Sähkönsiirtokapasiteetti tuo rajoituksia tuulivoimatuotannolle. TUULI-hankkeen sähkönsiirtoselvityksen 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 6. Rakennetut, luvitut ja vireillä olevat tuulivoimahankkeet Pohjois-Pohjanmaalla (tilanne 4/2022).

4. Strategiset tavoitteet

Maakunnan tuulivoimatuotannon kehittämisen taustalla vaikuttavat kansainväliset ja kansalliset ilmasto-politiikkaa koskevat tavoitteet. Suomi on sitoutunut YK:n ilmastopimukseen (1994), Kioton pöytäkirjaan (2005) sekä Pariisin sopimukseen (2015). Myös Euroopan unionissa sovitut ilmasto- ja energiapolitiikan tavoitteet ja toimenpiteet ohjaavat Suomen ilmasto- ja energiapolitiikan valmistelua ja toimeenpanoa.

Sanna Marinin hallitusohjelman (2019) tavoitteena on, että Suomi on hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Tämä edellyttää nopeutettuja päästövähennyksiä kaikilla sektoreilla sekä lisäksi hiilinielujen vahvistamista. Yhtenä keinona on mainittu lähes päästötön sähkön- ja lämmöntuotanto 2030-luvun loppuun mennessä (Ympäristöministeriö 2021). Voimassa olevaa ilmastolakia uudistetaan parhaillaan siten, että hallituksen tavoite hiilineutraaliudesta eli päästöjen ja nielujen tasapainosta toteutuu vuoteen 2035 mennessä.

Ilmastotavoitteet on huomioitu Pohjois-Pohjanmaan maakuntaohjelmassa 2022–2025 sekä ilmastotiekartassa 2021–2030, joiden yhtenä painopisteenä on ilmastomuutoksen haasteeseen vastaaminen ja maakunnan kehittäminen kohti vähähiilisyttä.

Maakuntaohjelma nostaa esille ilmastokysymykset ja energiamurroksen sekä vihreän siirtymän ja digitaalisen kehityksen. Pohjois-Pohjanmaa on vahvasti mukana tulevaisuuden energiamuotojen kehittämisessä ja energiatalouden murroksen aiheuttamien haasteiden ratkaisemisessa. Maakunnassa kehitetään ja lisätään fossiilittoman energian tuotantoa ja sen varastointia, älykkäitä energiajärjestelmiä ja energiatehokkuutta. Maankäytön ratkaisut, yritykset ja uusien teknologioiden mahdollistava TKI-toiminnan rooli on merkittävä energiatuotannon kestävässä kasvussa.

Pohjois-Pohjanmaan maakuntaohjelman mukaan fossiilista energiaa korvaavaa uusiutuvan energian tuotantoa ja varastointia edistetään pohjautuen maakunnan vahvuuksiin, kuten tuulivoimaan. Lisäksi energiakäytön tehokkuutta ja vähäpäästöisyyttä tuetaan sekä kehitetään tehokasta ja joustavaa energiajärjestelmää. Ilmastomuutoksen hillitseminen ja siihen sopeutuminen edellyttävät alueellisia ja paikallisia toimia. Tuulivoimarakentamisen edistäminen on yksi merkittävimmistä keinoista edesauttaa näitä tavoitteita. (lähde: Pohjois-Pohjanmaan maakuntaohjelma 2022-2025)

Pohjois-Pohjanmaan ilmastotiekartassa 2021–2030 esitetään ratkaisuja ilmastomuutoksen hillitsemiseen sekä mahdollisuuksien täysimääräiseen hyödyntämiseen. Pohjois-Pohjanmaan ilmastotiekartan kärkiteemat ovat

1. Älykäs bio- ja kiertotalous toimii ilmastotyön perustana
2. Energian tuotanto ja käyttö on kestävä, tehokasta ja vähäpäästöistä
3. Liikenne on vähäpäästöistä
4. Maatalous kehittyy hiilensitojana
5. Maankäyttö on ilmastoviisasta ja kiertotaloutta edistävää
6. Metsät ja suot toimivat tehokkaina hiilinieluina: Turve hyödynnetään kestävästi
7. Yhteistyö ja sektorirajat ylittävät toimintamallit luovat elinvoimaa ja liiketoimintamahdollisuuksia.

Kestävän, tehokkaan ja vähäpäästöisen energian tuotannon ja käytön ilmastotiekartassa on asetettu kolme tavoitetta:

- Edistetään fossiilista energiaa korvaavan uusiutuvan energian tuotantoa maakunnan vahvuuksiin pohjautuen
- Kehitetään vähäpäästöistä, tehokasta ja joustavaa energijärjestelmää
- Tuetaan energiakäytön tehokkuutta ja vähäpäästöisyyttä.

