
**TUULIVOIMAN VAIKUTUKSET KANSALLISELLA JA
PAIKALLISELLA TASOLLA**

Kirjallisuuskatsaus



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Kestävän kehityksen koulutusohjelma

Forssa, kevät 2013

Pekka Parkkila



FORSSA

Kestävän kehityksen koulutusohjelma

Tekijä

Pekka Parkkila

Vuosi 2013**Työn nimi**

Tuulivoiman vaikutukset kansallisella ja paikallisella tasolla

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda kattava yhteenveto tuulivoiman tunnetuista vaikutuksista ja tuottaa siitä raportti, jolla voidaan välittää ajantasaista tietoa tuulivoiman hyödyistä ja haitoista. Tämän opinnäytetyön tilaaja oli Voimamyly Oy. Voimamyly Oy on tuulivoimayhtiö, joka suunnittelee tuulipuiston rakentamista Humppilan ja Urjalan kuntien väliselle rajalle.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa esitellään lyhyesti tuulivoiman tilannetta Suomessa ja siihen liittyvää lainsäädäntöä. Myös pohditaan ja arvioidaan valitun tutkimusmenetelmän sopivuutta ja puutteita, joita voi ilmetä kirjallisuuskatsausta tehtäessä.

Raportti koottiin narratiivisena kirjallisuuskatsauksena, joka mahdollisti tekstin vapaamman kirjoittamisen ymmärrettävään muotoon. Työn rajauksessa keskityttiin teollisen kokoluokan maatuulivoimaoloihin, jotka ovat eniten lisääntyvä tuulivoiman muoto Suomessa.

Työ annetaan toimeksiantajalle opinnäyteraportista erotettuna kirjallisena tuotoksena, koska sitä on tarkoitus käyttää yhtiön tiedotusmateriaalina. Raportissa käy selkeästi ilmi, että oikealla sijoittelulla säästytään lähes kaikilta tuulivoiman aiheuttamilta ongelmilta. Tuulivoiman vaikutukset on jaettu kestävän kehityksen mukaan kolmeen ulottuvuuteen: sosiaaliseen, taloudelliseen ja ekologiseen. Sosiaalisen ulottuvuuden eli ihmisiin kohdistuvien vaikutusten tärkeimmät ongelmat ovat melun ja välkkeen esiintyminen, joista molempia voidaan ehkäistä tuulivoimaloiden oikealla sijoittelulla. Tuulivoiman positiiviset vaikutukset ovat suurimmat talouden näkökulmasta, koska hankkeet tuovat varallisuutta paikallistalouteen. Ekologian puolella raportissa tarkastellaan tuulivoiman vaikutuksia eri eliöluokkiin, maaperään, vesistöön ja kasvillisuuteen, joihin kohdistuvat vaikutukset ovat myös hyvin paljon riippuvaisia tuulivoiman oikeasta sijoittelusta.

Avainsanat tuulienergia, vaikutukset, talous**Sivut** 46 s. + liitteet 0 s.

FORSSA
Degree Programme in Sustainable Development

Author	Pekka Parkkila	Year 2013
Subject of Bachelor's thesis	Effects of wind power on local and national level	

ABSTRACT

Purpose of this study was to create a comprehensive summary of the known effects of wind power and produce a report, which can convey up to date information about the benefits and disadvantages of wind power. This thesis was commissioned by Voimamyly Ltd. Voimamyly is a wind power company that is designing a wind farm to Humppila and Urjala municipals' border.

The theoretical section briefly describes the situation of wind power in Finland and the related legislation concerning wind power. It also discusses whether the chosen research method is right for this purpose and possible shortcomings that one may experience when making a literature review.

The report was compiled as a narrative literature review, which allowed more freedom to write text into an understandable form. The work focused on the industrial scale onshore power plants, which are the fastest growing form of wind power in Finland.

The thesis will be given to Voimamyly Ltd. as a separate report. It is evident that the correctly made siting of the wind power plants can spare the wind power developer of nearly all the problems caused by wind power plants. Effects have been attributed according to the three dimensions of sustainable development: social, economic and ecological. The social dimension means effects on humans. Those effects are mainly problems caused by noise and shadow flicker, both of which can be prevented by proper siting. Positive effects of wind power are visible from the perspective of the economy; it brings wealth on the local economy especially. The ecology part of the report examines the effects of wind power on different species, soil, water and vegetation, the effects of which are very much dependent on the correct siting of wind power.

Keywords Wind power, effects, economy

Pages 46 p. + appendices 0 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TUULIVOIMA.....	2
2.1	Tuulivoima Suomessa	2
2.2	Lainsäädäntö.....	3
3	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY	5
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	5
4.1	Rajaus	5
4.2	Tutkimusmenetelmä	8
4.3	Tutkimuksen arviointi	8
5	SOSIAALISET VAIKUTUKSET.....	9
5.1	Maisema	9
5.2	Melu	10
5.3	Välke	14
6	TALOUDELLISET VAIKUTUKSET.....	16
6.1	Vaikutukset paikallistalouteen	16
6.2	Vaikutukset kiinteistön arvoon.....	18
6.3	Vaikutukset kansantalouteen.....	20
6.4	Vaikutukset sähkömarkkinoille.....	23
6.5	Vaikutukset politiikkaan	24
7	EKOLOGISET VAIKUTUKSET	25
7.1	Vaikutukset lintuihin	25
7.2	Vaikutukset nisäkkäisiin	28
7.3	Vaikutukset matelijoihin ja sammakkoeläimiin	34
7.4	Vaikutukset hyönteisiin.....	35
7.5	Vaikutukset maaperään, kasvillisuuteen ja vesistöihin	36
8	TUTKIMUKSEN TULOKSET.....	38
9	POHDINTA.....	39
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	40
	LÄHTEET	42

SANASTO

Barotrauma = Ilmanpaineen äkillisestä muutoksesta aiheutuva hengityselinten repeäminen.

BKT = Bruttokansantuote on kokonaistuotannon mitta, joka on eri tuotantoyksiköiden yhteenlaskettujen tulojen ja menojen arvo.

CO₂ = Hiilidioksidi on ilmakehän kaasu, jolla on havaittu olevan kasvihuoneilmiötä voimistava vaikutus.

dB(A) = Desibeli äänen voimakkuutta varten tehty mittayksikkö, jossa äänen taajuuspainotus on kuuloaistin taajuuksien mukainen. Tätä kuvataan yksikön perässä olevalla A:lla. Ihmisen kuulokynnys on nolla desibeliä.

GW = Gigawatti on tuhat MW:a. Esimerkiksi Olkiluoto 2 ydinreaktori on sähköteholtaan 1,6 GW.

GWh = Gigawattitunti, Noin 18 000 asukkaan kunta voi kuluttaa 68 GWh sähköä asumiseen.

htv = Henkilötyövuosi, on kokoaikaisen henkilön työpanos, joka saadaan jakamalla yhteisön kaikki palkatut tunnit yhteisön palkansaajien keskimääräisillä palkatuilla tunneilla vuodessa.

Hz = Hertsi on värähtelyjen lukumäärää kuvaava yksikkö.

kW = Yksi kilowatti on tuhat wattia. Esimerkiksi pölynimurit tarvitsevat noin 1 kW:n tehon toimiakseen.

MW = Megawatti on tuhat kW:a. Teollisen kokoluokan tuulivoimalat ovat huipputeholtaan 1–4 MW.

MVA = Megavoltiampeeri on miljoona voltiampeeria, joka on näennäistehon yksikkö. Watin ja voltiampeeri ovat muuten sama määre mutta voltiampeeri ei ota huomioon reaktanssia. Wattiluku on tällöin VA:ta pienempi.

MWh = Megawattitunti, omakotitalon sähkönkulutus voi olla 10 MWh:a vuodessa.

Pa = Pascal on paineen yksikkö, Ihmisen kuulokynnys on noin 20 mikropascalia (μPa).

TW = Terawatti on tuhat GW.

TWh = Terawattitunti, Suomessa kulutettiin sähköä vuonna 2011 yhteensä noin 81 TWh.

W = Watti on säteilyvirran yksikkö, joka vastaa yhden Joulen kulumista sekunnissa. Esimerkiksi energiansäästölamppu voi olla teholtaan 7 W.

Wh = Wattitunti on energian yksikkö, jolla ilmaistaan watin tehoa tunnin ajan.

1 JOHDANTO

Tuulivoima on yksi puhtaimmista energiantuotantomuodoista, joita nykyisin osataan hyödyntää. Kansainvälisesti tuulivoimasektori on ollut voimakkaassa nosteessa viimeiset vuosikymmenet. Samanaikaisesti ihmisen toiminnan aiheuttama alailmakehän lämpeneminen on tuottanut paineita kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi, etenkin teollisuuden ja energiasektorin osalta. Globaalin vastuunsa tuntien Suomen hallitus on muiden Euroopan Unionin maiden tavoin asettanut itselleen kasvihuonekaasuja koskevan päästövähennystavoitteen vuodelle 2020. Olennaisena osana tätä kehitystä on tuulivoima, jonka tuotanto on Suomessa vielä vuonna 2013 hyvin pientä verrattuna Euroopan isoimpiin maihin Saksaan ja Espanjaan. Suomeen on viime vuosina perustettu lukuisia uusia tuulivoimayhtiöitä.

Hankkeen edetessä kävi ilmi useaan otteeseen, miten hankealueen asukkaiden tiedot tuulivoimasta perustuvat paljolti median sekä tuulivoimaa vastustavien ja puolustavien tahojen lobbaukseen. Tällöin henkilö voi helposti omaksua vääristynyttä tietoa. Väärän tiedon aiheuttama negatiivinen suhtautuminen tuulivoimaan heijastuu kaavoitus- ja ympäristövaikutusten arviointiprosessien yhteydessä valituksiksi, jotka pahimmassa tapauksessa tarkoittavat hankkeen lykkääntymistä tai johtavat hankkeen raukeamiseen. On myös muistettava, ettei kansalaisten huoli tuulivoiman negatiivisista vaikutuksista ole täysin perusteetonta, vaan huonolla suunnittelulla hankkeenharjoittajat voivat saada aikaan kestävämmät olosuhteet lähialueen asukkaille. Tästäkin syystä oikean tiedon saanti on tärkeää tuulivoimahankkeita edistettäessä, jotta kansalaiset osaavat pitää silmällä oikeita asioita ja kysyä oikeita kysymyksiä hankkeenharjoittajilta.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tuottaa kokoava raportti tuulivoiman vaikutuksista ja kirjoittaa se sellaiseen muotoon, ettei sen ymmärtäminen vaadi minkään osa-alueen erikoisosaamista. Raportti toimitetaan tilaajalle erikseen tämän opinnäytetyön valmistumisen yhteydessä. Raportin on oltava riittävän lyhyt mutta silti kattava, jotta siitä saa hyvän kuvan tuulivoimaloiden kaikista vaikutuksista. Raportin laatimisen työtavaksi valittiin narratiivinen kirjallisuuskatsaus, jota varauduttiin täydentämään asian-tuntijahaastattelulla.

2 TUULIVOIMA

Tuulivoimala tuottaa sähköä nosteesta, jonka liikkuva ilmamassa luo sen lapoihin saaden ne pyörimään. Tuulivoimalat jaetaan niiden sijainnin mukaan maatuulivoimaan ja merituulivoimaan. Kokoluokkansa mukaan tuulivoimalat jaetaan pientuulivoimaan ja teolliseen tuulivoimaan sekä pyörimissuuntansa mukaan vertikaalisiin ja horisontaalisiin tuulivoimaloihin. Vertikaalisten voimaloiden akseli on suunnattu ylöspäin ja horisontaalisten vaakasuoraan. Horisontaaliset voimalat ovat vielä nykytekniikalla tehokkaampia.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään teollisen kokoluokan maatuulivoimaloita, jotka lähes poikkeuksetta ovat horisontaalisia voimaloita, joita voidaan kuvailla myös perinteisiksi malleiksi.

Nykyaikaisten tuulivoimaloiden tornien korkeus voi olla jopa 143 metriä. Tornin on joko ristikkorakenteinen tai putkirakenteinen. Tornin päässä sijaitsee konehuone, jonka paino voi olla jopa 60 tonnia. Konehuoneesta lähtevään akseliin on kiinnitetty tavallisesti kolme aerodynaamisesti muotoiltua lapaa, joiden pituus voi nykyaikaisissa voimaloissa olla jopa yli 60 metriä.

Tuulen lapoihin aiheuttama liike siirtyy akselin varassa konehuoneessa sijaitsevaan generaattoriin, josta syntyvä sähkö johdetaan valtakunnan sähköverkkoon.

2.1 Tuulivoima Suomessa

Vuoden 2012 lopussa Suomessa oli 162 tuulivoimalaa, joiden yhteenlaskettu kokonaiskapasiteetti oli 288 MW. Tuulivoimalla tuotettiin noin 0,6 prosenttia Suomen sähkönkulutuksesta. Suomeen oli vuoden 2012 lokaussa suunnitteilla 8 911 MW:n edestä tuulivoimaa. (VTT 2013.)

Suomen valtion ilmasto- ja energiastrategia tähtää vuoteen 2020, jolloin strategian mukaan 38 prosenttia sähköstä tuotetaan uusiutuvilla energiamuodoilla. Tuulivoimalla tulisi tällöin tuottaa 6 TWh sähköä vuodessa. Se tarkoittaisi noin 800 voimalaa, joiden yhteenlaskettu tuotantokapasiteetti on 2 500 MW. Suomessa on tällä hetkellä suunnitteilla tuulivoimaa moninkertaisesti se määrä, mitä ilmasto- ja energiastrategiassa on asetettu tavoitteeksi.

Vuonna 2011 otettiin käyttöön syöttötariffijärjestelmä, joka tarkoittaa, että Suomen valtio maksaa tariffitukea tuulivoimalla tuotetulle energialle eli niin sanottua takuuhintaa jokaista tuotettua MW kohden, jolloin tuulivoimalla tuotettu sähkö ei olisi riippuvainen sähkön hinnan vaihteluista. Tällä pyritään kannustamaan sijoittajia ja hankkeenharjoittajia sijoittamaan tuulivoimaan varmana sijoituksena.

2.2 Lainsäädäntö

Tuulivoimaa rakennettaessa joudutaan soveltamaan useita Suomen lakeja, jotka keskittyvät pääasiassa luonnonympäristön suojelemiseen ja puolustusvoimien toiminnan ylläpitämiseen. Seuraavana on luettelo laeista, joita tuulivoimarakentamisessa Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaan käytetään.

Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslaki pitää sisällään kaavoitukseen ja rakennusluupiin liittyvän lainsäädännön. Maankäyttö- ja rakennuslain 77a §, 77 b § ja 77c § koskevat tuulivoimarakentamista koskevia erityisiä säännöksiä. (Ympäristöministeriö 2012, 21.)

”77a § (11.2.2011/134)

Yleiskaavan käyttö tuulivoimalan rakennusluvan perusteena

Rakennuslupa tuulivoimalan rakentamiseen voidaan 137 §:n 1 momentin estämättä myöntää, jos oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa on erityisesti määrätty kaavan tai sen osan käyttämisestä rakennusluvan myöntämisen perusteena.

77 b § (11.2.2011/134)

Tuulivoimarakentamista koskevan yleiskaavan erityiset sisältövaatimukset

Laadittaessa 77 a §:ssä tarkoitettua tuulivoimarakentamista ohjaavaa yleiskaavaa, on sen lisäksi, mitä yleiskaavasta muutoin säädetään, huolehdittava siitä, että:

- 1) yleiskaava ohjaa riittävästi rakentamista ja muuta alueiden käyttöä kyseisellä alueella;
- 2) suunniteltu tuulivoimarakentaminen ja muu maankäyttö sopeutuu maisemaan ja ympäristöön;
- 3) tuulivoimalan tekninen huolto ja sähkönsiirto on mahdollista järjestää.

77 c § (11.2.2011/134)

Tuulivoimarakentamista ohjaavan yleiskaavan laatimiskustannukset

Jos 77 a §:n mukainen tuulivoimarakentamista ohjaava yleiskaava laaditaan pääasiallisesti yksityisen edun vaatimana ja tuulivoimahankkeeseen ryhtyvän taikka maanomistajan tai haltijan aloitteesta, kunta voi periä tältä yleiskaavan laatimisesta aiheutuneet kustannukset kokonaan tai osaksi. Kunta hyväksyy kaava-aluekohtaisesti perittävän maksun periaatteet ja maksun perimistavan sekä -ajan.” (MRL 10: 77§.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki määrää myös rakennusluvasta, joka on pakollinen tuulivoimaloille.

Laki ympäristövaikutusten arvioinnista

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyllä pyritään vähentämään hankkeen haitallisia vaikutuksia ympäristölle.

”Tuulivoimahanke vaatii YVA-lain mukaisen menettelyn soveltamista aina, kun yksittäisten laitosten lukumäärä on vähintään 10 kappaletta tai kokonaisteho vähintään 30 megawattia. Hankkeeseen katsotaan kuuluvan myös rakentamiseen, käyttöön ja huoltoon tarvittavat rakenteet.” (Ympäristöministeriö 2012, 33.)

Luonnonsuojelulaki

Luonnonsuojelulain tarkoitus on suojella luonnon monimuotoisuutta ja maisema-arvoja sillä suojellaan alueita, luontotyyppejä sekä eliölajeja. (Ympäristöministeriö 2012, 33.)

Ympäristönsuojelulaki

Mikäli rakennettavien tuulivoimaloiden aiheuttama melu tai välke saattaa aiheuttaa kohtuutonta räsitusta, joka on määritelty naapuruussuhdelaisa (26/1920, NaapL, 17§), se vaatii ympäristönsuojelulain mukaisen ympäristöluvan. (Ympäristöministeriö 2012, 39.)

”Ympäristönsuojelulaissa säädetään myös maaperän pilaamiskiellosta (YSL 7 §), pohjaveden pilaamiskiellosta (YSL 8 §) ja meren pilaamiskielloista (YSL 9 §), jotka tulee ottaa huomioon tuulivoimarakentamisessa.” (Ympäristöministeriö 2012, 40.)

Vesilaki

Jos tuulipuiston rakentaminen aiheuttaa riskin muuttaa vahingollisesti pinta- tai pohjavesiä tai haittaa kalastusta, kalakantoja tai vesiliikennettä. Tarvitsee tuulivoimalla vesilain mukaisen Vesiluvan. (Ympäristöministeriö 2012, 40.)

Ilmailulaki

Kaikki lentokenttiä lähellä olevat yli 30 metriset rakennelmat ja muilla alueilla yli 60 metriset rakennelmat vaativat lentoesteluvan hakemista liikenteen turvallisuusvirastolta Trafilta. Teollisen kokoluokan tuulivoimalat kohoavat noin sadan metrin korkeuteen, jolloin ne tarvitsevat lentoesteluvan. Luvan tarvetta määritellään tarkemmin ilmailulain 165 §:ssä. (Ympäristöministeriö 2012, 42.)

Laki puolustusvoimista

Laki puolustusvoimista (551/2007) ja aluevalvontalaki (755/2000) määräävät, että tuulivoimaa rakennettaessa on otettava huomioon puolustusvoimien lakisäätteiset rauhan ja kriisinajan tehtävät. Tuulivoimarakentami-

nen ei saa haitata esimerkiksi tutkajärjestelmiä tai sotilaslentoliikennettä. (Ympäristöministeriö 2012, 47.)

