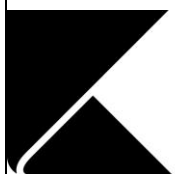



KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Roope Gröhn

TUULIVOIMAN SIJOITTUMISKOHTEIDEN
PAIKKATIEPOHJAINEN TARKASTELU POHJOIS-
KARJALASSA

Opinnäytetyö
Toukokuu 2021

 Karelia AMMATTIKORKEAKOULU	OPINNÄYTETYÖ Toukokuu 2021 Energia- ja ympäristötekniikan koulutus Tikkarinne 9 80200 JOENSUU +358 13 260 600 (vaihde)
Tekijä Roope Gröhn	
Nimeke Tuulivoiman sijoittumiskohteiden paikkatietopohjainen tarkastelu Pohjois-Karjalassa Toimeksiantaja Karelia-amk	
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä kehitettiin ja testattiin paikkatietoon perustuvaa menetelmää, jolla voidaan paikallistaa tuulivoimarakentamiselle potentiaalisimpia kohdealueita. Työ toteutettiin hyödyntäen vain avoimista lähteistä saatavilla olevia aineistoja sekä avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmistoja. Tarkasteltavien alueiden valinta suoritettiin kaksivaiheisesti. Ensin rajattiin pois täysin tuulivoimarakentamiselle soveltumattomat alueet. Lopulta tarkempaan tarkasteluun valittiin viisi peruskriteerit täyttävää, mutta hieman ominaisuuksiltaan toisistaan eroavaa kohdetta, joille tehtiin vielä tarkemman tason tarkastelu.</p> <p>Menetelmän todettiin hoitavan tehtävänsä hyvin ja alueiden etsimisen olevan sen avulla vaivatonta. Menetelmä toimii perustana, jonka avulla mahdollisen tuulivoimahankkeen käynnistäjä pystyy aloittamaan lopullisen rakennusalueen valitsemisprosessin. Aivan valmiita tuloksia tämä menetelmä ei kuitenkaan antanut. Aineistojen tulkitsemisessa tarvitaan tarkkaa silmää ja toisaalta varsinaisen hankkeen käynnistämiseksi tarvitaan aina myös paikan päällä tehtäviä tarkempia selvityksiä.</p>	
Kieli suomi	Sivuja 31
Asiasanat tuulienergia, paikkatietojärjestelmät, avoin tieto	

 Karelia AMMATTIKORKEAKOULU	THESIS May 2021 Degree Programme in Energy and Environmental Engineering Tikkarinne 9 80200 JOENSUU +358 13 260 600 (vaihde)	
Author Roope Gröhn		
Title Geospatial Review of Suitable Wind Power Locations in North Karelia Commissioned by Karelia UAS.		
Abstract <p>This thesis is about developing and testing geographic information-based method to map the most suitable locations to construct wind power. The work was executed by utilizing solely open-source data and software. Study locations were chosen in two phases. Completely unsuitable areas were marked off first. After this, five locations with different kinds of features were chosen for a more accurate review.</p> <p>The method was found working well and locating suitable locations for wind power construction was effortless. This method works as a basis, which can be utilized by a constructor, when looking for the most suitable locations for new wind power areas. However, this method does not give complete answers. Understanding the data requires accuracy. On the other hand, to really start a wind power construction, it is always needed to research the area on the spot.</p>		
Language Finnish		Pages 31
Keywords Wind energy, geographical information systems, open data		

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Opinnäytetyön tietoperusta.....	6
2.1	Tuulivoima ja tuulivoimala.....	6
2.2	Tuulivoiman tila Suomessa ja Pohjois-Karjalassa	6
2.3	Tuulivoiman tuotantomäärät Suomessa.....	7
2.4	Tuulivoimarakentamisen kriteerit	7
3	Tarkoitus ja tutkimustehtävä.....	9
4	Opinnäytetyön menetelmälliset valinnat	10
4.1	Aineistojen hankinta ja käsittely	10
4.1.1	Maanmittauslaitos	11
4.1.2	Tuuliatlas	12
4.1.3	Suomen Ympäristökeskus	13
4.1.4	Museovirasto, BirdLife Suomi ry ja ANS Finland.....	13
4.2	Paikkatieto ja paikkatietojärjestelmä	14
4.3	Paikkatietoaineistot.....	14
4.4	Avoin paikkatieto.....	15
4.5	Avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmistot	15
4.6	Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE)	16
5	Paikkatietotarkastelu ja tulokset	16
5.1	Potentiaalisimmat tuulivoima-alueet, karkea raja.....	16
5.2	Potentiaalisimmat tuulivoima-alueet, alueiden valitseminen	19
5.3	Elovaara.....	20
5.4	Kiieskangas	21
5.5	Karsikkovaara	23
5.6	Korpivaara	25
5.7	Hepovaara	26
5.8	Yhteenveto alueista	28
6	Pohdinta	28
	Lähteet.....	31

1 Johdanto

Tuulivoiman tuotanto on yli viisinkertaistunut Suomessa viimeisen viiden vuoden aikana. Suomen tuulivoimakapasiteetti on kuitenkin vahvasti keskittynyt rannikkoalueille ja Pohjois-Karjalassa tuulivoiman hyödyntäminen on vielä alussa. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2019.)

Paikkatiedosta on tullut tärkeä työkalu tukemaan päätöksentekoa. Tietokoneiden laskentateho kasvaa vuosi vuodelta ja erilaiset tavat hyödyntää paikkatietoa lisääntyvät jatkuvasti. Dataa kerätään kaikesta mahdollisesta toiminnasta ja paikkatieto on erinomainen väline sen visualisointiin ja analysointiin.

Samaan aikaan suuntaus kohti avointa paikkatietoa avaa uusia ovia. Avoimien aineistojen määrä kasvaa jatkuvasti, muun muassa Euroopan unionin Inspire-direktiivin (2007/2/EC) myötävaikutuksesta. Esimerkiksi Maanmittauslaitokselta ja Suomen ympäristökeskukselta löytyy mittava määrä paikkatietoa, jota voi kuka tahansa vapaasti käyttää. Myös paikkatiedon käsittelyyn erikoistuneista ohjelmistoista löytyy niin kaupallisia, kuin myös avoimeen lähdekoodiin perustuvia vaihtoehtoja.

Yhdistämällä avoimet aineistot ja ohjelmistot pystytään tekemään kattavaa tutkimustyötä. Nyt tarkastelussa on tuulivoima Pohjois-Karjalassa. Työn tuloksena syntyy otanta potentiaalisista alueista tulevaisuuden tuulivoimarakentamista ajatellen. Tulokset ovat täysin hyödynnettävissä tuulivoiman rakentamisesta kiinnostuneiden yrityksien ja yhteisöjen toimesta. Työ luo pohjan, jonka päälle on mahdollista lähteä rakentamaan tarkempi, juuri tiettyyn alueeseen kohdistuva tuulivoimaselvitys. Työn tarkoitus on myös samalla demonstroida avoimen paikkatiedon ja avoimen lähdekoodien ohjelmistojen hyötyjä, sekä niiden käyttämisen helppoutta.

2 Opinnäytetyön tietoperusta

2.1 Tuulivoima ja tuulivoimala

Tuulen liike-energian muuttamista sähköksi kutsutaan tuulivoimaksi. Useimmiten tämä tapahtuu pyörivien lapojen ja generaattorin avulla. Tuulivoima on täysin uusiutuvaa energiaa eikä se synnytä suoria päästöjä. Tekniikan kehittyessä tuulivoiman kannattavuus on parantunut huomattavasti, etenkin rannikoilla, merialueilla ja Lapin tuntureilla. Teknologian kehitys tekee pikkuhiljaa myös sisämaassa voimaloista entistä kannattavampia. (Energiateollisuus ry 2019.)

