

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja • Energia • 2024:28

# Itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen työryhmän loppuraportti



Työ- ja elinkeinoministeriö  
Arbets- och näringsministeriet

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2024:28

# Itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen työryhmän loppuraportti

Riku Huttunen, Anu Sallinen, Kari Hämäläinen, Kalle Passoja,  
Salla Palander

Työ- ja elinkeinoministeriö Helsinki 2024

**Julkaisujen jakelu**

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston  
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-  
arkivet Valto

[julkaisut.valtioneuvosto.fi](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi)

Työ- ja elinkeinoministeriö

This publication is copyrighted. You may download, display and print it for Your own personal use. Commercial use is prohibited.

ISBN pdf: 978-952-327-566-9

ISSN pdf: 1797-3562

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2024

## Itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen työryhmän loppuraportti

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 2024:28

Teema

Energia

Julkaisija

Työ- ja elinkeinoministeriö

Tekijä/t

Riku Huttunen, Anu Sallinen, Kari Hämäläinen, Kalle Passoja, Salla Palander

Kieli

suomi

Sivumäärä

39

### Tiivistelmä

Tuulivoiman osuus Suomen sähköntuotannosta on kasvanut viime vuosina nopeasti. Tuulivoimainvestoinnit ovat kuitenkin tähän mennessä keskittyneet maan länsiosiin, ja vain murto-osa tuulivoimasta sijaitsee itäisessä Suomessa. Tämän on katsottu johtuvan erityisesti aluevalvontajärjestelmän aiheuttamista rajoitteista.

Työ- ja elinkeinoministeriö ja puolustusministeriö asettivat tammikuussa 2024 työryhmän selvittämään keinoja aluevalvonnan ja tuulivoimarakentamisen yhteensovittamiseksi itäisessä Suomessa. Itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen laajempi mahdollistaminen olisi tärkeää Suomen energiajärjestelmän hajauttamisen ja sähköverkon tasapainottamisen sekä alueiden elinvoimaisuuden säilyttämisen kannalta. Työryhmä tarkasteli erityisesti aluevalvontajärjestelmän teknisiä ratkaisuja, mahdollisia vaihtoehtoja kompensatioaluemallista sekä näiden reunaehtoja ja seurannaisvaikutuksia.

Pitkällä aikavälillä itäisen Suomen tuulivoimarakentamista on mahdollista edistää kompensatioalueella. Alueen perustaminen on kuitenkin poliittinen päätös johtuen muun muassa sen vaikutuksista valtion budjettitalouteen ja eri alueiden asemaan aluetta valittaessa. Raportissa esitetään lisäksi arviot mahdollisen kompensatioalueen tai -alueiden kokonaiskustannuksista sekä tuulivoimalakohtaisista kompensatiomaksuista. Tuulivoimarakentamista on mahdollista edistää myös nykyisen järjestelmän puitteissa keskittymällä niihin hankkeisiin, joihin Puolustusvoimat on jo antanut myönteisen lausunnon.

Asiasanat

tuulienergia, tuulivoima-alueet, aluevalvonta, energia

ISBN PDF

978-952-327-566-9

ISSN PDF

1797-3562

Julkaisun osoite

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-566-9>

## Slutrapport från arbetsgruppen för vindkraftsutbyggnad i östra Finland

Arbets- och näringsministeriets publikationer 2024:28

Tema

Energi

**Utgivare** Arbets- och näringsministeriet

**Författare** Riku Huttunen, Anu Sallinen, Kari Hämäläinen, Kalle Passoja, Salla Palander

**Språk** finska

**Sidantal**

39

### Referat

Andelen vindkraft av Finlands elproduktion har snabbt ökat under de senaste åren. Vindkraftsinvesteringarna har dock hittills koncentrerats i landets västra delar, och endast en bråkdel av vindkraftverken är belägen i östra Finland. Detta anses bero särskilt på begränsningar som systemet för områdesövervakning medfört.

Arbets- och näringsministeriet och försvarsministeriet tillsatte en arbetsgrupp i januari 2024 för att utreda metoder för att samordna områdesövervakningen och byggandet av vindkraftverk i östra Finland. Det vore viktigt att i en mer omfattande grad möjliggöra byggandet av vindkraftverk i östra Finland med tanke på spridningen av Finlands energisystem, balanseringen av Finlands elnätverk samt bevarandet av områdenas livskraft. Arbetsgruppen granskade särskilt tekniska lösningar för systemet för områdesövervakning, eventuella alternativ för modellen för kompensationsområden samt deras villkor och följder.

På lång sikt är det möjligt att främja byggandet av vindkraftverk i östra Finland med hjälp av ett kompensationsområde. Det är dock ett politiskt beslut att inrätta området, vilket beror bland annat på följderna för statens budgetekonomi och de olika områdenas ställning vid valet av området. I rapporten presenteras dessutom uppskattningar av totalkostnaderna för ett eventuellt kompensationsområde eller eventuella kompensationsområden samt kompensationsavgifter enligt vindkraftverk. Det är möjligt att främja byggandet av vindkraftverk även inom ramen för det nuvarande systemet genom att fokusera på de projekt om vilka Försvarsmakten redan gett ett positivt utlåtande.

**Nyckelord** vindkraft, vindkraftsområden, territorialövervakning, energi

**ISBN PDF** 978-952-327-566-9

**ISSN PDF**

1797-3562

**URN-adress** <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-566-9>

## Final report of the working group on wind power construction in Eastern Finland

---

<b>Publications of the Ministry of Economic Affairs and Employment 2024:28</b>	<b>Subject</b>	Energy
<b>Publisher</b>	Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland	
<b>Author(s)</b>	Riku Huttunen, Anu Sallinen, Kari Hämäläinen, Kalle Passoja, Salla Palander	
<b>Language</b>	<b>Pages</b>	Finnish 39

---

**Abstract**

The share of wind power in Finland's electricity production has grown rapidly in recent years. So far, however, investments in wind power have been located mostly in the western parts of the country and only a fraction of wind power is located in Eastern Finland. Among the factors influencing this are the needs of the Defence Forces and the limitations imposed by the territorial surveillance system.

In January 2024, the Ministry of Economic Affairs and Employment and the Ministry of Defence appointed a working group to examine ways to coordinate regional surveillance and wind power construction in Eastern Finland. The promotion of wind power construction in Eastern Finland would be important in terms of decentralising Finland's energy system, balancing the electricity grid and maintaining the vitality of the regions. In particular, the working group examined the technical solutions for the regional surveillance system, possible alternatives for the compensation area model, as well as their preconditions and consequential effects.

In the long term, the promotion of wind power construction in Eastern Finland is possible by creating a compensation area model. However, the establishment of the area is a political decision due to its impacts on the central government's budget and the status of different regions when selecting the area. The report also presents estimates of the total costs for establishing a compensation area or areas, as well as compensation payments for individual wind turbines. The promotion of wind power construction is also possible within the framework of the current system, by focusing on projects for which the Defence Forces have already issued a favourable opinion.

**Keywords** wind power, wind power areas, territorial surveillance, energy

---

<b>ISBN PDF</b>	978-952-327-566-9	<b>ISSN PDF</b>	1797-3562
-----------------	-------------------	-----------------	-----------

---

**URN address** <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-566-9>

---

# Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	7
<b>2</b>	<b>Nykytila</b> .....	9
2.1	Tuulivoimarakentaminen itäisessä Suomessa .....	9
2.2	Aiemmat selvitykset .....	11
2.3	Muut rakentamiseen vaikuttavat syyt .....	13
2.4	Puolustusvoimien lausuntotilanne .....	14
<b>3</b>	<b>Aluevalvontajärjestelmä ja tuulivoiman vaikutukset sen toimintaan</b> .....	18
<b>4</b>	<b>Ratkaisut</b> .....	22
4.1	Kompensaatoratkaisu .....	22
4.2	Laki tuulivoiman kompensatioalueista .....	30
4.3	Tuulivoimarakentamisen ja ilma-valvonnan yhteensovittaminen muissa maissa ...	31
4.4	Tuulivoimarakentamiseen liittyvän koordinaation lisääminen .....	32
<b>5</b>	<b>Pitkän aikavälin visio ja johtopäätökset</b> .....	34
	<b>Lähteet</b> .....	37
	<b>Liite. Työryhmän kokoonpano ja kuultavina olleet</b> .....	38

# 1 Johdanto

Tuulivoiman osuus Suomen sähköntuotannosta on kasvanut viime vuosina nopeasti. Tähän mennessä tuulivoimainvestoinnit ovat kuitenkin keskittyneet pitkälti maan länsiosiin, ja vain murto-osa tuulivoimasta sijaitsee itäisessä Suomessa. Itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen laajempi mahdollistaminen olisi merkityksellistä Suomen energijärjestelmän hajauttamisen ja sähköverkon tasapainottamisen sekä alueiden elinvoimaisuuden säilyttämisen kannalta.

Tuulivoimarakentamisen alueellisen epätasaisuuden on katsottu johtuvan useasta eri tekijästä. Tuulivoimarakentamista ohjaavat muun muassa asutus, tuulivoimahankkeiden hyväksyttävyyys ja yhteensovittaminen esimerkiksi luonto- ja maisemarvojen, muiden elinkeinojen, alueen asukkaiden näkemysten ja arvojen sekä maanpuolustuksen tarpeiden kanssa. Yhtenä keskeisenä syynä tuulivoiman vähäisyydelle itäisessä Suomessa ovat Puolustusvoimien aluevalvontajärjestelmän aiheuttamat rajoitteet.

Pääministeri Orpon hallitusohjelman tavoitteena on parantaa tuulivoimahankkeiden etenemistä itäisessä Suomessa. Hallitusohjelman mukaan tuulivoimarakentamista edistetään perustuen selvitysmies Arto Rädyn raportin suosituksiin vaarantamatta kuitenkaan aluevalvontaa ja huolehtien kansalaisten oikeusturvasta. Hallitusohjelmassa sekä Rädyn raportissa itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen edistämisen keinoiksi esitetään kompensatiolakia, yhteistyöryhmän perustamista sekä yhteistä pidemmän aikajänteen vision muodostamista investointien suunnittelua varten.

Työ- ja elinkeinoministeriö ja puolustusministeriö asettivat 30.1.2024 työryhmän selvittämään keinoja aluevalvonnan ja tuulivoimarakentamisen yhteensovittamiseksi itäisessä Suomessa. Työryhmän tehtävänä oli muodostaa tilannekuva tuulivoimahankkeiden kehityksestä alueella sekä kuvata tuulivoimarakentamisen estävät tekijät. Työssä huomioitiin aiheesta aiemmin tehdyt selvitykset ja kansainväliset kokemukset soveltuvilta osin.

Asettamispäätöksen mukaisesti työryhmä keskittyi erityisesti seuraaviin aiheisiin:



- aluevalvontajärjestelmän teknologiset ratkaisut, niiden saatavuus ja rahoitus
- mahdolliset vaihtoehdot kompensatioaluemalliksi ja seurannaisvaikutukset
- pitkän aikavälin visio tuulivoimasta itäisessä Suomessa
- muut estävät syyt, joita selvitetään osana Itäisen Suomen ohjelmatyötä.

### Työryhmän työskentely

Työryhmän toimikausi oli 1.2.-30.6.2024. Työryhmä koostui ohjausryhmästä sekä operatiivisesta työryhmästä. Operatiivinen työryhmä valmisteli tilannekuvan ja toimenpide-ehdotukset ohjausryhmän kommentoitavaksi ja hyväksyttäväksi.

Ohjausryhmään kuuluivat työ- ja elinkeinoministeriön kansliapäällikkö Timo Jaatinen, puolustusministeriön kansliapäällikkö Esa Pulkkinen ja Pääesikunnan päällikkö kenraaliluutnantti Vesa Virtanen. Ohjausryhmä tapasi toimikauden aikana kolmesti.

Operatiivisen työryhmän puheenjohtajana toimi Riku Huttunen työ- ja elinkeinoministeriöstä ja varapuheenjohtajana Anu Sallinen puolustusministeriöstä. Työryhmän jäseniä olivat työ- ja elinkeinoministeriö, puolustusministeriö, maa- ja metsätalousministeriö, ympäristöministeriö, sisäministeriö (Rajavartiolaitos), valtiovarainministeriö sekä Puolustusvoimat. Operatiivinen työryhmä tapasi toimikauden aikana viisi kertaa.