Ilmastotiekartan mukaan asetetut ilmastotavoitteet vaativat jaettua johtajuutta, toimijoiden sitoutumista ja yhdessä tekemistä sekä taloudellisia resursseja ja resurssien täysimääräistä hyödyntämistä. Niin julkinen sektori kuin yritykset, TKI-organisaatiot, järjestöt ja asukkaatkin ovat osa ilmastotyötä. Maakunnan ilmastotavoitteet tukevat ilmastomuutoksen hillinnän ja siihen sopeutumisen lisäksi myös aluetaloutta. (lähde: Pohjois-Pohjanmaan ilmastotiekartta)

Pohjois-Pohjanmaan osalta vuoropuhelu uusiutuvan energian mitoituksesta ja rakenteesta on aloitettu. Uudessa turvallisuus- ja energiatilanteessa sosiaalinen hyväksyttävyys ja yhteensovittaminen muiden toimintojen kanssa on suhteutettava huoltovarmuuden kanssa. Maakunnallinen energiakokonaisuus on jatkossa yhä tärkeämpi osa myös kansallista kilpailukykyä.

Energiamurroksen ja tuulivoimarakentamisen suunnitelmallisen etenemisen mahdollistamiseksi Pohjois-Pohjanmaalla on TUULI-hankkeen tuloksena saatu tieto maakunnan tuulivoimapotentialista sekä maakunnallinen näkemys tuulivoimarakentamiseen parhaiten soveltuvista alueista. TUULI-hankkeen tuloksia hyödynnetään jatkossa maakuntakaavoituksen lisäksi

kuntatason suunnittelussa sekä vaikutusten arvioinnin ja päätöksenteon tukena.

Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavan uudistamisen ja päivittämisen tarvetta aiheuttavat useat kansainväliset, valtakunnalliset ja maakunnalliset strategiat ja poliittiset linjaukset sekä lainsäädännön muutokset. Ilmastomuutos on vahvana teemana kaikessa valtakunnallisessa päätöksenteossa, ja ilmastomuutoksen hillintä edellyttää uusiutuvien energiamuotojen käyttöön ottamista. Monien merkittävien hankkeiden, kuten liikenne-, infrastruktuuri- sekä muiden suurhankkeiden toteuttamisen edellytyksenä on ajan tasalla oleva maakuntakaava.



5. Tuulivoiman kehittämispotentiaali ja tulevaisuus Pohjois-Pohjanmaalla

Tuulivoiman kehittämispotentiaalia ohjaavat ja rajoittavat Suomessa toiminnalle asetetut ohjeistukset ja suositukset, jotka liittyvät tuulivoimaloiden aiheuttamiin vaikutuksiin sekä toiminnan yhteensovittamiseen muun maankäytön kanssa.

Tuulivoimapotentiaalia on kartoitettu määrittämällä aluksi sellaiset alueet, joille tuulivoimaa ei ole mahdollista sijoittaa. Tarkemmin tästä kerrotaan työpaketin 2:ssa (sijainninohjausmalli). Alueille on määritelty myös suojavyöhykkeet, joiden avulla varmistetaan, ettei tuulivoima aiheuta haitallisia ympäristövaikutuksia. Suojavyöhykkeiden määrittelyssä on huomioitu viranomaisten ohjeistukset ja sidosryhmien näkemykset. Lisäksi on otettu huomioon aiempien tuulivoimaselvitysten yhteydessä käytetyt suojavyöhykkeet.

Tuulivoimalle soveltuvien alueiden minimipinta-alaksi on määritelty 7 km², sillä analyysin tavoitteena oli kartoittaa seudullisen kokoluokan tuulivoimapuistoja.

Analyysin perusteella esille nousseet alueet on jaettu sijainninohjausmallissa kolmeen luokkaan: kyllä, ehkä ja ei-alueiksi. Alueiden luokittelussa on huomioitu muun muassa maakunnan kuntien näkemykset, teknistaloudelliset tekijät (sähkönsiirtoverkko ja -kapasiteetti), olemassa olevat tuulivoimapuistot ja -hankkeet, elinkeinot (mm. poronhoito, matkailu), luonnon ympäristöön liittyvät tekijät sekä puolustusvoimien tarpeet. TUULI-hankkeen sähkönsiirtoselvityksen mukaan tuulivoimatuotannossa sähkönsiirto voi muodostua kriittiseksi haasteeksi osassa potentiaalisia alueita

Vireillä olevat hankkeet sijaitsevat pääsääntöisesti maakunnan länsi- ja eteläosissa. Sen sijaan esiselvitysvaiheen hankkeita on paljon myös maakunnan itä- ja pohjoisosissa. Vireillä olevien hankkeiden suuri määrä maakunnan länsiosassa tekee merkittävän tuotannon ylijäämän, jonka siirtämiseksi alueelta muualle tarvitaan merkittävästi lisää verkkokapasiteettia. 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 kehittämiseksi ja vahvistamiselle näillä alueilla. Pohjois-Pohjanmaalla yksi selkeimmistä alueista, joka vaatii verkon vahvistamista tuulivoiman liittämisen näkökulmasta, on Koillismaan alue.