Tuulivoimala on voimalaitos, joka tuottaa sähköä. Tuulivoimala rakentuu neljästä pääkomponentista, joita ovat perustukset, torni, konehuone ja roottori. Suurin osa nykyaikaisista tuulivoimaloista on kolmilapaisia ja vaaka-akselisia, joissa roottori kääntyy tuulen suunnan mukaisesti. Teollisen kokoluokan tuulivoimala on tyypillisesti noin 140 metriä korkea, keskimääräinen koko onkin kasvanut merkittävästi viime vuosina. Suurimmat voimalat tuottavat sähköä jopa 5 MW. (Motiva Oy 2018.)

2.2 Tuulivoiman tila Suomessa ja Pohjois-Karjalassa

Tuulivoiman määrä Suomessa on kymmenkertaistunut vuosien 2009–2019 välillä. Enemmän kuin kolme neljännestä tästä kapasiteetista on rakennettu Lappiin tai läntiseen Suomeen. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2019.)

Syy edellä mainittuun johtuu täysin toiminnan kannattavuudesta. Meren rannoilla, sekä korkeilla tuntureilla tuuliolosuhteet ovat sisämaata huomattavasti paremmat ja tämä ohjaa tehokkaasti rakentamista. Sisämaasta, eli myös Pohjois-Karjalasta löytyy kuitenkin kannattavia alueita, etenkin vaarojen rinteiltä ja sisävesistöjen rannoilta. Pohjois-Karjalassa on erityispiirteenä myös valtakunnanrajan läheisyys, joka on suunnittelua rajoittava tekijä.

2.3 Tuulivoiman tuotantomäärät Suomessa

Tuulivoiman tuotantomäärät ovat kasvaneet Suomessa hurjaa vauhtia viimeisen vuosikymmenen aikana. Asennettujen uusien voimaloiden keskimääräinen teho sekä napakorkeus jatkoivat kasvuaan. Vuonna 2020 Suomessa otettiin käyttöön 67 uutta tuulivoimalaa, käytössä olevien voimaloiden kokonaismäärän noustessa vuoden lopussa peräti 821 tuulivoimalaan, jotka tuottivat yhteensä 7,8 TWh sähköä (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2021).

Koko Suomen sähköntuotanto samana vuonna oli 81 TWh, josta tuulivoima tuotti siis 9,6 %. Tuulivoima oli energianlähteistä neljänneksi suurin heti ydinvoiman, nettotuonnin, vesivoiman ja biomassan jälkeen. Tuulivoiman osuutta sähköntuotannossa voidaan siis pitää jo merkittävänä. (Energiateollisuus ry 2021.)

2.4 Tuulivoimarakentamisen kriteerit

Valittaessa sijaintialuetta tuulivoimarakentamista varten täytyy huomioida paljon erilaista lainsäädäntöä. Kaavoitus, ympäristövaikutusten arviointi ja lupamenettely ovat keskeisiä tekijöitä tuulivoiman suunnittelussa. Kaiken tämän tavoitteena on sovittaa tuulivoimalat mahdollisimman hyvin ympäristöönsä. Tuulivoimarakentamiseen sovelletaan samoja säännöksiä kuin muuhunkin rakentamiseen, ja siksi toteutuksen täytyy perustua maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999 MRL) mukaiseen kaavoitukseen. Näitä suunnitteluun ja rakentamiseen liittyviä periaatteita esittelee Ympäristöministeriön opas tuulivoimarakentamisen suunnittelusta. (Ympäristöministeriö 2016.)

Tärkeitä huomioitavia asioita tuulivoimaloiden sijainnin suunnittelussa ovat muun muassa alueen tuulisuus, asutus, suurjännitevoimajohtojen läheisyys, riittävä tiestö, sekä lentoliikenteen ja puolustusvoimien toiminta. Lisäksi pääsääntöisesti tuulivoimarakentamiselle soveltumattomiksi alueiksi luetellaan seuraavat:

- valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet
- valtakunnallisesti merkittävät rakennetut kulttuuriympäristöt

- luonnonsuojelualueet
- erämaa-alueet
- linnuston IBA-alueet

Tapauskohtaisesti voidaan harkita selvitysten ja vaikutusarviointien perusteella muun muassa seuraavien alueiden soveltuvuutta rakentamiseen. Merkitystä on alueen arvoilla ja suojeluperusteilla, sekä tuulivoimarakentamisen mahdollisesti aiheuttamilla vaikutuksilla.

- Natura 2000 -alueet
- maakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet
- maakunnallisesti merkittävät rakennetut kulttuuriympäristöt
- valtakunnallisesti arvokkaat geologiset muodostumat

Lisäksi myös kaavoituksella voidaan määrittää tuulivoimarakentamiseen soveltumattomia alueita (Ympäristöministeriö 2016).

Luonnollisesti myös alueella vallitseva keskimääräinen tuulennopeus on erittäin tärkeä tekijä tuulivoimarakentamisen mahdollistajana. Korkeampi tuulennopeus tarjoaa tuulivoimalalle paremman tuottopotentialin, mutta mitään selkeää alarajaa vaaditusta tuulennopeudesta ei ole olemassa. Työhön valittiin minimiarvoksi vuoden keskituulennopeudeksi 100 metrin korkeudessa 6,3 m/s (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2011). Tulevaisuudessa tuulivoimaloiden napakorkeuksien kasvaessa ja tekniikan kehittyessä entistä pienempi tuulennopeus riittää kannattavaan toimintaan (Varsinais-Suomen liitto 2011). Tarkemmat alueelliset tuulisuusmittaukset tulee kuitenkin aina tehdä vielä tuulipuiston suunnitteluvaiheessa.

Myös etäisyys sähköverkkoon ja erityisesti yli 110 kV voimalinjoihin on merkittävässä asemassa. Useissa tuulivoimaselvityksissä on päädytty pitämään rajarvona 10 km etäisyyttä sähköverkosta. Jos tuulivoimapuisto on tarpeeksi iso, voi sähköverkkoon etäisyys olla jopa pidempi, koska kustannukset per tuulivoimala pienenevät. Toisaalta yksittäiset tuulivoimalat ja pienet tuulivoima-alueet eivät

välttämättä vaadi 110 kV sähköverkkoa, vaan niiden liittäminen voi onnistua kevyemminkin. Sähköverkkoon liittyminen tulee aina sopia tapauskohtaisesti yhdessä alueen verkonhaltijan kanssa. (Varsinais-Suomen liitto 2011.)

Tuulivoimaloista aiheutuvan meluhaitan vuoksi rakentaminen etenkin taajamien läheisyyteen ei ole mahdollista. Tuulivoimasta aiheutuvaa melua ja sen haittoja erilaisilla etäisyyksillä on tutkittu paljon. Turusen ym. (2016) tutkimuksen mukaan 2,5 km säteellä lähimmästä tuulivoimalasta sisätiloissa vain alle kahdelle prosentille ihmisistä aiheutuu viikoittaista meluhaittaa ja matkan tästä kasvaessa haittavaikutuksia kokeneiden vastaajien määrä väheni entisestään, ollen 10 km etäisyyksillä vain joitain prosentin murto-osia kyselyyn vastanneista. Etäisyys asutukseen on huomioitava aina tapauskohtaisesti tuulivoimarakentamista suunniteltaessa.

3 Tarkoitus ja tutkimustehtävä

Opinnäytetyön tarkoitus on kehittää menetelmä, jolla voidaan tuottaa helposti jatkohyödynnettävissä olevaa tietoa Pohjois-Karjalan parhaista sijainneista tuulivoimarakentamiselle. Asiaa lähestytään paikkatiedon ja erityisesti avoimen paikkatiedon näkökulmasta. Tutustutaan erilaisiin saatavilla oleviin avoimiin paikkatietoaineistoihin ja rakennetaan menetelmä niiden varaan. Alueiden valinnassa käytetyt kriteerit ovat pääosin lueteltuina Ympäristöministeriön ohjeessa Tuulivoiman rakentamisesta (OH 6/2016). Kriteerit on tarkemmin esitelty myös tämän opinnäytetyön tietoperustassa. Lisää kriteerejä ja etenkin taloudellisen kannattavuuden puolta on tutkittu myös muusta kirjallisuudesta.