Työryhmätyössä kuultiin seuraavia toimijoita: Fingrid Oyj, Suomen Tuulivoimayhdistys Ry, Voimaa Tuulesta, Tuulivoimaa Itä-Lappiin, Pohjois-Karjalan maakuntaliitto, Kainuun liitto, Kymenlaakson liitto, Pohjois-Pohjanmaan liitto, Lapin liitto, Metsähallitus, LUT-yliopisto, Saab Finland Oy ja Patria Oyj. Lisäksi työryhmä järjesti hankekehittäjille suunnatun kyselyn 28.2.-28.3.2024. Kyselyn tavoitteena oli kartoittaa tuulivoimatoimijoiden näkemyksiä hankekehityksestä itäisessä Suomessa sekä mahdollisia ratkaisuehdotuksia. Kyselyyn tuli yhteensä 17 vastausta.

## 2 Nykytila

Tuulivoimarakentaminen lähti Suomessa kasvuun 2010-luvulla ensin syöttötariffijärjestelmän tukena. Myöhemmin tuulivoimarakentaminen kiihtyi, kun tuulivoimaloiden teknologian kehitys ja kannattavuuden paraneminen mahdollistivat markkinaehtoiset investoinnit. Vuonna 2023 tuulivoiman tuotantokapasiteettia oli lähes 7 000 MW, mikä vastaa noin 18 prosenttia Suomen sähkönkulutuksesta (Energiateollisuus 2024). Kantaverkkoyhtiö Fingrid ennakoii maatuulivoiman kapasiteetin jopa kolminkertaistuvan vuoteen 2030 mennessä (Fingrid 2024). Suomen ympäristökeskuksen Tuulivoimapotentiaali Suomessa -selvityksessä arvioidun optimistisen kasvuskenaarion mukaan vuonna 2030 maatuulivoimakapasiteetti voisi jopa viisinkertaistua ja riskiskenaarion mukaankin miltei kolminkertaistua vuoteen 2030 mennessä.

### 2.1 Tuulivoimarakentaminen itäisessä Suomessa

Tähän mennessä tuulivoimarakentaminen on keskittynyt Suomessa länsirannikolle, erityisesti Perämeren ja Merenkurkun lähialueille. Sijainnit ovat keskittyneet tälle alueelle suotuisten tuuliolosuhteiden takia. Voimaloiden korkeuden kasvu ja kannattavuuden paraneminen ovat kuitenkin mahdollistaneet rakentamisen yhä useammille alueille. Tästä huolimatta, johtuen rakentamista rajoittavista tekijöistä, itäisessä Suomessa on suhteellisesti vähemmän tuulivoimahankkeita muihin alueisiin verrattuna. Itäiseen Suomeen katsotaan kuuluvan Kymenlaakson, Etelä-Karjalan, Pohjois-Karjalan, Etelä-Savon, Pohjois-Savon ja Kainuun maakunnat sekä Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin maakuntien itäosat.

Tuulivoimarakentamisen lisääminen itäisessä Suomessa toisi mukanaan monenlaisia etuja alueelle sekä Suomen energijärjestelmälle. Erityisen merkittävä taloudellinen hyöty kunnille on voimalaitoksista kerättävä kiinteistövero, joka määräytyy sijaintikunnan kiinteistöveroprosentin sekä tuulivoimalan jälleenhankinta-arvon perusteella. Kiinteistöveron ohella maanvuokrauksesta saatavat tulot sekä hankkeiden suorat ja välilliset työllisyysvaikutukset voivat olla merkittäviä aluetalouden kannalta. Lisäksi puhtaan energian lisääntyvän tarjonnan arvioidaan houkuttelevan alueelle muuta teollisuutta.

Suomen energiajärjestelmän kannalta itäiseen Suomeen rakennettava tuulivoima parantaisi osin sähköverkon tasapainoa tuulisuuden vaihdellessa eri puolilla maata. Itäisen Suomen tuulivoimainvestoinnit edellyttäisivät kuitenkin myös sähkön kantaverkon sekä jakeluverkkojen kehittämistä alueella. Verkkojen vahvistaminen edellyttää käytännössä tiedossa olevia sähköä tuottavia tai käyttäviä hankkeita kyseessä olevalla alueella.

Seuraavassa osassa esitetään lyhyet yhteenvedot jokaisen itäisen Suomen maakunnan nykyisistä ja vireillä olevista tuulivoimahankkeista sekä maakuntakaavojen tilanteesta. Tuulivoima-alueista pyydetään Puolustusvoimien lausunnot jo maakuntakaavaa laatiessa, mutta yksityiskohtaista kaavaa laadittaessa pyydetään hankekohtaiset lausunnot vielä erikseen osana hankkeen suunnittelua. Tiedot perustuvat tässä yhteydessä maakuntien liittojen työryhmätyötä varten toimitettuihin yhteenvetoihin.

**Kymenlaaksossa** on kaksi toiminnassa olevaa tuulivoimapuistoa, joiden yhteenlaskettu teho on 27 MW. Voimassa olevassa maakuntakaavassa on osoitettu kahdeksan tuulivoima-alueita, joiden potentiaali laskennallisesti on noin 200 MW. Maakunnassa ei kuitenkaan ole hankkeita vireillä, sillä lähiaikoina alueelle suunnitellut voimalat (noin 25 voimalaa, yhteensä 100 MW) ovat saaneet kielteisen aluevalvontalausunnan Puolustusvoimilta. Kymenlaakson tuulivoimaselvitys on tarkoitus päivittää vuosina 2024–2025.

**Etelä-Karjalassa** on yksi tuulivoimapuisto, jonka teho on 21 MW. Voimassa olevassa maakuntakaavassa ei ole osoitettu alueita tuulivoimalle. Valmisteilla olevassa maakuntakaavassa tuulivoimalle on pystytty osoittamaan vain yksi alue, jonka tuotantopotentiaali olisi enintään noin 150 MW. Tälle alueelle on vireillä tuulivoimahanke, joka sisältäisi 15 voimalaa ja vastaa teholtaan koko alueen potentiaalia.

**Etelä-Savossa** ei ole toiminnassa olevia tuulivoimaloita, mutta maakuntaan on rakenteilla 22 voimalan tuulipuisto. Lisäksi yksi hanke on YVA-menettelyssä ja kaksi muuta hanketta suunnitteilla. YVA-menettelyssä oleva hanke sisältäisi enintään 32 voimalaa ja kaksi muuta hanketta yhteensä 12 voimalaa. Hankkeiden toteutuessa maakunnassa olisi tuulivoimaa vuoteen 2030 mennessä enintään 420 MW. Voimassa olevassa vaihemaakuntakaavassa on seitsemän tuulivoima-alueita. Vireillä oleva 4. vaihemaakuntakaava sisältää seitsemän seudullista tuulivoima-alueita.

**Pohjois-Savossa** on yksi tuulivoimapuisto, jonka teho on 10 MW. Lisäksi maakunnassa on kaksi luvat saanutta tuulivoimapuistoa, joissa on yhteensä 11 voimalaa. Voimassa olevassa maakuntakaavassa on tunnistettu 14 potentiaalista tuulivoima-alueita. Pohjois-Savon maakuntakaava 2040 2. vaiheen ehdotuksessa

on tunnistettu yhteensä 17 tuulivoima-aluetta. Eri suunnitelmissa on vireillä lähes 400 voimalaa, joista vähän yli puolet sijoittuvat maakuntakaavaehdotuksen tuulivoima-alueille.

**Pohjois-Karjalassa** ei ole seudullisesti merkittäviä tuulivoima-alueita, joilla olisi toiminnassa olevaa tuulivoimaa. Kolme hanketta (noin 35–40 voimalaa ja 300 MW) on kaavoituksessa ja YVA-menettelyssä. Voimassa olevassa maakuntakaavassa on osoitettu 14 tuulivoima-aluetta. Pohjois-Karjalan maakuntakaavan 2040 2. vaihe on valmistelussa, minkä yhteydessä selvitetään myös potentiaalisia tuulivoima-alueita.

**Kainuussa** toiminnassa on 52 tuulivoimalaa, joiden yhteenlaskettu teho on noin 213 MW ja rakenteilla on noin 56 MW lisää tuulivoimaa. Kainuun tuoreessa tuulivoimamaakuntakaavassa on osoitettu 14 tuulivoima-aluetta. Kainuussa on suunnitteilla 20 tuulivoimahanketta, joissa rakennettaisiin yhteensä satoja voimaloita. Hankkeiden tuotantopotentiaalin arvioidaan olevan 2800–4400 MW.

**Pohjois-Pohjanmaalla** sijaitsee noin 40 % Suomen tuulivoimahankkeista. Tuulivoimaloita on toiminnassa yhteensä yli 600, mutta hankkeet ovat keskittyneet voimakkaasti maakunnan länsiosiin. Maakunnan itäisin tuulivoimapuisto sijaitsee Pudasjärvellä. Lainvoimaisissa vaihemaakuntakaavoissa on osoitettu 69 tuulivoima-aluetta. Vireillä olevassa vaihemaakuntakaavassa osoitetaan noin 70 uutta tuulivoima-aluetta. Vaihemaakuntakaavan selvityksessä potentiaalisia tuulivoima-alueita oli maakunnan itäisistä osista erityisesti Kuusamon alueella. Yhteensä Pohjois-Pohjanmaalla on vireillä noin 1800 tuulivoimalaa, minkä lisäksi jo luvat saaneita voimaloita on 465 kappaletta.

**Itä-Lapissa** sijaitsee yksi tuulivoimapuisto Sallan ja Kemijärven alueella sekä kaksi tuulivoimapuistoa Posiolla. Lapissa ei ole vielä tehty maakuntatason kaavaa tuulivoimasta, mutta kunnat ovat voineet kaavoittaa tuulivoimaa yleiskaavoilla. Lisäksi Lapin liitto on selvittänyt tuulivoimalle potentiaalisia alueita maakunnassa. Maakunnassa on vireillä yhteensä 32 tuulivoimahanketta. Hankkeet sisältäisivät 650 tuulivoimalaa ja tehon arvioidaan olevan yhteensä 5820 MW.

## 2.2 Aiemmat selvitykset

Viime vuosina aluevalvonnan ja tuulivoimarakentamisen yhteensovittamista on käsitelty erityisesti kahdessa raportissa: vuonna 2023 valmistuneessa selvitysmies Arto Rädyn raportissa sekä vuonna 2021 valmistuneessa valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan (VN TEAS) määrärahoilla tuotetusta selvityksessä.

Hallitusohjelman mukaisesti työryhmän lähtökohtana on selvitysmies Arto Rädyn raportti *Itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen tehostaminen* (2023). Raportti perustui eri viranomaistahojen, aluetoimijoiden ja muiden sidosryhmien kuulemiseen. Toimenpide-esityksen mukaan Suomessa tulisi tehostaa energiajärjestelmän poliittista ohjausta ja koordinaatiota, laatia uusi kompensaatiolaki, kehittää Puolustusvoimien lausuntomenettelyä ja selvittää tarkemmin muiden maiden ratkaisuja.

Laajin julkinen aluevalvontajärjestelmää ja tuulivoimarakentamista käsitellyt selvitys on vuonna 2021 valmistunut VN TEAS -hanke *Tuulivoimarakentamisen edistäminen: Keinoja sujuvaan hankekehitykseen ja eri tavoitteiden yhteensovittamiseen*. Hanke koostui kolmesta osasta, joista ensimmäinen keskittyi tuulivoimarakentamisen viranomaismenettelyihin, toinen merituulivoimaan ja kolmas aluevalvontajärjestelmän ja tuulivoiman yhteensovittamiseen.