Merituulivoima tarjoaa tulevaisuudessa runsaasti lisäpotentiaalia energiantuotantoon. Merituulivoiman rakentaminen ei ole tällä hetkellä vielä markkinaehtoisesti kannattavaa, mutta tilanteen odotetaan muuttuvan tulevina vuosina teknologioiden kehittyessä. Nopean teknisen kehityksen myötä entistä syvemmät merialueet ovat tulleet potentiaalisiksi merituulivoiman tuotantoalueiksi. Jatkossa hyödynnettävissä olevat merituulivoima-alueet ovat pääsääntöisesti 10–50 m syviä, kun aiemmin mielenkiinto kohdistui selkeästi matalammille merialueille.

Merituulivoiman etuna ovat mm. tuulisuus, suuremmat voimalayksiköt, isot hankealueet ja osin helpompi yhteensovittaminen muun alueidenkäytön kanssa. Haittoina ovat mm. merirakentamisen haasteellisuus ja kokemusten puute, kalliit rakentamiskustannukset, sähkönsiirron haasteet, ahtojaat sekä puutteelliset tiedot ympäristöstä ja luonnonoloista. Merituulivoimat häiritsevät samalla tavalla maisemakuvaa ja aiheuttavat ei-toivottuja vaikutuksia erilaisille luontoarvoille kuten maatuulipuistot.

5.1 Vaihtoehdot tuulivoiman kehittämiseksi

Tuulivoiman kehittämisestä Pohjois-Pohjanmaalla pohdittiin alustavia skenaarioita TUULI-hankkeen alussa syksyllä 2021. Tuulivoiman tuotannolle Pohjois-Pohjanmaalla on pohdittu vaihtoehtoja nykytilanteen säilyttämisen sekä maltillisemmän tai runsaamman kasvun väliltä. Työn pohjaksi laadittiin seuraavat vaihtoehdot:

o VE 0+

Nykyisten vaihemaakuntakaavojen tuulivoima-alueiden yleiskaavoitettu ja luvitettu tuulivoimapotentialiaali.

o VE 1

Nykyisten toteutettujen ja luvitettujen alueiden lisäksi esisuunnittelussa olevat toteuttamiskelpoiset hankkeet, joiden sähkönsiirto voidaan toteuttaa kohtuullisin investoinnein, ja jotka ovat ympäristövaikutusten osalta hyväksyttäviä. Tuulivoima-alueet sijoittuvat maaympäristön lisäksi merialueelle.

o VE 2

Tuulivoimapotentialin merkittävä lisääminen. Tuulivoima-alueiden sijoittelussa otetaan huomioon luontoarvot ja alueiden muu kehittäminen sekä sähkönsiirtomahdollisuudet. Tuulivoiman rakentaminen toteutuu tässä vaihtoehdossa vaihteittain pitkän ajan kuluessa. Sähkönsiirrossa voidaan hyödyntää pitkällä tähtäimellä vetyverkostoa.

5.2 Valittu vaihtoehto

TUULI-hankkeen aikana laadittujen työpakettien, muiden lähtötietojen sekä vuorovaikutuksen myötä on päädytty valitsemaan strategia, joka pohjautuu vaihtoehtoihin 1 ja 2. Visiotyössä tärkeäksi on nähty ilmastotavoitteet, mutta prosessin aikana keskeisiksi näkökulmiksi ovat nousseet myös paikallisen energiantuotannon merkityksen kasvu sekä energiaomavaraisuus. Tuulivoiman hyödyntämismahdollisuuksien kasvattaminen maakunnassa nähdään tärkeäksi kuitenkin erityisesti luonto-, maisema- ja virkistysarvot huomioiden. Lisäksi mm. sähkönsiirtoverkon kapasiteetti, Puolustusvoimien toimintaedellytysten turvaamistarve sekä muut laajoja alueita vaativat elinkeinot tuovat rajoitteita, minkä vuoksi tuulivoima-alueiden hyödyntäminen vaihtoehdon 2 mukaisena ei ole toivottavaa eikä mahdollista.

Visio on luotu tilanteesta, jossa mm. energiamurros on käynnissä samoin kuin maailmanpoliittinen epävarmuus. Vision toteutuksessa tärkeään rooliin nousevat sijainninhajausmallin kriteerit, joiden pohjalta on määritetty kyllä-, ehkä- ja ei-alueet. Nämä taas ohjaavat maakuntakaavan tuulivoimaa koskevia merkintöjä ja määryksiä.

Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan valmisteluvaiheen karttamerkinnät kesällä 2022 perustuvat TUULI-hankkeen sijainninhajausmalliin ja hankkeessa käytyyn vuoropuheluun. Sijainninhajausmallin kohdekorteissa on esitetty seudullisesti merkittävien tuulivoima-alueiden alustava vaikutusten arviointi. Maakuntakaavakartalla osoitetaan sijainninhajausmallin tuulivoimapotentialisimpia alueita kyllä- ja ehkä-alueista.

Sähkönsiirto on keskeinen osa tuulivoima-alueiden toteuttamiskelpoisuutta. Olemassa olevat sähkönsiirtoyhteydet ja liityntämahdollisuudet ohjaavat merkittävästi tuulivoimahankkeiden sijoittumista. TUULI-hankkeen sähkönsiirtoselvityksen (2021) mukaan vireillä olevat hankkeet, joita on yhteensä noin 10 000 MW, pystytään pääosin liittämään olemassa olevaan tai suunniteltuun sähköverkkoon. Esiselvitysvaiheen hankkeita on runsaasti vireillä oleviin hankkeisiin nähden ja alueita on paljon maakunnan itä- ja pohjoisosissa. Näiden alueiden laajamittaisesti toteutuessa sähköverkon kehittämis- ja vahvistamistarpeet ovat merkittävät. TUULI-hankkeen sijainninhajausmallissa on tunnistettu näille alueille tuulivoimapotentialisia alueita.

Vaihemaakuntakaavan luonnoskartalle tuulivoimaloiden alueiden (tv-alueet) rajaukset on määritelty tapauskohtaisesti TUULI-hankkeen sijainninhajausmallin ja muun hankkeen aikana kerätyn selvitystiedon ja kunnilta saadun tiedon pohjalta.

Tv-1 alueiksi maakuntakaavassa on osoitettu sijainninhajausmallin kyllä-alueita. Keskeiset periaatteet tv-1 alueelle:

- Alueella on vireillä tuulivoimakaavoitus ja/tai YVA-menettely.

- Alueen kytkeytyminen kantaverkkoon tai alueverk-
koon on pääosin ratkaistu.
- Alue sijoittuu voimassa olevan maakuntakaavan tv-
alueelle, jota ei ole vielä kokonaan rakennettu. Tv-alue
on todettu olevan edelleen soveltuva tuulivoimara-
kentamiseen.

Tv-2 alueiksi maakuntakaavassa on osoitettu sijainnin-
ohjausmallin merelle sijoittuvia ehkä-alueita. Keskei-
set periaatteet tv-2 alueelle:

- Alueen koko on vähintään 50 km²
- Rajauksessa on huomioitu riittävä etäisyys arvokkai-
siin luontokohteisiin ja kalastus- ja kutualueisiin.
- Rajauksessa on huomioitu noin 1,5 kilometrin etäi-
syys merenkulun väyläalueiden ja jatkeiden ympärille.
- Alueen syvyys on 10–50 metriä ja se sijaitsee pää-
sääntöisesti yli 10 km rannikosta.
- Sijoittuvat alueille, joissa on voimassa oleva merituu-
livoimapuiston osayleiskaava.

Tv-3 alueiksi maakuntakaavassa on osoitettu sijainnin-
ohjausmallin ehkä-alueita. Keskeiset periaatteet tv-3
alueelle:

- Sijoittuvat alueille, joissa tuulivoimarakentamisen
vaikutukset maisemaan, luontoon ja elinkeinoihin ovat
lähtökohtaisesti vähäisempiä.
- Sijoittuvat alueille, joissa on käynnissä esiselvitys-
hanke tai ei hankekehitystä lainkaan.
- Kaavoitusaloite kunnassa on hyväksytty, mutta
hanke ei vielä ole tullut vireille.
- Alue sijoittuu olemassa olevan tuulivoimapuiston tai
luidetun tuulivoimapuiston laajennukseksi.

Suhteessa TUULI-hankkeen sijainninhjausmallissa
tutkittuihin potentiaaliin seudullisen tuulivoiman
alueisiin Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavoissa
osoitetaan energia- ja ilmastovaihemaakuntakaavan
luonnos huomioiden hieman yli puolet tutkituista

alueista tuulivoimarakentamiseen soveltuvana. Vaihe-
maakuntakaavatyö etenee ehdotusvaiheeseen vuo-
den 2022 aikana, ja tavoitteellinen hyväksymiskäsitte-
lyn ajankohta on vuoden 2023 aikana. Aikatauluun voi
tulla muutoksia kaavaprosessin aikana.