Työn lopputulos on yksinkertainen ja helposti toistettavissa oleva menetelmä, jonka perusteella tuulivoimalaa tai tuulivoima-aluetta suunnitteleva taho voi tehdä karkean aluevalinnan, jonka perusteella tuulivoimahanketta voi lähteä suunnittelemaan ja jatkojalostamaan eteenpäin. Tuulivoiman rakentaminen vaatii aina pai-

kan päällä tehtäviä tuulisuusmittauksia, tarkempaa tarkastelua ja kustannuslaskentaa, sekä hieman alueesta ja sen ominaisuuksista riippuen hyvinkin kattavaa lupamenettelyä.

4 Oppinnäytetyön menetelmälliset valinnat

4.1 Aineistojen hankinta ja käsittely

Tarvittavien aineistojen valintaan käytettiin ohjenuorana Ympäristöministeriön julkaisemaa (OH 5/2016) opasta. Tuulivoimarakentamisen paikan valintaan vaikuttaa monet erilaiset taloudelliset, tekniset, ympäristölliset sekä maankäytölliset seikat, jotka on esitelty tarkemmin oppinnäytetyön tietoperustassa. Parhaan sijainnin valitseminen on aina kompromissin hakemista kaikkien näiden kriteerien välillä.

Kaikki tässä työssä käytetyt aineistot hankittiin INSPIRE-direktiivin (2007/2/EC) vaatimuksesta perustetussa kansallisessa aineistoluettelossa mainituista lähteistä (Maanmittauslaitos 2019). Työssä käytettävät aineistot sekä niiden lähteet on esitelty taulukossa 1. Jokaiselta aineistolta ylläpitävältä taholta löytyy oma latauspalvelunsa, josta aineistoon pääsee käsiksi helposti graafisen käyttöliittymän kautta. Useimpien palveluiden kohdalla ei ollut mahdollisuutta ladata pelkkää Pohjois-Karjalaa, joten ladattiin koko Suomi, josta sitten leikattiin tiedot pelkän Pohjois-Karjalan osalta.

Taulukko 1. Oppinnäytetyön aineistot ja niiden lähteet

Aineisto	Lähde
Kuntarajat	Maanmittauslaitos
Maastotietokanta	Maanmittauslaitos
Valtakunnallisesti merkittävät rakennetut kulttuuriympäristöt	Museovirasto
Muinaisjäännökset	Museovirasto

Suojellut rakennukset	Museovirasto
Luonnonsuojelu- ja erämaa alueet	Suomen Ympäristökeskus
Natura 2000 -alueet	Suomen Ympäristökeskus
Linnuston IBA-alueet	BirdLife Suomi ry
Keskituulennopeus	Tuuliatlas
Rakennukset	Maanmittauslaitos
Maisema-alueet	Suomen Ympäristökeskus
Valtakunnallisesti arvokkaat geologiset muodostumat	Suomen Ympäristökeskus
Lentoliikenteen huomiointi	Maanmittauslaitos
Asuinalueet	Suomen Ympäristökeskus
Maakuntakaava	Pohjois-Karjalan maakuntaliitto
Lentoliikenteen korkeusrajoitukset	ANS Finland

Aineistojen käsittely alkoi kaikkien tietolähteiden yhdistämisellä ja rajaamisella. Osa aineistoista oli ladattavissa erikokoisissa paloissa koko Suomen, tai Pohjois-Karjalan kattavan tiedoston sijaan. Esimerkiksi Maanmittauslaitoksen ylläpitämä maastotietokanta oli 12 km x 12 km suuruisissa ruuduissa. Ruudut yhdistettiin ensin yhdeksi tasoksi, josta sitten rajattiin Pohjois-Karjala. Suuri osa aineistoista oli kuitenkin jo valmiiksi saatavilla tiettyyn maakuntaan rajattuna, joka helpotti ja nopeutti aineistojen esikäsittelyä.

Kaikki työssä käytetyt aineistot olivat käytettävissä avoimen lisenssin (CC BY 4.0 tai CC BY-ND 3.0) turvin, jotka mahdollistavat aineistojen käytön myös tässä opinnäytetyössä.

4.1.1 Maanmittauslaitos

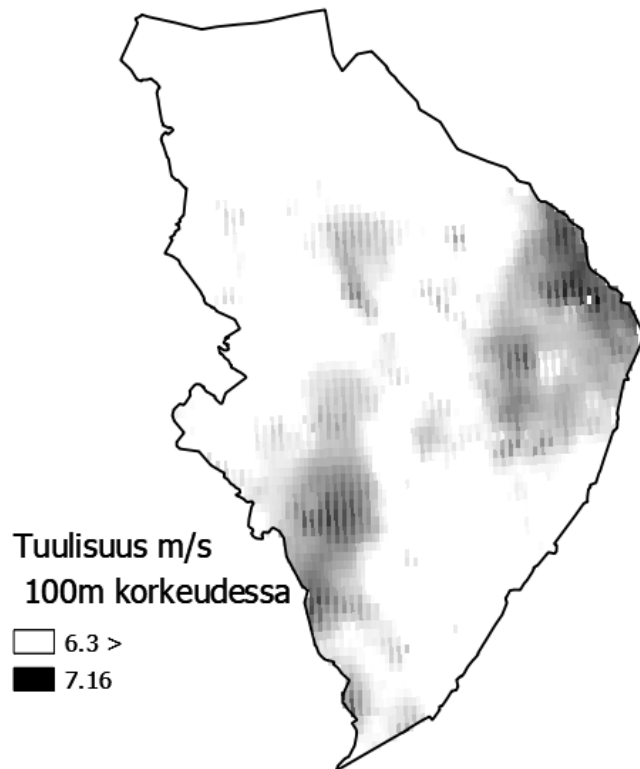
Maanmittauslaitoksen (MML) tarjoamat aineistot ladattiin sen tarjoamasta avoimien tiedostojen latauspalvelusta. Aineistot olivat saatavilla vain koko Suomen laajuisina, joten heti lataamisen jälkeen niistä rajattiin Pohjois-Karjalan alue. Niin Maanmittauslaitoksen, kuin kaikkien muidenkin aineistojen rajaamiseen käytettiin

Maanmittauslaitoksen kuntarajat sisältävästä kartasta johdettua maakunnan rajoja kuvaavaa karttaa.

Maanmittauslaitokselta löytyi myös maastotietokanta, joka sisältää valtavan määrän erilaista paikkatietoa, sekä esimerkiksi ilmakuvia sekä laserkeilausaineistoja. Maastotietokanta on valtava kokonaisuus ja tästä johtuen hieman hankalasti käsiteltävä, suurinta osaa sen sisältämistä tiedoista tarkasteltiin muiden lähteiden kautta. Lopulta maastotietokantaa käytettiin vain sähkö- sekä tieverkostojen tarkasteluun.

4.1.2 Tuuliatlas

Tuulennopeustiedot ladattiin Ilmatieteen laitoksen valmistamasta Tuuliatlas-tietokannasta. Tiedot ladattiin 2,5 neliökilometrin kokoisina ruutuina, jotka sisälsivät mallinnetut vuoden tuulennopeuskeskiarvot 100 metrin korkeudessa maanpinnasta. Palvelusta tiedot ladattiin koordinaatit sekä tuulisuustiedot sisältävänä pistejoukkona. Jokainen piste kuvasi oman 2,5 x 2,5 km ruutunsa keskipistettä ja sen sisältämät tiedot olivat mallinnettuja keskiarvoja tältä kyseiseltä alueelta. Pisteet eivät olleet täysin säännöllisessä ruudukossa, joka aiheutti hieman haasteita. QGIS:n IDW Interpolation -työkalua käyttäen pystyttiin kuitenkin luomaan riittävän luotettava ruudukko tuulennopeuksista, myös tästä epäsäännöllisen muotoisesta aineistosta. Käsittelyn jälkeen aineisto vielä rajattiin Pohjois-Karjalan rajojen mukaan, jonka jälkeen se oli täysin valmis työssä hyödynnettäväksi.



Kuva 1. Tuulisuus 100 metrin korkeudessa.

4.1.3 Suomen Ympäristökeskus

Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) latauspalvelu oli käytetyistä palveluista toiminnoiltaan paras. Aineistojen lataus onnistui suoraan maakunnan perusteella, eikä Pohjois-Karjalaa tarvinnut enää erikseen rajata aineistoja käsiteltäessä. SYKE tarjosi valtaosan erilaisista suojelluista alueista; maisema-alueet, taajama-alueet, luonnonsuojelu- ja erämaa-alueet sekä Natura 2000 -verkoston alueet.

4.1.4 Museovirasto, BirdLife Suomi ry ja ANS Finland

Museoviraston latauspalvelusta löytyi valtakunnallisesti merkittävien rakennettujen kulttuuriympäristöjen, muinaisjäännösten, sekä suojeltujen rakennusten sijainnit. BirdLife Suomi ry:ltä ladattiin koko Suomen alueelta tiedot suojelluista linnuston IBA-alueista ja ANS Finland tarjosi lentoliikenteen aiheuttamat

rakentamisen korkeusrajoitukset. Tiedot ladattiin ja ne rajattiin Pohjois-Karjalan rajojen mukaisesti.

4.2 Paikkatieto ja paikkatietojärjestelmä

Paikkatieto on tietoa, johon sisältyy mikä tahansa maantieteellinen sijainti. Yksinkertaisin muoto esittää paikkatietoa on ihan tavallinen kartta, tai nykyisin älypuhelimistakin löytyvät erilaiset karttasovellukset. Paikkatieto koostuu kahdesta palasesta, jotka vastaavat kahteen kysymykseen. Näitä ovat ominaisuustieto eli mikä sijaitsee, sekä sijaintitieto eli missä sijaitsee. (PaikkaOppi 2020)

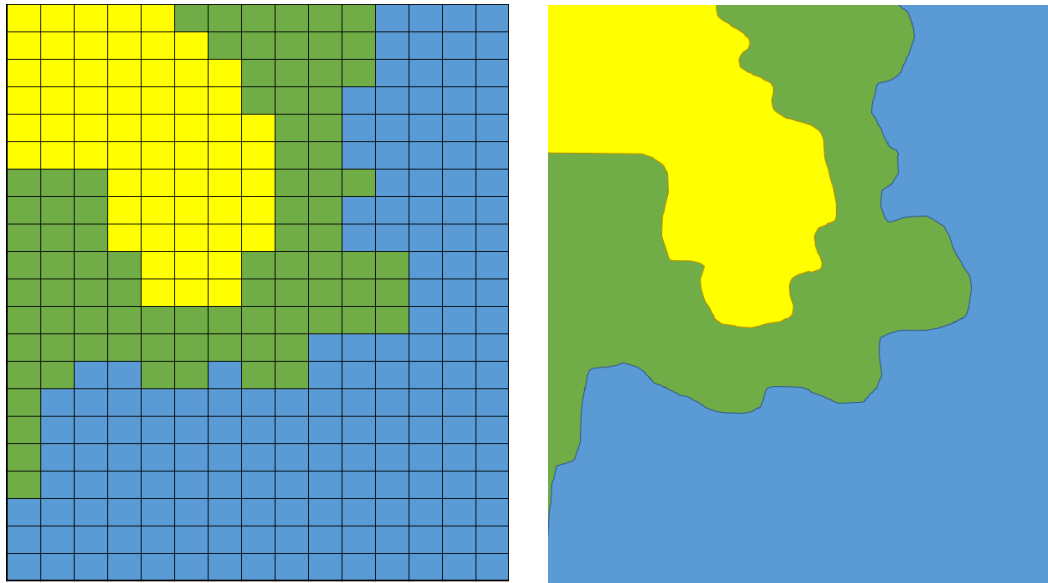
Paikkatietojärjestelmä on ohjelmisto, joka mahdollistaa muun muassa paikkatietoa sisältävän tiedon tallentamisen, analysoinnin ja jakamisen. Paikkatietojärjestelmää voidaan hyödyntää esimerkiksi karttojen valmistamisessa ja asioiden visualisoinnissa. (Esri Finland 2020.)

4.3 Paikkatietoaineistot

Paikkatietoaineistot jaetaan rasteri ja vektori -tyyppisiin aineistoihin. Rasteriaineistossa tarkasteltava alue jaetaan samankokoisiin pieniin osa-alueisiin, yleensä ruutuihin. Nämä ruudut paikannetaan toisiinsa nähden niiden rivi- ja sarakesijainnin suhteen. Jokaiselle ruudulle annetaan oma lukuarvonsa, joka kuvaa haluttua ominaisuutta. Esimerkiksi korkeuskartan tapauksessa jokaisella ruudulla olisi oma korkeus, joka kuvaa koko ruudun aluetta. Rasterikartassa asioita voidaan esittää yhden osa-alueen tarkkuudella.

Vektoripohjaisessa aineistossa kohteita kuvataan pisteinä, viivoina tai alueina. Pistemäiset kohteet esitetään koordinaateilla ja viivat sekä alueet useiden pisteiden joukkona. Rasteriaineistojen tapaan kohteisiin voidaan liittää ominaisuustietoja, mutta rasterista poiketen vektoripohjaisissa aineistoissa sijainti voidaan esittää niin tarkasti kuin se on mitattu. (Oulun yliopiston maantieteen laitos.)

Tässä työssä käytetyt aineistot olivat kaikki vektorimuotoisia, lukuun ottamatta tuulisuustietoja, joista luotiin itse rasterikartta alkuperäisen pistemäisen vektoridatan perusteella. Vektorin ja rasterin eroja on esitelty kuviossa 1.



Kuvio 1. Rasteri- ja vektorimuotoista aineistoa.

4.4 Avoin paikkatieto

Avoimella datalla tarkoitetaan sellaista aineistoa, joka on vapaasti kenen tahansa käytettävissä. Aineisto voidaan jakaa tiedostonlatauspalvelun kautta, tai sitä voidaan käyttää suoraan rajapinnan yli. Avoin paikkatieto on siis avointa dataa, joka sisältää sijaintiedon. (Joensuun kaupunki 2020.)

4.5 Avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmistot

Avoimen lähdekoodin ohjelmisto tarkoittaa sitä, että ohjelmistoa saa vapaasti käyttää, kopioida, muunnella ja jakaa. Tällaisen ohjelmiston mukana toimitetaan sen lähdekoodi, josta on suoraan nähtävissä, miten ohjelma toimii. Suljetuissa ohjelmistoissa lähdekoodi on osa liikesalaisuutta, jolloin käyttäjällä ei ole edellytyksiä lähteä tutkimaan ohjelmiston toteutusta tai lähteä muuntelemaan sitä omaan käyttöön sopivammaksi. Avoimen lähdekoodin ohjelmistojen käyttö tuo

joustavuutta, ehkäisee toimittajariippuvuuksia ja siten vähentää riskejä. (COSS ry 2020.)

Tämän työn tekemiseen ohjelmistoksi valittiin QGIS, joka on hyvin laajalle levinnyt avoimeen lähdekoodiin perustuva ammattilaistason paikkatieto-ohjelmisto.

4.6 Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE)

INSPIRE-direktiivi (2007/2/EC) on EU-direktiivi, jonka tarkoitus on luoda yhteinen paikkatietoinfrastruktuuuri ja yhteiskäyttöiset paikkatiedot. Kun eri organisaatioissa luotu paikkatieto valmistetaan suoraan yhteen toimivaksi, vähenee työn päällekkäisyydet ja kustannukset laskevat. (Maanmittauslaitos 2020.) INSPIRE-direktiivi on ajankohtainen juuri nyt, sillä sen vaatimien toimenpiteiden ja määrittämien aineistojen tulee olla kaikkien saatavilla vuoden 2021 loppuun mennessä.

5 Paikkatietotarkastelu ja tulokset

5.1 Potentiaalisimmat tuulivoima-alueet, karkea raja

Tuulivoimarakentamiseen soveltuvia alueita lähdetään kartoittamaan kriteeri kerrallaan rakentamiseen soveltuvaa aluetta pienemmäksi rajaten. Soveltuvien alueiden etsiminen suoritettiin kaksivaiheisesti. Ensin rajattiin pois alueet, joille rakentaminen olisi täysin mahdotonta (esim. taajamat, maisema-alueet, linnuston IBA-alueet).

Aineistosta löytyy useita kokonaan rakentamisen kieltäviä alueita, kuten erilaiset luonnonsuojelualueet ja lentokenttien lähistöt, sekä taajama-alueet. Kriteerit muodostettiin kirjallisuuden pohjalta ja lopulta karkea raja tehtiin alla taulukoidun kriteeristön mukaisesti.

Kun täyskieltoalueet on rajattu pois, jäljelle jäävää aluetta lähdetään arvioimaan muiden kriteerien avulla. Esimerkiksi tarpeeksi vahvan voimajohtoverkon sekä

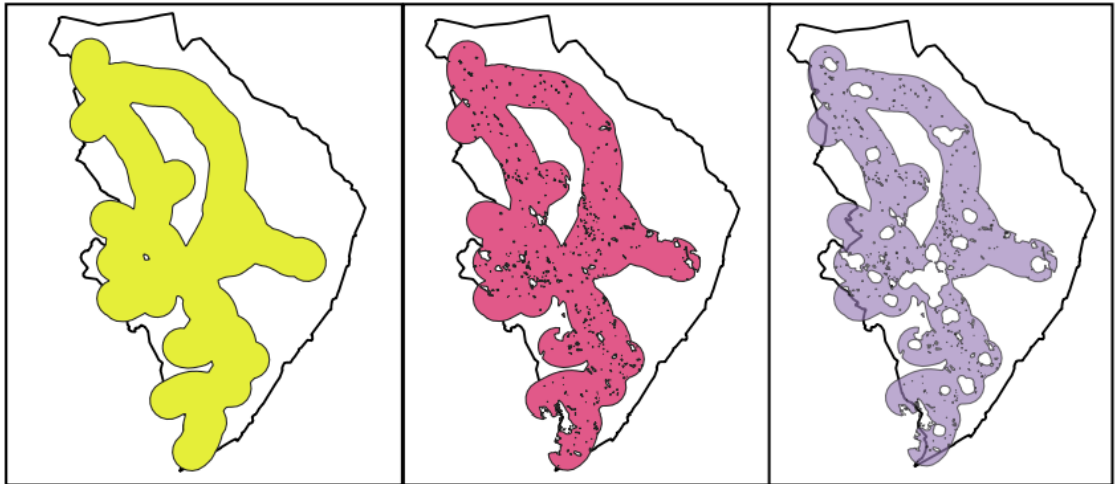
tiestön läheisyys parantaa aina hankkeen kannattavuutta. Myös tuuliatlaksen tarjoamat tuulisuustiedot huomioidaan tässä työn vaiheessa.

Taulukko 2. Tuulivoimarakentamisen peruskriteerit.

Tuulisuus	Alle 6,3 m/s 100 m korkeudessa
110kV Voimalinjaan etäisyys	Alle 10 km
Luonnonsuojelu- ja erämaa alueet	Ei sijaitse
Natura 2000	Ei sijaitse
Linnuston IBA-alueet	Ei sijaitse
Taajamat	Ei sijaitse, puskurialue 2 km
Museoviraston suojelualueet	Ei sijaitse

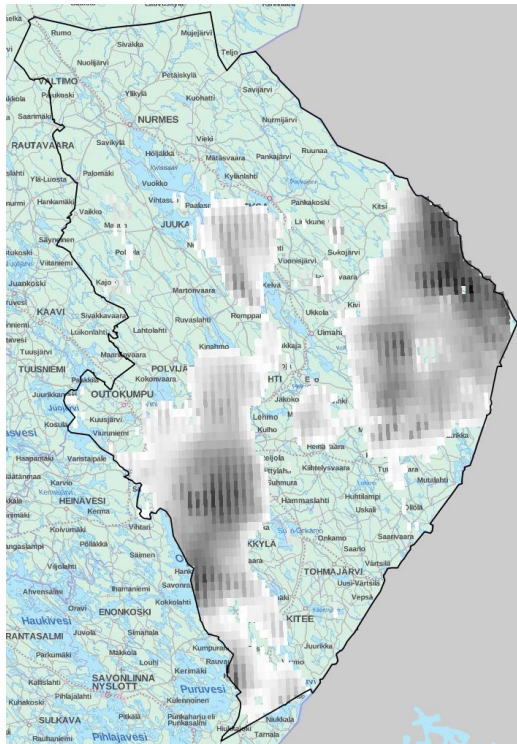
Peruskriteerit on esitelty taulukossa 2. Potentiaalisten alueiden karkea rajaaminen aloitettiin valitsemalla kaikki alueet, jotka ovat korkeintaan 10 km etäisyydellä lähimmästä 110kV voimalinjasta. Pelkästään tämä rajaa pois erittäin suuren osan maakunnasta, joten siitä oli hyvä aloittaa. Rajaus tehtiin QGIS paikkatieto-ohjelmiston Buffer-työkalulla. Kaikki seuraavat karkean rajauksen askeleet tehtiin rajaamalla riittävän lähellä sähköverkkoa olevaa aluetta pienemmäksi ja pienemmäksi. Tähän käytettiin QGIS:n tarjoamaa Difference -työkalua.

Seuraavaksi rajattiin pois luonnonsuojelu- ja erämaa-alueet, valtion maiden suojelualueet (VSA), yksityiset suojelualueet (YSA), erämaa-alueet (EMA), muinaisjäännösalueet, valtakunnallisesti merkittävät rakennetut kulttuuriympäristöt, Natura 2000 -alueet, sekä linnuston IBA-alueet. Jokainen näistä oli omana tiedostonaan ja ne rajattiin pois yksi kerrallaan. Erämaa-alueita löytyy vain lapista, joten ne voitiin jättää huomioimatta. Suurimmat suojelualueet sijoittuvat aivan itärajan tuntumaan, joka rajautui muutenkin pois puutteellisesta voimajohtoverkosta johtuen. Seuraavaksi muodostettiin taajama-alueiden ympärille 2 kilometrin suojavyöhyke ja poistettiin tämä muodostettu vyöhyke mahdollisesta rakentamisalueesta. Mahdollisen rakentamisalueen pienenemistä on kuvattu kuvassa 2.



Kuva 2. Soveltuva alue sähköverkon, suojelualueiden ja taajamien rajauksen jälkeen.

Edellisten rajausten lisäksi alueiden tarkastelussa käytettiin tietoja tuulennopeudesta. Tarkasteltavaksi valittiin vain alueet, joilla koko vuoden keskituulennopeus 100 metrin korkeudessa ylitti 6,3 m/s. Tuulisuustietojen käsittelystä ja raja-arvosta on kerrottu tarkemmin tämän opinnäytetyön tietoperustassa



Kuva 3. Yli 6,3 m/s alueet Pohjois-Karjalassa (Taustakartta: Maanmittauslaitos).

5.2 Potentiaalisimmat tuulivoima-alueet, alueiden valitseminen

Potentiaalisten alueiden valintaa tehtiin silmämääräisesti. Toinen edellä esitellyistä kartoista sisälsi tuulennopeuden raja-arvot ja toisesta selvisi peruskriteerit. Näitä kartoja verrattiin ja etsittiin alueita, jotka ovat tuulivoimarakentamiselle suotuisia molempien karttojen perusteella. Valinnassa hyödynnettiin myös Maanmittauslaitoksen peruskarttaa ja etenkin sen sisältämiä korkeuskäyriä. Alueita valittiin lopulta viisi ja ne sijoittuivat hieman eri puolille Pohjois-Karjalaa. Tavoitteena ei ollut valita viittä tuulivoimarakentamiselle ehdottomasti parasta aluetta, vaan testata menetelmää erilaisissa.



Kuva 4. Tarkempaan tarkasteluun valitut alueet Pohjois-Karjalassa.

Nopealla silmäyksellä Elovaara (kuva 5) näyttää hyvin otolliselta kohteelta tuulivoimarakentamiselle, mutta tarkemmassa tarkastelussa edes peruskriteerit eivät täyty. Tuulta kuitenkin riittää hyvin, sillä Elovaaran alueella Tuuliatlaksen mukainen mallinnettu vuoden keskituulennopeus 100 metrin korkeudessa on 6,5 m/s. Matkaa lähimmästä 110 kV:n sähkölinjasta on noin 7,5 kilometriä. Alue täyttää siis hyvin kriteerit myös sähköverkon osalta. Tiestö alueella on kattava, ja se riittää hyvin voimalan osien kuljettamiseen eikä aiheuta ongelmia rakennettaessa. Lappalan ja Lipaksen luonnonsuojelualueet sijaitsevat noin 2 kilometrin etäisyydellä tarkastellusta alueesta. Näillä ei ole merkittävää vaikutusta alueen tuulivoimarakentamiseen hyödyntämistä ajatellen. Lännessä noin 2 kilometrin etäisyydellä sijaitsee myös suojeltu, valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö Selkien vaarakylä. Tuulivoimaloilla olisi todennäköisesti vaikutuksia vaarakylän maisemaan, joten tämä voi myös vaikuttaa mahdollisuuksiin rakentaa tuulivoimaa lähialueille.

Elovaaran alueella sijaitsee niin pysyvää kuin myös vapaa-ajan asutusta. Tällä on merkittävä vaikutus tuulivoimarakentamista ajatellen, ja se onkin varsin todennäköinen syy alueen karsiutumiseen pois toteutettavan tuulivoimahankkeen sijaintina. Alueella suurin sallittu rakennuskorkeus on 583 metriä merenpinnasta ja Elovaara kohoaa vain hieman yli 200 metriin, joten alueella rakentamisella ei ole vaikutuksia lentoturvallisuuteen. Taulukossa 3 esitellyistä peruskriteereistä täyttyy 4/6.

5.4 Kiieskangas

Kiieskangas sijaitsee noin 5 km:n etäisyydellä Rääkkylän kunnan keskustasta, laajan Oriveden vesistön läheisyydessä. Alue on nimensä mukaisesti melko tasaista kangasmaastoa ja vesistön läheisyys tuo tullessaan alueelle runsaasti tuulta. Alueen pohjoisreunalla maasto on kaltevampaa ja eteläpuolella suomaata.

joka olisi tuulivoimarakentamista suunniteltaessa huomioitava. Kiieskankaan alueella suurin sallittu rakennuskorkeus on 431 metriä meren pinnasta. Alueen korkein kohta on noin 120 metrissä, joten vaikutuksia lentoturvallisuuteen ei alueella ole. Tiestö alueella on kattavaa, eikä tuulivoimalan lapojen kuljetus olisi ongelma.

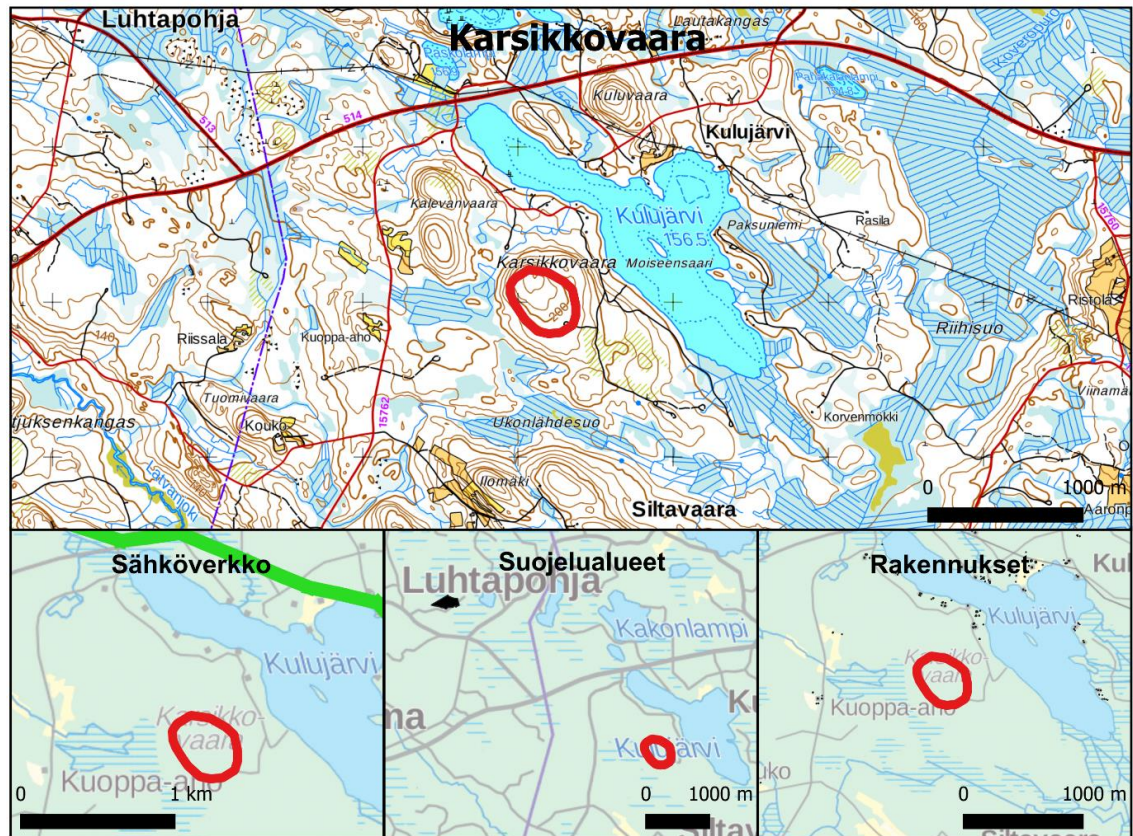
Kaikki peruskriteerit täyttyvät alueella hyvin, eikä paikkatietoon perustuvassa tarkastelussa ilmennyt yhtäkään rakentamisen estävää tekijää. Tuulivoimahanke alueella olisi täysin mahdollinen, mikäli paikan päällä alueella tehtävissä mittauksissa ei rakentamista vaikeuttavia asioita ilmene. Taulukossa 6. esitellyistä peruskriteereistä täyttyy 6/6.

5.5 Karsikkovaara

Karsikkovaara sijaitsee Ilomantsissa, aivan Eno-Ilomantsi-tien läheisyydessä. Alue rajoittuu etelässä avautuvaan suoalueeseen ja pohjoisessa Kulujärveen. Karsikkovaara erottuu hyvin ympäristöstään nousten reiluun 200 metrin korkeuteen.

Taulukko 5. Karsikkovaaran peruskriteerit.

Voimalinjaan alle 10 km	X
Ei suojelualueella tai välittömässä läheisyydessä	X
Tuulennopeus 100 metrissä yli 6,3 m/s	X
Yli 2 km matkaa lähimpään taajamaan	X
Asutusta vähäisesti tai ei ollenkaan	
Tilaa 150 metrin voimalalle (lentoturvallisuus)	X



Kuva 7. Karsikkovaara (Maastokartta: Maanmittauslaitos).

Karsikkovaaralla (Kuva 7.) mallinnettu tuulennopeus 100 metrin korkeudessa on 6,5 m/s, eli tuulisuus alueella on hyvällä tasolla. Matkaa lähimmästä 110kV sähkölinjasta on vain kilometri, joten sähköverkko on todella helposti ja kustannustehokkaasti hyödynnettävissä! Välittömässä läheisyydessä ei sijaitse yhtäkään suojeltua aluetta.

Myöskään rakennettua ympäristöä ei kohdealueella ole ollenkaan, joskin läheisen Kulujärven rannoilta löytyy runsaasti vapaa-ajan asutusta. Suurin sallittu rakennuskorkeus alueella on 583 metriä merenpinnasta. Alueen korkein kohta on noin 210 metrissä, joten vaikutuksia lentoturvallisuuteen ei tälläkään alueella ole. Taulukossa 5. on esitelty alueen peruskriteerit, joista täyttyy 5/6.

ja siis kustannustehokkaasti hyödynnettävissä! Myöskään suojelualueita ei sijaitse alueen välittömässä läheisyydessä. Lähimpänä löytyy Karpanrimmen luonnonsuojelualue, sekä tämän takana levittäytyvä Outokummun-Kaavin seudun oligotrofiset järvet -linnuston IBA-alue. Etäisyys näihin alueisiin on noin kolme ja neljä kilometriä.

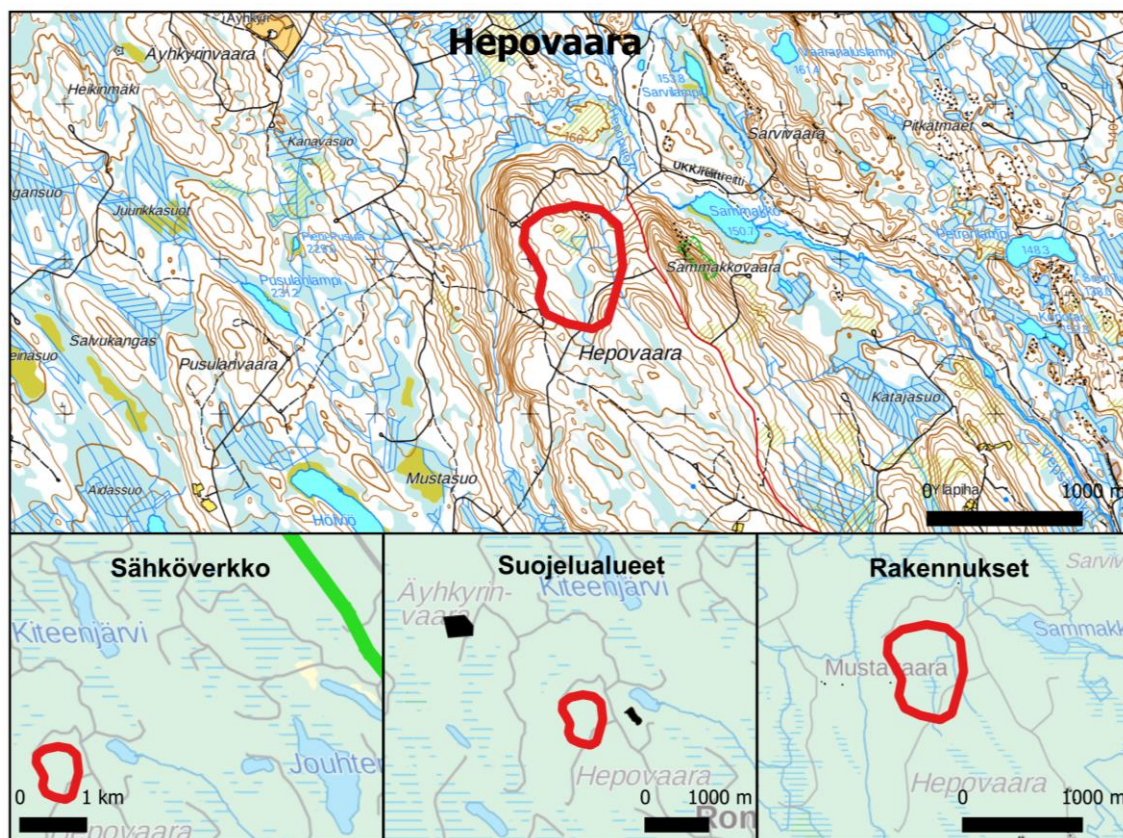
Alueella ei sijaitse ollenkaan rakennettua ympäristöä. Niin pysyvää kuin myös loma-asutusta löytyy lähistöltä runsaasti ja tällä asutuksella onkin varmasti vaikutuksia myös alueen rakentamista ajatellen. Alueella suurin sallittu rakennuskorkeus on 583 metriä merenpinnasta ja korkein kohta on noin 170 metrissä. Vaikutuksia lentoturvallisuuteen ei alueella ole. Taulukossa 6 esitellyistä peruskriteereistä täyttyy 5/6.

5.7 Hepovaara

Hepovaara sijaitsee hieman pohjoisemmassa osassa Pohjois-Karjalaa, Juuan kunnassa. Ympäristö on soiden täplittämää kangasmaastoa.

Taulukko 7. Hepovaaran peruskriteerit.

Voimalinjaan alle 10 km	X
Ei suojelualueella tai välittömässä läheisyydessä	X
Tuulennopeus 100 metrissä yli 6,3 m/s	X
Yli 2 km matkaa lähimpään taajamaan	X
Asutusta vähäisesti tai ei ollenkaan	X
Tilaa 150 metrin voimalalle (lentoturvallisuus)	X



Kuva 9. Hepovaara (Maastokartta: Maanmittauslaitos).

Hepovaaralla (Kuva 9.) tuulennopeus 100 metrin korkeudessa on 6,4 m/s eli tuulisuus alueella on hyvällä tasolla. Matkaa lähimmästä 110kV sähkölinjasta on noin 4,7 kilometriä. Läheisyydestä löytyy myös Sammakkovaaran luonnonsuojelualue, sekä hieman kauempaa Museoviraston suojelema Äyhkyrin talonpoikaistila, jolla on myös mahdollisia vaikutuksia tuulivoimarakentamista ajatellen.

Alueella ei sijaitse ollenkaan rakennettua ympäristöä. Myös kohdealueen läheisyydessä olevien asumusten määrä on poikkeuksellisen pieni, eli asutus aiheuttaa varmasti huomattavasti vähemmän haasteita tuulivoimarakentamista ajatellen, kuin monessa muussa sijainnissa. Alueella ei ole ollenkaan lentoesterajoituksia. Kokonaisuutena alue on siis hyvinkin suotuisa rakentamiselle, mutta tiestöä ei ole nimeksikään, joka tuo omat haasteensa niin tuulivoimalan lapojen kuljettamista, kuin jatkuvaa huoltamista ajatellen. Taulukossa 7. esitellyistä peruskriteereistä täyttyy 6/6.

5.8 Yhteenveto alueista

Edellä esiteltiin viisi potentiaalista tuulivoimarakentamiseen hyödynnettävissä olevaa aluetta. Kaikista löytyi niin omat vahvuudet kuin heikkoudetkin. Syrjäinen sijainti voi olla vahvuus, kun esimerkiksi asutusta on vähäisesti, mutta toisaalta näiltä alueilta on usein sähköverkkoon pitkä matka ja heikko tiestö tekee niin voimalan paikalle kuljettamisesta kuin huoltamisestakin vaikeaa. Toisaalta taas liian keskeinen sijainti tarkoittaa usein sitä, että asutusta on paljon, joka taas aiheuttaa omat haasteensa.