Selvityksessä kuvattiin tuulivoimarakentamisen aiheuttamat haasteen aluevalvonnalle ja tarkasteltiin teknologisia ratkaisuja perustuen asiantuntijahaastatteluihin ja julkisiin lähteisiin. Teknisiksi ratkaisuiksi aluevalvontajärjestelmän ja tuulivoimarakentamisen yhteensovittamiseksi esitettiin kehittyneemmän tutkatekniikan hyödyntämistä, lisätutkia, tuulivoimaloiden heijastusten pienentämistä sekä tuulivoimaloiden sijoittelua. Ratkaisut todettiin yleisesti haastaviksi ja kustannuksiltaan korkeiksi. Lisäksi osa tuulivoiman teknologisista kehityskuluista lisää haasteita entisestään, kun voimaloiden koon ja korkeuden kasvaessa myös välke- ja varjostusvaikutukset lisääntyvät. Toisaalta tutkien tunnistamista vaativat tutkilla havaittaviksi halutut ilma- ja merivalvonnan kohteet ovat pienentyneet, jolloin niiden havaitseminen hankaloituu.

Johtopäätöksissä keskityttiinkin lähinnä Puolustusvoimien lausuntomenettelyn kehittämiseen, jota käsitellään myöhemmin luvussa 2.4. Toisena ehdotuksena käsiteltiin lyhyesti tutkavaikutusten alueellista kompensaatiota, joka on toimeenpantu Suomessa Perämeren tuulivoima-alueella. Alueellista kompensaatiota käsitellään myöhemmin luvussa 4.1.

Työ- ja elinkeinoministeriö ja puolustusministeriö ovat selvittäneet myös muita tuulivoimarakentamiseen vaikuttavia tekijöitä FCG:ltä tilatussa tutkimuksessa, joka valmistui lokakuussa 2022. Selvitys keskittyi hankkeisiin, jotka eivät olleet toteutuneet Puolustusvoimien myönteisestä lausunnosta huolimatta. Selvityksen johtopäätöksinä todettiin, että yleisimmät syyt hankkeiden peruuntumiselle liittyvät luontoarvoihin, kansalaisten ja poliitikkojen vastustukseen, maisemiarvoihin, kilpailutilanteeseen sekä muihin elinkeinoihin, joihin tuulivoimarakentaminen vaikuttaa.

## 2.3 Muut rakentamiseen vaikuttavat syyt

Keskeiseksi estäväksi tekijäksi itäisen Suomen tuulivoimarakentamiselle on tunnistettu aluevalvontajärjestelmän asettamat rajoitukset, mutta tuulivoimarakentamista ohjaavat myös monet muut tekijät. Muita tuulivoimarakentamista ohjaavia tekijöitä ovat asutuksen lisäksi esimerkiksi luonto- ja maisemavaikutukset, sähkönsiirtoverkon riittävyys, tuulivoiman hyväksyttävyyden, hankkeiden kannattavuus, maanomistajuuskysymykset sekä muiden elinkeinojen yhteensovittaminen tuulivoiman kanssa.

Yhtenä merkittävämpänä hidasteena tuulivoimarakentamiselle itäisessä Suomessa pidetään sähkön siirtoverkon riittämätöntä kapasiteettia. Itäisimmässä Suomessa ei esimerkiksi ole aivan eteläisintä osaa lukuun ottamatta 400 kilovoltin verkkoa, joka helpottaisi suurimpien teollisten tuulivoimapuistojen liittämistä. Muuta suurjännitteistä verkkoa on olemassa alueesta riippuen. Fingrid on varautunut kehittämään kantaverkkoa tarpeen mukaan myös itäisessä Suomessa, mutta tarkempaa suunnittelua voidaan tehdä vasta, kun uusien kulutus- ja tuotantopisteiden sijainnit ovat selvillä. Tällä hetkellä itäisessä Suomessa saattaa olla paikoin jopa keskimääräistä parempi tilanne verkkoon liittymisen kannalta, sillä nykyinen siirtokapasiteetti lännestä etelään on jo täysin käytössä.

Tuulivoimahankkeiden vaikutuksia, kuten luonto- ja maisemavaikutuksia, arvioidaan esimerkiksi kaavoituksen ja mahdollisen ympäristövaikutusten arviointimenettelyn yhteydessä. Pääsääntöisesti tuulivoimarakentamiselle soveltumattomiksi alueiksi lasketaan muun muassa valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet ja luonnonsuojelualueet. Luontovaikutuksista merkittäviä vaikutuksia voi tuulivoimasta aiheutua myös Natura 2000 -verkoston alueille ja tiettyjen eläinten, kuten suden ja maakotkan reviireille. FCG:n raportin *Tuulivoimahankkeiden rakentamisen esteet* mukaan luontovaikutukset korostuivat erityisesti Kainuun ja Lapin maakunnissa.

Sekä tuulivoimalat että sähkönsiirtoinfrastruktuuri aiheuttavat vaikutuksia maisemaan. Vaikutusten merkittävyys riippuu olemassa olevasta maisematyypistä: yleensä alueilla, joilla ei ole merkittävästi teollista toimintaa ja rakenteita, vaikutukset ovat suurempia. Tällaisilla alueilla paikalliset asukkaat saattavat vastustaa tuulivoimahankkeita nimenomaan maisemavaikutuksiin perustuen.

Tuulivoiman hyväksyttävyyteen vaikuttavat monet eri tekijät, kuten jo mainittu voimaloiden ympäristövaikutukset, sekä taloudellisten hyötyjen jakautuminen. Hankkeiden toteutumisen kannalta on oleellista, että hankkeilla on riittävä paikallinen tuki. Itä-Suomen yliopiston tekemän *Tuulivoiman hyväksyttävyyden nykytila*

-tutkimuksen (2024) mukaan tuulivoiman yleinen hyväksyttävyyys Suomessa on korkealla tasolla, mutta paikallisessa hyväksyttävyydessä on haasteita varsinkin, jos rakentamistahti on nopeaa. Selvityksen mukaan hyväksyttävyyys kietoutuu paikallisiin kokemuksiin tuulivoiman vaikutuksista, niiden jakautumisen reiluuudesta sekä tuulivoiman suunnittelu- ja päätöksentekoprosessien piirteistä eli niin sanotusta proseduraalisesta oikeudenmukaisuudesta. Hyväksyttävyyttä voidaan osin parantaa kehittämällä tuulivoimarakentamisen koordinaatiota.

Tuulivoimainvestointien kannattavuus määräytyy ensisijaisesti tuuliolosuhteiden ja sähkön hinnan perusteella, vaikka tuulivoimateknologian kehittymisen myötä tuuliolosuhteiden merkitys voimaloiden sijoittelussa on vähentynyt. Toteutuneet hankkeet ovat keskittyneet rannikkoseudulle, jossa tuulisuus on kaikkein runsainta. Ilmatieteen laitoksen kokoaman Suomen tuuliatlaksen (2009) mukaan kuitenkin myös itäisessä Suomessa on korkean tuulisuuden alueita. Tällä hetkellä sähkön hinta Suomessa on hyvin riippuvaista läntisen Suomen tuulisuudesta ja tuulisuus itäisessä Suomessa on ainakin jossain määrin eriaikaista läntiseen Suomeen verrattuna. Tämän takia tuulivoimahankkeiden kannattavuus itäisessä Suomessa voisi joiltakin osin olla suhteellisesti paremmalla tasolla läntiseen Suomeen verrattuna.

Tuulivoimarakentamisella on myös vaikutusta alueen muihin elinkeinoihin, joista esille on yleensä nostettu erityisesti matkailu sekä poronhoito Lapissa. Vaikutukset matkailuun liittyvät useimmiten maisemavaikutuksiin.

Työryhmätyön yhteydessä toteutetussa kyselyssä selvitettiin myös eri tekijöiden vaikutusta tuulivoimahankkeiden toteutumiseen. Hankekehittäjät pitivät Puolustusvoimien kielteistä lausuntoa merkittävimpana estävänä tekijänä. Tämä johtuu usein siitä, että Puolustusvoimien aluevalvontavaikutuslausunto pyydetään hankkeen alkuvaiheessa ennen muita selvityksiä. Sähkön siirtokapasiteetin riittävyyttä pidettiin myös melko merkittävänä tekijänä, kun taas muut tekijät jäivät kyselyssä keskimäärin merkitykseltään vähäisiksi.

## 2.4 Puolustusvoimien lausuntotilanne

Tuulivoimalat vaikuttavat aluevalvontaan kuuluvien tutkien, ilmavalvontajärjestelmien, muiden sensorijärjestelmien, signaalijärjestelmien ja viestijärjestelmien sekä miehitetyn ja miehittämättömän ilmailun toimintaan eri tavoin. Lisäksi sama tuulivoimahanke voi vaikuttaa useamman kuin yhden aluevalvonnan tutkan tai edellä mainitun muun toiminnan tai järjestelmän toimintaan.

Tuulivoimarakentamisen mahdollistamiseksi Suomessa tunnistettiin 2010-luvun vaihteessa tarve kehittää tarpeelliset menetelmät erityisesti aluevalvontajärjestelmien vaikutusten arviointiin. Vuosina 2010–2011 tehdyn VTT:n johtaman kehitysprojektin rahoitti noin 20 tuulivoima-alan yrityksen ryhmä Energiateollisuus ry:n koordinoimana. Lopputuloksena syntyi nykyisin käytössä oleva lausuntoprosessi, jossa tuulivoimarakentajat pyytävät Pääesikunnalta lausunnon hankkeittensa aluevalvontavaikutuksista. Tarvittaessa hankkeesta on teetettävä haittavaikutuslaskenta sensorivaikutuksille VTT:llä. Arvion tarkemman selvityksen tekemisen tarpeesta tekee Pääesikunta saatuaan tarvittavat tarkemmat tiedot suunnitelluista tuulivoimaloista. Aluevalvonnan sensoreihin kohdistuvien vaikutusten selvittämisestä vastaa tuulivoimatoimija tai kaavoittaja. Jos VTT:n vaikutuksen selvitys tarvitaan, tulee se tehdä viimeistään yksityiskohtaisessa suunnittelussa. Puolustusvoimat antaa lausuntonsa myöhemmin myös kaavoitusvaiheessa maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti eikä näitä kahta eri lausuntoa tule siis sekoittaa toisiinsa.

Kaikki Suomessa toteutettavat tuulivoimalat vaativat käytännössä myönteisen Pääesikunnan Puolustusvoimilta kokoaman lausunnon aluevalvonta- ja muista vaikutuksista edellä mainittujen järjestelmiin ja alueiden käyttöön. Koska myönteinen lausunto on hankkeen toteuttamisen kannalta käytännössä ehdoton edellytys, lausuntopyyntö tehdään yleensä hyvin varhaisessa vaiheessa hankkekehitystä. Puolustusvoimille laadittavassa lausuntopyyntössä esitetään tuulivoimaloiden sijainnit sekä voimaloiden dimensiot. Pääesikunnalta pyydetty lausunto pyydetään varhaisessa vaiheessa ennen kaavaluonnosta. Kaavoitukseen liittyvissä selvityksillä voi sitten tulla tekijöitä, joiden perusteella voimaloiden sijainteja muutetaan ja tällöin myös pyydetään tarvittaessa Pääesikunnalta uusi lausunto. Kaavoitusvaiheessa lausunnon antaa erillisen ohjeen mukaan Puolustusvoimien logistiikkalaitos, joka jakaantuu maakunnittain logistiikkarykmentteihin.

Puolustusvoimat on antanut vuodesta 2011 lähtien yhteensä lausunnon 2 453 hankkeesta, joissa on 53 781 yksittäistä tuulivoimalaa. Näistä lausunnoista myönteisiä on 1 369 hanketta ja 28 464 yksittäistä voimalaa ja kielteisen lausunnon on saanut 481 hanketta ja 11 625 yksittäistä voimalaa. VTT:n laskentaan on osoitettu 603 määrä hanketta, joissa on 13 692 yksittäistä tuulivoimalaa. Puolustusvoimien arvion mukaan VTT:n laskentaan osoitetuista hankkeista vain noin puolet etenevät VTT:n laskentaprosessiin. Tämän lausuntoprosessin kautta olisi kuitenkin löydettävissä lisää rakentamiskelpoisia hankkeita.

Itäisessä Suomessa lausunnotilanne 31.5.2024 on esitetty alla olevissa taulukoissa.