Muinaismuistolaki

Tuulipuistoa rakennettaessa joudutaan ottamaan huomioon alueella olevat kiinteät muinaisjäännökset, jotka ovat muinaismuistolain (295/1963) mukaan rauhoitettuja. Muinaismuistolaki suojaa myös ennestään tuntemattomia kohteita, jotka voivat löytyä rakentamisen yhteydessä. kiinteän muinaisjäännöksen määritelmä löytyy muinaismuistolain 2 §:ssä. (Ympäristöministeriö 2012, 47.)

Erämaalaki (62/1991, ErämaaL)

Erämaalain mukaisille laajoille alueille ei saa rakentaa pysyviä teitä ja erämaat on säilytettävä muutenkin luonnontilaisina. Siksi erämaanalueet eivät sovellu tuulivoimarakentamiseen. (Ympäristöministeriö 2012, 48.)

Poronhoitolaki (848/1990, PHL)

Poronhoitoalueelle rakennettaessa on otettava huomioon tuulivoiman vaikutukset porotalouteen ja poronhoitolain määräämät alueiden käyttöä koskevat rajoitukset sekä pyydyttävä lausunnot asianomaisilta paliskunnilta. (Ympäristöministeriö 2012, 48.)

3 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

Tämän opinnäytetyön tilaaja on Voimamyly Oy. Voimamyly Oy perustettiin helmikuussa 2012. Sen tavoitteena on rakennuttaa tuulipuisto Urjalan ja Humppilan rajalle valtateiden 10 ja 2 risteyksen koillispuolelle. Alkuperäisten suunnitelmien mukaan tuulipuisto koostuisi 30–40 tuulivoimalasta. Voimamyly Oy:n tiedotteen (22.3.2013) mukaan voimaloiden lukumäärää on pudonnut 23:en, osaksi heränneen vastustuksen takia, mutta myös valtakunnan sähköverkon vastaanottokapasiteetin rajallisuuden vuoksi. Alkuperäisen suunnitelman mukaan puiston tulisi olla käyttövalmiina vuonna 2015. (Voimamyly 2013.)

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Opinnäytetyön tehtävänantona oli tehdä tuulivoiman vaikutuksia kokoava raportti, joka voisi tulevaisuudessa auttaa Voimamyly Oy:n hanketta ja muita tuulivoimahankkeita ympäri Suomea.

4.1 Rajaus

Osa rajauksesta tapahtui tilaajan toimesta tehtävänantoa saataessa, kun kävi ilmi, että vaikutusten arviointi tulisi tehdä teollisen kokoluokan maatuulivoimaloista. Tällä tarkennuksella pois suljettiin merituulivoimalat, pienituulivoimalat ja horisontaaliset tuulivoimalat.

Tarkempi rajausta muotoutui tutkimuskysymysten valinnan myötä. Tutkimuskysymysten laadinnassa käytettiin apuna Voimamyly Oy:n Urjala-Humppila hankkeen ympäristövaikutusten arviointiohjelmasta saamia mielipiteitä. (Ely-keskus 2012.)

Mielipiteissä ilmenneet asiat listattiin seuraavasti:

- Maisema-arvo
- Linnut
- Kyläyhteisön toiminta
- Välke
- Lentoestevalojen välke
- Kiinteistön arvon aleneminen
- Rakennusrajoitukset
- Pohjaveden saastuminen
- Tuulivoimaloista lentävä jää
- Eläimet ja melu
- Rakennusaikaiset pakokaasut
- Sähkön aiheuttamat ongelmat
- Magneettikentät
- Melu
- Työpaikat
- Tuulivoiman vaikutus epilepsiaan
- Metsäpalovaara
- Lepakot
- Liito-oravat

Aihealueet jaettiin kestävän kehityksen kolmen periaatteen mukaan sosiaalisiin vaikutuksiin eli ihmisiin kohdistuviin vaikutuksiin, taloudellisiin vaikutuksiin ja ekologisiin vaikutuksiin eli vaikutukset luonnonympäristöön.

Sosiaaliset vaikutukset:

- Maisema-arvo
- Välke
- Lentoestevalojen välke
- Melu
- Tuulivoimaloista lentävä jää
- Tuulivoiman vaikutus epilepsiaan

Taloudelliset vaikutukset:

- Kyläyhteisön toiminta
- Rakennusrajoitukset
- Kiinteistöjen arvon aleneminen
- Työpaikat

Ekologiset vaikutukset:

- Linnut
- Pohjaveden saastuminen vikatilanteessa
- Eläimet ja melu

- Rakennusaikaiset pakokaasut
- Magneettikentät
- Lepakot
- Liito-oravat
- Sähkön aiheuttamat ongelma

Tilaaajan toiveena oli, että opinnäytetyössä otettaisiin enemmän esille taloudellista näkökulmaa. Raportin lopullinen sisällysluettelo muodostuikin selkeäksi kokonaisuudeksi:

- Johdanto
- Sosiaaliset vaikutukset
 - Maisema
 - Melu
 - Välke
- Taloudelliset vaikutukset
 - Vaikutukset paikallistalouteen
 - Vaikutukset kiinteistön arvoon
 - Vaikutukset kansantalouteen
 - Vaikutukset sähkömarkkinoille
 - Vaikutukset politiikkaan
- Ekologiset vaikutukset
 - Vaikutukset lintuihin
 - Vaikutukset nisäkkäisiin
 - Vaikutukset matelijoihin ja sammakkoeläimiin
 - Vaikutukset hyönteisiin
 - Vaikutukset maaperään, kasvillisuuteen ja vesistöihin
- Yhteenveto
- Lähteet

Aiheista karsittiin pois sellaisia kohtia, jotka ovat hyvin epätodennäköisiä, vaikkakin varmasti aitoja huolenaiheita. Niiden käsitteleminen olisi vienyt liikaa resursseja jo valmiiksi laajasta katsauksesta. Mielipiteistä poimituista aiheista rajattiin seuraavat toteutuksen ulkopuolelle:

- Tuulivoimaloiden lavoista lentävä jää. Perusteluna on, että käytännössä kaikkiin Suomeen rakennettaviin voimaloihin rakennetaan tekniset menetelmät jään poistamiseen ja sen havaitsemiseen.
- Tuulivoimahankkeen rakennusvaiheen aikana syntyvät pakokaasut. Pakokaasuja ei ole otettu mukaan YVA-tarkasteluun, koska niiden määrä jää huomattavan pieneksi, siksi nähtiin että niiden tarkastelu on tarpeetonta myös tässä raportissa.

Sosiaalisista vaikutuksista pääotsikoiksi valittiin kolme merkittävintä vaikutusta: Maisema, Melu ja Välke. Välke pitää sisällään vaikutukset epilepsiaan.

Taloudellisiin vaikutuksiin pääotsikoiksi muodostuivat vaikutukset paikallistalouteen, vaikutukset kiinteistön arvoon ja vaikutukset kansantalouteen sekä vielä vaikutukset sähkömarkkinoille ja vaikutuksiin politiikkaan.

Osat politiikka ja sähkömarkkinat ovat sellaisia, jotka ovat olennaisia tuulivoiman vaikutusten määrittämisessä kansantalouden kannalta.

Ekologiset vaikutukset jaettiin eliöluokittain otsikoihin, jotta kaikki Suomen lajit tulisi käytyä jollain tasolla läpi. Voidaan pitää selviönä, ettei lajikohtaista tutkimusta ole voitu tehdä kaikista lajeista tai edes lajiryhmistä.

4.2 Tutkimusmenetelmä

Rajauksesta huolimatta aihealueita oli paljon ja tutkimusta oli tehty vaihtelevia määriä. Tutkimusmenetelmäksi valikoitui kuvaileva kirjallisuuskatsaus ja vielä tarkemmin, narratiivinen kirjallisuuskatsaus. Narratiivinen kirjallisuuskatsaus oli oikeutettu valinta tähän tarkoitukseen, koska tavoite oli tiivistää aiemmin tehtyjä tutkimuksia, analysoida niitä ja luoda niistä ymmärrettävä kokonaisuus. Tutkittavien asioiden laajuudesta johtuen oli myös mahdollista tehdä systemaattista kirjallisuuskatsausta tai meta-analyysiä. (Salminen 2011, 6–8.)

Ensisijaisena lähteenä oli aihepiirien kokoomateoksia, joita löytyi kohtuullisesti joka aihepiiristä. Tarkemman tiedon puuttuessa tietoa haettiin tarkemmilla hakusanoilla tietyistä aihepiiristä. Tiedonlähteinä käytettiin yleisiä kirjallisia teoksia ja elektronisia lähteitä Hämeen ammattikorkeakoulun käyttämistä tietokannoista.

Tiedon oikeellisuuden takaamiseksi valittiin ensisijaisesti ympäristöhallinnon julkaisuja Suomesta ja Ruotsista sekä muita tutkimuslaitosten ja ministeriöiden tekemiä julkaisuja. Tiedonhaussa olennaista oli tiedon tuoreus, sillä tuulivoima alalta syntyy vuosittain lukuisia julkaisuja ja niiden kokoomateoksia, joissa esitellään uutta tietoa.

4.3 Tutkimuksen arviointi

Tiedon luotettavuuden takaamiseksi käytettiin ensisijaisesti viranomaisjulkaisuja. Luotettavuuden kannalta riskialttiita lähteitä ovat yksityiset tahot ja järjestöt, joiden motiiveista ei voi olla absoluuttisen varma. Opinnäytetyössä pyritään tietoisesti välttämään tiedon esittämistä totuutena, jos lähde on vielä tutkimusasteella. Olennaisena raportin kannalta on, että raportti tuo hyvin esille tämänhetkisen tietämyksen aiheesta, oli se absoluuttinen totuus tai ei ja ennen kaikkea, että lukija ymmärtää kokonaisuuden.

Ongelmaksi koitui oman tietotaidon vajaavaisuus suhteessa käsiteltävien asioiden määrään, jolloin oli vaarana väärin ymmärtäminen etenkin, kun aineistoa kertyi runsaasti.

Opinnäytetyön eettisiä ongelmia ovat selkeästi se, että työn tilaaja on tuulivoimayhtiö ja työn tekijä on ollut tekemässä korkeakouluopintoihin kuuluvaa harjoittelujaksoa samassa yrityksessä. Riskinä on tekstin tulkinan värittyminen tuulivoimamyönteiseksi, joka voi ilmentyä tuulivoiman aiheuttamien negatiivisten vaikutusten vähättelynä.

Tätä riskiä pyritään vähentämään käyttämällä pääasiassa viranomaisten käyttämiä puolueettomia lähteitä ja käyttämällä tarkkaa lähdeviittausta.

5 SOSIAALISET VAIKUTUKSET

Sosiaaliset vaikutukset tarkoittavat vaikutuksia ihmisiin ja ihmisten hyvinvointiin. Tässä raportissa käsitellään eritoten tuulivoiman aiheuttaman melun, välkkeen ja maisemamuutosten vaikutusta ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin.

5.1 Maisema

Tuulivoiman vaikutukset maisemaan voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulivoimalat ovat isoja rakennelmia, jotka voivat näkyä selkeällä säällä jopa 10 km:n päähän.
- Tuulivoimalan näkyvyyteen vaikuttavat turbiinitornin ja sen lapojen koko.
- Tuulivoimalan vaikutuksesta maisemaan ei ole konkreettista vaaraa tai haittaa ihmiselle.
- Tuulivoimalat voidaan kokea negatiivisena etenkin, jos yksilön asenteet ovat tuulivoimaa vastaan.
- Tuulivoiman maisemavaikutuksia pidetään yhtenä isoimmista sosiaalisen vaikutuksen tyypeistä melun ja välkkeen ohella.

Maisema koostuu elollisista ja elottomista tekijöistä, niin ihmisen aiheuttamasta kuin luonnollisestakin näkymästä. Maisemaan sisältyy näkymän lisäksi historiaa, maankäyttöä, kulttuuria ja eläimistöä. Käytännössä maisema koostuu eri maisemaelementeistä. Maisemaelementti on yksittäinen kohde ympäristössä, joka muodostaa maisemaa, esimerkiksi mäet, puut, rakennukset tai vaikka tuulivoimalat. (Lahtinen & Mäensivu 2011, 3–5.)

Visuaalisessa kokemuksessa olennaista on muutos. Maisema on jatkuvasti muuttuva kokonaisuus, jonka maisematyyppi määräytyy maisemarakenteen, maisemakuvan, maankäytön sekä kulttuuri- ja luonnonpiirteiden avulla. Maiseman muutos voi olla nopeaa tai edetä vaiheittain. Tuulipuiston kaltaisissa projekteissa tehtävässä maisemavaikutusten arvioinnissa tutkitaan maiseman muutoksia. Visuaaliset muutokset voivat vaikuttaa myös ihmisiin. Eri ihmisryhmät voivat kokea ympäristön muutokset eri tavoin, mutta muutokset voivat olla yleisesti joko positiivisia tai negatiivisia. (Lahtinen & Mäensivu 2011, 3–5.)

Tuulivoimalat ovat aina näkyvä elementti ympäristössä, ja tulevat täten muuttamaan maisemaa merkittävästi. Rakentamisvaiheessa käytettävät nosturit ja kuljetuskalusto ovat kookkaita ja näkyvät varmasti maisemassa hetkellisesti, mutta rakennusaikaiset maisemavaikutukset ovat silti paikall-

lisiä ja lyhytkestoisia. Tuulivoimaloiden maisemavaikuttavuuteen vaikuttaa olennaisesti käytetty turbiinimalli sekä turbiinitornin ja lapojen koko. (Ramboll Finland 2011, 62–67.)

Isoimmat maalle suunnitellut tuuliturbiinit ovat kokoluokaltaan 5 MW:n voimaloita, joiden lapa ylettyy noin 180 metrin korkeuteen. Maksimietäisyys, josta tuulivoimalan voi nähdä, on noin 30 kilometriä. Tuulivoimalan näkyvyyteen vaikuttavat säätila, vuorokauden aika, kasvillisuus, maaston muodot ja maapallon kaarevuus. Käytännössä tuulivoimalan näkyvyys jää todennäköisesti selvästi pienemmäksi. Tuulivoimaloiden lavat erottuvat selkeällä säällä 5–10 km:n päähän turbiinista. (Ramboll Finland 2011, 62–67.)

Lahtisen ja Mäensivun vuonna 2011 tekemän tutkimuksen mukaan tutkimukseen vastannut kohderyhmä piti tuulivoimaa yleisesti hyvänä asiana, mutta kuvaparitestissä kävi selvästi ilmi, että maisema, jossa ei ole tuulivoimaloita on miellyttävämpi kuin maisema, jossa on turbiineja. Kuitenkin yhtä turbiinia pidettiin miellyttävämpänä kuin useita turbiineja, ja ranken-
netussa tehdasmaisemassa mieluummin kuin luonnonmaisemassa. Toisaalta ympäristöministeriö on ohjeistanut maakuntakaavoittajia keskittämään tuulivoimaa usean voimalan ryhmiksi. (Tarasti 2012, 7; Lahtinen & Mäensivu 2011, 54–56.)

Ympäristövaikutusten arvioinnissa tarkastellaan turbiinien vaikutusta arvokkaisiin maisema-alueisiin, joiden pohjalta tehdään ratkaisu tuulivoimaloiden rakentamisesta. Maiseman muuttumisesta ei aiheudu ihmiselle fyysistä haittaa, mutta se voidaan kokea negatiivisena etenkin juuri turbiinien pystytyksen jälkeen, kun maisema on vielä uusi.

5.2 Melu

Tuulivoiman aiheuttaman melun vaikutukset ihmisiin voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulivoimalan aiheuttama melu syntyy pääosin roottorin lavan synnyttämästä äänestä.
- Tuulivoiman aiheuttamaa melua voidaan pitää häiritsevänä, joka pitkään jatkuessaan voi aiheuttaa stressireaktion.
- Melun aiheuttamiin ongelmiin edellytyksenä on, että yksilö kuulee äänen. Tätä pyritään vähentämään harkitulla sijoittelulla ja teknisillä menetelmillä.
- Tuulivoimaloiden päästämän melun luonne tekee siitä vaikeasti ennakoitavan ja siksi asiasta tarvitaan lisätutkimusta.

Tuulivoiman kiistatta yksi tutkituimmista ja väitellyimmistä negatiivisista vaikutuksista on energiantuotannon yhteydessä syntyvä ääni. Ääni on korviimme kantautuvaa ilmanpaineen vaihtelua, joka tarvitsee aina välittäjä-
aineen kuten ilman tai veden, jonka äänilähde saa värähtelemään aaltoliik-

keen tavoin. Aaltoliikkeen voimakkuus riippuu äänilähteen värähtelyvoimakkuudesta.

Ääntä kutsutaan meluksi, kun se on epätoivottavaa ja/tai terveydelle haitallista ääntä. Melun häiritsevyyteen vaikuttavat siis henkilön yksilölliset ominaisuudet ja mieltymykset. Sama ääni voi olla toiselle musiikkia ja toiselle melua. Ihminen elää normaalioloissa aina usean eri äänilähteen vaikutuspiirissä. Tällaista yhtäaikaista ääntä, jonka aallonpituus ja taajuus muuttuvat alati, kutsutaan ympäristömeluksi. Ympäristömelusta voidaan kuitenkin erotella sen eri osia toisistaan esim. tarkastelemalla äänien eri taajuuksia. (Di Napoli 2007, 7–8.)

Värähtelyjen lukumäärää eli taajuutta mitataan Hertseinä (Hz), jossa yksi hertsi vastaa yhtä värähdystä sekunnissa. Painetta kuvataan yksiköllä Pascal (Pa), mutta koska kuuloalueella äänenpaine vaihtelee todella paljon, on äänenpainetasoja varten kehitetty oma mitta-asteikko - desibeliasteikko (dB). Kun äänenpainetaso on 0 desibeliä, äänenpaine on 20 mikropascalia (μPa). (Jauhiainen, Vuorinen & Heinonen-Guzejev 2007, 11–12.)

Kolmas äänen fysikaalinen ominaisuus äänenpaineen ja äänen taajuuden lisäksi ovat sen ajalliset ominaisuudet kuten nopeus ja kesto. Ääniaallon nopeus riippuu väliaineen tiheydestä, siksi ilmassa ääni kulkee hitaammin kuin se kulkisi vedessä. Lämpötila vaikuttaa aineen tiheyksiin ja, siksi esimerkiksi lämpimällä ilmalla ääni kulkee hitaammin kuin kylmällä. (Pihlainen 2009, 3.)

Äänen mittaamisessa tulee huomioida useita eri tekijöitä: äänilähteen laatu, etäisyys äänilähteeseen, mittauspisteen sijainti heijastaviin pintoihin nähden, mittausajankohta ja mittauksen kesto, taajuus- ja aikapainotukset sekä mittausten määrä ja laatu tutkittavan asian kannalta. Äänen voimakkuutta mitataan melumittarilla, mutta saatetaan joutua käyttämään myös muita mittareita, joilla saadaan selville muun muassa taajuusanalyysiin tarvittavat arvot. (Pihlainen 2009, 10–11.)