5.3 Tuulivoimatuotannon vaikutuksista

Tuulivoimatuotannolla voi olla ihmisten terveyteen,
viihtyvyyteen ja terveyteen kohdistuvia kielteisiä vai-
kutuksia. Vaikutukset liittyvät tuulivoimaloiden tuotta-
maan ääneen, valon ja varjon vaihteluun perustuvaan
välkkeeseen sekä lentoestevalojen häiriövaikutuk-
seen. Myös tuulivoimaloiden maisemavaikutukset voi-
daan kokea kielteisiksi. Lisäksi metsäisten alueiden
erämainen luonne muuttuu voimaloiden rakentami-
sen myötä. Vaikutukset koetaan usein häiritseviksi
etenkin virkistykseen käytettävillä alueilla tai niiden lä-
heisyydessä.

Tuulivoimalat ja niihin liittyvät sähkönsiirtorakenteet
sekä alueiden vaatima infraverkko muuttavat maise-
maa. Voimaloiden rakentamisen vaikutukset voivat
olla merkittäviä suhteessa maisemaan. Tuulivoimalat
ovat maisemasta selkeästi ja kauas erottuvia suuriko-
isia elementtejä, joita on vaikeaa sopeuttaa ympä-
ristöön. Merkitystä on kuitenkin sillä, millaiseen ympä-
ristöön ja maisemaan tuulivoimaloita sijoitetaan,
sillä maiseman herkkyys ja sietokyky vaihtelevat. Tuu-
livoimaloilla voi olla tietyssä ympäristössä myös myön-
teisiä vaikutuksia maisemakuvaan.

Tuulivoimarakentamisen vaikutukset maiseman luon-
teeseen riippuvat tarkastelualueen

maisemakokonaisuudesta sekä tuulivoimarakentei-
den hallitsevuudesta maisematilassa. Alueella, joka on
voimakkaasti ihmisen toimintojen muokkaamaa, tuuli-
voimarakentamisen aiheuttama alueen luonteen
muutos on vähäisempi kuin alueella, joilla ihmisen toi-
mintoja on vain vähän tai ei ollenkaan. Tuulivoimaloi-
den havaittavuus maisemassa riippuu etenkin voima-
loiden korkeudesta ja ympäröivien alueiden peittei-
syydestä sekä korkeusvaihteluista. Voimaloiden kor-
keudet ovat kasvaneet viime vuosina, mikä on osal-
taan lisännyt maisemavaikutuksia.

Yksi keino voimajohtojen ympäristövaikutusten vä-
hentämiseen on yhteisrakentamisen edistäminen, jol-
loin useampi puisto liittyy sähköasemalle samalla pyl-
väsrakenteella. Näin vältetään rinnakkaiset tai risteä-
vät johdot, vaikka johdon leveys voikin kasvaa hieman.

Tuulivoimarakentaminen muuttaa alueen luonnonym-
päristöä. Metsäisessä ympäristössä voimalan rakenta-
minen vaatii noin hehtaarin kokoiselta alueelta puus-
ton poistamista ja maanpinnan tasoittamista. Myös
mahdollinen uuden tiestön ja voimalinjojen rakenta-
minen muuttaa ja pirstoo elinympäristöä, mikä voi
vaikuttaa myös eliöstöön. Rakentamisen haitallisia
luontovaikutuksia voidaan lieventää tarkemmassa
suunnittelussa ottamalla huomioon tuulivoima-aluei-
den luontoarvojen kannalta merkittävät kohteet ja jät-
tää ne luontoa muuttavan toiminnan ulkopuolelle. Si-
jainninhjausmallissa Natura- ja luonnonsuojelualueet
on rajattu tuulivoimarakentamisen ulkopuolelle. Li-
säksi näiden alueiden ympärille on jätetty riittävät suo-
javyöhykkeet, joiden laajuus riippuu alueiden koosta ja
suojeluperusteista.

Tuulivoimaloiden aiheuttamat linnustovaikutukset
ovat sekä suoria että epäsuoria. Törmäyskuolleisuu-
desta johtuvat vaikutukset ovat suoria ja välittömiä
vaikutuksia, kun taas epäsuorat vaikutukset näkyvät

pidemmällä aikavälillä sekä lajikoostumuksessa että yksilömäärissä. Häirintä, estevaikutus ja elinympäristömuutokset ovat tuulivoimaloiden epäsuoria linnustovaikutuksia.

Tuulivoimarakentamisen vaikutukset ekologiselle yhteydelle voivat olla merkittävät, mikäli rakentaminen sijoittuu ekologisen yhteyden kapeikon eli pullonkaulan alueelle. Tällaisia ovat Pohjois-Pohjanmaalla etenkin laajojen peltoalueiden, rannikkoalueen sekä Kuusamon vesistöjen väliin jäävät kapeat metsäkaistaleet. Tuulivoimarakentamisen lisääntyessä ekologiset yhteydet tulisi ottaa huomioon hankkeiden vaikutustenarvioinnissa ja kaavoituksessa siten, että hankealueen yhteyksien toimivuuden lisäksi varmistetaan, etteivät hankkeet yhdessä muiden tuulivoimahankkeiden tai maankäyttömuotojen kanssa luo tilanteita, joissa eläinten liikkuminen alueiden välillä pysyvästi estyy.

Tuulivoiman aluetalousvaikutukset ovat merkittävät ja uusiutuvan energiantuotannon lisääntyminen parantaa merkittävästi huoltovarmuutta. Uusiutuvan energian tuotannon lisääntymisen ohella tuulivoiman keskeisimmät myönteiset vaikutukset liittyvät talouteen. Tuulivoimalla on merkittäviä myönteisiä vaikutuksia kuntatalouteen muun muassa lisääntyvien verotulojen, työllisyysvaikutusten ja kerrannaisvaikutusten kautta. Tuulivoimatuotanto tuo myös maanomistajille maanvuokratuloja. Tuulivoimaloilla pelätään usein olevan kielteisiä vaikutuksia lähialueiden sekä vaikutusalueen vakituisten ja vapaa-ajan kiinteistöjen arvoon, mutta yksiselitteistä tutkimusnäyttöä tästä ei kuitenkaan ole.

Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa, josta ei synny päästöjä ilmaan, maahan tai veteen. Tuulivoiman ilmastovaikutukset syntyvät välillisesti tuulivoiman syrjäyttäessä markkinoilta fossiilienergiaa. Tuulivoiman aiheuttamat päästöt syntyvät pääasiassa tuulivoiman

rakentamisessa, kuljettamisessa sekä huollon yhteydessä. Kielteiset ilmastovaikutukset painottuvat tuulivoimahankkeen alkuvaiheeseen ja myönteiset vaikutukset tuulivoiman tuotantovaiheeseen. Kielteisiä ilmastovaikutuksia syntyy myös voimajohtojen rakentamisesta muun muassa johtokäytävien raivauksen vuoksi tapahtuvan hiilinielujen pienenemisen myötä. Vaikutukset ovat hyvin vähäisiä suhteessa tuulivoiman myönteisiin vaikutuksiin. Tuulivoima-alueita voi tietyiltä osin olla mahdollista hyödyntää myös muussa uusiutuvan energian tuotannossa, kuten aurinkovoima-alueina. Aurinkoenergiaa voidaan tutkia esimerkiksi tuulivoiman ohella toisena käytöstä poistuvien turvetuotantoalueiden jälkikäyttömuotona. Lähitulevaisuudessa rakennettavat tuulivoimapuistot saatetaankin monin paikoin toteuttaa niin sanottuina hybridipuistoina, joissa tuulivoiman rinnalla on aurinkovoimaa ja mahdollisesti myös muita energiantuotantomuotoja.

5.4 Toteuttaminen

TUULI-hankkeessa laadittu visio on taustaselvitys ja asiantuntijaselvitys, jonka antamat näkökulmat huomioidaan maakuntakaavatyössä. Visiotyössä vuorovaikutus ja yhteisen näkemyksen löytäminen ovat olleet keskeisiä tavoitteita, ja vuorovaikutus jatkuu maakuntakaavaprosessissa. Maakuntakaavaluonnoksesta saatua palautetta peilataan visioon ja sijainninohjausmalliin, ja yhteensovitetään kaavaprosessin jatkuessa ehdotukseksi ja myöhemmin hyväksyttäväksi maakuntakaavaksi.

Tuulivoima-alueet esitetään maakuntakaavassa, joka on osa maakunnan suunnittelujärjestelmää, ja täten

kiinteä osa aluekehittämistä. Maakunnan aluekehittämistoimet ovat maakuntakaavan kanssa samansuuntaisia ja kaavan toteuttamista palvelevia. Maakunnan liiton välineet maakuntakaavan edistämiseksi, toteuttamiseksi ja seurannalle ovat edunvalvonta, aluekehityksen hankerahoitus sekä kuntakaavoituksen lausunto- ja neuvottelumenettelyt. Kehittämistä tukevat myös omaehtoista aluekehittämistä ohjaavat ei-oikeusvaikutteiset suunnitelmat ja Master Planit.