**Taulukko 1.** Itäisen Suomen maakuntiin annetut lausunnot 1.1.–31.5.2024

Maakunta	Myönteiset		Kielteiset		VTT:n laskentaan		Yhteensä	
	Hankkeet	Voimalat	Hankkeet	Voimalat	Hankkeet	Voimalat	Hankkeet	Voimalat
Etelä-Karjala	0	0	0	0	0	0	0	0
Etelä-Savo	0	0	0	0	1	17	1	17
Kainuu	7	67	13	263	2	27	22	357
Kymenlaakso	0	0	3	19	1	18	4	37
Lappi	15	393	27	676	16	390	58	1 459
Pohjois-Karjala	0	0	3	49	12	126	15	175
Pohjois-Pohjanmaa	26	391	4	57	1	10	31	458
Pohjois-Savo	9	85	7	118	4	35	20	238
Päijät-Häme	7	51	0	0	0	0	7	51
Uusimaa	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Yhteensä</b>	<b>64</b>	<b>987</b>	<b>57</b>	<b>1 182</b>	<b>37</b>	<b>623</b>	<b>158</b>	<b>2 792</b>

**Taulukko 2.** Itäisen Suomen maakuntiin annetut lausunnot 2011–31.5.2024

Maakunta	Myönteiset		Kielteiset		VTT:n laskentaan		Yhteensä	
	Hankkeet	Voimalat	Hankkeet	Voimalat	Hankkeet	Voimalat	Hankkeet	Voimalat
Etelä-Karjala	6	37	5	63	5	101	16	201
Etelä-Savo	10	98	12	116	24	246	46	460
Kainuu	65	1386	56	1170	67	1 788	188	4 344
Kymenlaakso	4	11	41	335	23	225	68	571
Lappi	129	2 968	148	4 328	132	4 433	409	11 729
Pohjois-Karjala	6	43	36	565	65	1 134	107	1 742
Pohjois-Pohjanmaa	324	6 413	66	1 513	111	2 783	501	10 709
Pohjois-Savo	86	1 441	40	558	50	651	176	2 650
Päijät-Häme	31	239	0	0	3	31	34	270
Uusimaa	17	98	13	181	10	129	40	408
<b>Yhteensä</b>	<b>678</b>	<b>12 734</b>	<b>417</b>	<b>8 829</b>	<b>490</b>	<b>11 521</b>	<b>1 585</b>	<b>33 084</b>

Läheskään kaikki myönteisen lausunnon saaneet hankkeet eivät toteudu johtuen lausunnon antamisen aikaisesta vaiheesta sekä muista tekijöistä. Vuodesta 2011 alkaen myönteisen lausunnon saaneista ja enintään 100 km itäraja sijaitsevista hankkeista on Puolustusvoimien selvityksen mukaan vain 13 on toteutunut, kun taas 80 hanketta on jäänyt rakentamatta. Rakentamattomista hankkeista aktiivisia on edelleen 58 hanketta, kun taas peruuntuneita hankkeita on 19. Kolmen hankkeen tilasta ei saatu tietoja.

### 3 Aluevalvontajärjestelmä ja tuulivoiman vaikutukset sen toimintaan

Puolustusvoimien toteuttama aluevalvonta muodostaa kokonaisuuden, joka sisältää ilma- ja merivalvontajärjestelmiä erilaisine sensoreineen. Rajavartiolaitos toteuttaa lisäksi omalta osaltaan aluevalvontaa maarajan valvonnan osalta sekä merialueilla omien toimivaltuuksiensa mukaisesti.

Radioaaltoja hyödyntävä ilmavalvontatutka on yksi niistä järjestelmistä, jolla Puolustusvoimat suorittaa aluevalvontaa. Ilmavalvontatutkalla voidaan havaita kohteita niihin suunnatun ja niistä takaisin heijastuneen tai takaisin lähetetyn sähkömagneettisen säteilyn perusteella. Tyypillinen ilmavalvontatutka lähettää lyhyitä, voimakkaita mikroaaltopulsseja tutkan antennin muodostamaan kapeaan keilaan. Kun mikroaaltopulssi kohtaa ilmassa olevan kohteen eli tutkamaalin, pieni osa siitä heijastuu kaikuna takaisin tutkan antenniin. Vastaanotettu heijastunut energia, ”kaiku”, ilmaisee kohteen olemassaolon. Kohteen tarkka suunta saadaan selville, kun tiedetään mihin antenni oli suunnattu havaintohetkellä. Kohteen etäisyys saadaan selville mittaamalla aika, joka tutkan lähettämältä pulssilta kului matkaan kohteeseen ja takaisin.

Valvontajärjestelmät voidaan jakaa aktiivisiin ja passiivisiin järjestelmiin. Aktiiviset tutkat voidaan jakaa edelleen ensiö- ja toisiotutkiin. Ensiötutka eli primääritutka (PSR-tutka) havaitsee kohteen vain kohteesta heijastuneen tutkapulssin perusteella. Kohteen yhteistoimintaa tutkan kanssa ei ilmaisussa tarvita. Ensiötutkaa käytetään etenkin sotilaallisessa ilmavalvonnassa. Aluevalvonnassa käytetään tyypillisesti pitkän kantaman ilmavalvontaan soveltuvia 3 GHz:n taajuusalueen ensiötutkia. Sotilaallisiin tarkoituksiin käytetään myös merkittävässä määrin myös muilla taajuusalueilla toimivia tukia.

Toisiotutkan eli SSR-tutkan toiminta perustuu tutkan lähettämään kyselypulssiin, joka suunnataan toisiotutkan antennilla haluttuun suuntaan. Ilma-aluksessa oleva transponderi vastaanottaa kyselypulssin ja vastaa siihen ilma-alukseseen asetetulla koodilla ja tiedoilla. Tyypillisesti transponderin vastaus sisältää ilma-aluksen yksilöivän nelinumeroisen koodin, lentokorkeuden, reittitietoja ja muita mahdollisia lisätietoja, jotka ilma-aluksen lentohenkilöstö on syöttänyt transponderiin.

Toisiotutka ei siis ole perinteisessä mielessä tutka, vaikka siitä käytetään kyseistä termiä. Kyseessä on lennonvarmennus- ja tunnistusjärjestelmä, jonka toiminta perustuu ilmassa olevan ilma-aluksen lähettämään tietoon.

Passiivisella ilmavalvontasensorilla tarkoitetaan muuhun kuin sensorin itsensä lähettämään energiaan perustuvaa kohteen havaitsemista. Kohteen havaitsemisessa käytettävä energia voi esimerkiksi olla peräisin itse kohteesta, valvonta-alueella tai sen lähellä olevista radio- ja TV-lähettimistä, matkapuhelintukiasemista tai satelliiteista. Passiiviset sensorit eivät lähetä valvottavalle alueelle mitään havainnointiin tarvittavaa sähkömagneettista energiaa.

Passiiviset ilmavalvontasensorit jaetaan tyypillisesti:

- Passiivisiin tutkiin (Passive Coherent Locator , PCL),
- Elektronisen tuen sensoreihin (Electronic Support Measures, ESM)

Passiivinen tutka (PCL) on yhdessä tai tyypillisesti useammassa sijoituspaikassa sijaitseva sensori (antennit, radiovastaanotin ja signaaliprosessointi), joiden avulla kyetään ilmaisemaan valvonta-alueella oleva energiaa heijastava kohde. Passiivinen tutkasensori on suunniteltu hyödyntämään jotain jo suunnitteluvaiheessa valittua valvonta-alueelle suuntautuvaa radiolähetettä ja kohteen ilmaisu perustuu lähetteen heijastumiseen kohteesta passiivisen tutkan vastaanottimeen.

Elektronisen tuen järjestelmä (ESM) sisältää puolestaan sensorin (antenni tai antennit, radiovastaanotin ja signaaliprosessointi), joka kykenee kohteen lähettämiä radiolähetetteitä havainnoimalla tuottamaan tunnistuksessa, paikannuksessa ja kohteen seurannassa tarvittavia tietoja. Elektronisen tuen järjestelmät voivat käyttää havainnointiin eri menetelmiä ja verkotettujen sensoreiden havaintotietoa fuusioimalla kyetään lisäämään kohteen paikanmäärityksen ja seurannan tarkkuutta. Havainnointi edellyttää kohteen käyttävän riittävän voimakasta ja tunnistettavaa radiolähetintä. Elektronisen tuen sensoreita voidaan käyttää tunnettujen kohteiden valvonnan lisäksi myös uusien lähetteiden havaitsemiseen ja radiotiedusteluun.

Passiivisiin ilmavalvontasensoreihin lukeutuu myös näkyvän valon tai infrapuna-alueilla toimivat elektro-optiset sekä akustiset sensorit. Näiden sensoreiden ongelmana on joko Suomen olosuhteista ja/tai sensorin toimintaperiaatteesta johtuva hyvin vaatimaton ulottuvuus.

## Tuulivoimaloiden vaikutukset aluevalvontajärjestelmälle

Tutkan häiriötön toiminta edellyttää, että sen lähettämän lähes suoraviivaisesti etenevän radioaallon etenemistiellä ei ole esteitä sen matkalla tutkasta kohteelle ja takaisin. Tutkan lähettämän ja vastaanottaman sähkömagneettisen energian reitillä olevat esteet aiheuttavat harhahavaintoja ja todellisten kohteiden havaintokyvyn heikkenemistä. Ilmavalvontatutkalla, joka mittaa maaleja satojen kilometrien etäisyydellä, korkeallakin lentävät kohteet, joiden etäisyys tutkasta on yli 200 km, ovat tutkan kannalta tarkasteltuna aivan tutkahorisontissa. Siten tutkan ja havaittavan kohteen väliin sijoittuvat tuulivoimalat voivat haitata maalien havaitsemista.

Tuulivoimaloiden lapojen pyöriminen aiheuttaa doppler-ilmion, johon perustuu myös tutkissa käytettävä eri nopeuksilla lentävien kohteiden erottelu. Käytännössä tuulivoimala voi aiheuttaa tutkalle liikkuvan maalin, jota tutkan signaalinkäsittely ei kykene erottelemaan oikeasta maalista. Pahimmassa tapauksessa tutkan signaalinkäsittely kyllästyy tuulivoimalan aiheuttamasta välkkeestä ja tutka ei kykene havaitsemaan tuulivoimaloiden alueella ja tutkan suhteen niiden takana sijaitsevia kohteita lainkaan.

Tutkan antenni ei ole ideaalinen, vaan se lähettää ja vastaanottaa signaaleja jonkin verran myös muista suunnista kuin halutusta valvontasuunnasta (pääkeilasta). Näitä sivusuuntia kutsutaan antennin sivukeiloiksi. Sivukeilat ovat ei-toivottuja ja häiritsevät tutkan toimintaa. Lähellä tutkaa sijaitsevat tuulivoimalat voivat aiheuttaa havaittavia heijastuksia tutkaan silloinkin, kun tutkan pääkeila ei kohdistu niihin. Tällöin tuulivoimaloista mahdollisesti syntyvät heijastukset näkyvät tutkalle väärässä suunnassa ja haittaavat tutkan tuottamaa tilannekuvaa.

Ilmavalvontatutkat pyritään sijoittamaan mahdollisemman korkealle asemapaikalle, jolloin ne pystyvät havaitsemaan kohteita mahdollisimman kaukaa. Maapallon kaarevuus aiheuttaa tutkakatveen, jolla on merkittävä vaikutus ilmavalvontaan eteenkin kaukana (yli 100 km etäisyydellä) matalalla lentävien kohteiden havainnoinnissa. Tällöin hyvinkin pienetkin esteet aiheuttavat lisää valvontakatvetta tutkan valvonta-alueelle.