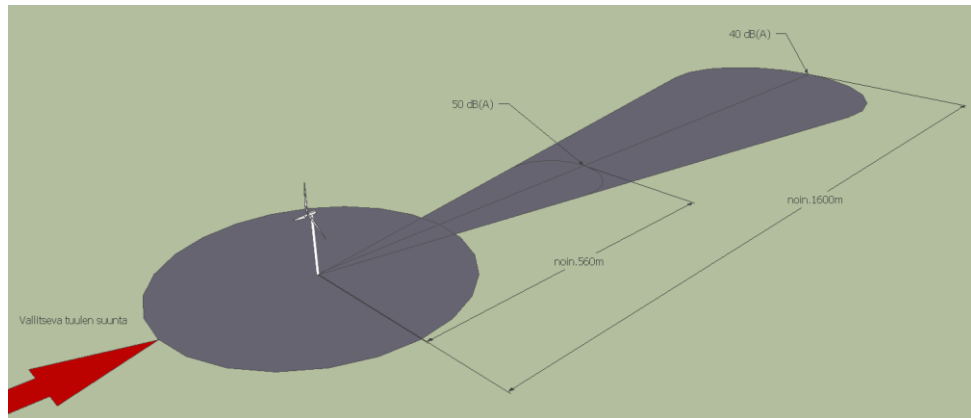
Tuulivoimaloiden melu syntyy sähköntuotantokoneiston aiheuttamasta mekaanisesta melusta (30 %) ja lapojen liikkeestä syntyvästä aerodynaamisesta melusta (70 %), joka on tuulivoimaloiden pääasiallinen melunlähde. Aerodynaaminen melu on laajakaistaista, joka vaihtelee välillä 60–4 000 Hz. Tuulivoimalaitoksen lapojen pyörähtäminen aiheuttaa jaksollisen käyntiäänien. Kun voimalan lapa ohittaa turbiinin maston, puristuu lavan aiheuttama aerodynaaminen melu maston ja lavan väliin, jolloin syntyy meluavaa turbulenssia, jota kutsutaan ohitusmeluksi. Ohitusmelu on siksi voimakkaampaa, ja melun taso voi vaihdella jaksollisesti jopa 6 dB:n verran. Lapojen suuren vaikutuspinta-alan ja melun jaksollisuuden takia aerodynaaminen melu on hallitsevin melunlähde tuulivoimaloissa. (Pihlainen 2009, 20.)

Teknisen melun rajoittaminen tapahtuu mekaanisen melun osalta helposti, muun muassa parantamalla konehuoneen kotelointia ja optimoimalla vaihteiston hammasvälit. Aerodynaamisen melun osalta tilanne on mutkikkaampi, sillä aerodynaaminen melu vähenee, kun lapojen liikenopeus pie-

nenee. Tämä kuitenkin vähentää myös tuulivoimaloista saatavan sähkön määrää. Yleisin tapa vähentää melun syntymistä on säätää lapojen asentoa tuuleen nähden, jolloin lapojen liike hidastuu. Tällä menetelmällä saadaan hetkellisesti 1 – 10 dB:n meluvaimennus sellaisilla hetkillä, kun melun otaksutaan kuuluvan. Lavan muodolla ja suunnittelulla on myös suuri merkitys siitä aiheutuvaan meluun. Niitä muokkaava teknologia onkin viime vuosina keskittynyt meluhaittojen vähentämiseen. (Di Napoli 2007, 14.)

Turbiinin melutaso dB(A):nä mitattuna voi nykyisissä voimaloissa olla luokkaa 110–111 dB(A). Tosin uusimpien voimaloiden meluarvot on pystytty laskemaan 104 dB(A):in. Tuulivoimalat ovat siis suhteellisen matalia melunlähteitä, jos tarkastellaan äänenpainetasoja. Tuulivoiman aiheuttaman äänen luonne ja tuulivoimaloiden visuaalisesti negatiivisesti kokeminen lisäävät tuulivoimaloiden melun häiritsevyyttä.

Kuvassa 1. on kuvattuna Di Napolin esittämien laskukaavojen mukaisia etäisyyksiä. Melu kulkeutuu kauemmas tuulen alapuolelle eli, kun tuulee tuulivoimalan takaa.



Kuva 1. Tuulivoimalan aiheuttaman melun etäisyyksiä (Di Napoli. 2007, 22).

Aerodynaamiselle melulle ominaista on humahtava ääni, joka voi kuulua jopa kilometrin päähän hiljaisina öinä, jolloin maan pinnalla käy hento tuuli mutta tuulivoimalat pyörivät nopeasti. Tuulivoiman äänen pulssimainen luonne on havaittu ärsyttäväksi korkeilla pyörimisnopeuksilla. Pulssimaisuutta esiintyy silti lähinnä tuulipuistoissa, kun turbiinit vahvistavat toistensa pulssimaista ääntä, joka siksi kuuluu voimakkaammin ja kauemmaksi. Uudemmissa isoissa voimaloissa on havaittu, että tuulivoimalan lapojen kasvaessa myös niiden vauhti hidastuu. Tällöin voimalat eivät enää juurikaan vahvista toistensa ääntä, eikä pulssimaista vaikutelmaa synny. (Pihlainen 2009, 20.)

Kun puhutaan melun vaikutuksista ihmiselle, on mielekästä tarkastella niitä melun vaikutuksia, mitkä ilmenevät alle ulkomelun suunnitteluohjeiden. Suunnitteluohjeet ylittävät osat ovat niitä, joita ei oikein suunnitellussa tuulipuistossa tapahdu. Ympäristöministeriö on kiristänyt tuulivoimaa koskevia melutason ohjeita yleisistä melutason ohjeista. Ympäri vuotisilla asunnoilla raja on päivisin 45 dB ja öisin 40 dB, joissa arvoa on laskettu 10 dB. Vapaa-ajan asunnoilla arvot ovat 40 dB päivisin

ja 35 dB öisin, laskua on 5 dB. Sisämelun ohjearvoiksi Sosiaali- ja terveysministeriö (2003) on määrittänyt asuinhuoneille päiväajaksi 35 dB ja yöajaksi 30dB, asunnon muihin tiloihin on yö- ja päiväarvoksi annettu 40 dB. Nämä luvut ovat siis lähes samat kuin tuulivoimalle asetetut ulkomelun ohjearvot, jolloin talon eristeiden tulisi vaimentaa tuulivoimaloiden aiheuttama melu niin, ettei sitä erota taustamelusta. On myös todettu, että jos vain näitä rajoja noudatetaan suunnittelussa, niin todelliset meluarvot tulevat todennäköisesti ylittymään. Näin tapahtuessaan toiminnanharjoittaja on vastuussa tilanteen korjaamisesta. (Ympäristöministeriö 2012, 57–58; Ympäristöministeriö 2011; Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 35.)

Melu koetaan epämiellyttävänä ja se voi pitkään jatkuessaan aiheuttaa terveyshaittoja. Yleisimpänä tuulivoiman melun aiheuttamana terveyshaittana lienee sen häiritsevyys. Meluna häiritsevyys tarkoittaa tekijää, joka koetaan epämiellyttäväksi ja ei toivotuksi.

Jauhiainen ym. (2007) luettelevat häiritsevyyteen vaikuttavat tekijät:

- Melun akustiset ominaisuudet kuten taajuus
- Tilanteeseen ja olosuhteisiin liittyvät tekijät, kuten altistuneen asuinolot ja sosioekonomiset tekijät
- Yksilön oma mahdollisuus vaikuttaa melunlähteeseen ja mitä yksilö on altistushetkellä tekemässä
- Meluun liittyvät psykologiset tekijät kuten esimerkiksi, pystyykö yksilö tunnistamaan melua ja miten yksilö suhtautuu melunlähteeseen

Melun häiritsevyyden haittavaikutuksia voivat olla suoritus-, työ- ja toimintakykyyn ja siten myös elämän laadun heikkeneminen. Häiritsevyys voi lisätä melun haitallisia vaikutuksia uneen, suorituskykyyn ja kommunikointiin. Melun häiritsevyydessä tulee ottaa huomioon, että häiritsevä ääni tulee pystyä kuulemaan, jotta se voi häiritä esimerkiksi unta. Siksi monesti vasta taustamelun ylittävät äänet havaitaan häiritseviksi. (Jauhiainen ym. 2007, 18.)

Fysiologiset vaikutukset ihmiskehoon siirtyvät pääasiassa kuuloelinten kautta. Melu voi aiheuttaa ihmisellä toiminnan vaurioita esimerkiksi vaikeuttamalla nukahtamista ja lepoa. Samoin kuten melun häiritsevyydenkin kanssa, fysiologisia toimintoja voi häiritä vain jos melu on kuuluvaa. Kun melu on jatkuvaa, toistuvaa ja kun ihmisellä ei ole keinoja sen torjumiseksi, voi se aiheuttaa stressireaktion. Stressireaktio voi pitkäaikaisena aiheuttaa sairauden puhkeamista tai jopa kudsvaurioita. Fysiologisten elintointojen häiriöt on jaoteltu neljään osaan. (Jauhiainen ym. 2007, 21.)

- Neuraalinen: eli levon häiriintyminen
- Kognitiivinen: keskittymis- ja suorituskyvyn vaikeutuminen
- Akustiseen: puheen kuulemiseen ja oman puheen tuoton vaikeutuminen

- Vegetatiiviset: sydän ja verenkiertoelimistön osalta

Tuulivoimaloiden tuottama ääni on oikein suunniteltuna niin alhaista, että käytännössä vain kaksi ensimmäistä vaikutusta eli neuraaliset ja kognitiiviset vaikutukset ovat olennaisia, sillä niihin on havaittu tulevan vaikutuksia jo 30 dB:n äänenpainetasoilla. Jauhiainen ym.(2007) toteavat, että unitason keveneminen alkaa jo 35 dB:n tasosta ja heräämistodennäköisyys kohoaa aina 80 dB:iin asti, jolloin heräämistodennäköisyys on 100 prosenttia. Fysiologisia reaktioita kuten sydämen sykkeen muutoksia voi esiintyä jo 30 dB:n tasolla. Unen syvyyden vaihtelu onkin herkimpiä äänen vaikutuksia uneen. Kognitiiviset vaikutukset alkavat yli 40 dB:n äänenpaineen tasoista, ja eniten melusta kärsivät keskittymistä vaativat tehtävät kuten lukeminen. Tuulivoiman aiheuttaman melun haittavaikutukset ovat monesti toisiinsa sidonnaisia ja, siksi niitä on välillä hyvin vaikeita erottaa toisistaan. Tuulipuistojen kannalta olennaista kuitenkin on se, että melulla on vaikutuksia ja ne tulisi saada karsittua minimiin. (Jauhiainen ym. 2007, 23–27.)

Tuulivoimaloiden aiheuttamalla melulla on vaikutuksia ihmisen elämään. Näitä vaikutuksia voidaan kuitenkin estää huolellisella suunnittelulla, ja teknisillä menetelmillä. Oikein suunnitellussa tuulipuistossa ei ongelmia pitäisi syntyä, sillä etäisyydet yksin takaavat, ettei lähimpien talojen sisätiloihin kantaudu tuulivoimaloiden matalataajuisia melua. Maailmalta on kuitenkin esimerkkejä huonosta suunnittelusta, joka on aiheuttanut paljon mielipahaa lähistön asukkaille.

5.3 Välke

Tuulivoimalan aiheuttaman välkkeen vaikutukset voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulivoimalan aiheuttama varjo voi osua otollisissa sääolosuhteissa jopa kilometrin päähän.
- Tuulivoimalan lapojen pyörimisnopeus ei ole tarpeeksi nopea aiheuttaakseen epileptikoille kohtausvaaraa.
- Välke voi kuitenkin vaikuttaa ihmiseen aiheuttamalla stressiä, jolla voi olla vaikutuksia keskittymiseen, huomiointikykyyn, verenpaineeseen ja sydämen syketaajuuteen.
- Välkettä ehkäistään hyvällä suunnittelulla.

Isoina rakennelmina tuulivoimalat aiheuttavat kookkaan varjon, joka voi oikeissa valoisuusolosuhteissa ylettyä 500–1 000 metrin päähän turbiinista. Varjon muodostuminen on täysin riippuvaista sääolosuhteista ja sitä ei muodostu jos aurinko on pilvessä. Varjot ulottuvat pisimmälle, kun aurinko on matalalla aamuisin ja iltaisin, mutta riittävän matalalla ilmakehän sirontavaikutus aiheuttaa valon hajaantumisen ja varjoa ei synny. Varjon häiritsevyyteen liittyy olennaisesti se, onko katselupiste sellaisella paikalla

jossa oleskellaan niinä aikoina, kun varjo osuu kohteeseen. Varjo on haitallisimmillaan, kun tuulivoimala on toiminnassa ja lankeava varjo on liikkeessä. Tätä kutsutaan välkkeeksi. (Ramboll Finland 2012, 123–125.)

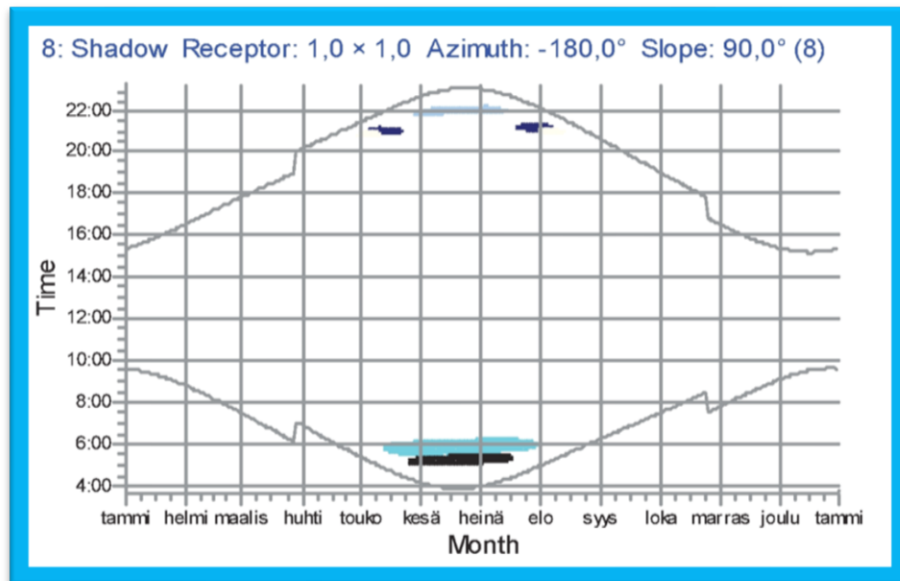
Ihmisiä haittaavan välkkeen on todettu syntyvän, kun tuulivoimalan lavan liikkuva varjo osuu rakennuksessa olevan kapean ikkunan läpi ja aiheuttaa huoneen sisällä vilkkuvan vaikutelman. Tuulivoimaloihin asennettavien lentoestevalojen ei ole todettu luovan häiritsevää välkettä. Välkkeen haitat ihmiselle riippuvat täysin tuulivoimalan lapojen pyörimisnopeudesta. Mitä nopeammin lavat liikkuvat, sitä enemmän välähdyksiä havaitaan. Välke voi osoittautua ärsyttäväksi ja siitä on epäilty olevan epilepsiaa sairastaville terveydellistä haittaa. Englannissa on tutkittu, että väestöstä 0,5 prosenttia sairastaa epilepsiaa ja näistä viisi prosenttia sairastaa valoherkkää epilepsiaa. Valoherkkää epilepsiaa sairastavista alle viisi prosenttia on herkkiä alhaisille välketaajuuksille (2,5–3 Hz) ja loput korkeammille taajuuksille. Modernien tuulivoimaloiden taajuudet ovat alle 1 Hz:n, joten epileptikoille välkkeen aiheuttama haitta on hyvin epätodennäköinen. (Parsons Brinckerhoff 2011, 9.)

Kuten melunkin osalta, välkkeen ilmentymisen on havaittu aiheuttavan stressin oireita. Aiheesta on kuitenkin vähän todisteita mutta on mahdollista, että pitkäkestoinen välke aiheuttaa stressin seurauksena vaikutuksia keskittymiseen, huomionvaimenemiseen, verenpaineeseen ja sydämen syketaajuuteen. (Ellenbogen, Grace, Heiger-Bernays, Manwell, Mills, Sullivan & Weisskopf 2012, 38.)

Konsultointiyritys Parsons Brinckerhoff toteaa Iso-Britannian hallitukselle tekemässä raportissa (2011), että turbiinien sijoittelussa käytetty kymmenen roottorin halkaisijan suojavyöhyke on riittävä, muttei välttämättä toimi kaikilla leveyspiireillä. Sama raportti toteaa, ettei välkkeen pitäisi aiheuttaa merkittävää riskiä terveydelle ja nykyiset keinot välkkeen estämiseksi, kuten turbiinin pysäyttäminen, ovat osoittautuneet tehokkaiksi ja, siksi välkettä ei raportin mukaan voida pitää merkittävänä uhkana Iso-Britanniassa. (Parsons Brinckerhoff 2011, 56.)

Suomessa ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia, mutta ympäristöministeriö kehottaa ohjeistuksessaan tuulivoimarakentajia hyödyntämään muiden maiden ohjeistusta. Muun muassa Saksan ohjeistus on, että realistisessa mallissa jossa otetaan huomioon sääolosuhteet, välkettä voi näkyä vain kahdeksan tuntia vuodessa. Kansainvälisesti on hyväksytty ohjeistus, että 10 roottorinhalkaisijan etäisyydeltä välke ei enää aiheuta ongelmia lähikiinteistöille (Parsons Brinckerhoff 2011, 14, 56.)

Kuvassa 2. esitetään mallinnus Voimavapriikki Oy:n Kiimassuon tuulivoimapuistohankkeen välkekartoituksesta. Kuvasta nähdään, että kyseisellä mittauspisteellä välkettä esiintyy kesä–heinäkuussa lyhyen aikaa ennen aamukuutta ja noin kymmenen aikaan illalla. Eri värit symboloivat eri turbiinein luomaa varjoa. Lähin turbiini on mittauspisteestä noin 900 metrin päässä. Välkkeen esiintymisen ajankohta riippuu tässäkin tapauksessa tuulivoimalan sijoittumisesta ja etäisyydestä mittauspisteeseen nähden.



Kuva 2. Välkkeen arvioitu esiintyminen mittauspisteessä (Kosonen, sähköpostiviesti 22.3.2013).

Välke voi aiheuttaa tarpeen ympäristöluvalle jos siitä aiheutuu kohtuutonta räsitusta naapurustoon. Tämä haitta voidaan torjua teknisin menetelmin esimerkiksi pysäyttämällä turbiinin aina tiettyinä aikoina, mutta ensisijaisena ehkäisykeinona on riittävä etäisyys asutukseen.

6 TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

Tuulivoiman aiheuttamat taloudelliset vaikutukset on tässä raportissa jaettu erikseen paikallistalouden ja kansantalouden osalta. Olennaista on myös ymmärtää tuulivoiman vaikutus kiinteistöjen arvoon, politiikkaan ja sähkömarkkinoille, jotta voidaan arvioida tuulivoiman vaikutuksia talouteen.

6.1 Vaikutukset paikallistalouteen

Tuulivoimaloiden vaikutukset paikallistalouteen voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulivoimalat tuottavat kiinteistöverotuloja.
- Tuulipuisto parantaa ja ylläpitää paikallista infrastruktuuria: Teiden kunnossapito, valokuitukaapelit, sähkölinjat.
- Voimaloista maksetaan vuokratuloa maanomistajille.
- Voimaloista maksetaan haittamaksuja menetetyistä rakennusmahdollisuuksista.
- Tuulivoimayhtiöt voivat myös avustaa paikallisia kyläyhdistyksiä.