Alueista Kiieskangas erottui valioyksilönä, sillä siihen ei kohdistunut oikeastaan yhtäkään negatiivista piirrettä. Sen sijaan niin Elo- kuin Korpivaarallakin läheinen asutus todennäköisesti estäisi rakentamisen ja Hepovaaran syrjäinen sijainti nostaisi varmasti kustannuksia.

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tärkeimpänä tavoitteena oli ottaa kaikki irti avoimesta paikkatiedosta ja kehittää menetelmää, jolla tuulivoimarakentamiseen sopivimpien alueiden valinta olisi mahdollisimman yksinkertaista ja helppoa. Työ toki kehittyi ja muutti muotoaan useita kertoja sen aikana, mutta tuo perusajatus säilyi taustalla ihan alusta loppuun asti.

Menetelmä tuntui toimivan ja käytetyn aineiston avulla pystyi analysoimaan tuulivoimapotentiaalia varsin hyvin. Raportissa mainitut viisi tarkemmin tarkasteltua aluetta löytyivät aineistoista muodostettujen karttojen perusteella erittäin nopeasti ja vaivattomasti. Potentiaalia menetelmän viemiseen huomattavasti pidemmällekin löytyi, tuulivoimarakentamiselle sopivia alueita löytyisi paljon enemmänkin. Toisaalta menetelmää pystyisi vielä hyvin jatkokehittämäänkin, esimerkiksi luomalla sen kriteerien pohjalta koko maakunnan kattavan pisteytyksen, joka toisi jo huomattavasti automatisoidummin tietoa soveltuvimmista alueista.

Tässä opinnäytetyössä paikkatieto ei kuitenkaan antanut valmiita vastauksia, vaan ihmisen silmä yhdistellä erilaisia tietoja ja tehdä niistä päätelmiä oli välttämätön. Toisaalta käsittelemättä jäi kokonaan muun muassa kaavoituksen ohjaava vaikutus, eikä tarkempaa taloudellista laskentaakaan tässä työssä tehty. Työ toteutettiin hyödyntäen pelkästään avoimen lisenssin aineistoja, joten työ on helposti toistettavissa ja tulokset tarkastettavissa käytännössä kenen tahansa toimesta. Kaikki aineistot olivat saatavilla Suomen laajuisina, joten tämäkin on yksi mahdollinen jatkokehityksen suunta. Toisaalta käytettyjen kriteerien erilainen painotus voi antaa hyvinkin erilaisia lopputuloksia. Joissain tapauksissa ei ehkä tarvita suurjännitesähköverkkoa, tai jopa hieman heikompi tuulisuus riittää, alueen ollessa muuten hyvin kustannustehokas tuulivoimarakentamista ajatellen.

Tulosten vertailussa Sisä-Suomen tuulivoimaselvitys, (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2011) sekä vastaava selvitys Varsinais-Suomesta (Varsinais-Suomen liitto 2011) olivat merkittävässä roolissa. Tässä opinnäytetyössäkin tarkemmin tarkastelluista alueista Kiieskangas oli valikoitunut myös Sisä-Suomen tuulivoimaselvityksessä tarkasteltavaksi alueeksi. Havainnot alueen soveltuvuudesta olivat pääosin samoja niin tässä opinnäytetyössä, kuin Sisä-Suomen tuulivoimaselvityksessä ja tulokset olivat muutenkin yhteneviä! Tämä opinnäytetyö ei päässyt kuitenkaan yhtä syvällisen tason tarkasteluun, sillä muun muassa taloudellinen tarkastelu puuttui kokonaan.

Opinnäytetyötä tehdessä tuli opittua paljon. Järjestelmäosaaminen QGIS:n parissa vahvistui huomattavasti ja arvostus paikkatiedon ammattilaisen työtä kohtaan kasvoi kohisten. Yksinkertainenkin toimenpide vaatii aina tarkkaa suunnittelua, jotta tehdyn toimenpiteen tulos on luotettava. Samalla täytyy pitää huolta siitä, että erilaiset aineistot ovat yhteensopivia, toisaalta valtavan tietomäärän hallitseminen vaatii myös järjestelmällisyyttä ja selkeää dokumentaatiota.

Toisaalta oppia tuli paljon myös tuulivoimarakentamisen perusedellytyksistä. Työtä aloittaessa en voinut kuvitellakaan, miten monet erilaiset asiat voivat vaikuttaa tuulivoimarakentamisen kannattavuuteen. Erilaisia kriteerejä löytyi loppujen lopuksi valtava määrä ja yllättävän moni näistä toimi niin, ettei selkeää mitattavaa raja-arvoa rakentamisen edellytyksille ole, vaan suurin osa perustuu täysin

harkintaan ja tapauskohtaiseen tarkasteluun, jossa asiantuntemuksesta on valtavasti hyötyä. Ehdottomasti positiivinen kokemus!

Lähteet

- Energiateollisuus ry. 2021. Energiavuosi 2020.
https://energia.fi/files/4428/Sahkovuosi_2020_netti.pdf. 4.2.2021
- Energiateollisuus ry. Tuulivoiman lisäämiseksi on potentiaalia.
https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/tuulivoima. 4.8.2019.
- Esri Finland. 2020. Mitä on paikkatieto?
<https://www.esri.fi/fi-fi/paikkatieto/intro>. 16.1.2020.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2007/2/EY. 2007.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0002>. 4.8.2019
- Joensuun kaupunki. Avoin paikkatieto.
<https://www.joensuu.fi/avoin-paikkatieto>. 16.1.2020.
- Maanmittauslaitos. 2019. INSPIRE: Kansallinen aineistoluettelo.
<https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/paikkatietojen-yhteiskaytto/inspire/kansallinen-aineistoluettelo>. 18.8.2019.
- Maanmittauslaitos. 2019b. INSPIRE-direktiivi.
<https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/paikkatietojen-yhteiskaytto/inspire>. 19.1.2020
- Motiva Oy. Tuulivoimateknologia.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima/tuulivoima_suomessa/tuulivoimateknologia. 4.8.2019.
- Oulun Yliopiston maantieteen laitos. GIS-perusteet ja kartografia.
https://www oulu.fi/virtualgis/osa1_03b.htm. 16.1.2020.
- PaikkaOppi. 2020. Mitä on paikkatieto?
<http://www.paikkaoppi.fi/fi/paikkatieto/kasitteet/>. 16.1.2020.
- Pohjois-Karjalan maakuntaliitto. 2011. Sisä-Suomen tuulivoimaselvitys, 2011.
<https://www.pohjois-karjala.fi/documents/33565/166117/Sis%C3%A4-Suomen+tuulivoimaselvitys+ja+Pohjois-Karjala.pdf/>. 4.5.2021.
- Suomen avoimien tietojärjestelmien keskus COSS RY. 2020.
<https://coss.fi/avoimuus/avoin-lahdekoodi/>. 19.1.2020.
- Suomen Tuulivoimayhdistys ry. 2019. Tuulivoima Suomessa 2018.
https://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/1316-STY_-_Vuosiraportti_2018_Public.pdf. 4.8.2019.
- Suomen Tuulivoimayhdistys ry. 2021. Tuulivoima Suomessa 2020.
https://tuulivoimayhdistys.fi/media/tuulivoima_vuositilastot_2020_julkaisuun-10.2.pdf. 14.5.2021.
- Turunen ym. 2016. Meluhaittojen kokeminen ja oireilu yhdeksällä tuulivoima-alueella Suomessa. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016091223693>. 4.5.2021.
- Varsinais-Suomen liitto. 2011. Varsinais-Suomen tuulivoimaselvitys. 2010–2011. https://www.varsinais-suomi.fi/images/tiedostot/Maan-kaytto/2011/Tuulivoima/tuulivoimaselvitys2010_2011.pdf. 4.5.2021.
- Ympäristöministeriö. 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4634-3>.