Tuulivoimalan sähkömagneettiset haittavaikutukset voidaan jakaa seuraavasti:

- Vaimennus tuulivoima-alueen läpimenevälle tutkasignaalille (kahteen suuntaan) ja tästä aiheutuva valvonta-alueen pieneneminen (eli valvontakatve)
- Heijastukset roottorin lavoista ja niistä mahdollisesti syntyvät harhasignaalit (välke tuulivoimalan alueella ja sen läheisyydessä)
- Heijastukset tuulivoimalan torniosasta (esim. ylimääräisiä maaleja)

- Moninkertaiset heijastukset tuulivoimaloiden välillä ja niistä syntyvät harhasignaalit

## 4 Ratkaisut

Seuraavassa luvussa tarkastellaan teknisiä ratkaisuja ja kompensatoratkaisua tiettyine rajoituksineen. Yleisin tuulivoimarakentamisen ja aluevalvontajärjestelmän yhteensovittamiseksi esitetty ratkaisu on niin sanottu kompensatoratkaisu. Kompensatoratkaisun ajatuksena on se, että tuulivoimatoimijat osallistuvat tuulivoiman aiheuttamien valvontaan kohdistuvien haittavaikutusten lieventämiseen tietyllä alueella. Kompensatioalueella tuulivoimarakentaminen ei siis tarvitsisi toteutuakseen Puolustusvoimien myönteistä lausuntoa, mutta tuulivoimatoimijan tulisi suorittaa lakiin perustuva kompensatiomaksu. Tuulivoimatoimijoiden lisäksi myös valtio voisi osallistua kompensation kustannuksiin, mikäli näin päätetään.

Lisäksi luvussa käsitellään muissa valtioissa esitettyjä ratkaisuja ja erityisesti koordinaation lisäämistä eri toimijoiden välillä.

### 4.1 Kompensatoratkaisu

Selvitystyön aikana tarkasteltiin eri teknologioiden soveltuvuutta tuulivoimaloista aiheutuvan ilmavalvontakyvyn aleneman ja menetyksen kompensoinnissa. Selvityksessä huomioitiin kaikki nykyisellään tunnistetut ja Suomen hankittavissa olevat ilmavalvonnassa käytettävät aktiiviset ja passiiviset teknologiat, joiden suorituskyky ja kypsyyt nykyhetkellä mahdollistaisi tuulivoiman aiheuttamien haittojen kompensation.

Tarkastelussa käytettiin kahta vaihtoehtoista skenaariota:

- Maasijoitteinen (tutka- ja muut aluevalvonnan järjestelmät) alueellinen tuulivoiman aiheuttamien haittavaikutusten suorituskyvyn kompensatio pienentämään valvontakyvyn alenemaa noin kahden tai kolmen maakunnan alueella oleville tuulivoimaloille
- Maahan ja ilmaan sijoitettujen ilmavalvontasensoreiden (ilmavalvontakone) laaja valtakunnallinen haittavaikutuksen kompensatio valvontakyvyn aleneman osalta

Ilmavalvontaa ja sen suorituskykyä käytetään kaikissa tapauksissa valtakunnallisena kokonaisuutena ja yksittäisenkin alueen muutokset vaikuttavat etenkin poikkeusoloissa kokonaisjärjestelmän toimintaan ja toiminnanvapauteen. Suomen ilma- valvontajärjestelmä on myös osa Naton ilmavalvontaa. Puolustusvoimien vastuulla on tuottaa Suomen alueen sekä ennakkovaroituksessa tarvittavan rajojen ulkopuolisen alueen ilmapuolustuksessa tarvittava tieto myös Naton käyttöön asetettujen vaatimusten mukaisesti.

Mahdollisen tuulivoiman kompensaaation lähtökohta tulee olla normaali- ja poikkeusolojen toiminnan edellyttämä riittävä aluevalvonnan suorituskyky ja toimintaedellytykset (mm. huomioiden sensorien sijoituspaikat) koko valtakunnan alueella kaikissa tilanteissa.

Kompensaatiolla on kyettävä turvaamaan aluevalvonta tuulivoimaloiden elinkaaren ajan. Jos tuulivoimalat ovat edelleen olemassa tai ne uusitaan valvontakykyä kompensoivan suorituskyvyn elinkaaren päättyessä, tulee haittavaikutusten valvonnallisen kompensaaation jatkosta tehdä päätökset sellaisella aikataululla, että valvontakyky ei vaarannu hankintaprosessin aikana.

Haittavaikutusten kompensaatiossa on myös huomioitava, että valvontasensorien sijoittelu ja määrä perustuvat kompensatioalueella olevien tuulivoimaloiden tuottamaan haittavaikutukseen. Jos tuulivoima-alueita tai tuulivoimaloita alueella lisätään tai niiden sijoittelua muutetaan merkittävästi kompensatioalueen alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen, aiheuttaa se maasijoitteisten sensorien osalta mahdollisesti uuden kompensaatiotarkastelun.

Sensoreita on kyettävä sijoittamaan sekä kompensatioalueelle että sen ulkopuolelle. Sensorien sijoittelu edellyttää tarvittavien tyypillisesti korkeiden maastonkohtien maa-alueiden saamista käyttöön normaalioloissa. Tällä voi olla seurannaisvaikutuksia jo aikaisemmin myönnettyihin tuulivoimaloiden myönteisiin lausuntoihin lähellä tarkastelualueita. Käytännössä tämä tarkoittaa siis sitä, että mikäli valvontasensoreita sijoitetaan kompensatioalueen ulkopuolelle, tämän alueen ulkopuolella olevat tuulivoimalat voivat aiheuttaa haittaa uuteen paikkaan sijoitettaville valvontasensoreille. Tämä puolestaan tarkoittaisi sitä, että näiden hankkeiden toteutuminen ei olisi mahdollista tai nykyinen tuotanto jouduttaisiin jopa lopettamaan.



Poikkeusolojen edellyttämien sijoituspaikkojen osalta tarvittava maankäyttö kyetään toteuttamaan poikkeusolojen lainsäädännön mahdollistamalla tavalla. Tuulipuistojen määrän kasvattaminen kuitenkin haastaa poikkeusolojen ilmalvonnin selviytymiskykyä toiminnanvapauden pienentyessä ja myös tämä on huomioitava mahdollisia kompensatoratkaisuja suunniteltaessa.

### Tekniset ratkaisut

Joissakin maissa on integroitu siviilivalvontakykyä osaksi tuulipuistoja. Suomessa tätä ei ole tehty eri syistä. Haaste tällaisessa ratkaisussa on muun muassa se, että siviiliteknologia ei ole häirinnältä suojattua samaan tapaan kuin sotilasteknologia eikä Puolustusvoimat omista infrastruktuuria. Lisäksi tuulivoima-alueiden omistajat ovat usein ulkomaisia yrityksiä. Tällöin on olemassa aito riski sille, että puiston omistajuus voisi aiheuttaa ongelman valvontakyvyn suojaamiselle. Sotilaskäyttöön tarkoitettun valvontakyvyn lisääminen osaksi siviili-infrastruktuuria käytännössä muodostaisi haasteen suojaamiselle myös siitä näkökulmasta, että kohde voitaisiin kansainvälisen oikeuden näkökulmastakin luokitella myös sotilaskohteeksi. Kansainväliset sodan oikeussäännöt velvoittavat lähtökohtaisesti pitämään tiukasti erillään sotilaalliset ja siviilikohteet.

Valvontasensorin sijoittaminen tuulivoimalaan edellyttäisi olemassa olevaa todennettua ja riittävän suorituskykyistä ratkaisua, jolla kyetään poistamaan tuulivoimalan ilmapuolustukselle aiheuttamat vaikutukset myös etäämpänä tuulivoimalasta. Tällaisia tarpeeksi suorituskykyisiä ja kypsiä ratkaisuita ei ole tunnistettu olevan huolimatta siitä, että joissakin maissa integraatioita on siviiliteknologiaa käyttäen jo tehty. Tuulivoimala sensoriasemapaikkana on myös riskialtis sekä teknisesti että operatiivisesti ja aiheuttaa lisäksi ylläpidollisia haasteita.

Puolustusvoimat on tarkastellut hyödynnettävissä olevia ilmalvontateknologioita ja ratkaisuita relevanteilta järjestelmätoimittajilta vuosien 2023–2024 aikana. Tarkastelujen perusteella mahdollisen tuulivoimakompensaation tulee perustua aktiivisiin riittävän suorituskyvyn omaaviin ilmalvontatutkiin sekä tarvittaessa niitä tukeviin passiivisiin ilmalvontasensoreihin. Aluevalvontaan käytettävien sensorien tulee olla integroitavissa olemassa olevaan valvontajärjestelmään. Sensorien tulee lisäksi olla siirrettävissä taistelualueella poikkeusolojen aika- ja resurssivaatimusten mukaisesti taistelunkestävyyden takaamiseksi.

Ratkaisuksi kokonaistilanteen kompensointiin on esitetty myös uudenlaisen valvontateknologian kehittämistä. Puolustusvoimat kannattaa uusiin teknologioihin perustuvien ratkaisujen kartoittamista, mutta suunnitteluvaiheessa olevaan, todentamattomaan ja mahdollisesti ilmalvonnin kokonaisjärjestelmään

soveltumattomaan suorituskykyyn ei voida sitoutua tuulivoimarakentamisen mahdollistamiseksi. Suunnittelu, toteutus ja testaus vievät lähtökohtaisesti aina 10–20 vuotta silloin, kun perustutkimustakaan ei ole vielä tehty. Lähtötilanteessa ei tällöin voida olla varmoja siitä, että uusi teknologia toimii odotetulla tavalla tai että se olisi lopulta integroitavissa olemassa olevaan järjestelmään. Kehitystyö on myös erittäin kallista eikä tämän osalta Puolustusvoimilla ole reaalista mahdollisuutta sitä rahoittaa. On kuitenkin tärkeää, että uudenlaista teknologiaa kehitetään taustalla, vaikka siihen ei voida suoraan ennen sen toimivuutta sitoutua.

## Kustannukset

Tuulivoiman häiritsevien vaikutusten kompensointien kokonaiskustannus maasijoitteisena valvontakalustona kahden tai kolmen maakunnan kattavana alueellisena tarkasteluna olisivat alueesta ja sen sijoittumisesta riippuen noin 190–300 miljoonaa euroa aluetta kohden, jos elinkaareksi oletetaan noin 25–30 vuotta. Summassa on huomioitu hankinnan, suorituskyvyn rakentamisen sekä käytön ja kunnossapidon kustannukset. Koko itäisen Suomen kompensointi maasijoitteisella valvontakalustolla maksaisi Suomenlahden rannikolta Itä-Lappiin siis noin 600–900 miljoonaa euroa.

Mikäli alueiden koko ja sensorien määrä kasvaisi, aluekohtaiset hankintakustannukset saattaisivat jonkin verran pienentyä siitä syystä, että hankintaprosessi tehdään yhdellä kertaa ja suurempi materiaalin kertatilausmäärä yleensä laskee yksittäisen valvontaratkaisun hintaa. Mikäli päätökset alueista tehdään erillisinä ratkaisuina, vaatii se joka kerta uuden hankintaprosessin. Tämä nostaa väistämättä kokonaiskustannuksia.

Kompensointikustannuksiin vaikuttavat merkittävästi suunniteltujen tuulivoimaloiden määrä, korkeus ja sijoittuminen, joka tulee olla alueina tiedossa jo kompensointien suunnitteluvaiheessa. Jokainen uusi valvontajärjestelmän osa edellyttää lisäksi maanhankintaa ja infrastruktuurin sekä viestiyhteyksien rakentamista ja siten rahoitusta. Osa järjestelmistä vaatii lisäksi lisähenkilöstön kouluttamista ja palkkaamista.

Ilma- ja maasijoitteisiin valvontasensoreihin perustuvassa kompensaatiossa tuulivoimaloiden sijoittelu koko valtakunnan alueella olisi vapaampaa johtuen ilmassa olevien sensorien liikkuvuudesta. Ilmavalvontakone ei kuitenkaan yksinään ratkaise valvonnan haasteita, vaan tässäkin ratkaisussa tarvittaisiin maahan sijoitettua valvontakykyä. Ilmasijoitteisuudessa keskeisiä kysymyksiä ovat muun muassa lento-tuntien määrä, henkilöstön riittävyys sekä polttoaine- ja ylläpitokustannukset. Esimerkiksi yksi valvontakone ei olisi riittävä ratkaisu, koska kone ei voi olla ilmassa ympäri vuorokauden vuoden jokaisena päivänä. Lisäksi poikkeusoloissa koneen

toiminnanvapaus olisi rajoittuneempi kuin normaalioloissa. Maa- ja ilmasijoitteen kompensaaation kokonaiskustannukset ovat hankinnan osalta valittavasta ratkaisusta riippuen 500–800 miljoonaa euroa ja käyttö ja ylläpitokustannukset noin 15–20 miljoonaa euroa vuodessa.