Tuulivoima vaikuttaa paikallistalouteen suoraan verotuloilla ja vuokranmaksulla maanomistajille. Välillisesti työpaikkojen lisääntyttä seudun palvelujen tarjoajat saavat lisää asiakkaita ja tuottavat verotuloja. Ruotsissa Strömsundin kunnassa sijaitseva Havsnäsin tuulipuistosta tehdyn tutkimuksen mukaan, 48 voimalan tuulipuisto tuottaa noin tuhat henkilötyövuotta töitä. Projektivaihe tuotti noin 50 henkilötyövuotta ja rakennusvaihe 964 henkilötyövuotta. Paikallisesti hanke tuotti noin 2,8 työvuotta per MW. Havsnäsin tapauksessa 95,4 MW tuottaa paikallisesti reilut 267 henkilötyövuotta. Paikallisuuteen vaikuttaa merkittävästi se, kuinka suuri osa rakennusvaiheen töistä pystytään tuottamaan lähiseudun yrityksillä. Suomen tilanteessa varsinaisten turbiinien tuotanto ei juurikaan lisää työpaikkoja paikallisesti. (Duveskog 2010.)

Paikallistalouteen vaikuttaa olennaisesti alueen infrastruktuurin parantuminen, kun alueelle rakennetaan voimaloiden lisäksi sähkölinjoja ja hyväkuntoisia huoltoteitä, joiden kunnossapito on tuulivoimaloita hallinnoivan yrityksen etu. Huoltoteiden on oltava kunnossa ympäri vuoden, koska voimaloille on päästävä vian sattuessa nopeasti. Tuulivoimayhtiö siis joko järjestää teiden kunnossapidon tai osallistuu kustannuksiin.

Tuulivoimaloiden tietoyhteyksien varmistamiseksi alueelle todennäköisesti vedetään valokuitukaapeli. Valokuitukaapeli on maan alle vedettävä nopean tietoliikenneyhteyden mahdollistava kaapeli. Tuulipuistoja rakennetaan entistä enemmän mahdollisimman kaukana asutuskeskuksista oleviin talousmetsiin. Alueen asukkailla on mahdollisuus anoa liittymistä tuulipuiston valokuitukaapeliin, jonka haara on tuotu lähelle asukasta tuulipuiston mukana. Valokuitukaapelin etuja ovat sen luotettavuus ja nopeus. Tulevaisuudessa yhä useampi palvelu tulee siirtymään sähköiseen muotoon ja siksi nopeasta ja varmasta tietoliikenneyhteydestä tulee lähes välttämättömyys. Taloudellisesta näkökulmasta valokuituyhteys nostaa myös siihen liittyneen kiinteistön arvoa. (Ekanet 2013.)

Tuulivoimayhtiöille olennaista on hankealueensa asukkaiden hyväksyntä. Hyväksynnän saavuttamiseksi käytetään yleensä avointa viestintää ja korvaussummien maksua. Rahallinen korvaus voidaan kuitenkin nähdä lahjontana, mikä voi aiheuttaa erimielisyyksiä korvausten saajien ja niiden ulko-puolelle jäävien välille. Yleensä tuulivoimayhtiöt vuokraavat maanomistajan maat tuulivoiman käyttöön ja maksavat tälle maan käytöstä. Esimerkkitapauksena voidaan mainita tuulivoimayhtiö Voimavapriikki Oy, jonka hankealue sijaitsee Forssan ja Tammelan rajalla. Vuokrasopimukset on tehty siten, että maanomistajalle maksetaan vuosittaista vuokraa voimalasta 2 200 €/rakennettu MW. Tämä tarkoittaa sitä, että Voimavapriikki Oy:n rakennuttaessa 2 MW:n tuulivoimalan maanomistajan maille tämä saa 4 400 euroa vuodessa. Voimavapriikin sopimus ei erikseen erottele käytetyn huoltotien korvausta. Raivattava puusto jää vuokranantajan omaisuudeksi ja käyttöön.

Suoran vuokranmaksun lisäksi Lauri Tarasti kehottaa selvityksessään Tuulivoimaa edistämään (2012), tuulivoimayhtiöitä korvaamaan mahdollisille ympäröivien tonttien maanomistajille heille aiheutuneet rajoitukset. Kaa-voituksessa tuulivoimalle merkitään alue, jonka sisäpuolella rakentamista

joudutaan rajoittamaan. Voimavapriikin tapauksessa korvaus maksetaan vyöhykkeellä olevaa hehtaaria kohden.

Tuulivoimayhtiöt voivat myös tukea paikallisia kyläyhdistyksiä rahallisesti, ja näin edesauttaa kylän toimintakyvyn ylläpitämistä. Näin uusiutuvan energian tuotannon on havaittu houkuttelevan myös muuta teollisuutta ja liiketoimintaa alueelle, joiden tavoitteena parantaa omaa imagoaan sijoittamalla tuulivoiman lähettyville.

Kiinteistövero on paikallistaloutta ajatellen tärkeimpiä tuulivoimaloista syntyviä verotuloja. Tuulivoimaloiden osalta kiinteistövero määräytyy kulloisenkin kunnan kiinteistöveroprosentin, tuulivoimaloiden rakenteiden jälleenhankinta-arvon ja siitä tehtävien ikäalennusten perusteella. (Tuulivoimaopas 2012.)

Kiinteistöveroprosentti vaihtelee tavallisesti 0,60–1,35 prosentin välillä. Voimalan arvo on 70 prosenttia rungon ja konehuoneen rakentamiskustannuksista, joiden hinnasta poistetaan vuosittain 4 prosenttia kuitenkin niin, että se voi laskea 20 prosenttiin saakka lähtöhinnasta. (Tuulivoimaopas 2012; Tarasti 2012, 26.)

Tarastin työryhmä ehdotti vuonna 2012 tuulivoiman kiinteistöverotuksen muuttamista siten, että ikäalennusta lasketaan 2,5 prosenttiin ja vähimmäisveroa nostettaisiin 40 prosenttiin. Tällä saataisiin aikaan lisääntyviä kiinteistöverotuloja, mikä lisäisi tuulivoiman hyväksyttävyyttä. (Tarasti 2012, 26.)

Motiva Oy:n ylläpitämän tuulivoimaoppaan mukaan esimerkiksi 15 kappaletta kolmen MW:n tuulivoimalaa voi tuottaa 20 vuoden aikana yhteensä noin miljoonan euron kiinteistöverotulot. (Tuulivoimaopas 2012.)

Tuulivoimayhtiöt tuovat siis varallisuutta sille seudulle, jonne tuulipuisto sijoitetaan. Tällä on paitsi suoraa taloudellista hyötyä asukkaille, niin myös edellytyksiä paikallisen ostovoiman kasvamiselle uusien työpaikkojen myötä.

6.2 Vaikutukset kiinteistön arvoon

Tuulivoimaloiden vaikutukset kiinteistön arvoon voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulivoimaloilla ei ole havaittu olevan kiinteistön arvoa laskevaa vaikutusta tai vaikutus on vähäinen.
- Jos tuulivoimayhtiö on laiminlyönyt ympäristöministeriön ohjeistusta ja välikkeestä tai melusta syntyy kohtuutonta haittaa, voi sillä olla vaikutusta kiinteistön arvoon.

Tuulivoimaa rakennettaessa tulee usein esiin kysymys siitä, vaikuttaako läheisyyteen rakennettava tuulivoimapuisto kiinteistön arvoon.

Kiinteistöjen arviointia toteutetaan periaatteella, jossa talous-, tekniset ja juridiset asiantuntijat pyrkivät määrittämään kohdetta omasta näkökulmastaan ja rekisteröity kiinteistönarvioitsija arvioi kiinteistöä sen markkina-arvon perusteella kuka tahansa voi tilata kiinteistöarvion asiantuntijoilta. Arviointilausunnossa määritellään kiinteistölle markkina-arvo, joka tarkoittaa keskimääräistä hintaa, jonka ostajan odotetaan maksavan kiinteistöstä. Arvotekijät jaetaan yleensä kolmeen ryhmään: Yleisiin arvotekijöihin, sijaintitekijöihin ja kohdekohtaisiin arvotekijöihin. (Kasso 2010, 235–244.)

- Yleiset arvotekijät liittyvät yhteiskunnalliseen ja taloudelliseen tilanteeseen, kuten korkotaso, työllisyys ja talouden kehitysnäkymät. (Kasso 2010, 235–244.)
- Sijaintitekijät kertovat kiinteistön sijainnin suhteessa lähellä oleviin palveluihin kuten kouluihin, kauppoihin ja työpaikkoihin sekä kuinka arvostetulla alueella kiinteistö sijaitsee. (Kasso 2010, 235–244.)
- Kohdekohtaiset arvotekijät ovat niitä tekijöitä, jotka voidaan luetella kiinteistön omiksi ominaisuuksiksi, kuten esimerkiksi rakennuksen ikä, koko, tekninen kunto, tai rakennusmateriaalit. Myös vajaasti rakennetun tontin jäljellä olevat rakennusmahdollisuudet vaikuttavat kiinteistön arvoon. (Kasso 2010, 235–244.)

Tuulivoiman vaikutukset koskevat nimenomaan kohdekohtaisia arvotekijöitä. Tuulivoiman osalta kiinteistön arvoon voi vaikuttaa melu, välke ja maiseman muutos. Melun ja välkkeen osalta tosin tulee huomioida, että jos tuulivoiman rakentamisen jälkeen melusta ja välkkeestä aiheutuu kohdealueen haittaa, on hankkeen harjoittaja laiminlyönyt ympäristöministeriön ohjeistusta tuulivoiman rakentamisesta.

Sally Sims, Peter Dent ja G. Reza Oskrochi (2008) mallinsivat tuulivoiman vaikutuksia kiinteistöjen arvoon Isossa Britanniassa Bears Down tuulipuiston läheisyydessä. Tuulipuisto on valmistunut vuonna 2001 ja on noin puolen mailin eli noin 800 metrin päässä lähimmästä asutuskeskuksesta, joka on entinen ilmavoimien tukikohta, jossa asuintaloja on 326. Ryhmän saamien tulosten mukaan vaikuttavimmat tekijät kiinteistöjen myyntihintoihin olivat talon sijainti alueella, talon tyyppi, myyntivuosi sekä talon suuntautuminen tuulipuistoon nähden. Tutkimuksen mukaan, vaikka Bears Downin voimalat ovat napakorkeudeltaan vain 60 metrin pituisia, tukevat ryhmän saamat tulokset aikaisempia tutkimuksia, joissa ei ole löydetty selkeää yhteyttä tuulipuiston ja kiinteistöjen arvonlaskun välillä. Tutkimuksessa todetaan kuitenkin, että tarkkailuissa kohteissa yhdessä kiinteistössä esiintyi selkeä arvonalasku, joka johtui tuulivoimalan aiheuttaman välkkeen osumisesta talon päälle. Tutkimuksen lopussa todetaan, että on vielä olemassa tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa kiinteistön arvoon laskevasti, mutta joita ei voida matemaattisesti mitata. Tärkeimpänä epävarmuustekijänä todetaan kuitenkin se, että toisin kuin Bears Downissa, modernit maatuulivoimalat ovat napakorkeudeltaan 100–120 metriä ja muodostavat näin merkittävästi isomman visuaalisen vaikutusalueen. (Sims ym. 2008.)

Sims ym. (2008) ja heidän katsastamansa aikaisemmat tutkimukset eivät ole havainneet tuulivoimaloiden aiheuttaneen kiinteistölle merkittävää taloudellista hyötyä tai haittaa.

6.3 Vaikutukset kansantalouteen

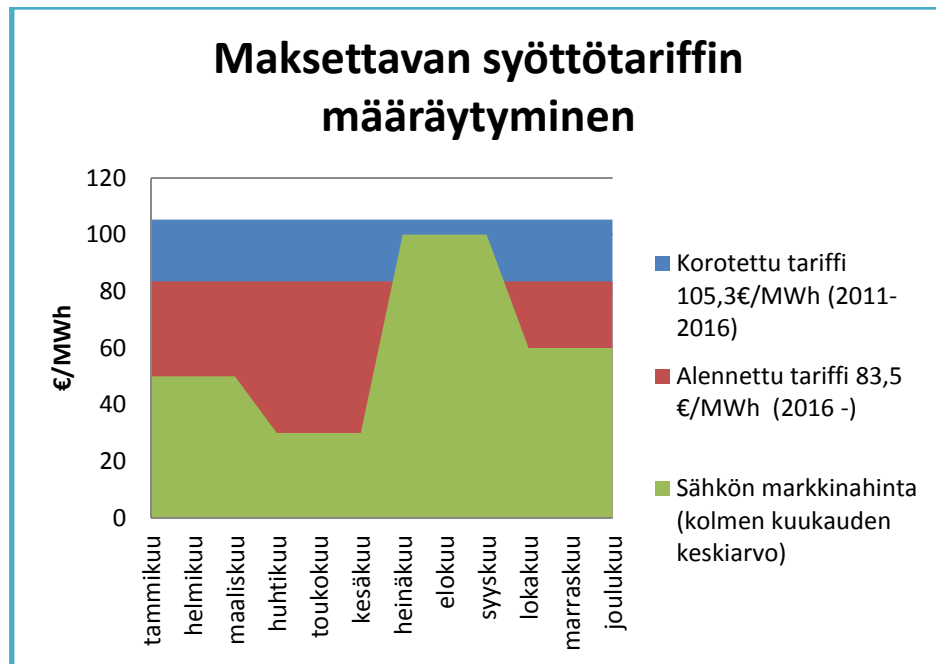
Tuulivoimaloiden vaikutukset kansantalouteen voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulivoimaloille maksetaan valtion taholta tariffitukea eli niin sanottua takuuhintaa.
- Investointivaiheessa 2011–2020 kiihtynyt rakennusvauhti pitää verotulot maksettuja tukia korkeampana.
- Investointivaiheen jälkeen tulos vaihtuu kuitenkin pian negatiiviseksi.
- Tariffituen kannattavuus pitkällä aikavälillä nojaa teknologian kehitykseen ja sähkön hinnan kallistumiseen.

Tuulivoiman ympärillä toimii oma teollisuudenalansa, jonka on vuonna 2010 todettu tuottavan 0,26 prosenttia (32,43 mrd. €) koko EU:n bruttokansantuotteesta ja tuulivoimasektorin on ennustettu nousevan bruttokansantuotetta nopeammin niin, että vuonna 2020 se kattaisi noin 0,59 prosenttia koko Euroopan BKT:stä. Vuonna 2010 Tuulivoimasektori työllisti suoraan ja epäsuoraan 238 154 ihmistä. (EWEA 2012, 5–7.)

Suomen tavoite tuulivoiman lisäämiseksi on nostaa tuulivoiman tuotanto 6 TWh:in vuoteen 2020 mennessä. Tämä tarkoittaa noin 2 500 MW:n tuulivoimakapasiteettia, joka tarkoittaa noin 800 tuulivoimalaa. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi otettiin käyttöön syöttötariffijärjestelmä vuonna 2011. (Tarasti 2012.)

Suomen käyttöönottona tariffijärjestelmä on yhdistelmä syöttöpreemiojärjestelmää ja syöttötariffijärjestelmää. Suomen järjestelmässä uusiutuvaa energiaa tuottavan laitoksen omistaja eli tuulivoimayhtiö voi anoa tariffitukea valtiolta. Valtio maksaa tuulivoimayhtiölle markkinahinnan ja tavoitteen välisen erotuksen. Tämä tarkoittaa, että jos sähkön markkinahinta on alle valtion takaaman hinnan, valtio korvaa takuuhinnan ja markkinahinnan erotuksen, jonka rajaksi tuulivoimalle on asetettu 105,30 €/MWh vuoden 2015 loppuun saakka, ja siitä eteenpäin 83,5 €/MWh. Tariffitason ja markkinahinnan erotus maksetaan valtion budjetista. Alennettua 83,5 euron tariffitukea maksetaan tuulivoimalalle ainoastaan 12 vuodeksi, koska kyseessä ei ole tuotantotuki vaan investointituki, jonka tarkoitus on kannustaa investointeihin. Kuvassa kolme, vihreällä alueella on merkitty sähkön markkinahinta, punaisella alueella kuvastetaan sitä, miten tariffituki määräytyy suhteessa markkinahintaan. Huomattavaa on, että jos sähkön markkinahinta ylittää tariffille määrätyn rajan niin tariffitukea ei makseta. (Ripatti 2013.)



Kuva 3. Maksettavan syöttötariffin määräytyminen.

Tariffituen tarkoitus on siis tehdä tuulivoimainvestoinnista kannattava ja houkutteleva kohde sijoittajille ja liiketoiminnan harjoittajalle. Tuen saadakseen on kuitenkin täytettävä tietyt kriteerit. Syöttötariffijärjestelmään voidaan hyväksyä tuulivoimaloita vain tiettyyn rajaan asti, joka on Suomessa asetettu 2500 MVA:iin. Tukea hakevan voimalan on lisäksi oltava uusi ja kokoluokaltaan vähintään 500 kW:n kokoinen laitos. (Marja-aho 2011; Ripatti 2013.)

Syöttötariffia hyödynnetään vain isoihin voimaloihin, koska se kannustaa investoimaan uusiin voimaloihin ja siten auttaa muun muassa uuden tuulivoimateknologian käyttöönotossa. Sen lisäksi suurtuotannossa on mitta-kaavavyötyjä, tuulivoiman tuotanto on ennustettavampaa joka on tärkeää sähkömarkkinoiden kannalta. Suurtuotanto on myös kansallisten ja EU:n tavoitteiden mukaista ja edistää muun muassa päästökauppaa, jonka ehtona monesti on parhaan mahdollisen teknologian käyttöönotto. (Ripatti 2013.)

Syöttötariffijärjestelmän asettamasta kiintiöstä oli syyskuussa 2012 käytetty noin neljä prosenttia ja hakemukset jätetty niin, että kiintiöstä olisi käytetty kymmenen prosenttia jos hakemukset hyväksytään.

Energiamarkkinavirasto arvioi, että syöttötariffeja maksettiin 66 miljoonaa euroa vuonna 2012. Vuoden 2012 toisella neljänneksellä tukia oli maksettu 5,9 miljoonaa euroa, joista tuulivoiman osuus oli 23 prosenttia eli noin 1,18 miljoonaa euroa. VTT:n arvion mukaan vuonna 2011–2020 syöttötariffia maksettaisiin 0,8–1,6 miljardia euroa riippuen sähkön markkinahinnan vaihteluista. (Ripatti 2013; VTT 2012, 69.)

VTT arvioi, että tuulivoimaan käytettäviä syöttötariffitukia maksetaan vuonna 2020 yhteensä noin 200 milj. €/TWh, tämä tarkoittaa, että valtiolle

syntyy tuulivoimasta kuluja 33 milj. €/TWh, kun tuotanto on saavuttanut 6 TWh:n tavoitteen.

Tuulivoima tuottaa Suomeen tuulivoimalakomponenttien ja materiaalien valmistajia sekä työpaikkoja myös voimaloiden käyttöön ja kunnossapitoon. VTT arvioi, että vuonna 2020 tuulivoiman tuottama lisätyöllisyysvaikutus olisi 1 300 henkilötyövuotta, mikä tarkoittaa 0,5 htv/voimala/vuosi. (VTT 2012, 67.)

Taulukossa 1. on kuvattu tuulivoiman tuottama lisätyöllisyysvaikutus työvaiheittain vuonna 2020.

Taulukko 1. Tuulivoiman tuomat lisätyöpaikat. (VTT 2012, 67.)

Työvaihe	Lisätyöllisyysvaikutus vuonna 2020
Projektikehitys ja asiantuntijapalvelut	25
Voimaloiden valmistus, materiaalit, komponentit ja järjestelmät	725
Infrastruktuurin rakentaminen ja asentaminen	175
Käyttö ja kunnossapito	400
Yhteensä	1 300

VTT:n arvion mukaan tuulivoiman vaikutukset näkyvät investointivaiheessa 2011–2020 lähes 500 miljoonan euron tuotantoveron menetyksinä, joita kuitenkin kompensoivat välilliset verot sillä tuloksella, että kokonaisverokertymä jää vuonna 2020 yli 100 miljoonaa euroa positiiviseksi. Investointivaiheen jälkeen kuitenkin kokonaisverokertymä painuu lievästi negatiiviseksi. (VTT 2012, 70.)

VTT:n arvio perustuu vertailutilanteeseen, joka pohjautuu kauppa- ja teollisuusministeriön vuonna 2008 teettämään Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiaan ja EU:n ilmasto- ja energiastrategiaan. VTT:n arvioissa tuulivoiman taloudelliset vaikutukset jäävät negatiiviseksi, jos niitä tarkastellaan yksinään, mutta yhdessä muiden uusiutuvien energiamuotojen kanssa vaikutus jää 0,2 prosenttia positiiviseksi. (VTT 2012, 20, 30.)

Tuulivoiman kansantaloudelliseen kannattavuuteen vaikuttaa eniten sähkön markkinahinta, jonka noustessa tuulivoimalle maksettavien tariffitukien määrä laskee. Myös teknologian kehitys tuo mukanaan tehokkaampaa ja halvempaa tuulienergiantuotantoa, mikä tekee tuulivoimasta nykyistä kannattavampaa.

Suomen tuulivoimateknologian liikevaihto oli vuonna 2008 noin miljardi euroa, josta viennin osuus oli noin 90 prosenttia. Tämä vastasi 1,3 prosenttia koko Suomen viennistä, joka oli noin 66 miljardia euroa. (Teknologia-teollisuus ry 2009; Tulli 2009.)

6.4 Vaikutukset sähkömarkkinoille

Tuulivoimaloiden vaikutukset sähkömarkkinoille voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulisähköllä on lievä sähkön hintaa alentava vaikutus.
- Tuulen epäsäännöllisyys aiheuttaa sähköverkkoon säätötarvetta jonka rakentaminen vaatii kustannuksia.

Sähkömarkkinat perustuvat muun liiketoiminnan tapaan kysyntään ja tarjontaan. Sähkömarkkinoille ominaista on kuitenkin se, että kysyntä on joustamatonta, eli se ei laske niin herkästi hintojen noustessa kuin normaalissa kaupankäynnissä. Tällainen talouden joustamattomuus on tyypillistä hyödykkeille, jotka ovat välttämättömiä ihmisille. Sähkön kysynnän joustamattomuus tarkoittaa kuitenkin sitä, että hinnat vaihtelevat voimakkaasti riippuen tuotetun energian hinnasta. Eri tuotantomuotojen väliset hintaerot syntyvät niiden käyttämästä teknologiasta ja kuluttamasta polttoaineesta. (Pöyry 2010, 7–12.)

Halvinta sähköä tuottavat siis ne energiantuotantomuodot joiden polttoaine on halpaa tai ilmaista. Näistä tärkeimpänä mainittakoon vesi-, ydin- ja tuulivoima. Näitä kolmea energiantuotantomuotoa yhdistävä tekijä on se, että niiden tuotanto on jatkuvaa, eikä riipu sähkön kysynnän huipuista ja katveista. Vesivoima on etenkin Suomessa strateginen energiantuotantomuoto, jonka tarkoitus on toimia säätövoimana. Vaikka ydinvoima tarvitseekin polttoainetta, sen hyötysuhde ja toiminta-aika ovat niin tehokkaat, ettei tuotantoprosessia kannata keskeyttää kysynnän katveissa. Tuulivoimalan tuotantokustannukset ovat myös erittäin alhaiset koska tuulivoimala ei ole polttoainekustannuksia. Siksi tuulivoimalla tuotettu sähkö on halpaa, eikä sen tuotantoa ole taloudellisesti ajatellen mielekäästä rajoittaa. Kun tuuliolosuhteet ovat hyvät niin tuulivoima täyttää sähköverkon omalla halvalla sähköllään ja loput tarpeesta tuotetaan muilla menetelmillä. Mikäli tuulivoiman tuotanto on huipullaan keskipäivällä, jolloin sähkömarkkinoilla käydään huutokauppaa ja energiankulutuksessa on kulutushuippu, on sen vaikutus energian hintaan merkittävimmillään. Yöaikaan, kun sähkön kulutus on minimissään, tuotetaan lähes kaikki sähkö tuuli-, vesi ja ydinvoimalla, jolloin tuulivoiman vaikutus sähkön markkinahintaan on vähäisempi kuin päivällä kulutushuipun aikaan. (Pöyry 2010, 7–12.)

Kaiken kaikkiaan tuulivoiman lisärakentamisella on sähkön hintaan laskeva vaikutus, joka ei hyödytä ainoastaan tuulivoimaa ostavia kuluttajia vaan kaikkia sähkön kuluttajia. (Pöyry 2010, 7–12.)

Tuulivoimatuotannon vaihtelevuus ja tuulen ennustevirheet aiheuttavat pääosan tuulivoiman haasteista sähköjärjestelmälle. Kuitenkin VTT:n (2008) arvion mukaan, jos tuulivoiman osuus pohjoismaisessa sähköjärjestelmässä on kymmenen prosenttia, niin säätösähkömarkkinoille ei aiheudu lisäsäädön rakentamistarvetta. Kuitenkin jos Suomi aikoo varautua hoitamaan oman sähköverkkonsa sisäisen säädön 2 000–4 000 MW:n tuulivoimakapasiteetille, on VTT:n arvion mukaan rakennettava noin 80–160 MW lisää säätövoimaa, mutta kuitenkin säätövoiman tarve voi olla 2–3 kertaa

suurempi jos tuotantoennusteita ei päivitetä ajoissa. Tuulivoiman lisärakentaminen vuoden 2020 tavoitteiden tasolle aiheuttaa lisäsäädön tarvetta sähkömarkkinoille. (VTT 2008.)

Tuulivoima aiheuttaa siis sähkömarkkinoille hinnanvaihtelua ja lisäsäädön tarvetta. Koska tuulivoiman osuus Suomen sähköntuotannosta on vuoden 2020 tavoitteessakin pieni, jäävät myös sen vaikutukset sähkömarkkinoille lopulta pieniksi.

6.5 Vaikutukset politiikkaan

Tuulivoimaloiden vaikutukset politiikkaan voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulivoima auttaa Suomea saavuttamaan Suomelle asetetut päästövähennysvelvoitteet.
- Tuulivoiman poliittisena esteenä on byrokratian kankeus.

Suomen hallituksen vuonna 2008 teettämässä pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastategiassa todetaan, että Suomi on poliittisesti sitoutunut vuoden 2020 tavoitteisiin, jossa energian loppukäytöstä 38 prosenttia tulee tuottaa uusiutuvilla energialähteillä. Tuulivoiman osalta tavoitteena on tuottaa 6 TWh energiaa vuonna 2020. (Tarasti 2012.)

Syy uusiutuvien energiamuotojen voimakkaaseen poliittiseen kannustamiseen on ihmisen aiheuttaman ilmastomuutoksen torjuminen. Ilmastomuutoksen ehkäisyssä olennaisessa osassa on kasvihuonekaasujen ja erityisesti hiilidioksidin (CO₂) vähentäminen.

Tätä varten Euroopan Unionissa on otettu käyttöön oma päästökauppajärjestelmä Kioton pöytäkirjan mukaisen kansainvälisen päästökauppajärjestelmän rinnalle. Päästökauppa on yksi Kioton kansainvälisessä ilmastokokouksessa päätetyistä joustomekanismeista, joiden tarkoitus on kasvihuonekaasupäästöjen seuraaminen ja CO₂ päästövähennystavoitteiden saavuttaminen kustannustehokkaasti. Päästökauppa on siis mekanismi, jossa maat joko itse ostavat tai myyvät päästökiintiöitä tai valtuuttaa jonkin toimijan, kuten yrityksen, käymään päästökauppaa puolestaan. Yksinkertaistettuna päästökauppa toimii niin, että isot saastuttavat energiantuotantolaitokset joutuvat ostamaan päästöoikeuksia jos ylittävät niille annetut rajat, kun taas puhdasta teknologiaa hyödyntävät toimijat saavat energiantuotannosta päästöoikeuksia, joita voivat myydä eteenpäin. Päästöoikeuksia tarkastellaan uudestaan joka vuosi ja mikäli voimalaitos ei palauta päästöoikeusyksiköitä (t/CO₂) samaa määrää kuin on aiheuttanut päästöjä, sille langetetaan tuntuvat sakot. Suomessa Energiamarkkinavirasto pitää kirjaa päästökauppaoikeuksista ja niillä käytävästä kaupasta. (EMV 2012.)

VTT arvioi tuulivoiman sitovan 200–300 gCO₂ per tuotettu kWh. Vuonna 2010 tämä tarkoitti 160–200 tuhatta tonnia CO₂ päästövähennyksiä. Vuonna 2020 tulotisiin saavuttamaan 1,1–1,7 miljoonan tonnin edestä lisää CO₂ päästövähennyksiä. (VTT 2012, 62–70.)

Suomi tuotti fossiilisilla polttoaineilla 66 miljoonaa tonnia CO₂:ta vuonna 2010. Rakennettavalla tuulivoimalla voitaisiin korvata lähes kolme prosenttia koko Suomen hiilidioksidipäästöistä. (Tilastokeskus 2013.)

Kansainvälinen energiajärjestö IEA arvioi, että EU:n päästöoikeuden hinnan tulisi olla vuonna 2020 35 euroa per hiilidioksiditonni, jos ilmastonmuutoksesta aiheutuva lämpötilan nousu pyritään rajaamaan kahteen celsiusasteeseen. Vuoden 2013 lopulla hiilidioksiditonnin hinnan ennustetaan olevan noin viisi euroa. Suomen vuonna 2020 tuottama tuulivoima tuottaisi siis 8,5 miljoonan euron arvosta CO₂ kompensatiota. EU: tavoitetasolla vuonna 2020 vastaava luku olisi 59,5 miljoonaa euroa. (Pointcarbon 2013.)

Suomella on siis talouspoliittinen kannuste lisätä tuulivoiman tuotantoa, ja lisäksi kansainvälinen velvoite vähentää omia kasvihuonekaasupäästöjään. Työ- ja elinkeinoministeriö asetti Lauri Tarastin työryhmän tekemään selvityksen siitä, miten tuulivoiman rakentamista voidaan edistää Suomessa. Elinkeinoministeri Jyrki Häkämies loi Tarastin selvityksen pohjalta oman esityksensä, jossa hän painottaa tuulivoimatuotannon poliittisten esteiden keventämistä ja tuulivoimarakentamisen ohjeistuksen selventämistä. (TEM 2012.)

Ongelmana ohjeistuksen selventämisessä on tuulivoiman vaikutuksista olevan tiedon vajaavaisuus, joka ilmenee useasti myös tämän raportin aiheista. Poliitikot usein vierastavat päätöksentekoa, kun kaikkia päätökseen tarvittavia elementtejä ei ole tiedossa, jolloin päätöksen tekeminen helposti lykkääntyy seuraavalle vaalikaudelle. Tuulivoiman tapauksessa kankean byrokratian aiheuttamat viivästykset tulevat taloudellisesti kalliiksi hankkeenharjoittajille ja viivästyttävät Suomen päästövähennystavoitteiden saavuttamista.

7 EKOLOGISET VAIKUTUKSET

Ekologiset vaikutukset tarkoittavat tuulivoiman vaikutuksia luontoon ja luonnonympäristöön. Tässä raportissa tuulivoiman vaikutukset käsitellään erikseen lintujen, nisäkkäiden, hyönteisten, matelijoiden ja sammakkoeläinten sekä luonnonympäristön osalta.

7.1 Vaikutukset lintuihin

Tuulivoimaloiden vaikutukset lintuihin voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulivoimalat ovat törmäysriski linnuille.
- Tuulivoimalat voivat huonosti sijoitettuna aiheuttaa häirintä ja estevaikutusta.
- Tuulipuistot voivat aiheuttaa tilapäistä ja pysyvää elinympäristön menetyksiä.

- Oikein sijoitettuna tuulivoimalat aiheuttavat vain hyvin pienen riskin lintupopulaatioille.

Tuulivoiman vaikutus lintuihin on yksi eniten tutkituista tuulivoiman vaikutuksista. Vaikutusten arvioinnista hankalan tekee se, että tuulivoimaloiden vaikutukset ovat lintulaji-, vuodenaika- ja paikkakohtaista. Tuulipuiston osalta olennaista on se, millainen lajisto alueella elää, miten tiheässä ja minkä kokoisia ovat alueen populaatiot. Olennaista ovat myös maaston muodot, vallitsevat sääolosuhteet sekä itse voimaloiden koko, rakenne, lukumäärä, pyörimisnopeus, käyttöaika ja ajoitus. Keskeisimpiä vaikutuksia ovat häirintä ja estevaikutukset, elinympäristön muutokset, sekä konkreettinen törmäysriski ja siitä johtuva kuolleisuus. (Pöyry Management Consulting 2011, 3.)

Näistä vaikutuksista tärkeimpinä pidetään häirintä ja estevaikutusta, joka vaihtelee lintulaji-, vuodenaika- ja paikkakohtaisesti. Tuulivoimapuistot saattavat huonosti sijoitettuna jäädä lintujen lepäily ja ruokailupaikkojen väliin, jolloin lintujen täytyy kiertää puisto, mikä pidentää lentomatkaa. Ylimääräinen lentomatka lisää energiankulutusta ja vähentää ruokailuun ja lepäämiseen käytettyä aikaa, mikä voi lisätä kuolleisuutta ja heikentää pessimätulosta. (Pöyry Management Consulting 2011, 4–5.)

Tuulipuiston rakentaminen voi aiheuttaa linnuille väliaikaisen tai pysyvän elinympäristön menetyksen. Rakentamisaikainen ihmisen läsnäolo karkottaa lintuja alueelta ja näin pakottaa etsimään uusia elinympäristöjä, millä voi olla merkittävä vaikutus elinolosuhteiden heikkenemiseen, etenkin jos korvaavia elinympäristöjä ei ole lähettyvillä saatavissa. Käyttövaiheessa lintujen on havaittu karttavan tuulivoima-alueita, mutta väistämistäisyys voimaloihin on lajikohtaista ja riippuu koko puiston koosta ja muodosta. Kielteiset vaikutukset rajoittuvat lähinnä muuttaviin, talvehtiviin ja ruokailuviin lintuihin. Pesintään aiheutuneet vaikutukset ovat vähäisempiä. Etenkin vesi- ja kosteikkolinnut sekä ihmistä välttelevät lajit kuten metso ovat herkkiä häirinnälle. Maa-alueilla turbiinien häirintävaikutus ylettyy noin 800 metrin päähän turbiineista. (Pöyry Management Consulting 2011, 5–8.)

Suorista vaikutuksista merkittävin on törmäys turbiinin lapaan. Törmäysriskiä pystytään arvioimaan laskennallisesti, johon vaikuttavia tekijöitä ovat voimaloiden lukumäärä, sijoittelu, käytettävä valaistus, väritys, maastomuodot ja sääolot sekä lintujen lajikohtainen herkkyys törmäykselle. (Pöyry Management Consulting 2011, 9–11.)

Törmäysriskiä arvioitaessa tulee laskea aluekohtainen törmäysmäärä. Euroopan laajuisesti törmäysriskin on arveltu vaihtelevan välillä 1,3–64,0 törmäystä turbiinitornitornia kohti vuodessa. Vaihtelevuus johtuu sijainnista ja lajistosta. Ruotsissa on laskettu, että vuoden 2020 tavoitteena oleva 5 000 tuulivoimalaa aiheuttaisi 2,3 törmäysriskillä 11 500 linnun kuoleman vuosittain. Tämä ei ole suhteessa paljon, jos verrataan esimerkiksi liikenteen aiheuttamiin lintukuolemiin vuositasolla, joka on Ruotsissa 6–7

miljoonaa lintua. (Rydell, Engström, Hedenström, Larsen, Pettersson & Green 2011, 49; Pöry Management Consulting 2011, 10.)

Suomessa tieliikenne tappaa noin 4 miljoonaa lintua vuodessa. Ongelmallista tuulivoiman aiheuttamista lintukuolemista tekee törmäysriskin ja kaantuminen epätasaisesti ja usein ollen korkeampi todennäköisyys hitaasti lisääntyvillä lajeilla. Ympäristöministeriö on arvioinut vuonna 2004 Suomen teoreettiseksi törmäysmääräksi kertoimen 1, joka tulee kertoa voimaloiden sijainnin ja rakenteen määräämillä varmuuskertoimilla sekä lopuksi voimaloiden lukumäärällä. Suomessa pesii vuosittain 200 miljoonaa lintua, tämä tarkoittaa, että todennäköisyys törmäykseen on noin 1/1000. Suomen tuulivoimatavoite vuodelle 2020 merkitsee noin 800 tuulivoimalaa, joka ruotsin laskentamallin mukaan tarkoittaisi 1 840 linnun vuosittaista kuolemaa. (Koistinen 2004, 31.)

Korkein törmäysriski on yöllä huonoissa näköolosuhteissa manner- ja saaristoympäristön tuulivoimapuistoissa. Törmäysriski on suurempi lajeilla, joilla on isot leveät siivet kuten isot petolinnut, jotka käyttävät ilmavirtauksia lentokorkeuden nostamiseen ja linnut, joilla ruumiin massa on suuri suhteessa siipien kokoon kuten riistalinnuilla. Tämä teoria vaatii kuitenkin lisätutkimusta, sillä saksalaisessa tutkimuksessa tutkittiin vuosina 1998–2008 kurkien kuolinsyitä ja havaittiin, että 167 löydetystä kuolleesta kurjesta vain 1 lintu oli menehtynyt törmäyksessä tuulivoimalaan. Tämä on 0,6 prosenttia kaikista kuolleista kurjista. (Pöry Management Consulting Oy 2011, 11; Franke 2009, 64.)

Lintujen lentokorkeus on olennainen osa törmäysriskin muodostumista. Pöry Management Consulting:n (2011) raportissa on koottu tutkimusten tuloksia, joissa todetaan, että merilinnuista 90 prosenttia lentää sellaisella korkeudella, että niillä on merkittävä todennäköisyys törmätä voimaloihin. Samoissa tutkimuksissa todetaan myös, että kyseiset linnut väistävät tuulipuistoja päiväsaikaan 1–3 kilometrin päässä, ja yöaikaan 500–600 metrin päässä voimaloista. Pienistä linnuista 22 prosenttia lensi sellaisella korkeudella, että niillä on vaara törmätä voimaloihin. Samanlainen tutkimus oli tehty myös tunturiympäristössä jossa havaittiin, että kaikkiaan 20 prosenttia linnuista lentää törmäyskorkeudella, mutta kahlaajista ja petolinnuista jopa 50 prosenttia lentää törmäyskorkeudella. (Pöry Management Consulting 2011, 14–15.)

Pelkkä törmäysriskin arvioiminen ei yksin riitä vaan on myös verrattava törmäysriskiä lintujen koko populaatiokokoon ja paikallispopulaatioon. Törmäysriskiä pidetään kauttaaltaan pienenä. Yhdenkin linnun menetys voi pienessä populaatiossa olla merkittävä haitta koko populaation selviämisen kannalta. Siksi tuulivoimaa rakennettaessa on otettava huomioon alueen pesimälajisto sekä alueen läpi muuttavat linnut. (Rydell ym. 2011, 49.)

BirdLife Suomen (n.d.) laatima lista alueista johon, tuulivoimaa ei voi rakentaa, on seuraava:

- Kansainvälisesti tärkeät lintualueet (IBA)

- Kansallisesti (FINIBA) ja maakunnallisesti tärkeät kosteikko-, vesi-, lokki- ja kahlaajalintujen vakituiset pesimä- levähdys- ja ruokailualueet
- Luonnonsuojelualueet mukaan lukien Natura 2000 ja erämaa-alueet
- Erittäin tai äärimmäisen uhanalaisten lintulajien pesimä- ja levähdyspaikat
- Suurikokoisten uhanalaisten petolintujen pesien lähiympäristöt
- Ulkomeren alle 10 metrin syvyiset alueet, joilta ei ole riittäviä tietoja siitä, onko kyse joko pesimä-, muutto- tai talvehtimisaikana maakunnallisesti tärkeästä lintujen kerääntymisalueesta
- Suurikokoisten lintujen muuton pullonkaula-alueet
- Suurikokoisten lintujen ruokailu-, lepäily ja yöpymispaikkojen väliset vaikiintuneet lentoreitit
- Suurikokoisten lintujen vakituiset kaartelupaikat, erityisesti avokallioalueet
- Luonnontilaiset suot, metsät ja tunturit

Suorat vaikutukset ja välilliset vaikutukset eivät yksistään ole vielä Suomen kokoluokassa merkittävä haitta koko maan lintupopulaatioille, mutta yhdessä isojen lintujen kuolemantapaukset ja elinympäristön menettäminen voivat heikentää populaatioita merkittävästi. Siksi on tärkeää, että tuulivoimaa rakennetaan niin, ettei synny estevaikutusta tai elinympäristön menetystä.

7.2 Vaikutukset nisäkkäisiin

Tuulivoimaloiden vaikutukset nisäkkäisiin voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulivoimalat eivät ole merkittävä haitta nisäkkäille.
- Ongelmana on tuulivoiman mukanaan tuoma ihmisen vaikutus alueella, millä voi olla vaikutuksia alueen eläimistöön.
- Aidatuille eläimille tuulivoimalat voivat nostattaa stressitasoa.
- Lepakoille suoraa törmäystä merkittävämpi haitta on barotrauma.
- Lepakoista suurin riski on niin sanotuilla korkean riskin lajeilla joita Suomessa on viisi kappaletta.

Tuulivoiman vaikutus nisäkkäisiin on vahvasti sidonnainen ihmisen vaikutukseen alueella. Etenkin pohjoiset suurpedot karttavat alueita, joilla ihminen vierailee säännöllisesti. Myös sorkkaeläinten käyttäytyminen kokee muutoksia ihmisen läheisyydessä. Peuranaarilla on havaittu kohonnutta valppautta ja pakenemisviettä ihmisten läheisyydessä. (Hellidin, Jung, Neuman, Olsson, Skarin & Widemo 2012, 12–13.)

Eläimet, jotka kokevat toistuvaa ihmisten häirintää voivat tottua ihmisen läsnäoloon. Etenkin kesyjen eläinten on havaittu sopeutuvan tiettyihin ääniin ja visuaalisiin ärsykeisiin kunhan niihin ei välittömästi liity mitään fyysistä vaaraa. Eläimen kyky tottua ihmistoimintaan riippuu eläimen lajista, sukupuolesta, iästä, yksilöstä, vuodenaikasta ja millaista aiheutettu häiriö on. Täten ei voida olettaa, että eläimet tottuisivat tuulivoiman kaltaisiin ärsykeisiin. (Helliding ym. 2012, 32–33.)

On myös huomioitava, että sopivien elinalueiden puutteessa eläin voi jäädä alueelle, jossa esiintyy ihmisen vaikutusta vaikka kokeekin häiriötä. Tämä tulee ottaa huomioon, kun arvioidaan onko eläin sopeutunut ympäristöönsä. (Helliding ym. 2012, 15.)

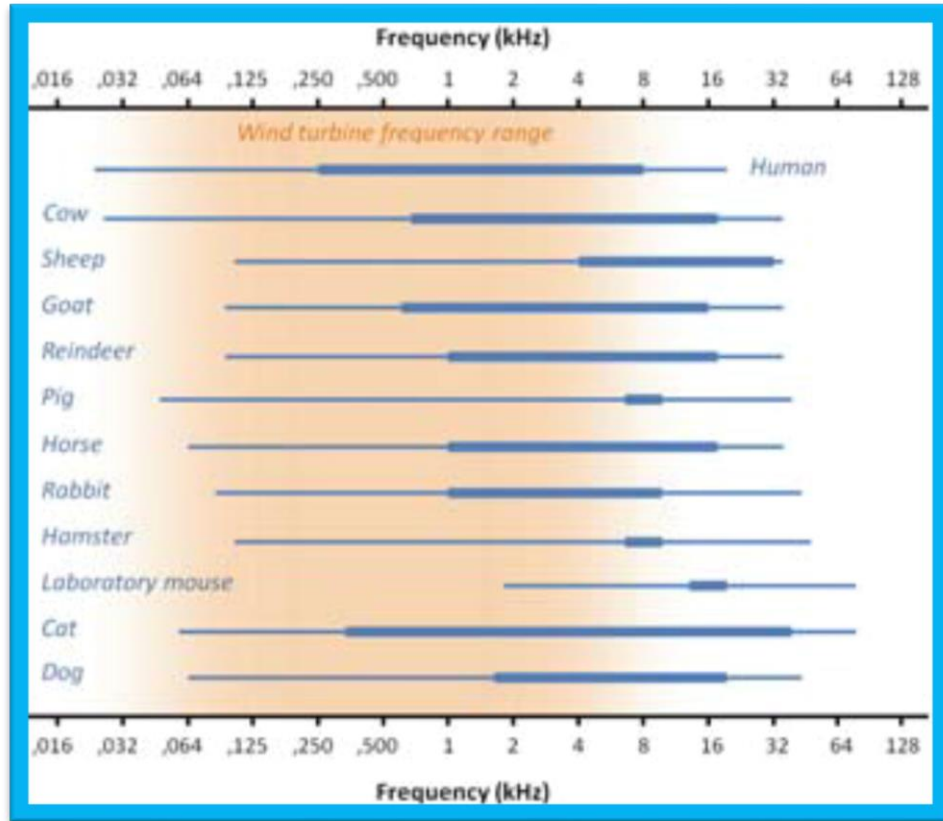
Rakennusvaiheessa ihmisen läsnäolo näyttäisi ajavan eläimiä karkuun mutta ainakin porojen on havaittu palaavan niille alueille, joilla ihmisen läsnäolo on aktiivista. Purkuvaiheesta ei ole paljon tietoa mutta voidaan olettaa, että purkuvaiheen vaikutukset vastaavat rakennusvaiheen vaikutuksia. Myöskään pienriistan jälkikartoituksissa ei ole havaittu että eläimet erityisesti välttelisivät tuulivoimaloita. (Helliding ym. 2012, 17–18.)

Aidatuille eläimille on mahdollista, että tuulivoimaloiden aiheuttama melu ja välke nostavat stressitasoa, koska niillä ei ole mahdollisuutta paeta aitauksen ulkopuolelle. Hevosten reagointia tuulivoimaloihin on tutkittu tekemällä kysely hevosenomistajille, joiden lähetyvillä on tuulivoimaloita. Kävi ilmi, että 11 hevosta 424 hevosesta näytti huolestuneen ja välttelevän voimaloita, mutta reaktiot olivat lieviä, eikä yhdelläkään ilmentynyt pillastumista tai aitauksesta karkaamista. Nämä 11 hevosta myös tottuivat voimaloihin nopeasti. Eri kotieläinten kanssa tehdyt tutkimukset osoittavat, että korkeat melutasot aiheuttavat stressiä. 60–75 dB(A):n melutaso voi aiheuttaa kohonnutta syke- ja hengitystiheyttä, kohonnutta valppautta ja laskenutta laidunaikaa kotieläimillä kuten lampailta ja hevosilla. (Helliding ym. 2012, 19–20.)

60 metrin napakorkeudella olevan 1,5 MW:n voimalan juurella melutason on mitattu olevan 50–60 dB(A) eli alle niiden lukemien, joilla kotieläimillä oli havaittu haitallisia vaikutuksia. Tuulivoimaloiden aiheuttaman melun vaikutuksia voidaan pitää rajallisena. Tosin dB(A) meluarvot eivät kerro eri taajuuksista ja siksi lisää tutkimusta tarvitaan myös nisäkkäiden osalta. (Helliding ym. 2012, 20.)

Kuvassa 4 on Helliding ym. (2012) tekemä taulukko, jossa kuvataan eri eläinten kuulotaajuuksia (kHz). Kuvassa olevat eläimet ovat: ihminen (human), lehmä (cow), lamma (sheep), vuohi (goat), poro (reindeer), sika

(pig), hevonen (horse), kani (rabbit), hamsteri (hamster), laboratoriohiiri (laboratory mouse), kissa (cat) ja koira (dog). Paksummalla viivalla on kuvattu eläimen kuulon herkkyyssaluetta ja väritetyllä taustalla tuulivoimalan aiheuttaman äänen taajuutta.



Kuva 4. Kuvassa on ihmisen ja eri kotieläinten kuulotaajuuksia. Paksummalla viivalla kuvataan kuulon herkkyyssaluetta ja väritetyllä taustalla tuulivoimalan aiheuttaman äänen taajuuksia. (Helliding ym. 2012, 21.)

Myös elektromagneettisilla kentillä voi olla vaikutusta lehmien hormonitasoille, hedelmällisyydelle ja maidontuotannolle. Voimalinjojen aiheuttamien elektromagneettisten kenttien on havaittu aiheuttavan edellä mainittuja vaikutuksia, mutta niiden on todettu olevan silti eläimen terveyden kannalta vaarattomia. Tuulivoimaloiden aiheuttamien elektromagneettisten kenttien vaikutusta ei pidetä merkittävänä, sillä tuulivoimaloiden tuottamat elektromagneettiset kentät ovat huomattavasti voimalinjojen tuottamia kenttiä heikompia. Osaksi myös siksi, että voimaloilta pois vievät sähkölinjat kaivetaan lähes poikkeuksetta maan alle, jolloin maa-aines toimii eristeenä. (Helliding ym. 2012, 22.)

Tiet ovat ehkä yksi eniten nisäkkäitä haittaava tekijä. Kun tuulivoimaloita rakennetaan alueille, jotka ovat kaukana ihmisasutuksesta, on niille rakennettava hyväkuntoiset tiet. Monesti alueella ei ole valmista tieverkostoa. Alueelle rakennettavat tie voivat jakaa alueen osiin, ja näin haitata tai estää eläinten liikkumista. Tosin teillä liikkuvalla liikenteellä on hyvin vähän vaikutusta laiduntaviin eläimiin. Esimerkiksi porot välttelevät isoja teitä

liikenteen takia, mutta voivat laiduntaa lähellä vähäliikenteisiä metsäteitä jollaisia tuulivoimapuistossa risteilevät tiet pääosin ovat. (Helliding ym. 2012, 22–23.)

Virkistyskäytöllä on havaittu olevan huoltokäyntejä suurempi merkitys eläinten käyttäytymiselle. Teiden parannuttua metsän vapaa-ajankäyttäjät pääsevät jokamiehen oikeuden turvin liikkumaan entistä syvemmälle ennen koskemattomalle alueelle. Tällä voi olla vaikutusta useiden nisäkäslajien käytökselle, etenkin Pohjois-Euroopan suurpedoille karhulle, sudelle, ilvekselle ja ahmalle jotka ovat mieltyneet koskemattomiin erämaihin. (Helliding ym. 2012, 24–26.)

Vaikka teiden aiheuttama elinympäristön muutos on pysyvää, on sen vaikutus kuitenkin melko pieni suurten maanisäkkäiden osalta, koska ne liikkuvat todella laajoilla alueilla. Kaikki vaikutukset eivät myöskään ole negatiivisia, vaan piennisäkkäät voivat hyötyä teiden luomista alueista piilo-paikkoina ja ruokailualueina. Pitää kuitenkin ottaa huomioon, että vaikka teiden luoma vaikutus piennisäkkäille voi olla myös positiivinen, tien luoma aukea alue houkuttelee petolintuja saalistamaan voimaloiden läheisyyteen, jolloin ne on vaarassa törmätä voimaloihin. (Helliding ym. 2012, 24–28.)

Tuulipuiston vaikutukset liito-oraviin (*Pteromys volans*) ajoittuu lähinnä rakennusvaiheessa tapahtuviin ympäristön muutoksiin, kun voimaloiden, sähkölinjojen ja huoltoteiden tieltä raivataan puustoa pois. Tällöin liito-oravat voivat menettää ruokailuun, levähtämiseen tai siirtymiseen käyttämiään puita ja niiden elinala voi täten sirpaloitua pienemmiksi alueiksi. Liito-orava kuuluu luontodirektiivin liitteen IV(a) lajeihin, joten se on rahoitettu luonnonsuojelulain nojalla. (Ramboll Finland 2011, 110.)

Luonnonsuojelun kannalta olennaista on tarkastella tuulivoiman vaikutuksia yhdessä muiden maankäytön muotojen kanssa. Vaikka tuulivoiman vaikutuksista on rajallisesti tietoa, voidaan sanoa, että tuulivoiman rakentamisella on joitain vaikutuksia suurten petojen ja sorkkaeläinten käyttäytymiseen. Vaikutukset aiheuttaa kuitenkin pääasiassa rakennettavat tiestö, joka lisää ihmisen läsnäoloa alueella. Tuotantoeläimiin tuulivoimalla ei ole havaittu olevan vaikutuksia. Lisää tietoa kuitenkin tarvitaan etenkin melun ja välkkeen vaikutuksista, kumulatiivisista eli kertyvistä vaikutuksista sekä parempaa tarkastelua siitä, miten tuulivoiman sijoittelu vaikuttaa laajassa mittakaavassa. (Helliding ym. 2012, 34.)

Suomessa esiintyy 14 lepakkolajia, joista kaikki on suojeltu luonnonsuojelulailla. Ne kuuluvat luontodirektiivin liitteen IV(a) lajeihin. (Ramboll Finland Oy 2011, 110–112.)

Taulukossa 2. on listattu Suomen ympäristökeskuksen (2011) ilmoittamat Suomessa esiintyvät lajit, joita on verrattu Rydellin työryhmän tekemään korkean riskin jaotukseen.

Taulukko 2. Rydellin työryhmän tekemän Korkean riskin jaotuksen mukaan mainitut Suomen lajeista kuuluvat korkean riskin lajiryhmään. (Rydell ym. 2011, 106; Suomen ympäristökeskus 2011.)

Suomenkielinen nimi	Latinankielinen nimi	Korkean riskin laji
Pohjanlepakko	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Kyllä
Isoviiksisiiippa	<i>Myotis brandtii</i>	Ei
Vesisiippa	<i>Myotis daubentonii</i>	Ei
Lampisiippa	<i>Myotis dasycneme</i>	Ei
Ripsisiippa	<i>Myotis nattereri</i>	Ei
Viiksisiiippa	<i>Myotis mystacinus</i>	Ei
Isolepakko	<i>Nyctalus noctula</i>	Kyllä
Pikkulepakko	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Kyllä
Vaivaislepakko	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Kyllä
Korvayökkö	<i>Plecotus auritus</i>	Ei
Kimolepakko	<i>Vespertilio murinus</i>	Kyllä

Ruotsissa on havaittu, että tuulivoimaloiden kanssa törmänneistä lepakoista 98 prosenttia kuuluu kahdeksaan lajiin, jotka ovat tutkimuksen mukaan luokiteltu olevan korkean riskin lajeja. Loput kaksi prosenttia törmänneistä ovat 11:sta muusta Ruotsissa esiintyvistä lepakkolajista. Ympäri Eurooppaa olevat havainnot osoittavat, että juuri nämä korkean riskin lajit etsivät ruokaa tuulivoimaloiden lapojen lähetyviltä. (Rydell ym. 2011, 109.)

Lepakot käyttävät lentäessään ja saalistaessaan hyväksi kaikuluotausta. Korkean riskin lajeille on tyypillistä käyttää luotausta, joka on voimakasta ja kapeataajuista, jolla lepakko pystyy havaitsemaan hyönteisten aiheuttaman kaiun useiden metrien päästä. Kapeataajuinen luotaus on kuitenkin herkkä häiriöille, joita aiheuttavat esineet, jotka tuottavat asiaankuulumatonta kaikua, tällaisia ovat esimerkiksi puut. Kapean taajuuden vuoksi riskilajit saalistavat avoimilla alueilla etäällä kasvillisuudesta. Muiden lajien luotaus on laajataajuista, jolla on lyhyempi kantama, mutta ei ole altis häiriöille, mikä mahdollistaa lentämisen pienemmässä tilassa ja lähempänä maata. (Rydell ym. 2011, 113.)

Merkittävin tunnettu tuulivoimaloiden vaikutus lepakoihin onkin onnettomuudet, jotka useasti johtavat lepakon kuolemaan. Pääasiallinen kuolinsyy on barotrauma, jossa tuulivoimalan lavan jälkeen tuleva ilmanpaineen voimakas muutos aiheuttaa lepakoiden keuhkoissa verisuonivaurioita ja verenvuotoa, josta seuraa lepakon kuolema. Varsinaiset suorat osumat tuulivoimalan lapoihin ovat lepakoilla harvinaisempia. (Ramboll Finland 2011, 110–112.)

Lepakot lentävät hämärän aikaan, jolloin niiden havainnointi on haastavaa ilman apuvälineitä kuten lämpökameroita ja ultraäänen kuunteluun tarkoitettuja laitteita, eli niin sanottuja detektoreja. Lepakoiden lentoaika on siis rajattu aamun ja illan hämääriin sekä kesä- ja syyskuukausiin. Kahdeksan prosenttia onnettomuuksista tapahtuu keväällä ja loput 92 prosenttia lop-

pukesästä ja syksyllä, joista jälkimmäinen ajoittuu lepakoiden syysmuuton ajankohtaan. (Rydell ym. 2011, 109.)

Rydell ym (2011, 102.) Ruotsin ympäristövirastolle tekemässä raportissa todetaan, ettei ole löytynyt yhteyttä onnettomuustiheyden ja puistossa olevien tuulivoimaloiden lukumäärän välillä. Isoissa puistoissa ei kuole sen enempää lepakoita kuin pienissä puistoissa. Sen sijaan on havaittu, että tornin korkeudella on lepakoille suurempi merkitys kuin esimerkiksi linnuille. Mitä korkeampia turbiineja puistoissa on, sitä enemmän onnettomuuksia tapahtuu.

Lepakoiden käyttäytyminen on samanlaista riippumatta, siitä onko turbiini toiminnassa vai ei. Käynnissä oleva turbiini ei erityisesti houkuttele lepakoita luokseen. Myöskään voimaloiden huomiovaloilla, eikä sen aiheuttamalla melulla ole havaittu olevan vaikutusta lepakoiden käyttäytymiseen. Lepakot käyttäytyvät myös samalla tavalla riippumatta siitä, ovatko voimalat maalla vai merellä. Erona on kuitenkin havaittu useissa tutkimuksissa se, että lepakot jäävät lepäämään ja odottamaan seuraavaa iltaa merellä oleviin voimaloihin. (Rydell ym. 2011, 111–112.)

Onnettomuustasojen vaihtelee paitsi vuodenaikojen niin myös päivittäisen säävaihtelun mukaan. Lepakot saalistavat mieluiten heikolla tuulella. Vähiten onnettomuuksia tapahtuu alle 4 m/s tuulilla, jolloin isoimmat tuulivoimalat eivät pyöri. Suurin osa lepakosta ei metsästä yli 8 m/s olevilla tuulilla. Kooltaan suuremmat lepakot kuten pohjanlepakko ja isolepakko kestävät kovempia tuulia kuin pienemmät lepakot ja siksi niiden mahdollisuus onnettomuuteen nopeasti pyörivän voimalan kanssa on suurempi kuin pienillä lepakolla. (Rydell ym. 2011, 112.)