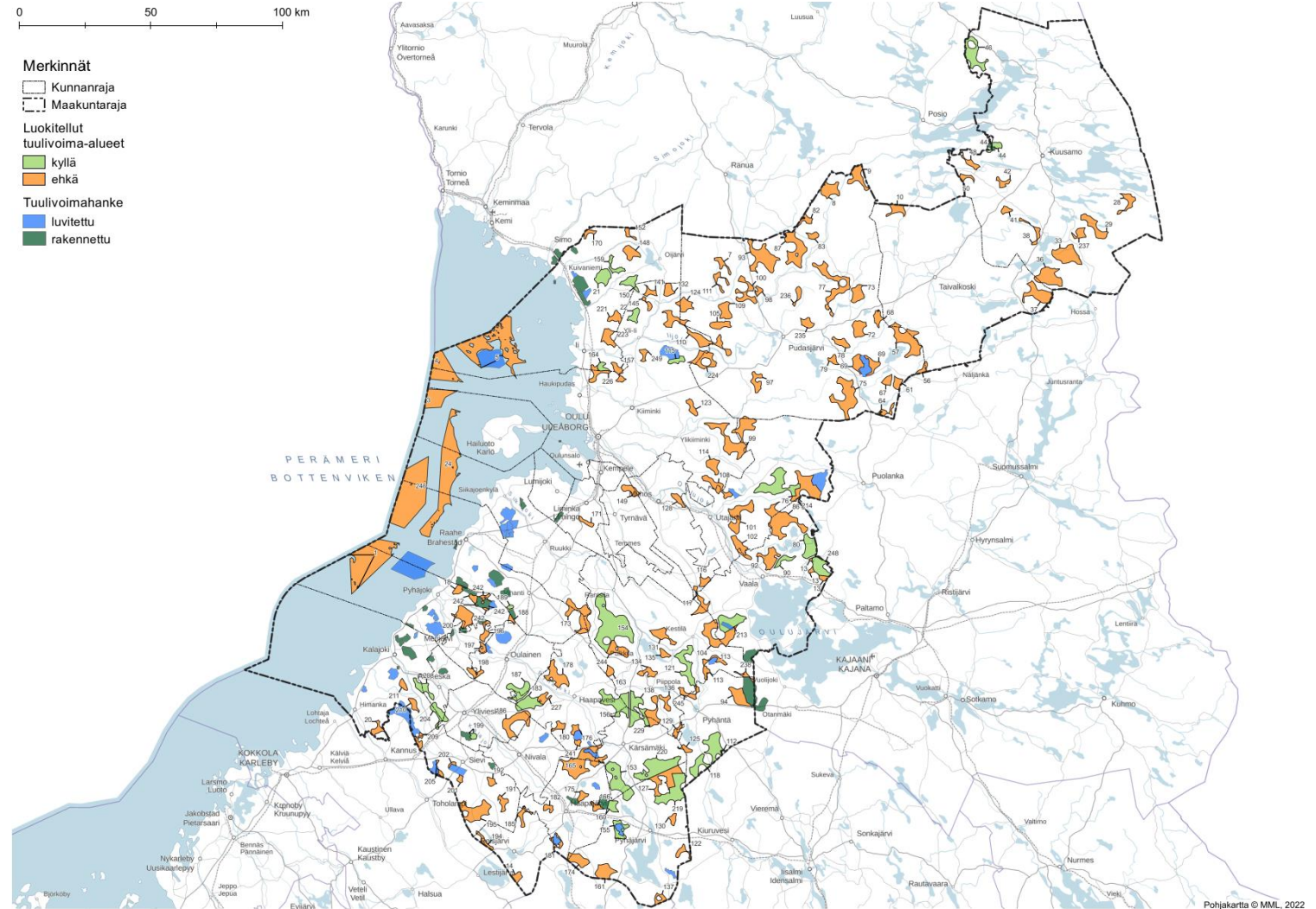
Lopulta kuntien kaavoituspäätökset mahdollistavat tuulivoimapuistojen toteutuksen. Tuulivoima-alueiden toteuttaminen edellyttää yksityiskohtaisempaa kunnan kaavoitusta ja yli 45 MW alueilla myös YVA-lain mukaista arviointimenettelyä. Sähkön runkoverkon suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta vastaa Fingrid Oy. Sähkölinjojen toteuttaminen tapahtuu sähkömarkkinalain mukaisilla menettelyillä.

Seudullista kokoluokkaa pienempiä tuulivoimapuistoja on mahdollista toteuttaa kuntakaavoituksella. Tällöinkään tuulivoimapuiston mahdollistama yleiskaava ei saa vaarantaa maakuntakaavan tavoitteiden toteutumista.

Valtion viranomaisilla on maakuntakaavan edistämismandatti. Viranomaisten on suunnitellussaan alueiden käyttöä koskevia toimenpiteitä ja päättäessään niiden toteuttamisesta otettava maakuntakaava huomioon, pyrittävä edistämään kaavan toteuttamista ja katsottava, ettei toimenpiteillä vaikeuteta kaavan toteuttamista. Maakuntakaava on otettava huomioon, kun suunnitellaan ja päätetään muun lainsäädännön nojalla ympäristön käytön järjestämisestä siten kuin erityislaissa säädetään. Viranomaisvaikutus koskee myös kuntia ja maakunnan liittoa.

Tuulivoiman ja sähkönsiirron seuranta tapahtuu käytännössä yhteistyössä Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen kanssa tuulivoimahankkeiden YVA-mettelyiden ja kuntakaavoituksen ohjauksen kautta. Toteutuneet ja tuotannon aloittaneet tuulivoimapaistot näkyvät energiatilouden tilastoissa. Muita seurantamenetelmiä kehitetään myös valtakunnallisesti.

Olemme globaalin energiamurroksen keskellä. Vaikka Pohjois-Pohjanmaan TUULI-hanke päättyy vuoden 2022 lopussa, uusiutuvan energian maakunnallinen kehittämistyö jatkuu.



Kuva 7. Sijainninhajausmallissa tunnistetut tuulivoimalle soveltuvat kyllä- ja ehkä-alueet sekä rakennetut ja luvitettut tuulivoimapaistot Pohjois-Pohjanmaalla 2022.

6. Lähteet

Energiamaaailma ([Energiantuotanto - Energiamaaailma](#)), katsottu 20.8.2021.

Energiamurroksen jännitteet kansalaisten arjessa. (Heiskanen, E. ym.) Alue ja ympäristö 50:1. (2021).

Energiateollisuus ([Sähköntuotanto maakunnittain 2007-2020 - Energiateollisuus](#))

Energiavirasto (2022). [Ajankohtaista energian huolto-varmuudesta | Energiavirasto](#), katsottu 6.6.2022.

Euroopan parlamentti ([Kasvihuonekaasupäästöt EU:ssa ja maailmalla \(infografiikka\) | Ajankohtaista | Euroopan parlamentti \(europa.eu\)](#)), katsottu 18.8.2021.

Hajautetun uusiutuvan energiantuotannon potentiaali, kannattavuus ja tulevaisuuden näkymät Suomessa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 5/2017.

Huoltovarmuuskeskus (2022). [Energiahuolto - Huoltovarmuuskeskus](#), katsottu 6.6.2022.

Ilmasto-opas.fi ([Ilmastonmuutos ilmiönä - ilmasto-opas.fi](#)), katsottu 18.8.2021.

Ilmatieteen laitos ([Ilmastonmuutos - Ilmatieteen laitos](#)), katsottu 18.8.2021.

Luokanopen ilmasto-opas ([Ilmastonmuutos kasvattajalle - luokanopenilmasto-opas.fi](#)), katsottu 20.8.2021.

Pohjois-Pohjanmaan ilmastotiekartta. Pohjois-Pohjanmaan liitto. ([Pohjois-Pohjanmaan ilmastotiekartta 2021-2030](#))

Pohjois-Pohjanmaan maakuntaohjelma 2022-2025. Pohjois-Pohjanmaan liitto. ([Pohjois-Pohjanmaan liiton maakuntaohjelma 2022-2025](#))

Pohjois-Pohjanmaan maakuntaohjelma 2022-2025. Ympäristöselostus. Pohjois-Pohjanmaan liitto. ([MAKO-2022-2025-ympäristöselostus.pdf \(pohjois-pohjanmaa.fi\)](#))

SciTechDaily ([More Compact and Efficient Vertical Turbines Could Be the Future for Wind Farms \(scitechdaily.com\)](#)), katsottu 23.8.2021.

Tilastokeskus ([Uusiutuvat energialähteet | Käsitteet | Tilastokeskus \(stat.fi\)](#) ja [Fossiiliset polttoaineet | Käsitteet | Tilastokeskus \(stat.fi\)](#)), katsottu 18.8.2021.

Tuulivoimayhdistys. Tuulivoimaloiden purku ja kierrätys ([Tuulivoimaloiden purku ja kierrätys - Suomen Tuulivoimayhdistys](#)), katsottu 29.8.2022.

Työ- ja elinkeinoministeriö ([Uusiutuva energia - Työ- ja elinkeinoministeriön verkkopalvelu \(tem.fi\)](#)), katsottu 18.8.2021.

Työ- ja elinkeinoministeriö ([EU lainsäädäntö - Työ- ja elinkeinoministeriön verkkopalvelu \(tem.fi\)](#)), katsottu 18.8.2021.

Vattenfall ([Vesivoiman hyödyt, haitat ja tuotanto - Vattenfall](#)), katsottu 20.8.2021.

Vetytalous – mahdollisuudet ja rajoitteet. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:21.