Ilmasta tapahtuvan valvonnan resurssitarvetta voidaan pienentää, mikäli kumppanimaiden kesken voidaan luoda yhteisiin ilma- ja valvontakoneisiin perustuva yhteisratkaisu. Koneet eivät kuitenkaan lennä Suomen ilmatilassa koko aikaa vaan koneiden käytön painopiste suunnitellaan kumppanimaiden kesken siten, että yhteiskapasiteetti hyödyttää kaikkia osallistujamaita tasapuolisesti.

### Kompensaaation rahoitus

Tuulivoimakompensaaation rahoitus voidaan kattaa joko valtion budjetista, tuulivoimatoimijoilta kerättävistä maksuista tai näiden yhdistelmällä. Nykyisissä menokehyksissä ei ole varattu rahoitusta kompensaaatoratkaisulle.

Kompensaaatiomallin käyttöönoton riskinä on se, että tuulivoiman tuottajille suunniteltu maksu jää alimitoitetuksi suhteessa rahoitustarpeeseen. Kompensaaatiomallin tuottoarvioihin liittyy väistämättä epävarmuutta esimerkiksi sen suhteen, kuinka paljon tuottajille aiheutuvat lisäkustannukset heikentäisivät tuulivoimarakentamisen kannattavuutta ja siten investointien houkuttelevuutta kyseisille alueille. Tämä vaikeuttaa tuottajille asetettavan kompensaaatiomaksun mitoitusta. Aiemmin länsirannikolle toteutetun kompensaaatiomallin käyttöönotossa tuotto jäi selvästi ennakoitua vähäisemmäksi.

Kompensaaatiomaksu voidaan kohdistaa joko kaikille uusille tuulivoimahankkeille tai ainoastaan sellaisille hankkeille, jotka sijoittuvat kompensaaatioalueelle. Kaikille uusille tuulivoimahankkeille kohdistuva maksu heikentäisi tuulivoiman kannattavuutta kaikkialla Suomessa. Kaikkia uusia tuulivoimaloita koskeva maksu olisi kuitenkin huomattavasti pienempi verrattuna malliin, jossa maksu kohdistuisi ainoastaan kompensaaatioalueelle rakennettaviin tuulivoimaloihin. Jälkimmäisessä mallissa riskinä on se, että kompensaaatiomaksu kannustaa investoimaan nimenomaan sellaisille alueille, joilta maksua ei kerätä.

Tuulivoimakompensaaation mahdollisessa toteuttamisessa on myös huomioitava sen rakentamisen vaatima aika ja valvontakykyyn sijoitettavan investointirahoituksen etupainotteisuus. Etupainotteisuudesta johtuen valtion tulisi varata rahoitus kokonaisuudessaan etukäteen niin sanottuna siltarahoituksena. Tuulivoimatoimijoilta maksu voitaisiin kerätä ennen tuulivoimaloiden rakentamisen aloittamista, käytön aikaisista tulovirroista tai näiden yhdistelmällä. Maksu voitaisiin

kerätä myös etukäteen eräänlaisena sitoutumismaksuna tai -vakuutena. Tällaisessa mallissa kompensatioalueen ilmaisevat ratkaisun rakentaminen aloitettaisiin vasta, kun kompensatiotuloja on syntynyt riittävästi. Siten mallissa olisi pienin riski valtion menojen kannalta. Kompensaatiomaksua ja mahdollisesti siihen liittyviä sitoumusmaksuja tai -vakuuksia suunniteltaessa tulisi pyrkiä siihen, että valtion siltarahoitus palautuisi täysimääräisesti valtion talousarvioon huomioiden myös julkisen talouden nykyinen heikko tilanne.

Mahdollinen tuulivoimakompensaatio on syytä suunnitella pitkäjänteisesti, mutta laajempikin rakentaminen tulisi toteuttaa yhden rakentamishankkeen kuluessa, jotta kustannukset ja muut resurssitarpeet sekä rakentaessa että etenkin elinkaaren aikana eivät merkittävästi kohoja. Eri aikaan tapahtuvat hankinnat edellyttävät hankintaprosessin uudelleen käynnistämistä ja uusia hankintaresursseja. On myös mahdollista, että sensorien ominaisuudet ja saatavuus tai integroitavuus (ominaisuudet) muuttuvat muutamien vuosien aikana. Tämä voi edellyttää aikaisemmin hankittujen suorituskykyjen päivitystä myöhemmin hankittavien tasolle, jotta järjestelmän valtakunnallinen kokonaissuorituskyky säilyy, joka taas lisää rahoitustarvetta esimerkiksi jollekin aikaisemmin jo kompensoidulle alueelle. Tulisikin välttää tilannetta, jossa eri alueille tehtäisiin erillisiä ratkaisuja, jotka eivät ole integroitavissa olemassa olevaan kokonaisjärjestelmään 10–30 vuoden aikajänteellä.

Toimijoilta kerättävien kompensatiomaksujen tulisi siis kattaa myös tuulivoimarakentamisesta syntyvät valvontajärjestelmien kehittämisen, käytön ja ylläpidon ylimääräiset kustannukset joko kokonaan tai osittain. Sen sijaan järjestelmien yleiseen kehittämiseen ja käyttöön muutoin liittyvät kustannukset ovat johdonmukaista kattaa valtion budjettivaroista.

### Alueen valinta

Kompensaatiosta ja kompensatioalueista puhuttaessa tulee muistaa, että mahdollisen alueen valinnan yhteydessä on tarkasteltava muitakin kuin puolustusvoimallisia syitä. Tämä tarkoittaa sitä, että ei olisi järkevää perustaa vain Puolustusvoimille sopivaa kompensatioaluetta, mikäli sitten muut rakentamiseen vaikuttavat syyt estäisivät todellisuudessa alueelle rakentamisen. Näitä syitä voivat olla luontoon ja ympäristöön liittyvät syyt, maisemaan ja meluun liittyvät syyt, kantaverkon puute tai esimerkiksi vahva paikallinen vastustus.

Kompensaatioalueesta ei saa myöskään muodostua aluetta, jonne todellisuudessa ei rakenneta siitä syystä, että jokaisesta yksittäisestä tuulivoimalasta tulisi maksaa kompensatiomaksua. Hankkeiden yleinen kannattavuus on tällä hetkellä alhaisempi kuin aiemmin ja lisämaksujen kerääminen voisi siten toimia päinvastaisesti kuin on tarkoitettu.

Sekä maasijoitteisessa että maa- ja ilmasijoitteisessa kompensatiomallissa teollisen kokoluokan tuulivoimalalle jäisi tapauskohtaisia rakentamisrajoitteita noin 20–30 kilometrin etäisyydelle valtakunnan rajasta, sekä maanpuolustuksen kannalta välttämättömien kohteiden läheisyyteen tapauskohtaisesti kohteesta noin 15 kilometrin etäisyydelle. Vertailuesimerkkinä voidaan mainita, että Virossa rakentamisrajoitus maan itärajalta on 50–100 km.

Mikään kompensatioratkaisu ei mahdollista täysin vapaata rakentamista kaikkialla Suomessa. Suomessa tulee olemaan paikkoja, joissa valvonnan suunta ja mahdolliset valvonnan sijoituspaikat eivät tue vapaata tuulivoiman sijoittelua, mikäli valvontakyvystä ja väestön suojaamisen edellyttämästä ennakkovaroituskyvystä halutaan pitää kiinni.

Puolustusvoimille ehdotetaan toisinaan myös yksittäisten hankkeiden rakentamisen mahdollistamiseksi alueellisesti rajattua, hankekohtaista kompensatiota. Tällainen kompensointi voi vaikuttaa taloudellisesti houkuttelevalta, kun hintatarkasteluun otetaan vain yksittäinen tutka tai muu valvonnan osa. Yksittäisen hankkeen kompensointi voisi joissakin tapauksissa ratkaista valvontahaasteen yhden hankkeen osalta, mutta saattaisi rajoittaa lopulta muiden lähialueella olevien tuulivoimahankkeiden rakentamista. Lähialueeksi voidaan katsoa hankkeen sijainnista riippuen projektit, jotka sijaitsevat kymmenien tai yksittäistapauksissa jopa noin 100 kilometrin päässä. Viranomaisten tulee toiminnassaan kohdella kaikkia toimijoita yhdenvertaisesti. Tästä syystä yhden hankkeen sijasta olisi hyvä keskittyä suurempiin alueisiin, johon tuulivoimaa voitaisiin rakentaa suurempi määrä eri toimijoiden hankkeina ja sen ympärille toteuttaa yllä kuvatulla tavalla tarvittavat valvontakyvyn muutokset. Tällöin myös kustannukset jakautuisivat useamman toimijan vastuulle. Näin ei myöskään muodostu alueellisesti epätasa-arvoista tilannetta, jossa yksittäisen hankkeen kompensatiolla saatetaan estää jonkun laajemman maakunnallisen alueen rakentamista merkittävälläkin tavalla.

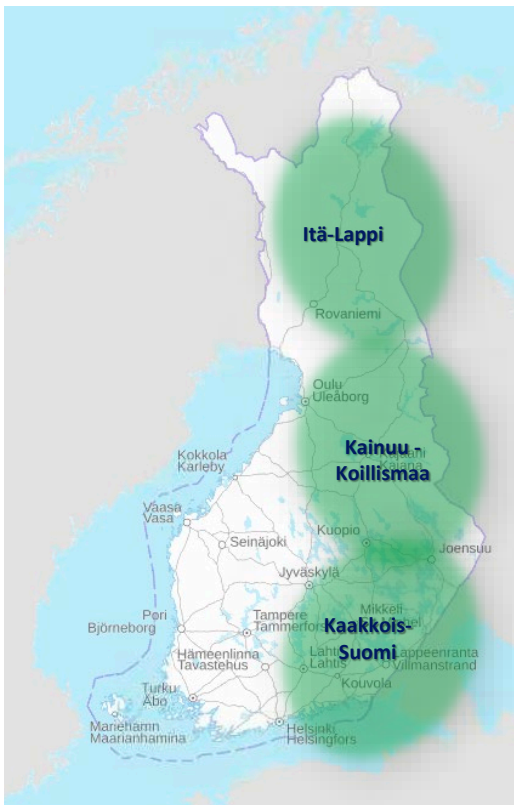
## Aikataulu

Kompensoivien sensorijärjestelmien rakentaminen vaatii aikaa etenkin nykyisessä jännittyneessä turvallisuuspoliittisessa tilanteessa, jolloin toimitusajat ovat normaaliakin pidempiä. Mikäli teknologista kompensatiota lähdetään edistämään, on

kompensoitioalueilla syytä varautua noin 5–8 vuoden kokonaisviiveeseen ennen tuulivoimaloiden rakentamisen aloitusta. Järjestelmätoimittajan vastuulla olevan sensorien rakentamisen, toimittamisen ja testauksen lisäksi järjestelmien käyttöön ottamisen ja suorituskyvyn rakentamiseen tarvitaan myös aikaa ja henkilöresursseja.

Tuulivoimahankkeen kesto suunnittelusta toteutukseen on keskimäärin noin 4–6 vuotta. Muutoksenhakuprosessien kestolla voi olla joissain hankkeissa huomattava vaikutus toteutusaikaan. Tuulivoimaloiden rakentaminen valituilla kompensoitioalueella mahdollistuu vasta valvontakaluston käyttöön saamisen jälkeen. Mikäli kompensoitiomallia lähdetään edistämään, tulee sen suunnittelussa ottaa huomioon myös hankkeiden vaiheet, mahdolliset valitusprosessit sekä valvontaratkaisujen saatavuus.