Tuulivoiman muut vaikutukset liittyvät lepakoiden saalistus- ja lentoreittien muuttumiseen, kun tiet leikkaavat yhtenäisiä metsäalueita.

Rydell ym. (2011, 122–124.) laskee tutkimuksessaan tuulivoiman vaikuttavuutta Ruotsin lepakopopulaatioihin ja käyttää apunaan Saksassa tutkittuja onnettomuustasuja, jonka arvo on 2,3 kuollutta lepakkoa per mylly vuodessa. Ruotsin mittakaavassa tuhat myllyä tarkoittaa, että isolepakon populaatio pienenee noin prosenttien vuodessa. Suomesta ei vastaavaa tutkimusta ole tehty, mutta voidaan olettaa, että Ruotsin tapaan Suomen kaa-vaileman noin 800 myllyn kokonaisuus aiheuttaisi väärin sijoitettuna merkittävän uhan Suomen eri lepakopopulaatioille. (Tarasti 2012.)

Tuulivoimalat muodostavat lepakoille onnettomuusriskin. Onnettomuudessa lepakko kokee barotrauman, jonka seurauksena yksilö menehtyy. Tuulivoiman vaikuttavuus lepakoiden elinympäristöön jää kuitenkin pieneksi. Vaikutus erityisesti korkean riskiryhmän lepakkolajeihin voi olla populaatiotasolla merkittävä, kun tuulivoimaa rakennetaan Etelä-Suomen metsäisille alueille. Siksi suunnittelussa tulisi ottaa huomioon alueen lajisto ja etenkin isolepakon ja pohjanlepakon osalta, sillä niillä onnettomuusriski on suurin laajan levinneisyytensä ansiosta.

7.3 Vaikutukset matelijoihin ja sammakkoeläimiin

Tuulivoimaloiden vaikutukset matelijoihin ja sammakkoeläimiin voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulivoimaloiden haitalliset vaikutukset matelijoihin ja sammakkoeläimiin rajoittuvat lähinnä elinympäristön menetykseen rakennettavan tuulivoimalan tieltä.

Matelijoihin ja sammakkoeläimiin kohdistuvista vaikutuksista on tehty hyvin vähän tutkimusta. Suomessa tavataan vakituisesti viisi sammakkoeläimiin kuuluvaa lajia ja viisi matelijoihin kuuluvaa lajia, jotka on nimetty taulukoissa 3 ja 4.

Taulukko 3. Suomen matelijat. (Ympäristöministeriö 2010.)

Matelijat		
Suomenkielinen nimi	Latinankielinen nimi	Rauhoitettu
Sisilisko	<i>Lacerta vivipara</i>	Kyllä
Vaskitsa	<i>Anguis fragilis</i>	Kyllä
Kangaskäärme	<i>Coronella austriaca</i>	Kyllä
Rantakäärme	<i>Natrix natrix</i>	Kyllä
Kyy	<i>Vipera berus</i>	Ei

Taulukko 4. Suomen sammakkoeläimet. (Ympäristöministeriö 2010.)

Sammakkoeläimet		
Suomenkielinen nimi	Latinankielinen nimi	Rauhoitettu
Rupilisko	<i>Triturus cristatus</i>	Kyllä
Vesilisko	<i>Lissotriton vulgaris</i>	Kyllä
Sammakko	<i>Rana temporaria</i>	Kyllä
Rupikonna	<i>Bufo bufo</i>	Kyllä
Viitasammakko	<i>Rana arvalis</i>	kyllä

Tuulivoimaloiden, huoltoteiden ja voimalinjojen rakentaminen tuhoaa matelijoiden ja sammakkoeläinten elinympäristön paikallisesti, ja voi aiheuttaa lähialueella muuttuneen mikroilmaston. Toisaalta teiden pirstomaan maisemaan syntyy uusia valoisia reuna-alueita. Toisin kuin veteen rakennettavat merituulivoimalat, maalla olevat voimalat eivät juuri lähetä runkovärähtelyä ympäristöön. Erona näiden voimalatyyppeiden välillä on se, että osa merituulivoimaloiden rungosta voi olla veden alla jolloin sen värähtelyn on todettu haittaavan kaloja ja merinisäkkäitä. Maatuulivoimaloilla tällaista ongelmaa ei ole. (Di Napoli 2007, 12–13.)

Aihe on kuitenkin hyvin vähän tutkittu, ja ympäristövaikutusten arvioinnissa tuulivoiman osalla keskitytään selvittämään, onko rakennettavan tuulipuiston alle jäämässä Luontodirektiivin liitteessä II, IV tai V mainittuja lajeja: rupilisko (*Triturus cristatus*), viitasammakko (*Rana arvalis*), sammakko (*Rana temporaria*) ja kangaskäärme (*Coronella austriaca*). Tuulivoiman vaikutukset jäävät odotettavasti hyvin paikalliseksi eivätkä näin muodosta merkittävää haittaa matelijoiden populaatioille. (Ramboll Finland 2011, 110; Ympäristöhallinto 2011.)

7.4 Vaikutukset hyönteisiin

Tuulivoimaloiden vaikutus hyönteisiin voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulivoimaloissa suosittu vaalea väritys houkuttelee hyönteisiä luokseen.
- Etenkin muuttavat perhoset ovat vaarassa osua tuulivoimaloihin, jos voimat on pystytetty niiden muuttoreiteille.
- Suurimpana riskinä on kuitenkin uhanalaisten hyönteislajien elinympäristön menetys.

Tuulivoiman vaikutuksista hyönteisiin on tutkittu hyvin vähän ja suorat vaikutukset keskittyvät lähinnä lentäviin hyönteisiin. Hyönteisiin ja tuulivoimaloihin liittyvä tutkimus keskittyy lähinnä tuulivoiman tuotannon alenemiseen sen lapoihin kertyvien hyönteisten takia ja siihen, miksi hyönteiset lähestyvät turbiinia.

Hyönteisten kannalta olennaista on, mitä suoria ja välillisiä vaikutuksia tuulivoimalla on niihin. Suorista vaikutuksista ilmeisin on törmäys tuulivoimalan lapaan, jota edesauttaa tuulivoimalan väri. Yleisimmillä tuulivoimaloissa käytetyillä väreillä: valkoisella ja vaalean harmaalla on havaittu olevan hyönteisiä keräävä vaikutus. Tutkimuksessa on havaittu, että keltainen ja valkoinen väri keräävät eniten hyönteisiä puoleensa. Näillä väreillä on yhteistä niiden korkea infrapunavalon heijastusaste, jolla havaittiin olevan hyönteisiä erityisesti houkutteleva vaikutus. (Long, Flint & Lepper 2010, 7–9.)

Grealeyn ja Stephensonin (2007) tekemässä artikkelissa käsitellään tuulivoiman vaikutusta perhosiin. Artikkelissa käsitellään Yhdysvalloissa laajalti tutkittua monarkkiperhosta. Monarkkiperhosen lentokorkeus vaihtelee välillä 2–3 000 metriä, jolloin perhosella on lentokorkeuden puolesta mahdollisuus osua turbiinin lapoihin. Artikkelissa kuitenkin todetaan, että on mahdollista, että tuulivoimalan lapojen aiheuttama työntävä ilmanpaine sinkoaa perhoset pois lavan tieltä, jolloin perhonen säästyy osumalta. Teoria perustuu tutkimukseen, jossa seurattiin perhosten ja autojen kohtaamista, jossa kävi ilmi että yli 86 km/h tienopeuksilla kuolleiden perhosten määrä laski merkittävästi.

Epäsuoria vaikutuksia syntyy elinympäristön muuttumisesta rakennusvaiheen yhteydessä, kun tuulimyllyjen, sähkölinjojen ja huoltoteiden verkosto

luo metsiin reuna-alueita. Tällä voi olla lajistosta riippuen positiivisia tai negatiivisia vaikutuksia. Myös tuulivoimaloiden maata lämmittävällä vaikutuksella voi olla vaikutusta muun muassa perhosten elinkaaren eri vaiheisiin ja niiden käyttämien kasvien elinoloihin. Vaikutukset voivat olla positiivisia tai negatiivisia lajistosta ja sijainnista riippuen. (Grealey & Stephenson 2007.)

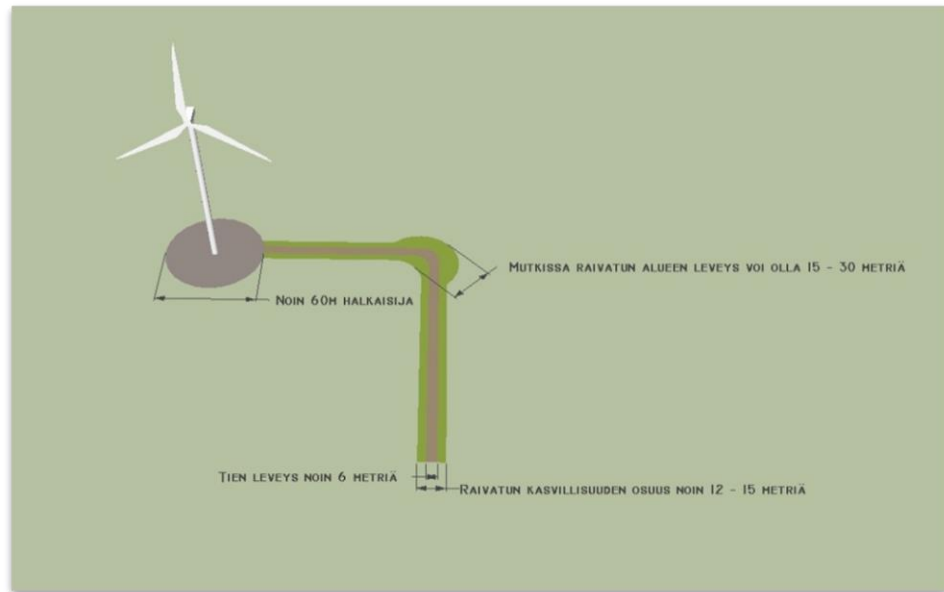
Tuulivoimaa rakennettaessa on otettava huomioon myös mahdolliset alueen uhanalaiset hyönteislajit sekä tuulivoiman mahdolliset vaikutukset alueen pölyttäjäkantaan ja pyrittävä säästämään niiden elinympäristöt. Hyönteisiin keskittyvä lisätutkimus on tarpeen, jotta saadaan tietää, miten vähentää tuulivoiman haittoja Suomen uhanalaisille hyönteisille ja myös hyönteisiä metsästäville linnuille ja lepakoille.

7.5 Vaikutukset maaperään, kasvillisuuteen ja vesistöihin

Tuulivoimaloiden vaikutukset maaperään, kasvillisuuteen ja vesistöihin voidaan tiivistää seuraavasti:

- Tuulivoimaloiden ja niiden vaatiman infrastruktuurin alta joudutaan raivaamaan kasvillisuutta.
- Valmistumisen jälkeen tuulivoimalalla ei juuri ole vaikutuksia maaperään, kasvillisuuteen tai vesistöihin.

Kuvassa 5. on kuvattu tuulivoimalan ja sille rakennettavan tiestön vaatima alue metsämaasta. Jokaista tuulivoimalaa varten tarvitaan noin 25 metriä kertaa 25 metriä ja korkeudeltaan 1–3 metriä olevat perustukset. Tuulivoimala itsessään vaatii noin 60 metriä halkaisijaltaan olevan aukean. Sorapintaisten huoltoteiden, jotka ovat vähintään 6 metriä leveitä. Puustoa joudutaan poistamaan 12–15 metrin leveydeltä. Mutkakohdissa puustoa joudutaan raivaamaan vielä leveämmältä alueelta, noin 15–30 metriä, johon tuen voimalelementtien kuljetuskaluston pituudesta. Tuulivoiman vaikutukset jäävät siis paikallisiksi, pinnallisiksi ja täten myös vähäisiksi. (Ramboll Finland 2011, 76–93.)



Kuva 5. Tuulivoimalan ja tiestön vaatimat raivattavat alueet (Ramboll Finland 2011, 76–93.)

Maatuulivoiman vaikutuksia pohja- ja pintavesiin voidaan myös pitää vähäisinä. Tuulivoimaloiden vaatimat maanrakennustyöt voivat aiheuttaa vähäisiä muutoksia veden virtausreitteihin ja veden laatuun. Muutokset tulevat aiheutumaan enemmän moreenissa esiintyvään pohjaveteen. Vaikutukset kalliopohjaveteen ovat hetkellisiä ja olosuhteet palautuvat, kun tuulivoimalaa varten louhittu alue täytetään uudelleen. (Ramboll Finland 2011, 76–93.)

Tuulivoimalan toiminta ei aiheuta normaalitilanteissa päästöjä pintavesiin, mutta rakennusvaiheessa tapahtuvan maanmuokkauksen johdosta vesistöihin voi kulkeutua kiintoainesta ja ravinteita. Tuulivoimaloissa on satoja litroja koneiston voiteluun tarkoitettua öljyä, joka voi äärimmäisessä häiriötilanteessa valua ympäristöön ja aiheuttaa vesistöjen saastumista tai metsäpalon syttyessä tuleen. (Ramboll Finland 2011, 76–93.)

Tuulivoimaloiden vaikutukset kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin perustuvat lähinnä puiston perustamista varten tehtyyn kasvillisuuden raivaamiseen ja maakoneiden aiheuttamaan maaston kulumiseen. Tuulipuistoa varten rakennetut ja parannellut tiet aiheuttavat metsämaiseman pirstoutumista ja täten rikkovat yhtenäisten luonnonympäristön. Rakennusvaiheen jälkeen tienvarsien annetaan yleensä metsittyä uudestaan. Hankealueille rakennettavat tiet voivat pahimmassa tapauksessa halkoa kosteikkoja, mistä voi seurata kyseisen luonnonympäristön vesitasapainon järkkymistä. Tämä tulisi välttää sijoittamalla tiet mahdollisuuksien mukaan kosteikkojen reunamille. (Ramboll Finland 2011, 76–93.)

Tuoreet tutkimukset antavat viitteitä siitä, että tuulivoimaloilla voisi olla vaikutusta ympäristönsä lämpötasapainoon. Walsh-Thomas, Cervone, Agouris & Manca (2012) julkaisi tutkimuksen, jossa he vertasivat satelliitilla otettuja lämpökuvia tuulivoimaloiden ympäristöstä. Kuvista havaittiin, että tuulen alapuolella eli tuulivoimaloiden takana lämpötila oli hive-

nen korkeampi kuin ympäröivässä maastossa. Vaikka tutkimustuloksista löytyy epävarmuustekijöitä, on todettava, että lämmittävällä vaikutuksella voi olla pitkällä aikavälillä esimerkiksi metsän tai tunturiluonnon mikroilmastoa muuttavia vaikutuksia, jotka ehdottomasti ansaitsevat lisätutkimusta. Tosin muutokset sijoittuvat rajatulle alueelle ja siksi myös vaikutukset jäävät vähäisiksi. (Walsh-Thomas ym. 2012.)

Tuulipuistolla ei siis valmistumisensa jälkeen ole merkittäviä vaikutuksia alueen vesitalouteen, luonnonympäristöön tai maa- ja kallioperään. Tuulipuiston rakentaminen kuitenkin sirpaloittaa metsämaisemaa ja synnyttää metsään reunavyöhykkeitä.

8 TUTKIMUKSEN TULOKSET

Ympäristövaikutusten arviointi prosessista saatujen mielipiteiden mukaan ihmisten yleisimmät huolenaiheet liittyivät lintuihin, tuulivoiman aiheuttamaan meluun ja välkkeeseen sekä tuulivoiman vaikutukseen kiinteistöjen arvoon.

Tärkeimmät tuulivoiman aiheuttamat sosiaaliset vaikutukset ovat melun ja välkkeen aiheuttamat stressioireet. Näitä oireita voi ilmetä, kun yksilö altistuu pitkäksi aikaa häiritsevälle äänelle tai välkkeelle. Stressireaktiosta voi seurata unettomuutta, syketaajuuden ja verenpaineen muutosta sekä keskittymisvaikeuksia. Tuulivoimaloiden riittävä etäisyys on tehokas keino välttää haittavaikutuksia. Välkkeen osalta kymmenen roottorinhalkaisijan etäisyyden on todettu olevan sellainen etäisyys jonne tuulivoiman langettamat varjot eivät ylety. Melun osalta yksinkertaisen turvaetäisyyden antaminen on lähes mahdotonta koska melun kantavuus vaihtelee merkittävästi. Siksi etäisyyksiä on tarkasteltava aina tapauskohtaisesti äänimallinnuksin.

Sosiaalisiin vaikutuksiin liittyy olennaisesti yksilön asenteet tuulivoimaa kohtaan, joka voi tietyissä tapauksissa ratkaista onko vaikutus positiivinen vai negatiivinen.

Taloudellisten vaikutusten osalta paikallistalous tuntuu saavan suurimman positiivisen hyödyn, sillä tuulivoimalat ovat tuoneet alueelle infrastruktuurin parantamista sekä vuokra- ja kiinteistöverotuloja. Tuulivoima on osa Suomen energiantuotantoa, jonka etuja on tuotannon edullisuus ja puhtaus. Sähkömarkkinoille tuulivoiman lisäämisellä on sähkön hintaa alentava vaikutus, mutta kapasiteetin laajamittainen lisääminen aiheuttaa myös tarvetta säättövoiman lisärakentamiseen. Tuulivoiman osuus Suomen sähkön tuotannosta on kuitenkin niin pieni, etteivät myöskään sen vaikutukset ole mittavia.

Vuonna 2012 valtio sijoitti 66 miljoonaa euroa, tuulivoimalla tuotetun sähkön tariffitukiin, VTT:n arvion mukaan tuulivoiman taloudelliset vaikutukset jäävät kansallisella tasolla negatiiviseksi vuonna 2020 ja muutama vuosi sen jälkeen. Tuulivoiman kannalta olennaista on kuitenkin sen poliittinen vaikutus Suomen ja Euroopan Unionin energiastrategiaan.

Negatiivisia ekologisia vaikutuksia on elinympäristöjen menettäminen ja lentävien eläinten törmäminen turbiinien lapoihin. Lintujen osalta tämä on kuitenkin varsin harvinaista ja riski keskittyy isoihin peto ja riistalintuihin. Lepakot osuvat harvoin tuulivoimaloiden lapoihin, mutta niillä on riski menehtyä barotraumaan, joka on liikkuvan tuulivoimalan lavan perässä tuleva nopea paineenvaihdos, joka saa aikaan verenpurkauksia lepakon keuhkoissa. Osa lepakoista on niin sanottuja korkean riskin lajeja, jotka lentokäyttäytymisensä takia ajautuvat tuulivoimaloiden lähelle.

Hyönteisistä tehdyn niukan tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, että tuulivoimalan vaalea väri heijastaa infrapunavaloa, jolla on hyönteisiä houkutteleva vaikutus.

Nisäkkäiden osalta vahingollisinta on tuulipuiston aiheuttaman liikenteen kasvu luonnonympäristössä, jolla voi olla haittavaikutuksia aremmille metsien eläimille.

Ekologisista vaikutuksista on otettava huomioon myös päästöttömän energiatuotantomuodon aiheuttama vaikutus ilmastonmuutoksen ehkäisyssä, joka tarkoittaa lukuisien elinympäristöjen mahdollista pelastumista.

9 POHDINTA

Tuulivoima herättää hankevaiheessa paljon keskustelua ja mielipiteitä. Valitettavasti monesta raportissa käsitellystä aiheesta ei ole annettu kiistatonta faktaa, vaan useiden tutkimuksien lopusta löytyy toteamus, että lisätutkimus on tarpeellista. Esimerkkinä tuulivoiman vaikutukset kiinteistöjen arvoon, josta löytyi useita tutkimuksia, joissa kaikissa päädytään lopussa samaan toteamukseen, että lisätutkimus on tarpeen.

Tehty kirjallisuuskatsaus on helposti toistettavissa käyttämällä raportin lähdeluetteloa. On kuitenkin huomautettava, että tuulivoiman ympärillä pyörivä tutkimus uusiutuu nopeaa vauhtia ja siksi raportti perustuukin lähinnä vuoden 2012 lopussa saatavilla olleeseen tietoon. Vastaava raportti tulisikin tehdä määrätyin väliajoin, jotta tieto olisi ajankohtaista.

Tuulivoiman vaikutuksille ominaista on niiden moniulotteisuus. Yhden asian vaikutus voi olla hyvä toiselle ja huono toiselle, jolloin asiaa on äärimmäisen vaikea avata yksiselitteisesti.

Tuulivoimasektorin ja tuulivoimaa pohdiskelevien ihmisten kannalta olennaista olisi hallinnollisten pelisääntöjen selkeyttäminen. Ympäristöministeriöltä on luvattu uusi ohjeistuskevällä 2013, valitettavasti se ei ehtinyt tähän opinnäytetyöhön. Yhtenäinen selkeä ohjeistus helpottaisi tuulivoimarakentajien arkea, sekä nopeuttaisi rakennus- ja lupaprosesseja. Lainsäätäjillä on kuitenkin ongelmana varman tiedon puute, jolloin vaikeita päätöksiä helposti lykätään eteenpäin toisten päätettäväksi.

Tuulivoiman vaikutuksista tehdyissä tutkimuksissa käy kuitenkin selkeästi ilmi, että oikealla sijoittelulla säästytään lähes kaikilta ongelmilta. Suu-

rimmat ongelmat ihmisille aiheutuvat siitä, että tuulivoimalat on rakennettu liian lähelle asutusta, jolloin melun ja välkkeen vaikutus voi aiheuttaa stressin oireita joillain ihmisillä. Ekologiselta kannalta oikealla sijoittelulla pystytään estämään uhanalaisten lajien elinympäristön menettäminen ja minimoimaan lentävien eläinten törmääminen tuulivoimalan lapoihin.

Tuulivoiman positiiviset vaikutukset näkyvät kirkkaimmin taloudellisella puolella, josta selvimmin tuulivoima tuo varallisuutta paikallistalouteen. Positiivista on myös tuulivoiman vaikutus ilmastonmuutoksen torjunnassa.

Huonolla sijoittelulla tuulivoima jää kauas kestävän kehityksen ihanteesta, joka pyrkii täyttämään kaikki kolme ulottuvuutta. Ymmärryksemme kehityksessä pystymme vähentämään tuulivoiman sosiaalisia ja ekologisia haittavaikutuksia ja siten tekemään siitä aidosti kestävän kehityksen mukaisen energiamuodon.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tuulivoiman sosiaaliset vaikutukset ovat olennaisesti sidottu voimaloiden etäisyyteen asutuksesta ja henkilön henkilökohtaisiin asenteisiin tuulivoimaa kohtaan. Tuulivoimalan vaikutusta maisemaan on vaikea estää, sillä vaikutukset on sidottu tuulivoimalan kokoon ja väritykseen. Maisemahaitasta ei kuitenkaan koidu ihmiselle suoraa riskiä. Pitkäkestoinen altistuminen melulla tai välkkeelle sen sijaan voi altistaa ihmisen stressireaktiolle, jolla voi olla vaikutuksia keskittymiseen, huomiointikykyyn, verenpaineseen ja sydämen syketaajuuteen.

Tuulivoiman taloudelliset vaikutukset paikallistalouteen ovat moninaiset. Rakennettaville tuulipuistoille on äärimmäisen tärkeää paikallinen hyväksyntä, jota hankkeenharjoittajat pyrkivät lisäämään taloudellisin kannustimin. Tuulipuiston ympärille rakennetaan ja parannellaan infrastruktuuria, kuten parempia teitä, ja uusia sähkö- ja verkkoyhteyksiä. Tuulivoimaloiden maapohjan vuokraaminen tuo maaomistajille vuokratuloja ja kunnalle kiinteistöveroja. Lisäksi tuulivoimayhtiöitä on kehoitettu maksamaan haittamaksua ympäröiville maanomistajille, ja antamaan taloudellista tukea paikallisille kyläyhdistyksille.

Tuulivoiman vaikutuksesta kiinteistön arvoon ei ole löydetty näyttöä, joten on todettava, että vaikutus on pieni tai sitä ei ole.

Tuulivoiman vaikutukset kansantalouteen ovat sidoksissa valtion tuulivoimalle tarjoamaan tariffitukeen, jonka kannattavuus nojaa olettamukseen, että tuulivoiman tekninen kehitys ja sähkön hinnan nousu tekevät tulevaisuudessa tariffituen tarpeettomaksi. Tuulivoimasektorin tuottamat verotulot ja valtion maksamat tuet lähes kumoavat toisensa, sillä seurauksella, että tulos valtion jää tältä osin niukasti negatiiviseksi. On kuitenkin otettava huomioon myös tuulivoiman poliittiset vaikutukset. Tuulivoimala on merkittävä rooli Suomen päästötavoitteiden saavuttamisessa. Tuulivoima auttaa Suomea energiaomavaraisuudessa tuottamalla kotimaista energiaa sähköverkkoon. Tuulivoimatuotannon epätasaisuus tuo kuitenkin tarvetta uuden säätövoiman rakentamiselle. Tuulivoiman pieni osuus

Suomen energiantuotannossa aiheuttaa sen, ettei sääötötarve ole kovin suuri. Sama pätee tosin myös tuulivoiman sähkön hintoja alentavan vaikutuksena.

Tuulivoiman ekologiset vaikutukset perustuvat lähinnä tuulivoimalan huonoon sijoitteluun. Merkittävimpana vaikutuksena voidaankin pitää tuulivoimalan tai -puiston, aiheuttamaa elinympäristön pysyvää tai tilapäistä muutosta, jolla voi olla vakavia vaikutuksia etenkin uhanalaisten eliölajien populaatioille. Lentävillä eliölajeilla kuten linnuilla, lepakoilla ja lentävillä hyönteisillä on riski joutua suoraan törmäykseen tuulivoimalan lapojen kanssa. Lepakoita on myös havaittu kuolevan niin sanottuun barotraumaan, jossa tuulivoimalan lavan jäljessä kulkeva äkillinen ilmanpaineen muutos on aiheuttanut repeämiä lepakoiden sisäelimissä. Suoran törmäysriskin todennäköisyys on kuitenkin pieni, jos tuulivoimaloita ei ole rakennettu suoraan eläinten muuttoreiteille tai tärkeiden ruokailupaikkojen läheisyyteen.

Olenneisimmat negatiiviset vaikutukset kohdistuvat siis sosiaalisiin ja ekologisiin vaikutuksiin, joiden parhaana ehkäisykeinona on tuulivoiman oikea sijoittelu. Tähän tuulivoimayhtiöt tarvitsevat kuitenkin selkeää poliittista ohjausta. Tuulivoiman positiiviset vaikutukset näkyvät parhaiten paikallisessa talousympäristössä, jonne tuulivoimalat tuovat selkeitä etuja. Taloudellisten hyötyjen lisäksi on muistettava ottaa huomioon Suomen velvollisuus osana kansainvälistä yhteisöä, vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja näin ehkäistä ihmisen aiheuttamaa ilmastonmuutosta. Tähän tarkoitukseen tuulivoima on oivallinen energiantuotantomuoto.

LÄHTEET

Birdlife Suomi. n.d. Birdlife Suomen suojelutoimikunnan kanta tuulivoimaan. pdf-tiedosto.

<http://www.birdlife.fi/suojelu/ilmasto/birdlife-tuulivoimakanta.pdf>

Parsons Brinckerhoff. 2011. Update of UK Shadow Flicker evidence base. Department of energy and climate change. Lontoo. pdf-tiedosto.

<http://www.decc.gov.uk/assets/decc/What%20we%20do/UK%20energy%20supply/Energy%20mix/Renewable%20energy/ORED/1416-update-uk-shadow-flicker-evidence-base.pdf>

Di Napoli, C. 2007. Tuulivoimaloiden melun syntytavat ja leviäminen. Suomen Ympäristö 4:2007. Helsinki: Ympäristöministeriö. pdf-tiedosto. Viitattu 26.4.2013.

www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=64260

Duveskog, G. 2010. Fallstudie – Havsnäs Vindkraftspark. Strösunds Utvecklingbolag AB. pdf-tiedosto.

Ekanet. 2013. Edut. Viitattu 27.3.2013.

<http://www.avoinkuitu.fi/ekonet/node/28>

Ellenbogen, J., Grace, S., Heiger-Bernays, W., Manwell, J., Mills, DA., Sullivan, K. & Weisskopf, M. 2012. Wind turbine Health Impact study. Report of Independent Expert Panel. pdf-tiedosto. Viitattu 4.4.2013.

www.mass.gov/dep/energy/wind/turbine_impact_study.pdf

ELY-keskus. 2012. Yhteenveto arviointiohjelmasta annetuista mielipiteistä. pdf-tiedosto. Viitattu. 8.4.2013.

[http://www.ely-](http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/pirkanmaanely/Ymparistonsuojelu/YVA/Documents/Yhteenveto_mielipiteet_Humppilan_Urjalan_tuulivoimapuisto_arviointiohjelma_lausunto_osa3.pdf)

[kes-](http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/pirkanmaanely/Ymparistonsuojelu/YVA/Documents/Yhteenveto_mielipiteet_Humppilan_Urjalan_tuulivoimapuisto_arviointiohjelma_lausunto_osa3.pdf)

[kus.fi/fi/ELYkeskukset/pirkanmaanely/Ymparistonsuojelu/YVA/Documents/Yhteenveto_mielipiteet_Humppilan_Urjalan_tuulivoimapuisto_arviointiohjelma_lausunto_osa3.pdf](http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/pirkanmaanely/Ymparistonsuojelu/YVA/Documents/Yhteenveto_mielipiteet_Humppilan_Urjalan_tuulivoimapuisto_arviointiohjelma_lausunto_osa3.pdf)

EMV. 2012. Yleistä päästökaupasta. Viitattu 6.4.2013

<http://www.energiamarkkinavirasto.fi/alasivu.asp?gid=172&pgid=172&languageid=246>

EWEA. 2012. Green Growth -The impact of wind energy on jobs and the economy. pdf-tiedosto. Viitattu 6.4.2013

http://www.ewea.org/uploads/tx_err/Green_Growth.pdf

Franke, J. 2009. Die Krankheiten und Todesursachen des Grauen Kranichs (Grus grus) in Deutschland in den Jahren 1998-2008. Freien Universität Berlin. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Veterinärmedizin an. pdf-tiedosto. Viitattu 4.4.2013.

[http://www.diss.fu-ber-](http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000007961/Fanke_%28Jane%29.pdf?hosts=)

[lin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000007961/Fanke_%28Jane%29.pdf?hosts=](http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000007961/Fanke_%28Jane%29.pdf?hosts=)

Grealey, J. & Stephenson, D. 2007. Effects Of Wind Turbine Operation On Butterflies. North American Windpower, Vol. 4, No. 1, February 2007. pdf-tiedosto.

http://www.nrsi.on.ca/Publications/NRSI_NAW_EffectsOfWindTurbineOperationsOnButterflies_20Feb07_JEG.pdf

Hellidin, JO., Jung, J., Neuman, W., Olsson, M., Skarin, A. & Widemo, F. 2012. The impacts of wind power on terrestrial mammals. Naturvårdsverket. pdf-tiedosto.

<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6510-2.pdf>

Jauhiainen, T., Vuorinen, H. & Heinonen-Guzejev, M. 2007. Ympäristömelun vaikutukset. Suomen Ympäristö 3:2007. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Kasso, M. 2010. Kiinteistönvälitys ja – arviointi. Helsinki: Talentum media Oy.

Koistinen, J. 2004. Tuulivoimaloiden linnustovaikutukset. Suomen ympäristö 721. Ympäristöministeriö. Alueiden käytön osasto. Helsinki.

Kosonen, L. 22.3.2013. Linkkejä ja saksalainen kurkiselvitys. Vastaanottaja Pekka Parkkila. [Sähköpostiviesti] Viitattu 22.3.2013.

Lahtinen, A. & Mäensivu, K. 2011. Tuulivoimaloiden hyväksyttävyyden maisemaelementtinä. Jyväskylän yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Ympäristötiede ja –teknologia. Pro gradu –tutkielma.

Long, C., Flint, J. & Lepper, P. 2010. Insect attraction to wind turbines: Does color play a role?. Loughborough University. Viitattu 6.4.2013.

http://peer.ccsd.cnrs.fr/docs/00/62/51/48/PDF/PEER_stage2_10.1007%252Fs10344-010-0432-7.pdf

Marja-aho, L. 2011. Uusiutuvan energian tuet EU-maissa, selvitys uusiutuvan energian tukimalleista sähkön ja lämmön tuotannossa EU-maissa. Aalto- yliopisto. Insinööritieteiden korkeakoulu. Energiateknikka. pdf-tiedosto. Viitattu 6.4.2012

http://energia.fi/sites/default/files/energiteollisuusRaportti_28_9_2011_2.pdf

MRL. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Tuulivoimarakentamista koskevat erityiset säädökset. 134/2011. 11.2.2011

Pihlainen, S. 2009. Tuulivoimaloiden meluhaitat. Jyväskylän yliopisto. Fysiikan laitos. Uusiutuvan energian maisteriohjelma. Pro gradu –tutkielma.

Pointcarbon. 2013. Viitattu 6.4.2013.

<http://www.pointcarbon.com/productsandservices/carbon/>

Pöyry Management Consulting. 2011. Tuulivoima ja linnusto – Kokemukset ja käytännöt suomesta ja lähialueilta. PDF-tiedosto. Viitattu 26.4.2013.

<http://energia.fi/julkaisut/tuulivoima-ja-linnusto-kokemukset-ja-kaytannot-suomesta-ja-lahialueilta-poyry-management-c>

Pöyry. 2010. Wind energy and electricity prices- exploring the 'merit order effect'. European Wind Energy association. pdf-tiedosto. Viitattu 26.4.2013.

http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/MeritOrder.pdf

Ramboll Finland. 2011. Kiimassuon tuulivoimapuisto ympäristövaikutusten arviointiselostus. pdf-tiedosto. Viitattu 26.4.2013.

[http://www.ely-](http://www.ely-kes-)

[kes-](http://www.ely-kes-)

[kus.fi/fi/ELYkeskukset/HameenELY/Ymparistonsuojelu/YVA/paattyneet/Sivut/Forssantuulivoimahanke.aspx](http://www.ely-kes-)

Ripatti, P. 2013. Uusiutuvan energian käyttö ja tuet Suomessa. Energia-markkinavirasto. Uusiutuvan energian syöttötariffijärjestelmän ajankohdaispäivät. pdf-tiedosto. Viitattu 6.4.2013

www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Ripatti_Pekka.pdf

Rydell, J., Engström, H., Hedenström, A., Larsen, JK., Pettersson, J. & Green, M. 2011. Vindkraftens effecter på fåglar och fladdermöss – Syntesrapport. Naturvårdsverket. pdf-tiedosto. Viitattu 26.4.2013.

<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6467-9.pdf>

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteen sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. Vaasan yliopisto. Pdf -tiedosto. Viitattu. 8.4.2013.

www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

Sims, S., Dent, P. & Oskrochi, G. 2008. Modelling the impact of wind farms on house prices in the UK. International journal of strategic property management. 12. Vilna: Vilnius Gediminas Technical University. 251-269.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2003. Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. pdf-tiedosto. Viitattu 12.4.2013

http://www.finlex.fi/pdf/normit/14951-asumisterveysohje_pdf.pdf

Suomen ympäristökeskus. 2011. Suomessa esiintyvät luontodirektiivin II, IV ja V -liitteen lajit. Viitattu 12.3.2013.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=80503#a0>

Tarasti, L. 2012. Tuulivoimaa edistämässä. Työ- ja elinkeinoministeriö. pdf-tiedosto. Viitattu 12.3.2013.

http://www.tem.fi/files/32699/Tuulivoimaa_edistamaan_A4_lop.pdf

Teknologiateollisuus ry. 2009. Tuulivoima-tiekartta 2009. pdf-tiedosto. Viitattu 6.4.2013.

www.teknologiateollisuus.fi/file/7142/Tiekartta_2009.pdf.html

TEM. 2012. Elinkeinoministeri Häkämies: Tuulivoima ei saa kaatua Byrokraatiaan. Työ- ja elinkeinoministeriö. Tiedote. Viitattu 5.4.2013. http://www.tem.fi/index.phtml?109336_m=106232&s=5236

Tilastokeskus. 2013. yksityisautoilun hiilidioksidipäästöt suuremmat kuin ammattimaisen maaliikenteen. Julkaisu 16.1.2013. Viitattu 5.4.2013

http://www.tilastokeskus.fi/til/tilma/2010/tilma_2010_2013-01-16_tie_001_fi.html

Tulli. 2009. Loppuvuosi painoi vuoden 2008 viennin edellisen vuoden tasolle. Viitattu 6.4.2013.

http://www.tulli.fi/fi/tiedotteet/lehdistotiedotteet/2009/tiedote_20090209/index.html?bc=3035

Tuulivoimaopas. 2012. Viitattu 6.4.2013.

http://www.tuulivoimaopas.fi/vaikutukset_kuntatalouteen

Voimamyly. 2013. Humppila-Urjalan tuulivoimapuisto. Viitattu 8.4.2013.

<http://www.voimamyly.fi/DowebEasyCMS/?Page=Hankeetenee>

VTT. 2008. Tuulivoiman säätö- ja varavoimatarpeesta suomessa. pdf-tiedosto. Viitattu 6.4.2013

http://www.vtt.fi/liitetiedostot/cluster7_energia/Tuulivoiman%20saatotarve%20Suomessa%20VTT%20maalis2008.pdf

VTT. 2012. Arvioita uusiutuvan energian lisäämisen vaikutuksista Suomen kasvihuonekaasupäästöihin ja kansantalouteen. Viitattu 6.4.2013.

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T11.pdf>

VTT. 2013. Suomen tuulivoimatilastot. Viitattu 20.3.2013.

<http://www.vtt.fi/proj/windenergystatistics/?lang=fi>

Walsh-Thomas J, M., Cervone, G., Agouris, P. & Manca, G. 2012. Further evidence of impacts of large-scale wind farms on land surface temperature. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16, 8, 6432–6437. Saatavissa EBSCO Academic tietokannasta:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=afh&AN=82065361&site=ehost-live>

Ympäristöministeriö. 2010. Rauhoitettujen eläinten ja kasvien ohjeelliset arvot. Viitattu 11.4.2013

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=22735>

Ympäristöministeriö. 2011. Melutason ohjearvot. Viitattu 12.4.2013.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=8899&lan=fi>

Ympäristöministeriö. 2012. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 4:2012. pdf-tiedosto. Viitattu 26.4.2013.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=137706>