**Kuvio 1.** Havainnekuva mahdollisista kompensoitioalueista. Hinta-arviot ja voimaloiden määrät ovat pelkästään arvioita eivätkä perustu vielä tässä vaiheessa todelliseen suunnitteluun ja kompensoitilaskentaan. Kuvassa ei myöskään ole vielä huomioitu muita rakentamiseen vaikuttavia syitä.



Tarkastelu kolmena mahdollisena alueena, joissa kompensoitoratkaisu suunnitellaan kussakin tapauskohtaisesti

Kompensoation hinta maasijoitteisella valvontajärjestelmällä toteutettuna on 190–300 miljoonaa euroa/alue ja noin 600–900 miljoonaa euroa kaikilla alueilla noin 30 vuoden jaksolla

Alueen kompensoation tarkempi hinta kyetään määrittämään vasta, kun tuulivoimaloiden määrä, yksityiskohtaiset voimalatiedot ja sijoittuminen on päätetty.

Yleisten arvioiden perusteella yhdelle alueelle voitaisiin suunnitella noin 100–400 tuulivoimalaa huomioiden laajasti rakentamiseen vaikuttavat muut syyt. Määrä tarkentuu suunnittelun edetessä.

Kullakin alueella kompensoation hinta riippuu toteutettavasta tuulivoimalamäärästä ja voimaloiden sijoittumisesta. Alla olevat ovat suuntaa-antavia hinta-arvioita voimalakohtaisesta kompensoatiosta.

190 Meur kompensoatioshinnalla kustannukset ovat:

- jos esim. 100 tuulivoimalaa -> ~1,90 Meur
- jos esim. 400 tuulivoimalaa -> ~0,47 Meur

300 Meur kompensoatioshinnalla kustannukset ovat:

- jos esim. 100 tuulivoimalaa -> ~3,00 Meur
- jos esim. 400 tuulivoimalaa -> ~0,75 Meur

## 4.2 Laki tuulivoiman kompensatioalueista

Laki tuulivoiman kompensatioalueista (490/2013) tuli voimaan 28.6.2013. Lain tavoitteena on mahdollistaa tuulivoimaloiden rakentaminen nimetyillä tuulivoiman kompensatioalueilla siten, että Suomen aluevalvonta, Puolustusvoimien alueelliset toimintaedellytykset ja sotilasilmailu eivät vaarannu tai häiriinny. Tavoitteena on myös varmistaa tuulivoimarakentamisen takia tarvittavaa kompensatoratkaisua vastaavan rahoituksen kerääminen tasapuolisesti asianomaisen tuulivoiman kompensatioalueen tuulivoimarakentajilta.

Laissa säädetään tuulivoimarakentamisen edellytyksistä laissa erikseen nimetyillä alueilla, kompensatioalueelta kerättävän tuulivoimamaksun suuruudesta ja maksujen yhteenlasketusta enimmäismäärästä.

Alueen nimeäminen laissa tuulivoiman kompensatioalueeksi edellyttää, että Puolustusvoimat on laatinut alueelle kompensatoratkaisun, joka mahdollistaisi tuulivoimarakentamisen ja Puolustusvoimien lakisääteisten tehtävien (muun muassa aluevalvonnan) yhteensovittamisen. Tällä hetkellä laki sisältää yhden alueen, Perämeren tuulivoima-alueen, joka sijaitsee Hailuodon, Lumijoen, Raahen, Siikajoen ja Pyhäjoen kuntien alueella. Lakia voidaan täydentää uusilla tuulivoiman kompensatioalueilla.

Perämeren tuulivoima-alue on noin 2450 neliökilometrin suuruinen. Tuulivoimamaksu alueella on 50 000 euroa ja kompensaaation kautta kerättävä tavoitesumma 18 500 000 euroa. Perämeren tuulivoima-alueella tuulivoimamaksua ei lain mukaan kerätä jo ennen lain voimaan tuloa kaupallisessa käytössä olleilta voimaloilta tai sellaisilta voimaloilta, joilla on jo ollut Puolustusvoimien myönteinen lausunto. Kompensatioalueella on tällä hetkellä yhteensä 80 tuulivoimalaa. Tämä vastaa noin 20 % kokonaiskompensaatiosummasta. Perämerellä kompensatoratkaisun perusteet ovat erilaiset kuin itäisessä Suomessa, joka on Suomelle päävalvontasuunta. Perämerellä kompensatoratkaisulla mahdollistettiin erityisesti harjoitustoiminta ja etenkin ilmatorjunta-ammuntojen (maasta ilmaan) ja ilma-amaaliammuntojen (ilmasta ilmaan) turvaaminen Perämeren harjoitusalueella.

Kompensatioalueelle ei ole toteutettu niin paljon hankkeita kuin aluetta muodostettaessa oletettiin tapahtuvaksi. Tuulivoiman kannattavuus on yleisesti parantunut huomattavasti, mikä on laajentanut merkittävästi potentiaalisia tuulivoima-alueita. Ennakoitua alempi toteutumisaste johtuu osin siitä, että kompensatiomaksun seurauksena muille alueille rakentaminen on ollut suhteellisesti kannattavampaa.

Tämä korostaa tarvetta erityisen tarkalle hallinnonalojen rajat ylittävälle suunnittelulle ja rakentamattomuuden syiden selvitykselle, mikäli laki haluttaisiin ulottaa koskemaan myös uusia alueita.

**Kuvio 2.** Perämeren tutkakompensaatioalue



### 4.3 Tuulivoimarakentamisen ja ilmavalvonnan yhteensovittaminen muissa maissa

Tuulivoimarakentamista valvotaan ja sille asetetaan erilaisia rajoitteita ja lupakäytänteitä useissa Nato- ja EU-maissa. Rakentamisen rajoitteet vaihtelevat valtioittain alueellisista rakentamis- tai korkeusrajoitteista tutka- tai sensorikohtaisiin rajoitteisiin. Yksityiskohtainen tieto rajoitteistakin on useimmiten salassa pidettävää tietoa. Tuulivoimarakentamista valvotaan eri maiden puolustushallintojen toimesta ja teollisen kokoluokan tuulivoimarakentaminen edellyttää valtioiden puolustushallinnon toimijoiden hyväksyntää. Joissakin maissa on tehty sellaisia ratkaisuja, joissa valvontakykyä on sopeutettu puhtaan siirtymän tavoitteiden saavuttamiseksi. Näillä mailla ei ole suoraa maarajaa Venäjän kanssa ja tällöin ennakkovaroituksen aika on täysin erilainen kuin Suomessa.



Suomen lähialueella olevissa valtioissa tuulivoiman rakentamista on tehty kompensatoratkaisu esimerkiksi Virossa. Viron tapauksessa koko valtiota koskevana kompensatona on päätetty hankkia ilmavalvontaan aktiivisia ja passiivisia lisäensoreita, joiden käyttöönoton jälkeen rakentamisen rajoitteita voidaan vähentää. Huolimatta tehdystä kompensatoratkaisusta, jossa Viron ilmavalvontakykyä lisättiin määrällisesti merkittävästi, jäi tuulivoimarakentamiselle edelleen merkittäviä alueellisia rakentamisrajoitteita etenkin Viron itäosiin ja Länsi-Virossa sijaitseville saarille.

Latviassa on puolestaan selkeästi ilmoitetut alueet, joille saa rakentaa ja jonne ei saa rakentaa tuulivoimaloita sekä alueet, joissa tuulivoimaloiden rakentaminen vaatii kompensointia. Suomessa alueita ei haluta samalla tavalla ilmoittaa siitä syystä, että se paljastaisi alueellisen valvontakyvyn sijoittumisen. Huomionarvoista on myös se, että Baltian maiden aluevalvonnasta vastaavat suurelta osin tiettyjen Nato-maiden ilmavoimat kukin vuorollaan. Suomi sen sijaan valvoo täysimääräisesti omaa aluettaan.

## 4.4 Tuulivoimarakentamiseen liittyvän koordinaation lisääminen

Arto Rädyn raportissa kuvattiin Iso-Britanniassa perustetun ilmapuolustus- ja merituulipuistojen yhteistoimintaryhmän toimintaa. Ryhmään kuuluu edustus eri ministeriöistä, maan asevoimista, merituulivoimaa edustavasta etujärjestöstä sekä alueita hallinnoivasta viranomaisesta. Ryhmän työn kautta on tuulivoiman ilmavalvonnalle aiheuttamien rajoitusten vähentämiseksi myönnetty muun muassa rahoitus useille projekteille. Yhteistyömallissa käsitellään ainoastaan merituulivoimaa, mutta se antaa Rädyn raportin mukaan periaatetasolla mallin siitä, miten tuulivoimateollisuus ja valvontajärjestelmien toimittajat voidaan kytkeä ratkaisujen etsimiseen.

Työryhmä on avoin vastaavan maatuulivoimaryhmän perustamiselle Suomessa. Ryhmän perustaminen ja tavoitteiden saavuttaminen edellyttävät kuitenkin tiettyjen reunaehtojen täyttymistä. Käytännössä koordinaatiotyö edellyttää poliittista päätöstä kompensatioalueen perustamisesta, riittävän rahoituspohjan varmistamista ja hanketoimijoiden sitoutumista kehittää hankkeita itäiseen Suomeen.

Aluevalvonnan kehittäminen on viranomaislähtöistä ja lakiin perustuvaa toimintaa. Järjestelmän kehittäminen ja ylläpito ovat Suomessa siten vain ja ainoastaan Puolustusvoimien vastuulla. Puolustusvoimille ei ole mahdollista tarjota valmiita valvontaratkaisuja tuulivoiman rakentamisen mahdollistamiseksi. Ulkopuolisten toimijoiden ei tule yksityiskohtaisesti tietää valvonnan toteutustapaa, rakennetta tai sitä, miten erilaiset ratkaisut soveltuvat olemassa olevaan ja jatkuvasti kehitettävään kokonaisjärjestelmään. Kuten jo aikaisemmin todettua, Puolustusvoimat ei vastusta uuden teknologian kehittämistä, mutta suunnitteluvaiheessa olevaan ja todentamattomaan suorituskykyyn ei voida sitoutua tuulivoimarakentamisen mahdollistamiseksi.

Yleisellä tasolla työryhmä kannattaa laajempaa keskustelua ja koordinaatiota puhtaan siirtymän kysymysten edistämiseen ja yhteensovittamiseen liittyen.

## 5 Pitkän aikavälin visio ja johtopäätökset

*Tavoitteena on edistää puhtaan energian investointiedellytyksiä itäisessä Suomessa markkinaehtoisesti ja maamme puolustuskyvystä tinkimättä.*

Itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen edistämiseksi on esitetty erityisesti seuraavia keinoja: tekniset ratkaisut, kompensatioratkaisu, koordinaation ja yhteistyön lisääminen sekä Puolustusvoimien lausuntomenettelyiden kehittäminen.

### Tekniset ratkaisut

Työryhmä katsoo, että teknisillä ratkaisuilla voidaan jossain määrin ratkoa tuulivoiman ja ilmalvalvonnan yhteensovittamiseen liittyviä haasteita ja siten lisätä tuulivoimarakentamista. Nykyisin käytettävissä olevat tekniset järjestelmät eivät kuitenkaan poista ongelmia siten, että rakentaminen voisi olla kaikkialla Suomessa täysin vapaata. Uusien teknologioiden kehittäminen, testaaminen ja käyttöönotto kestävät kuitenkin vuosia tai jopa vuosikymmeniä. Puolustusvoimat on jo kerännyt kokemuksia muista maista ja Nato-yhteistyö lisää omalta osaltaan mahdollisuuksia kehittää valvontakykyä. Työryhmä katsoo, että kansainvälistä yhteistyötä ja tiedonvaihtoa on tärkeää jatkaa tulevaisuudessakin.

### Tuulivoiman kompensatioratkaisu

Työryhmä katsoo, että pitkällä aikavälillä tuulivoiman lisärakentamista itäisessä Suomessa voitaisiin mahdollistaa kompensatioratkaisulla. Ratkaisuun liittyy kuitenkin useita haasteita esimerkiksi rahoituksen ja kompensatioratkaisun suunnittelun etupainotteisuuteen liittyen. Kompensatioalue edellyttäisi valtion silta-rahoitusta sekä riittävän varmuuden siitä, että kerättävät kompensatiomaksut kattaisivat Puolustusvoimille syntyvät ylimääräiset kustannukset halutussa määrin. Lisäksi tuulivoimaloiden sijainnit ja yksityiskohdat tulisivat olla selvillä ratkaisua suunniteltaessa. Valvontakyvyn ylläpitämisen mahdollistava kompensatioratkaisu on ratkaisumallista riippumatta kallis toteuttaa ja vaatii sekä valtion että tuulivoimatoimijoiden sitoutumista näiden alueiden kehittämiseen. Maasijoitteinen ratkaisu maksaa noin 190–300 MEUR aluetta kohden ja noin 600–900 MEUR koko itäisen Suomen osalta tai ilma- ja maasijoitteisen valvonnan yhdistelmänä noin 500–800 MEUR lisätynä vuosikustannukset, jotka ovat noin 15–20 MEUR.

Kompensaatoratkaisusta riippuen maksut kohdistuisivat joko kaikille uusille hankkeille tai ainoastaan kompensatioalueille rakennettaville hankkeille. Kompensaatioalueesta ei saa muodostua aluetta, jolle ei rakenneta juuri lisäkustannusten vuoksi. Kompensaatioalueen rakentaminen ei saa myöskään valvonnan siirtyessä osittain alueen ulkopuolelle estää merkittäväällä tavalla muualle rakennettavaa tuulivoimaa.

Kompensaatioalueiden määrittäminen ja perustaminen vaatisivat poliittisen päätöksen johtuen muun muassa sen merkittävistä vaikutuksista valtion budjettitalouteen sekä eri alueiden asemaan aluetta valittaessa huomioiden myös valvonnan siirtymisen vaikutukset olemassa oleviin hankkeisiin. Kompensaatioalueiden muodostaminen, hankekehitys sekä tarvittavan sähköverkon rakentaminen vievät vuosia. Lisäksi nykyistä tuulivoiman kompensatioalueista annettua lakia tulisi muuttaa. Kompensaatioalue olisi toiminnassa aikaisintaan 2030-luvulle tultaessa. Käytännössä kompensatioalueen määrittämisen aikatauluun vaikuttavat poliittisen päätöksen tekeminen sopivasta tai sopivista alueista, valtion siltarahoituksen varmistuminen ja kompensatiomaksukäytänteestä sopiminen, valvontateknologian hankintaprosessin kesto, kompensatiolainsäädännön muuttaminen, alueen valinnan yhteensovittaminen muihin rakentamiseen vaikuttaviin syihin sekä muiden intressien yhteensovittaminen. Lisäksi tarvitaan tuulivoimatoimijoiden sitoutuminen kehittää tuulivoimaa valittavalle tai valittaville alueille, jotta kompensatiomalli toimisi tavoitellusti.

### **Koordinaation ja yhteistyön lisääminen**

Kansallista energia- ja ilmastopolitiikkaa ohjaa hallituskausittain valmisteltava kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Uuden strategian valmistelu on aloitettu, ja sen odotetaan valmistuvan vuoden 2025 aikana. Strategia kattaa laajasti yhteiskunnan kaikki kasvihuonekaasupäästöt ja nielujen aikaansaamat poistumat. Strategia muodostaa kokonaisvaltaisen toimintaohjelman tavoitteineen ja politiikkatoimineen, jolla edetään hiilineutraaliin ja myöhemmin hiilenegatiiviseen yhteiskuntaan. Tavoitteisiin pyritään mahdollisimman kustannustehokkaalla, vaikuttavalla ja kestäväällä tavalla.

Työryhmä katsoo, että esimerkiksi yksittäisiä energiantuotantomuotoja koskevat politiikkatoimet ovat syytä jatkossakin käsitellä kootusti kyseisessä strategiassa. Valtaosa energiasektorin investoinneista Suomessa tehdään liiketaloudellisin perustein yksityisten yritysten toimesta ja siten valtion rooli on jatkossakin ensisijaisesti markkinahäiriöihin puuttuminen ja myönteisen investointi-ilmapiirin ylläpitäminen. Tuulivoimarakentamiselle parhaiten soveltuvia alueita pyritään löytämään maakuntakaavoituksessa ja kaavoitusta edeltävissä selvityksissä.

Lisäksi työryhmä katsoo, että tuulivoimarakentamisen edellytyksiä voidaan parantaa myös koordinaation kehittämällä. Koordinaation lisäämisen tarve riippuu kuitenkin poliittisesti valittavista jatkotoimista. Mikäli kompensatioalue päätettäisiin perustaa, lainsäädäntötyön taustalle tulisi perustaa yhteistyöryhmä, joka ratkoisi esimerkiksi kompensatiomalliin ja alueen valintaan liittyviä kysymyksiä. Tapauksessa, jossa kompensatioaluetta ei päätetä perustaa, koordinaatiota on mahdollista lisätä rajatumminkin. Tällöin yhteistyöryhmä tarjoaisi viranomaistoimien koordinoinnin ohella alan toimijoille keskitetyn mahdollisuuden esittää uusia ratkaisuja ja tulla kuulluksi.

Muihin tuulivoimarakentamiseen vaikuttaviin syihin tulisi jatkossakin kiinnittää huomiota ja pyrkiä ratkomaan niihin liittyviä ongelmia.

### **Puolustusvoimien lausuntomenettelyiden kehittäminen**

Vuoteen 2030 mennessä tuulivoimarakentamista itäisessä Suomessa on mahdollista edistää nykyisen järjestelmän puitteissa keskittymällä niihin hankkeisiin, joihin Puolustusvoimat on jo antanut myönteisen lausunnon. Lausuntomenettelyn kehittäminen ei ollut työryhmätyön keskiössä, mutta Puolustusvoimat tulee kehittämään lausuntomenettelyään vahvistamalla aluevalvontavaikutuksiin keskittyvän lausunnon juridista pohjaa ja kiinnittämällä huomiota lausuntojen antamisen resursointiin.

Työryhmä katsoo, että rakentamattomat hankkeet, jotka ovat jo saaneet myönteisen lausunnon ennen vuotta 2020, tulisi vapauttaa sellaisille toimijoille, jotka hankkeeseen kykenisivät investoimaan. Asian ratkaisemiseksi tarvitaan yhteistyötä tuulivoimatoimijoiden kanssa. Näin nämä hankkeet eivät myöskään tarpeettomasti vähentäisi potentiaalisten tuulivoimarakentamisalueiden löytämistä.

### **Muita työryhmässä esille tulleita asioita**

Puhdasta siirtymää ja alueiden elinvoimaisuutta voidaan edistää itäisessä Suomessa myös muuten kuin tuulivoimarakentamisella. Työ- ja elinkeinoministeriössä valmisteilla olevat Itäisen ja Pohjoisen Suomen ohjelmat ottavat tarkemmin kantaa alueiden kehittämiseen.

Puhtaan energian investoinneista esimerkiksi aurinkovoimaan liittyvät haitat ovat maanpuolustuksen näkökulmasta tuulivoiman haittavaikutuksia huomattavasti helpommin hallittavissa. Aurinkovoimaloiden osalta sähkömagneettisia häiriöitä voidaan hallita ja vaikutuksia pienentää kustannustehokkaammin. Näin ollen esimerkiksi aurinkovoimaa voidaan rakentaa itäisessä Suomessa lyhyelläkin aikavälillä.

## LÄHTEET

- Energiateollisuus, 2024. Energiavuosi 2023: Sähkö.  
<https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/>
- FCG Finnish Consulting Group Oy, 2022. Tuulivoimahankkeiden rakentamisen esteet. Helsinki.
- Fingrid Oyj, 2024. Sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät Q1 2024.  
<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/sahkon-tuotannon-ja-kulutuksen-kehitysnakymat-q1-2024/>
- Geneven yleissopimusten LISÄPÖYTÄKIRJA kansainvälisten aseellisten selkkausten uhrien suojelemisesta (I pöytäkirja), 52 artikla.
- Ilmatieteen laitos, 2009. Suomen tuuliatlas – tuulitiedot Suomen kartalla.  
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tuuliatlas>
- Joensuu K., Väyrynen L., Tolppanen J., Karhu L., Salmi T., Hartikka S., Leino L., Viljanen J., Smids S., Hujanen A., Sipilä, M. ja Huuskonen A., 2021. Tuulivoimarakentamisen edistäminen. Keinoja sujuvaan hankekehitykseen ja eri tavoitteiden yhteensovittukseen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:51.
- Nurmio K., Pakarinen H. 2024. Tuulivoimapotentiaali Suomessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja: 10/2024.
- Peltonen L., Donner-Amnell J., Nokelainen S. 2024. Tuulivoiman hyväksyttävyyden nykytila ja näkymät Suomessa. Publications of the University of Eastern Finland. Reports and Studies in Social Sciences and Business Studies, 21.
- Räty, Arto. 2023. Itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen tehostaminen.  
[https://valtioneuvosto.fi/documents/1410877/153287519/Tuulivoimaselvitys\\_final\\_AR\\_150323.pdf/ed8981bb-e8dd-fc65-eeb1-4d999256002c/Tuulivoimaselvitys\\_final\\_AR\\_150323.pdf?t=1678882585236](https://valtioneuvosto.fi/documents/1410877/153287519/Tuulivoimaselvitys_final_AR_150323.pdf/ed8981bb-e8dd-fc65-eeb1-4d999256002c/Tuulivoimaselvitys_final_AR_150323.pdf?t=1678882585236)

# Liite. Työryhmän kokoonpano ja kuultavina olleet

## Ohjausryhmä

kansliapäällikkö Timo Jaatinen, työ- ja elinkeinoministeriö

kansliapäällikkö Esa Pulkkinen, puolustusministeriö

kenraaliluutnantti Vesa Virtanen, Pääesikunta

## Operatiivinen työryhmä

*Puheenjohtaja:*

osastopäällikkö Riku Huttunen, työ- ja elinkeinoministeriö

*Varapuheenjohtaja:*

neuvotteleva virkamies Anu Sallinen, puolustusministeriö

*Jäsenet:*

teollisuusneuvos Pekka Grönlund, työ- ja elinkeinoministeriö

(johtava asiantuntija Outi Vilén)

vanhempi osastoesiupseeri Matti Pulli, puolustusministeriö

(yksikön johtaja Sara Kajander)

neuvotteleva virkamies Leena Arpiainen, maa- ja metsätalousministeriö

(metsäneuvos Erno Järvinen)

ympäristöneuvos Sanna Jylhä, ympäristöministeriö

(ympäristöneuvos Antti Irjala)

rajaturvallisuusasiantuntija Jorma Turunen, sisäministeriö

(apulaisosastopäällikkö Marko Saareks)

budjettineuvos Johanna von Knorring, valtiovarainministeriö

(budjettineuvos Marko Synkkänen)

kapteeni Kari Hämäläinen, Ilmavoimien esikunta, Puolustusvoimat

(insinöörieverstiluutnantti Kalle Passoja)

*Asiantuntijasihteeri:*

asiantuntija Salla Palander, työ- ja elinkeinoministeriö

## Kuultavat

Jussi Jyrinsalo, Fingrid Oyj

Matias Ollila, Suomen Tuulivoimayhdistys Ry

Aapo Koivuniemi, Voimaa Tuulesta

Antti Tanskanen, Tuulivoimaa Itä-Lappiin

Pasi Pitkänen, Pohjois-Karjalan maakuntaliitto

Sanna Schoderus, Kainuun liitto

Frank Hering, Kymenlaakson liitto

Markus Erkkilä, Pohjois-Pohjanmaan liitto

Paula Qvick, Lapin liitto

Markku Tuominen, Metsähallitus

Petteri Laaksonen, Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Anders Gardberg, Saab Finland Oy

Tero Kiuru, Saab Finland Oy

Jussi Järvinen, Patria Oyj

Marko Tikkinen, Patria Oyj

Jesse Kosonen, PLM (aurinkovoiman ja aluevalvontajärjestelmien yhteensovittaminen)



Verkkajulkaisu  
ISSN 1797-3562  
ISBN 978-952-327-566-9

Sähköinen versio: [julkaisut.valtioneuvosto.fi](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi)