

Tuulivoiman vaikutukset maa- ja merikotkaan sekä sääkseen Pohjanmaalla, Etelä- ja Keski- Pohjanmaalla

Yhteenveto ja suositukset



Tuulivoiman vaikutukset maa- ja merikotkaan sekä sääkseen Pohjanmaalla,
Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla

Hannu Tikkanen, Camilla Ekblad ja Heikki Tuohimaa

31.8.2022

ISBN 978-951-766-434-9
ISSN 2670-2266

Julkaisu B:105
Julkaisuvuosi 2022

Sisällys

Johdanto	3
Tarkasteltavat tuulivoima-alueet, voimalapaikkojen määrä ja voimaloiden koko.....	4
Yleistä tuulivoiman vaikutuksista maa- ja merikotkiin sekä sääkseen	5
Selvityksen vaiheet ja menetelmät	7
Nykyiset kannat ja niiden muutokset lajeittain	9
Populaatioiden sietokyky lisäkuolleisuudelle	10
Reviireiden sietokyky lisäkuolleisuudelle	12
Lentomäärien arviointi.....	12
Törmäysriskien arviointi.....	15
Riskiarvionnin yhteenveto.....	18
Voimalapaikkojen vähentämisen suunnittelu.....	19
Sääksiin kohdistuvat riskit.....	21
Keskeiset epävarmuustekijät ja niiden vaikuttavuuden suunta.....	22
Suosituksia jatkosuunnitteluun sekä arviointien kehittämiseen	24
Kirjallisuus	31

Johdanto

Uusiutuvaan energiaan siirtyminen ja yhteiskunnan sähköistyminen ovat voimakkaassa kasvussa Suomessa ja muuallakin EU:ssa. Maakuntaliitot varautuvat tähän tuulivoiman volyymin kasvuun maakuntakaavoissaan.

Maakunnalliseen tuulivoimatuotantoon soveltuvien alueiden valintaa tehdään kaavatyön edetessä useassa vaiheessa mm. paikkatietotarkasteluihin, selvityksiin ja sidosryhmätyöskentelyyn perustuen.

Tässä selvityksessä tavoitteena on arvioida maakunnallisten tuulivoima-alueiden kokonaisvaikutuksia suuriin päiväpetolintulajeihin - maakotkaan, merikotkaan ja sääkseen. Selvityksessä tarkastelun kohteena ovat liittojen tuulivoimaselvityksessä (FCG 2021) potentiaalisiksi tuulivoima-alueiksi valikoituneet alueet ja jo olemassa olevat rakennetut ja muut kaavoitetut voimalat.

Kotkien osalta tarkastelut on tehty YVA-hankkeiden hyvien käytäntöjen periaatteiden mukaisesti (Metsähallitus 2022) elinympäristö- ja lentosummamallinnuksiin perustuen. Sääksen osalta tarkastelu on yleispiirteisempi tiedon puutteiden vuoksi. Työhön ei liittynyt maastonselvityksiä.

Työssä keskityttiin 1. voimaloiden aiheuttamien törmäysriskien ja niiden populaatiotason vaikutusten arviointiin sekä 2. vaikutuksiltaan siedettävien voimalapaikkojen määrien ja sijaintien haarukointiin. Törmäysriskien ja niiden vaikuttavuuden arviointiin on olemassa tai mahdollista laatia elinympäristö- ja populaatiomalleja, joita voidaan käyttää suunnittelutyökaluina vaikutuksia ja niiden merkittävyyttä arvioitaessa. Muiden vaikutusmuotojen, kuten voimalinjojen ja saalistusalueiden muutosten kohdentumiset, eivät olleet tässä suunnitteluvaiheessa riittävällä tarkkuudella selvillä arviointien mahdollistamiseksi.

Selvitys on laadittu huhti-elokuun 2022 aikana ja sen laadinnasta ovat vastanneet Hannu Tikkanen (FM, Oulun yliopisto) ja Camilla Ekblad (FK, Turun yliopisto) sekä sääksitarkastelussa mukana ollut Heikki Tuohimaa (Erytisasiantuntija, Ramboll Finland). Menetelmien valinnassa ja analyysien teossa on lisäksi kuultu Turun yliopiston eläinekologian professoria Toni Laaksosta (merikotka-arviointi) ja Oulun yliopiston yliopistotutkijaa Veli-Matti Pakasta (populaatiomallinnukset).

Työ on tehty Etelä-Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan ja Pohjanmaan liittojen tilauksesta. Työtä ovat ohjanneet Mari Väänänen ja Mari Pohjola (Etelä-Pohjanmaan liitto), Marika Häggblom, Ann Holm ja Christine Bonn (Pohjanmaan liitto), Teppo Rekilä ja Reijo Kiviniemi (Keski-Pohjanmaan liitto), Toni Etholén (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus) ja Ilkka Puumala (Metsähallitus, Rannikon luontopalvelut).

Tässä yhteenvedossa esitetään menetelmät, tulokset ja johtopäätökset tiivistetysti. Tarkemmin asiaa on esitelty maakuntaliitoille toimitetussa raportissa, mikä on julkisuuslain mukaisesti tarkoitettu vain viranomaiskäyttöön. Suurten petolintujen pesäpaikkatiedot ovat suojelusyistä viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) mukaisesti salassa pidettäviä.

Tarkasteltavat tuulivoima-alueet, voimalapaikkojen määrä ja voimaloiden koko

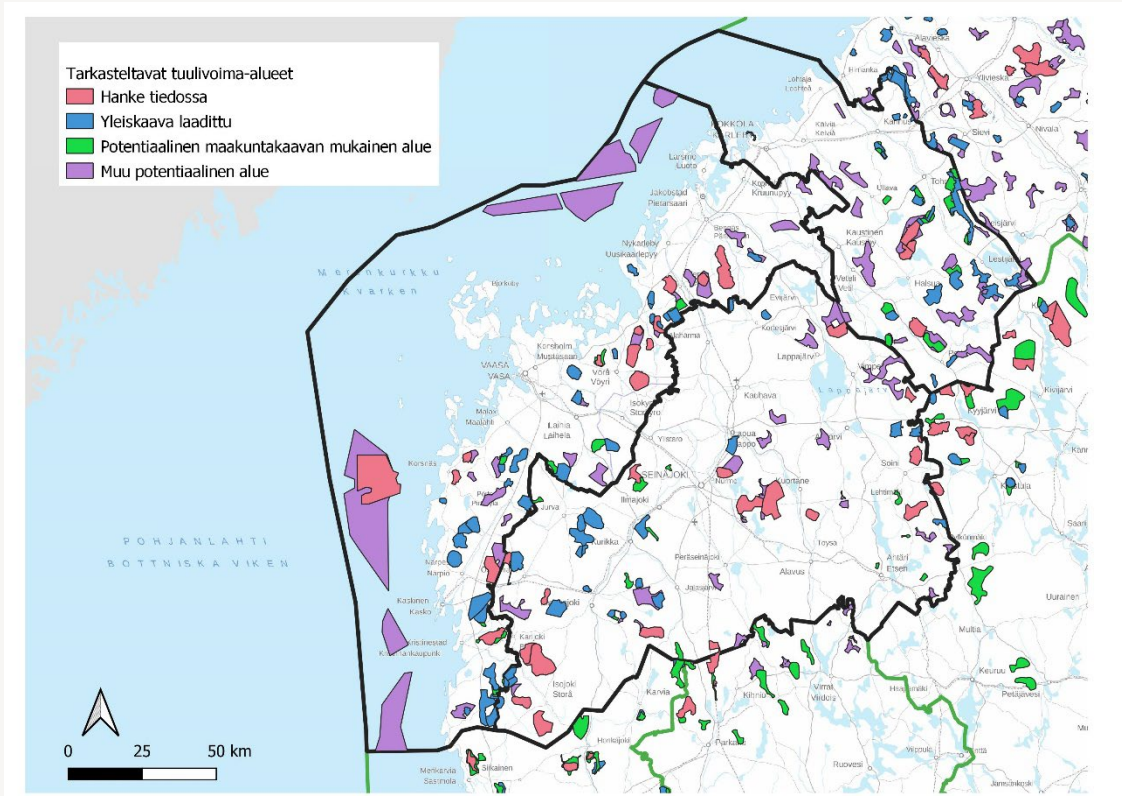
Tarkastelussa on yhteensä 267 voimala-aluetta (kuva 1), joista osa sisältyy suurempaan yhtenäiseen kokonaisuuteen. Voimalapaikkoja on tarkastelussa yhteensä 4718, joista merituulivoimalapaikkoja on 1320.

Alueet ja voimalapaikat ovat luokiteltu seuraavasti: 1. Rakennetut/ kaavoitetut alueet, 2. hankealueet, 3. vahvistettujen maakuntakaavojen mukaiset edellisten ulkopuoliset alueet ja 4. muut potentiaaliset alueet.

Tuulivoimalapaikkoina on käytetty kaavoitetuissa alueissa kaavojen mukaisia paikkoja ja muilla alueilla teoreettista maksimaalista määrää käyttämällä tasavälistä hilaa huomioimatta maasto-olosuhteita, muutoin kuin poistamalla vesistöille tai avosoille sijoittuvat paikat. Voimalavälit ovat merialueilla 1000 m ja maa-alueilla 800 m. Voimalavälit perustuvat liittojen tuulivoimaselvityksessä (FCG 2021) käytettyihin etäisyyksiin. Tuulivoima-alueiden rajaukset ovat osin tarkentuneet kyseisen selvitysvaiheen jälkeen.

Arvioinnissa käytetään potentiaalisten voimalapaikkojen voimaloiden kokonaiskorkeutena 300 m ja roottoreiden halkaisijana 200 m. Ko. mitat

mahdollistavat rakentamisen aina noin 10 MW:n tehoon saakka. Kaavoitettujen voimaloiden roottorikokona käytetään 120 metrin halkaisijaa (noin 4 MW teho).



Kuva 1. Selvitysalueiden sijainti ja tuulivoima-alueiden luokitus

Yleistä tuulivoiman vaikutuksista maa- ja merikotkiin sekä sääkseen

Tutkimustulosten perusteella tuulivoiman lisärakentaminen ei Suomessa todennäköisesti aiheuta merkittävää uhkaa suurimmalle osalle lintulajien populaatioita. Tietyille lajeille riski haitallisille vaikutuksille on kuitenkin muita lajeja suurempi. Maailmalla on yleisesti todettu, että kaartelevat linnut, kuten päiväpetolinnut, ovat yksi tuulivoimaloihin runsaimmin törmäävistä lajiryhmistä (Ympäristöministeriö 2016 a ja b, Meller 2017, Watson ym. 2018, Allison ym. 2019). Tämä korostaa suunnitteluvaiheessa näiden lajien erityistä huomioimista.

Ympäristöministeriön ohjeissa (Ympäristöministeriö 2016) todetaan muun muassa, että suurten petolintujen, kuten merikotkan, maakotkan ja sääksen pesäpaikkojen suojelutarve on otettava huomioon tuulivoimarakentamista suunniteltaessa. Keskeistä on selvittää häiriövaikutukset ja törmäysriskit.

Maakotkan riskialttius tuulivoimatuotannon vaikutuksille on tuotu esille mm. tuoreessa suomalaisessa tutkimuksessa (Balotari-Chiebao ym. 2021b). Tähän vaikuttavat sekä tuulivoimalle altistuvien reviirien suuri osuus, että lajin ekologiset ominaisuudet. Maakotkan herkkyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. saalistusreviirien laajuus (noin 300 km²) (Tikkanen ym. 2018), lajin herkkyys ihmistoiminnan aiheuttamille häiriöille (mm. Ponnikas 2015), petolintujen tunnettu riski törmätä tuulivoimaloihin (mm. Meller 2017), alhainen vuosittainen poikastuotto ja kannan elinkelpoisuuden riippuvuus aikuisten yksilöiden pitkäikäisyydestä. Jo vähäinen lisäkuolleisuus heikentäisi kannan elinkykyä.

Sinällään maakotka näyttäisi olevan vähemmän altis laji törmäämään tuulivoimaloihin, kuin toinen suuri petolintulaji, merikotka. Maakotkan kohdalla ei tiedetä yhtään törmäystä tuulivoimalaan Suomessa. Saksalaisessa koosteessa mainitaan Euroopasta 26 tunnettua maakotkan törmäystä tuulivoimaloihin vuosien 2002–2020 välillä (Langgemach & Dürr 2022). Yhdysvalloissa Altamontpassin alueella maakotkien on havaittu törmäävän säännöllisesti tuulivoimaloihin, mutta siellä tuulivoimalat rakennettiin maakotkan kannalta erittäin riskialttiiseen paikkaan (mm. Katzner ym. 2017). Sekä Yhdysvalloissa että muualla Euroopassa kuitenkin maakotkien käytös, alueiden olosuhteet ja voimalatyypit poikkeavat selvästi Suomesta. Kokemukset Skotlannista (Fielding ja Haworth 2010, Fielding ym. 2021) ja myös Ruotsista, Suomen kaltaisista olosuhteista, osoittavat, että maakotkat välttelevät voimaloita (Hedfors 2014). Tässä selvityksessä käytetyssä törmäysmallinnusmenetelmässä suositellaan käytettäväksi väistökerrointa 99 % (SNH 2018).

Merikotkien riskialttius törmätä voimaloihin on havaittu myös Suomessa toteutetuissa rakennettujen tuulivoimapuistojen linnustovaikutusten seurannoissa (Suorsa 2019). Suomesta merikotkalla tunnetaan 41 törmäystä (Stjernberg, Torsten kirjall. ilm. 18.8.2022, tilastointi puutteellinen). Merikotkalla on todettu tuulivoimalla olevan poikastuottoa alentavia vaikutuksia Norjassa ja myös Suomessa pääasiassa törmäysten ja siirtymien vuoksi. Aikuiset linnut altistuivat suuremmille riskeille etenkin keväällä lisääntyneen lentoaktiivisuuden ja reviiritistelujen seurauksena (Balatori-Chiebao ym. 2016). Merikotkalla suositellaan väistökerrointa 95 %. (SNH 2018).

Sääksen kohdalla, muihin lintulajeihin ja pesimäkantaan nähden, lajin riski törmätä tuulivoimalaan on arvioitu korkeaksi (Sprötge ym. 2018), joskin pienemmäksi kuin merikotkalla. Saksassa on mainittu olevan 47 tunnettua kuolemantapausta tuulivoimaloihin (Langgemach & Dürr 2022). Suuri enemmistö noin 90 % kuolleista on ollut aikuisia. Samassa koosteessa mainitaan 10 tunnettua kuolemaan johtanutta törmäystä muualta Euroopasta. Saksassa tuulivoiman aiheuttama riski arvioidaan keskisuuressa sääksipopulaatiolle, samalle tasolle kuin vesivoimarakentamisen. Niitä suuremmaksi riskiksi arvioidaan maatalouden vaikutukset. Sääkselle suositellaan väistökeroa 98 %. (SNH 2010).

Voimaloiden aiheuttaman törmäysriskin lisäksi myös sähkölinjojen tiedetään aiheuttavan kuolleisuutta petolinuille sekä Suomessa että muualla. Suomessa rengastettujen maakotkien löytöaineistojen mukaan voimajohdot ovat olleet yksi yleisimpiä kuolinsyitä mm. maakotkalla (Saurola ym. 2013). Törmäysten lisäksi tuulivoima-alueet vaikuttavat petolintuihin myös häiriöiden kautta, mm. rajoittaen saalistusalueita ja pidentäen saalistusmatkoja. Tapauskohtaisesti vaikutukset voivat olla merkittävämpiä kuin mahdollisella kuolleisuudella. Tuulivoimaloiden häiriövaikutuksella tarkastelluista lajeista vaikutusta voisi olla etenkin suo- ja metsäalueilla saalistavalle maakotkalle. Sääksen kohdalla tuulivoimaloiden toiminnanaikaisista välttelyistä ei ole selviä havaintoja (Langgemach & Dürr 2022). Näiden vaikutusmuotojen arviointi on tärkeää hankekohtaisissa selvityksissä. Lähtötietojen puutteiden vuoksi näiden arviointi maakuntakaavavaiheessa ei ole mahdollista.

Selvityksen vaiheet ja menetelmät

Tarkasteltavien lajien kannat ja niiden muutokset

Tausta-aineistoina olivat Metsähallituksen (esim. Ollila 2008, 2019, 2021) ja Sääksisäätiön pesärekisterit (maa- ja merikotka) sekä kirjallisuustiedot (sääksi, mm. Saurola 2020)

Lentomääräarviot tuulivoima-alueilla

Maakotkan osalla menetelmänä oli vertaisarvioitu elinympäristö- ja lentosummamallinnus pesiville linnuille (Tikkanen ym. 2018, sekä päivitys Tikkanen ym. 2022).

Merikotkan osalla laadimme pesiville linnuille mallinnuksen. Aineistoina avoin paikkatieto, WWF:n satelliittilähetinlintujen paikannukset sekä kirjallisuustiedot merikotkien suosimista ympäristöistä (Tikkanen ym. 2018, Ekblad ym. 2020, Krone ym. 2013). Mallinnusmenetelmänä oli logistinen regressiofunktio. Pesimättömille linnuille mallina käytettiin vertaisarvioitua, Suomen rannikolle laadittua mallia (Tikkanen ym. 2018).

Periaatteena em. mallinuksissa on se, että matemaattisen funktion avulla etsitään sellaiset paikkatietomuotoiset elinympäristöt, jotka parhaiten selittävät havaintopisteiden (GPS-havainnot) ja satunnaispisteiden sijaintijakauman erot.

Tähän elinympäristöjen valintamalliin lisätään tiedot kotkien vuotuisista lentomääristä, mitkä on niin ikään saatu GPS-tiedoista.

Sääksen kohdalla ei ollut samanlaista mahdollisuutta arvioida lentoaikoja tuulivoima-alueilla. Sääksireviireillä lennot yleensä keskittyvät pesän läheisyyteen, mutta saalistuslennot vesistöihin yltävät kauas. Työtä varten laadittiin yksinkertainen suuntaa antava vesistöihin perustuva teoreettinen sääksien saalistuslentomalli.

Törmäysriskit

Törmäysriskianalyysit on tehty Bandin ns. tilamallilla (Band ym. 2007), joka on Suomessa laajalti käytössä YVA-hankkeissa. Ns. väistökertoimena käytettiin maakotkalle suositusten mukaista 99 % (SNH 2018). Merikotkalle suositellun 95 %:n sijaan käytettiin 98 % väistökertoimena perusteena Suomessa tehdyt havainnot (Tuohimaa 2019). Sääksen kohdalla laskettiin puolestaan, Bandin tasomallimenetelmää (Band ym. 2007) käyttäen, esimerkki yhden reviirin törmäysriskistä saalistuslentojen yhteydessä, minkä avulla selvitettiin merkittävien vaikutusten mahdollisuutta. Väistökertoimena käytettiin suositusten mukaista 98 % (SNH 2010).

Populaatiomallinnus

Mallinnus tehtiin matriisimallilla (Caswell 2001). Mallilla hahmotetaan populaation vuosiluokkien jakaumaa ja lisäkuolleisuuden vaikutusta kasvukertoimeen. Maakotkan osalla koko Suomen populaatiolle tehty mallinnus on tehty Oulun yliopistossa (Tikkanen ym. 2022, käsikirjoitus).

Merikotkalle ja sääkselle laadittiin vastaava mallinnus tämän työn yhteydessä.

Mallin rakentaminen aloitetaan elinkiertoakaavion avulla. Maakotkan elinkiertoa voidaan kuvata kaaviolla, jossa on viisi ikäluokkaa. Ensimmäinen luokka on lentopoikanen (Juv) ja sitä seuraavat kolme ikäluokkaa ovat esiaikuisia. Vanhin luokka on aikuiset. Linnut saavuttavat tämän luokan neljävuotiaana ja pysyvät siinä lopun elämänsä. Pesinnän aloitusikäniä mallissa käytettiin sääksellä 4 vuoden ikää, maakotkalla 5 ja merikotkalla 6 vuoden ikää.

Mallinnuksessa eri ikäluokkien säilyvyystietoina käytettiin lähtötietoina vertaisarvioituissa tieteellisissä artikkeleissa esitettyjen tietojen keskiarvoja, jotka supistettiin/lavennettiin siten, että kantojen kasvukertoimeksi saatiin selvitysalueella havaitut arvot. Poikastuottoarvoina käytettiin havaittuja arvoja (rengastusikäiseksi varttuneiden poikasten määrä/asuttu reviiri/vuosi).

Kannan sietokykyä lisäkuolleisuudelle on arvioitu seuraavassa vaiheessa selvittämällä, kuinka paljon emojen säilyvyys voi laskea ilman että kasvukerroin (%) laskee nolnaan.

Tätä lisäkuolleisuuden arvoa pidetään tässä selvityksessä merkittävän vaikutuksen rajana.

Nykyiset kannat ja niiden muutokset lajeittain

Maakotka

Asuttuja reviireitä (asuttu vähintään yhtenä vuotena 2012–2021) selvitysalueella on yhteensä 31, jakaantuen maakuntiin seuraavasti (rajatapauksissa jako pinta-alan mukaan): Keski-Pohjanmaa 13, Etelä-Pohjanmaa 17, Pohjanmaa 1.

Maakotkalle on tyypillistä suuret vuosittaiset vaihtelut pesintöjen määrissä. Eniten asuttuja reviireitä on todettu samanaikaisesti pohjanlaismaakunnissa yhteensä 23 (vuonna 2019) ja pesintöjä yhteensä 13 (vuonna 2016). Maakotkan poikastuotto on tyypillisesti hyvin pieni. Poikastuotto asuttua reviiriä kohden on vaihdellut selvitysalueella 0,3 ja 0,9 välillä 10 vuoden keskiarvon ollessa 0,5 poikasta. Reviireiden välillä on suuret erot poikastuotossa. Muutamilla reviireillä ei ole varmistettu poikasia lainkaan 10 v. jaksolla.

Etelä-Suomessa, mihin selvitysalue kuuluu sekä poikastuotto (0,53) että kannan kasvu (n. 3 %) on ollut 2012–2021 hieman koko Suomea (0,44 ja n. 2 %) parempi.

Merikotka

Merikotkalla vähintään kerran vuosina 2012–2021 asutuksi todettuja reviireitä on selvitysalueella yhteensä 135, jotka jakautuvat maakuntiin seuraavasti (rajatapauksissa jako pinta-alan mukaan): Keski-Pohjanmaa 7, Etelä-Pohjanmaa 5, Pohjanmaa 123.

Merikotkakanta on edelleen selvässä kasvussa selvitysalueella, ollen noin 3,5 % vuodessa vuosina 2011–2021.

Poikastuotto on merikotkalla hyvä, noin kaksinkertainen maakotkaan verrattuna, ollen 1,08 poikasta/asuttu reviiri

Sääksi

Sääksikanta on ollut sekä Suomessa että selvitysalueella kasvussa vuosikymmenien ajan. Vanhan Vaasan läänin alueella keskimääräinen vuosittainen kasvu on noin 3 %. Asuttuja reviireitä oli noin 110 vuonna 2020. Rekisterissä on merkintöjä noin 270 eri reviiristä aikavälillä –2010–2021. Huomattava osa näistä on autioitunut joko tilapäisesti tai pysyvästi. Poikastuotto on ollut alueella noin 1,48 poikasta/reviiri (Saurola 2020).

Populaatioiden sietokyky lisäkuolleisuudelle

Populaatiomallinnuksin hahmotettiin raja-arvoja a) laajemman alueen populaation lisäkuolleisuudelle, mikä johtaisi kannan taantumiseen ja b) yhden kotkareviirin emojen lisäkuolleisuudelle, mikä johtaisi riittämättömään poikastuottoon.

Maakotka

Populaatiomallin mukaan kanta kääntyisi laskuun Etelä-Suomessa, mikäli emojen lisäkuolleisuus kasvaisi noin 4 %. Selvitysalueen, noin 30 maakotkaparin kannassa, tämä laskennallinen, kriittinen lisäkuolleisuus olisi siten noin 2,5 yksilöä/vuosi.

Pesivät merikotkat

Selvitysalueella kannan kasvu (asuttuja reviireitä) on noin 3,6 % ja keskimääräinen reviirin poikastuotto 1,07 poikasta/asuttu reviiri. Populaatiomallin mukaan kanta kääntyy laskuun, mikäli lisäkuolleisuus olisi noin 6 %. Kriittinen lisäkuolleisuus olisi 1,2 yksilöä 10 paria kohden, mikä tarkoittaisi noin 16 yksilöä/vuosi alueen noin 135 merikotkaparille.

Pesimättömät merikotkat

Mallinnuksen mukaan kokonaiskannasta pesimättömien merikotkien osuus olisi koko kannasta noin 60 %. Populaatiomallin mukaan kanta kääntyy laskuun, mikäli vain pesimättömään kantaan kohdistuisi lisäkuolleisuutta noin 7 % vuodessa, mikä tarkoittaisi selvitysalueen noin 460 pesimättömän merikotkan kannassa noin 30 yksilöä/vuosi.

Sääksi

Selvitysalueella kannan kasvu on noin 3 % ja keskimääräinen reviirin poikastuotto 1,48 poikasta/asuttu reviiri. Populaatiomallin mukaan kanta kääntyy laskuun, mikäli lisäkuolleisuus olisi noin 4 %.

Kriittinen lisäkuolleisuus 10 paria kohden olisi noin 0,8, mikä tarkoittaisi selvitysalueen noin 110 reviirille noin 9 yksilöä/vuosi.

Tässä selvityksessä merkittävän vaikutuksen kriittisenä rajana käytettiin edellä mainittuja lisäkuolleisuuksia, jotka johtaisivat kannan kasvun pysähtymiseen. Taulukossa 1. on esitetty nämä raja-arvot maakunnittain.

Taulukko 1. Laskennalliset merkittävän vaikutuksen rajat yksilöinä maakunnittain.

Maakunta	Maakotka		Merikotka		Sääksi	
	Reviirejä	Merkittävän vaikutuksen raja	Reviirejä	Merkittävän vaikutuksen raja	Reviirejä	Merkittävän vaikutuksen raja
Keski-Pohjanmaa	13	1,0	7	0,8	18	1,4
Etelä-Pohjanmaa	16	1,3	5	0,6	36	2,8
Pohjanmaa	1	0,1	123	14,8	57	4,5

Reviireiden sietokyky lisäkuolleisuudelle

Yksittäisillä reviireillä suotuisaksi suojelutasoksi määriteltiin tilanne, jossa pari saa vähintään kaksi aikuiseksi varttuvaa poikasta elinaikanaan.

Populaatiomallinnuksessa käytettyjen keskimääräisten elossa säilyvyyden arvoista voidaan laskea odotettavissa olevat pesimisvuosien määrät ja aikuiseksi varttuvien poikasten osuudet kuoriutuneista poikasista.

Kullekin lajille laskettiin tarvittavien pesintävuosien määrät, jotta em. suotuisa taso ylittyisi keskimääräisellä poikastuotolla.

Maakotkalla laskelmissa päädyttiin siihen, että lisääntymisvuosien määrä voisi laskea 14 vuodesta reiluun 9 vuoteen, mikä toteutuisi noin 8 % lisäkuolleisuudella reviirillä (= törmäys kerran 13 vuodessa)

Merikotkalla päädyttiin vastaavasti noin 10 % lisäkuolleisuuteen (törmäys kerran 10 vuodessa) ja sääksellä 8 % lisäkuolleisuuteen (törmäys kerran 13 vuodessa)

Lentomäärien arviointi

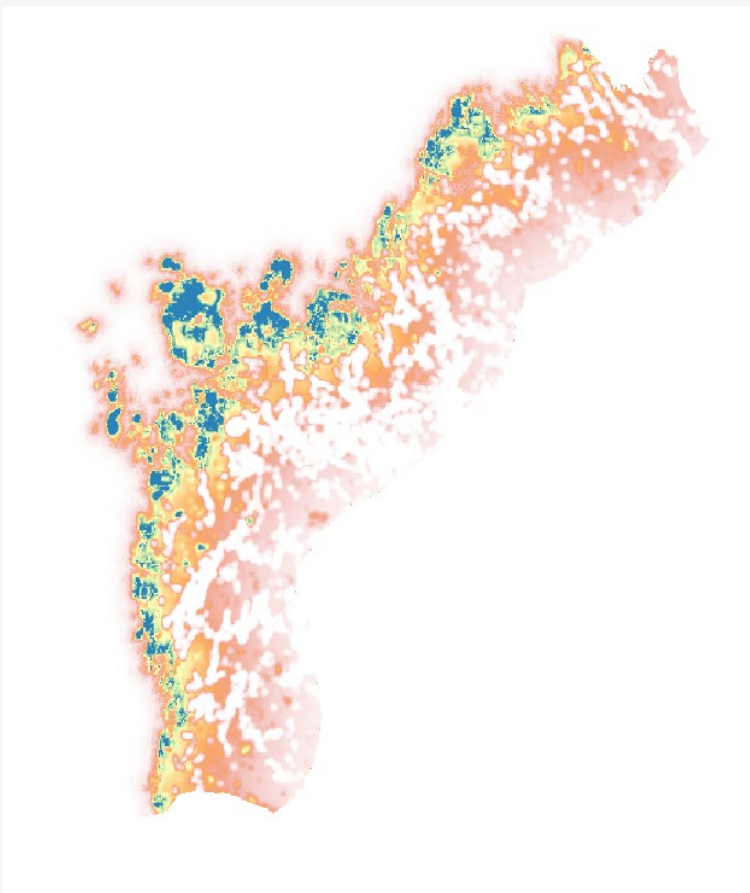
Tässä yleispiirteisessä, laajoja alueita käsittelevässä arvioinnissa ei ollut mahdollisuutta tarkkoihin reviirikohtaisiin maastonselvityksiin. Lentomääräarvot pohjautuvat joko aiemmin laadittuihin tai tässä työssä kehitettyihin menetelmiin, joiden avulla voidaan arvioida lentomääriä tutkittavilla voimala-alueilla ja paikoilla. Mallit soveltuvat erityisen hyvin laaja-alaisiin selvityksiin ja reviireiden väliseen riskien arviointiin. Kaikista malleista on laadittu rasterimuotoinen tuloste, joissa kukin rasterin pikseli kuvastaa lentotiheyttä ko. paikalla.

Maakotkilla lentomäärien jakautuminen reviirillä ja ennuste voimala-alueilta saadaan olemassa olevasta elinympäristö- ja lentosummamallista (Tikkanen ym. 2018), josta on myöhemmin laadittu yleispiirteisempi, koko maan kattava mallinnus (Tikkanen ym. 2022).

Pesiville merikotkille laadittiin tätä työtä varten elinympäristö- ja lentosummamalli. Aineistona käytettiin paikkatiedot sekä GPS-merikotkadata. Keskimääräiseksi pesintäajan maalissyyskuun lentomääräksi reviirillä saatiin 540

h paria kohden. Merkittävimmät lentojen sijoittumista selittävät muuttujat olivat pesän läheisyys, asutuksen määrä, etäisyys vesistöön ja kosteikkojen läheisyys. Mallinnuksen tausta-aineisto on varsin vähäinen, vain kolme reviirolla olevaa kotkaa, mutta sen arvioitiin oleva tarkin käytettävissä oleva menetelmä ja huomattavasti tarkempi kuin aiemmissa maakuntakaavavaiheissa käytetty, pelkästään pesäetäisyyksiin perustuva arviointi.

Nuorten merikotkien lentomäärien jakautuminen rannikolla (40 km merenrantaviivasta sisämaahan) ja ennuste voimala-alueilta saatiin valmista elinympäristömallia (Tikkanen ym. 2018) hyödyntämällä. Ko. malliin lisättiin GPS-aineistosta saadut keskimääräiset nuorten kotkien lentomäärätiedot ja populaatiomallinnuksesta saadut arviot pesimättömien kotkien määristä.

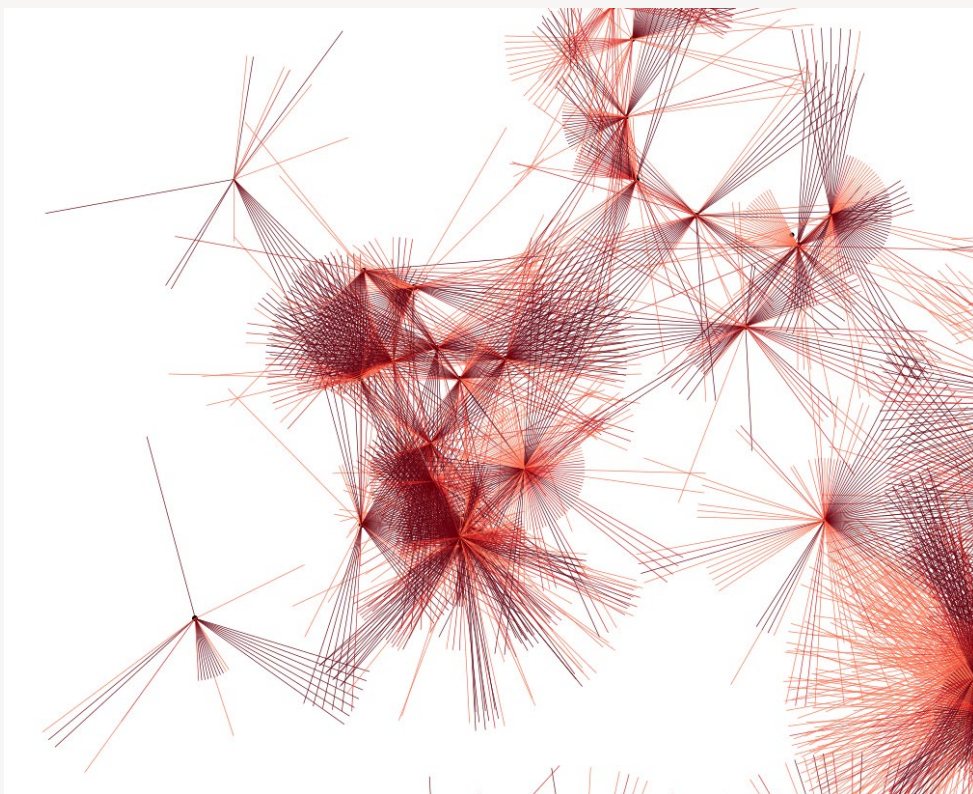


Kuva 2. Esimerkki mallinnuksen rasteritulosteesta, mikä ennustaa pesimättömien merikotkien lentomääriä Merenkurkun rannikolla. Ennustettu lentotiheys kasvaa punaisesta siniseen.

Sääksi

Työtä varten laadittiin yksinkertainen, pelkästään vesistöihin perustuva teoreettinen sääksien saalistuslentomalli. Kunkin reviirin viime vuosikymmenenä tuottavimmaksi todetulta pesäpaikalta piirrettiin linjat 3 asteen välein. Tämän jälkeen laskettiin Corine-aineiston pohjalta linjalle osuvat vesistöt. Malli huomioi vesistöt 15 kilometrin säteeltä ja oli kolmiportaisesti kumulatiivinen. Reviireille osuu vaihteleva määrä vesistöjä. Tästä syystä arvot suhteutettiin vielä niin, että reviireiden kokonaislentomäärä toisiinsa nähden oli vakio.

Huomattava on, että lentomalli kuvaa yleispiirteisesti vain sääksien mahdollisia lentosuuntia ja etäisyyksiä. Siitä ei saada ennustetta lentomääristä, joiden avulla voisi arvioida törmäysriskejä. Mallin avulla voidaan kuitenkin vertailla eri tuulivoima-alueiden mahdollisten riskien suhteellisia suuruuksia ja osoittaa alueet, joilla sääkseen on tarvetta kiinnittää huomiota tuulivoimasuunnittelussa.



Kuva 3. Esimerkki sääksen lentomallinnuksesta, mikä perustuu vesistöjen määrään. Mitä tummemman punaista, sitä suurempi ennuste lentotiheydelle. Suojelusyistä pohjakartta ja pesäpaikat on poistettu.

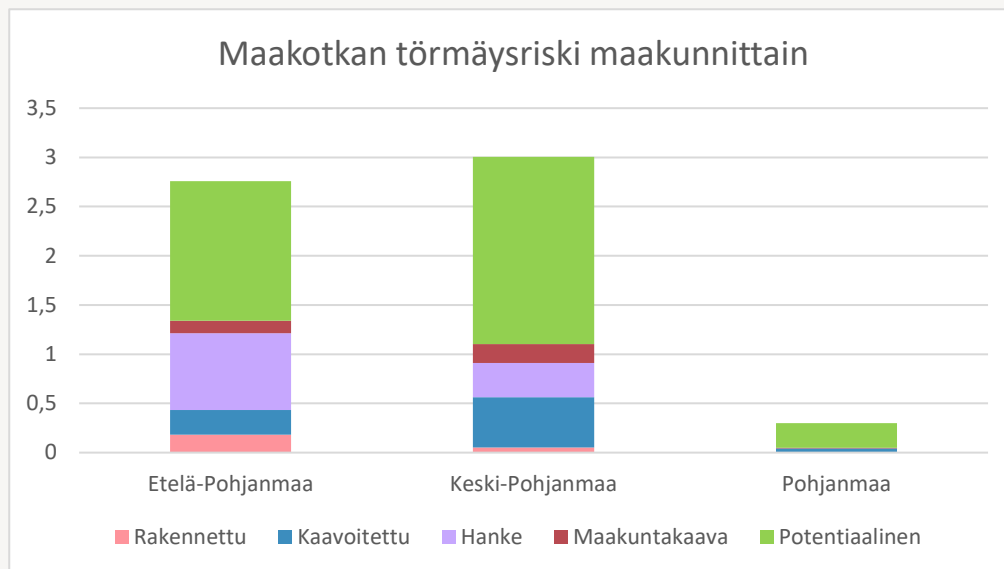
Törmäysriskien arviointi

Pesivät maakotkat

Rakennettuja voimaloita oli vuoden 2022 alussa maakotkareviireillä noin 70 kappaletta. Niistä aiheutuva riski kotkille on mallinnuksen mukaan vähäinen. Huomioitaessa myös jo kaavoitetut voimalapaikat yhteisvaikutukset jäävät alle riskirajan maakunnissa, mutta huomioitaessa lisäksi tiedossa olevien hankkeiden voimalapaikat ollaan riskirajoilla Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla. Mikäli kaikki potentiaalisetkin voimalapaikat toteutuisivat merkittävän vaikutuksen raja ylittyisi laskennallisesti kaikissa maakunnissa.

Reviirikohtaisessa tarkastelussa riskiraja ylittyy useilla reviireillä jo kaavoitettujen hankkeiden osalta. Kaikki voimalapaikat huomioitaessa riskiraja ylittyy yhteensä 19 reviirillä.

Tarkastelussa on huomioitu myös naapurimaakuntien puolelle sijoittuvat, tiedossa olleet voimala-alueet.



Kuva 4. Maakotkan törmäysriski maakunnissa (yksilöä/vuosi) voimalapaikkaluokittain.

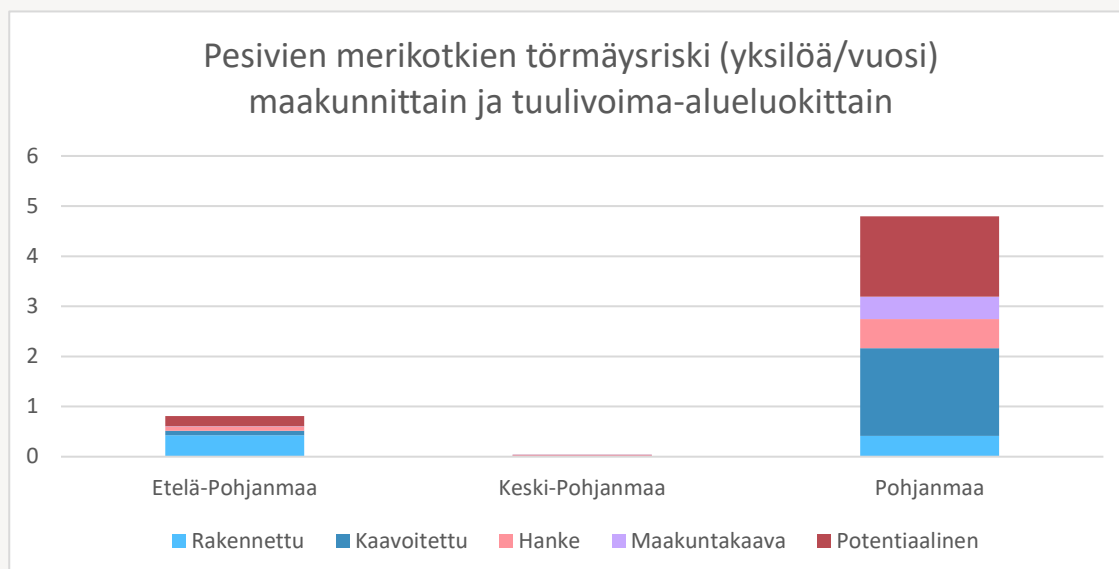
Pesivät merikotkat

Laskennallinen riskiraja ei ylity missään maakunnassa. Törmäysriski pesiviin merikotkiin on kaikkiaan selvitysalueella 36 reviiirillä, joiden yhteisriski on noin 5 yksilöä, riskirajan ollessa noin 17 yksilöä.

Rakennettuja voimaloita selvitysalueen reviiireillä vuoden 2022 alussa oli 170 kpl. Mallin mukaan niistä aiheutuva törmäysriski on 0,8 yksilöä/vuosi, mikä on suuruusluokaltaan mahdollinen.

Toukokuuhun 2022 mennessä (18.8.2022/Torsten Stjernberg sähköposti) tietoon on tullut noin 40 merikotkan menehtyminen tuulivoimaloihin Suomessa, joista selvitysalueelle sijoittuu 9. Luku ei perustu systemaattisiin seurantoihin vaan eri lähteistä merikotkatyöryhmälle kantautuneisiin tietoihin. Todellinen törmäysmäärä voi olla moninkertainen.

Voimaloihin törmänneiden lintujen määristä on Suomessa tehty vain yksi seurantaselvitys Pohjois-Pohjanmaalla (Suorsa 2018). Tuolloin löydettiin vuosina 2014–2018 voimaloihin törmänneenä yhteensä 5 merikotkaa. Ramboll Finland on laskenut näiden seurantatulosten tietojen perusteella törmäystaajuudeksi noin 1,5 törmäystä/160 voimalaa/vuosi (Tuohimaa 2019).



Kuva 5. Pesivien merikotkien törmäysriski maakunnissa (yksilöä/vuosi) voimalapaikkaluokittain.

Reviirikohtaisessa tarkastelussa riskiraja ylittyy useilla reviireillä jo kaavoitettujen hankkeiden osalta. Kaikki voimalapaikat huomioitaessa riskiraja ylittyy yhteensä 9 reviirillä.

Nuoret merikotkat

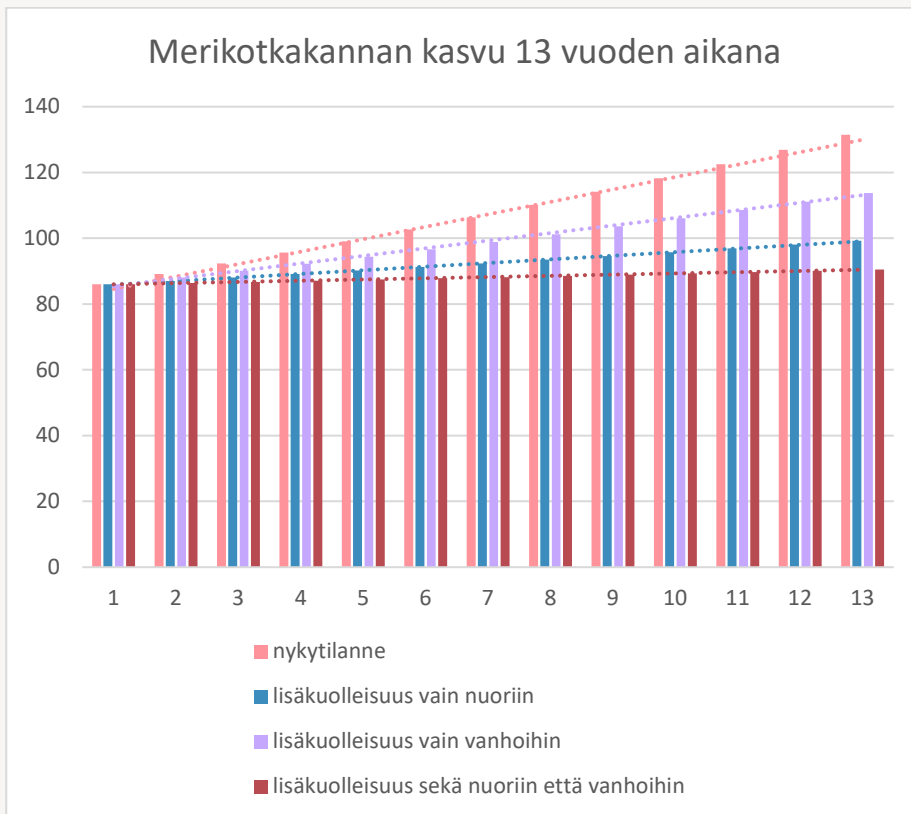
Mallinnuksen mukaan nuoria kotkia törmäisi vuosittain noin 16 yksilöä, jos kaikki voimalapaikat rakentuisivat. Nykyisiin selvitysalueelle rakennettuihin (vuoden 2022 alussa n. 300 voimalaa)voimaloihin törmää mallinnuksen mukaan 2 yksilöä/vuosi mikä on todennäköisemmin aliarvio kuin yliarvio.

Pesimättömät ja pesivät merikotkat yhdessä

Mallin ennustamat törmäykset (16 nuorta ja 6 vanhaa yksilöä), kun kaikki voimalapaikat ovat toteutuneet, aiheuttaisivat noin 2 % laskennallisen lisäkuolleisuuden vanhoihin ja noin 3,5 % nuoriin yksilöihin.

Mikäli lisäkuolleisuus kohdistuisi vain jompaan kumpaan ryhmään säilyisi kanta lievässä (noin 1–2 %) kasvussa. Kun huomioidaan molempien ikäryhmien vaikutukset, kannan kasvu pysähtyisi.

Merkittävät vaikutukset ovat mahdollisia kaikkien potentiaalisten voimalapaikkojen toteutuessa, joten myös merikotkan kohdalla on tärkeitä huolellisesti suunnitella voimalapaikkojen sijainnit, ottaen huomioon merikotkien kannalta riskialttiit ympäristöt.



Kuva 6. Vertailuesimerkki populaatiomallin ennustamasta selvitysalueen merikotkakannan kehityksestä riippuen siitä, mihin ikäluokkiin lisäkuolleisuus kohdistuisi.

Riskiärvionnin yhteenveto

Mikäli kaikki tuulivoima-alueet toteutuisivat, niin kriittinen raja ylittyisi useilla reviiireillä sekä maakotkalla, että merikotkalla. Maakotkalla laskennalliset kokonaisvaikutukset selvitysalueen kotkapopulaatioon muodostuisivat merkittäviksi lisäkuolleisuuden ylittäessä moninkertaisesti kriittisen määrän.

Pesivä merikotkakanta on selvästi sietokykyisempi maakotkaan verrattuna. Lisäkuolleisuus saa olla noin 50 % suurempi ennen kuin kriittinen raja ylittyy. Tuulivoimalapaikkoja sijoittuu lisäksi huomattavasti vähäisemmälle osuudelle kaikista reviiireistä kuin maakotkilla. Näistä syistä pesiviin merikotkiin kohdistuvat yhteisvaikutukset jäisivät selvästi riskirajan alle.

Merikotkalla kokonaisriskiä lisää nuoriin, pesimättömiin merikotkiin kohdistuvat riskit. Mallinnusten mukaan nuorten törmäysmäärät muodostuisivat suuremmiksi kuin pesivien lintujen törmäysmäärät, ja nuoriin kohdistuva riski huomioiden myös merikotkakantaan voi kohdistua merkittävä vaikutus.

Edellä esitettyjen tulosten perusteella voimalapaikkojen suunnittelua ja muita haittojen vähentämistoimia tarvitaan.

Tässä selvityksessä on käytetty kahta tarkastelutapaa:

1. POISTETAAN RISKIALTTEIN KOLMANNES MAAKOTKAREVIIREILLE SIJOITTUVISTA VOIMALAPAIKOISTA MAAKUNNITTAIN
2. POISTETAAN RISKIALTTEIMMAT VOIMALAPAIKAT REVIIREITTÄIN SITEN, ETTÄ KOKONAISSRISKI JÄÄ REVIIRILLÄ ALLE RISKIRAJAN. Kaikki rakennetut ja muut kaavoitetut voimalapaikat on jätetty mukaan huolimatta siitä, että riskiraja täyttyisi jo niistä

Voimalapaikkojen vähentämisen suunnittelu

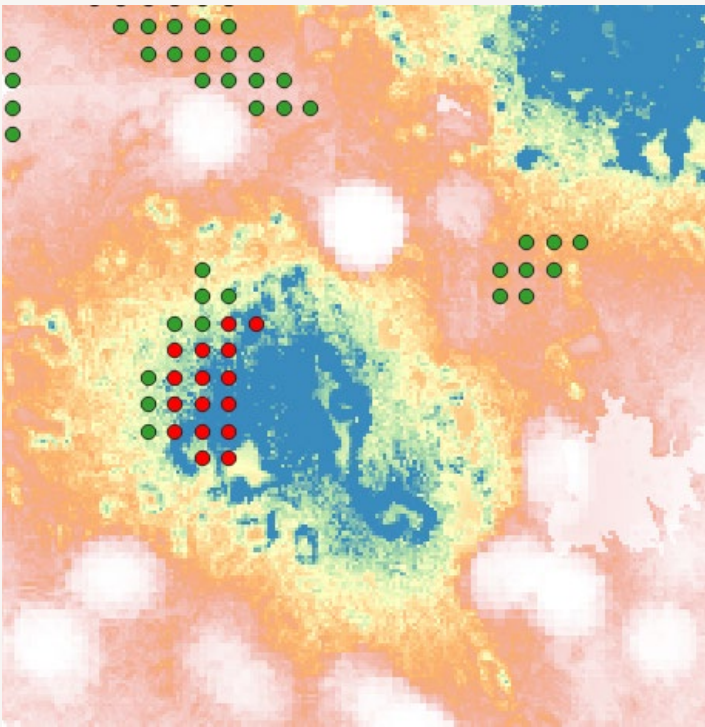
Riskialttein kolmanneksen vähentäminen maakuntakohtaisesti maakotkareviireiltä

Vähentämällä mitoituksesta noin kolmasosa riskialtteinimmista, kaavoittamattomista voimalapaikoista päästään kriittisen rajan alle kaikissa maakunnissa. Voimalapaikkojen kokonaismääräksi jäisi tuolloin yhteensä noin 1100 voimalaa maakotkareviireille. Vähennys kohdistuu tuolloin reviireittäin epätasaisesti ja reviirikohtainen riski ylittyy usealla reviirillä. Tästä johtuen suositeltavampaa on suunnitella voimalamäärät ja paikat reviirikohtaisesti.

Voimalapaikkojen vähentäminen maakotkareviireiltä siten, että reviirikohtainen riskiraja ei ylity

Voimalapaikkoja vähennettiin kultakin reviiriltä riskialtteinimmasta päästä lähtien tarvittava määrä siten, että kumulatiivinen kokonaisriski jäi alle reviirikohtaisen riskirajan (0,08). Voimalapaikkoja selvitysalueen (eli pohjalaismaakuntien ja niiden rajanaapurimaakuntien) reviireillä on yhteensä noin 2000, joista noin 1500 Pohjanmaan, Etelä- ja Keski-Pohjanmaan maakunnissa. Poistamalla

reviirikohtaisesti riskialtteinimmat voimalat (noin 500 voimalaa Pohjanmaan, Etelä-Pohjanmaan ja Keski-Pohjanmaan alueilta ja noin 200 naapurimaakunnista) jäädään riskirajan alle kaikilla reviireillä lukuun ottamatta kahta reviiriä, joilla riskiraja ylittyy jo kaavoitetuista voimalapaikoista. Reviireille jää tuolloin yhteensä noin 1300 voimalapaikkaa, joista selvitysalueen maakuntiin noin 930. Tarkastelun mukaan nykyinen joko rakennettu tai kaavoitettu voimalamäärä maakotkareviireillä (noin 400 voimalaa) voitaisiin yli kaksinkertaistaa ilman merkittäviä riskejä kotkille, mutta tämä edellyttää huolellista suunnittelua kotkille tärkeiden elinympäristöjen huomioimiseksi.



Kuva 7. Esimerkki maakotkan elinympäristö/lentosummamallista (mitä sinisempi, sitä riskialttiimpi maakotkalle) ja mallinnuksen osoittamat mahdolliset (vihreä) ja riskialttiit (punainen) voimalapaikat.

Voimalapaikkojen vähentäminen merikotkareviireiltä siten, että reviirikohtainen riskiraja ei ylity

Voimalapaikkoja vähennettiin kultakin merikotkareviiriltä tarvittava määrä riskialttiimmasta päästä lähtien siten, että kumulatiivinen kokonaisriski jäi alle reviirikohtaisen riskirajan (0,1). Tarkastelun perusteella riskialtteinimpia voimaloita poistuisi 462 kpl ja voimaloita jäisi merikotkareviireille yhteensä 3125.

Sääksiin kohdistuvat riskit

Sääksirekisterissä selvitysalueen 361 pesästä 76 on (21 %) alle kahden kilometrin säteellä suunnitellusta tai kaavoitetusta tai rakennetusta voimalapaikasta. Näistä viimeisimmän tiedon mukaan puussa olevista ja vuoden 2010 jälkeen poikasia tai munia tuottaneista 135 pesästä 29 pesää (21 %) on alle kahden kilometrin säteellä voimalapaikasta. Vastaavasti selvityksen voimalapaikkoja on noin 360 alle kahden kilometrin etäisyydellä pesistä ja noin 70 alle kilometrin etäisyydellä pesistä. Näistä jo kaavoitettuja tai rakennettuja voimalapaikkoja on 20 alle kilometrin etäisyydellä ja 81 alle kahden kilometrin etäisyydellä pesistä.

Joissakin tapauksissa myös kauempana pesivät sääkset voivat saalistuslennoillaan kohdata tuulivoima-alueen. Karkeasti voidaan arvioida suunnilleen kolmannekseen sääksireviireistä liittyvän selvästi kohonnutta törmäysriskiä eli noin 30 reviiiriin, olettaen maakunnan keskikannaksi 110 asuttua reviiiriä. Tarkastelun mukaan Pohjanmaan maakunnan eteläiselle rannikkoseudulle, Etelä-Pohjanmaan maakunnan keskiosiin ja Keski-Pohjanmaan maakunnan itäosiin näyttäisi kohdistuvan suurimmat reviiirikohtaiset riskit. Rannikon ja saariston vahvalle sääksikannalle Vaasan seudulta Kokkolaan vaikutukset todennäköisesti jäisivät vähäisiksi.

Valtaosalle reviiireistä ei muodostu juurikaan vaikutuksia suunnitellusta tuulivoimarakentamisesta. Siksi on arvioitavissa epätodennäköiseksi, että kolmen maakunnan yhteiseksi kriittiseksi katsottu raja (9 törmäystä) toteutuisi. Joidenkin yksittäisten reviiirien kohdalla reviiirikohtaisen kriittisen rajan (0,08yks/vuosi) rajan ylitys arvioidaan mahdolliseksi kaiken tuulivoiman toteutuessa. Esimerkkinä yhdelle riskialtteinimmista reviiireistä tehdyn törmäysmallinnuksen mukaan, kyseiselle reviiirille pesimiskauden aikana aiheutuisi merkittävä kriittisen rajan ylittävä törmäysriski läheisten tuulivoimalapaikkojen toteutuessa.

Keskeiset epävarmuustekijät ja niiden

vaikuttavuuden suunta

Selvitys on laadittu parhailla saatavilla olevilla menetelmillä, osin niitä tähän työhön tarkentaen ja kehittäen. Tuloksiin kuitenkin liittyy, kuten vaikutusten arviointeihin yleensäkin, epävarmuuksia, jotka vaikuttavat osin päinvastaisiin suuntiin. Keskeiset epävarmuudet ja niiden vaikuttavuuden suunta on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 2. Keskeiset selvitykseen sisältyvät epävarmuudet ja niiden vaikuttavuuden suunta.

<u>Kaikille lajeille yhteiset</u>	Aliarvioi riskiä	Yliarvioi riskiä
Tutkimustiedon puute suurten voimaloiden vaikutuksista	x	x
Voimalapaikkojen sijaintien teoreettisuus	x	x
Törmäysmallinnuksiin syötettävien parametrien pienilläkin muutoksilla voi olla iso vaikutus lopputulokseen. Voimalatyyppit ja parametrit vaihtelevat	x	x
Populaatiomallinnus ei huomioi törmäysten aiheuttamia välivuusia pesinnässä	x	
Kotimaisten demografisten tunnuslukujen puute	x	x
Voimalapaikkojen sijaintien teoreettisuus ja todennäköinen ylimitoitus		x
Arvioinnissa ei huomioida haittojen vähentämismenetelmien käyttöä, kokemusperäisen tiedon vähäisyyden vuoksi Suomen olosuhteista tarkastelluilta lajeilta		x
Tuntemattomien reviereiden ja pesäpaikkojen olemassaolo, tärkeä etenkin sääksellä	x	
Arviointi ei huomioi välttämiskäyttäytymisen aiheuttamaa saalistusalueiden vähenemistä ja	x	

vaikutusta tulevaan reviirin kelvollisuuteen (erit. maa- ja merikotka)		
Voimalinjojen vaikutukset puuttuvat arviosta	x	
<u>Maakotka</u>		
Törmäysmallinnusten väistökertoimien epävarmuudet		x
Arvioinnissa ei huomioida kannan levittäytymismahdollisuuksiin kohdistuvia vaikutuksia	x	
Arvioinnissa ei huomioida lentopoikasiin tai pesimättömiin kohdistuvia vaikutuksia	x	
<u>Merikotka</u>	Aliarvioi riskiä	Yliarvioi riskiä
Reviirin emojen lentomäärien mallinnusten taustalla oleva vähäinen GPS-tieto ja mallien yleistettävyyden testaamisen puute	x	x
Arvioinnissa ei huomioida selvitysalueen ulkopuolelle kohdistuvia vaikutuksia muuttavien osalta	x	
<u>Sääksi</u>		
Lentokäyttäytymisestä ei ole saatavilla tarkoituksen mukaisia mallinnuksia	x	x
Pesintärekisterin virheet ja puutteellisuudet, joita suhteessa enemmän kuin kotkilla	x	x

Suosituksia jatkosuunnitteluun sekä

arviointien kehittämiseen

Yleistä

- Kuten edellisessä luvussa todettiin, arviointeihin liittyy runsaasti epävarmuuksia, joita on tärkeää pyrkiä vähentämään tarkemmissa suunnitteluvaiheissa.
- Osa esitetyistä epävarmuuksista on sellaisia, jotka edellyttävät lisätutkimusta ja yleisempää menetelmien kehittämistä. Keskeiset kehittämis- ja tutkimustarpeet liittyvät toteutuneiden vaikutusten seurantaan sekä paikannuslaitteilla että maastotarkkailuilla.
- Tärkeää olisi saada kokemusta myös haittojen vähentämiseen tähtäävistä toimenpiteistä, kuten tutka- tai kuva-avusteisen roottorien pysäytysautomaatiikan, lapojen värjäämisen, tekopesien sijoittamisen yms. toimenpiteiden toimivuudesta.
- Myös populaatioiden lisäkuolleisuuden sietokykytarkastelussa tarvittavia demografisia tunnuslukuja on erittäin tärkeää saada selvitettyä kotimaisista populaatioista.
- Tulevaisuudessa tutkimus- ja kokemustiedon karttumisen myötä myös vaikutusten arviointien tarkkuus paranee ja samalla varovaisuusperiaatteen edellyttämää "varmuusvaraa" voidaan kaventaa.
- Keskeinen epävarmuus kaikkien tässä tarkasteltujen lajien osalta on sähkölinjojen vaikutusten arviointien puute. Arviointi on mahdollista tehdä luotettavasti vasta tarkemmissa suunnitteluvaiheissa, mutta suositeltavaa on linjojen mahdollisten liittymissuuntien toteutuskelpoisuuden ja vaikutusten yleispiirteinen arviointi myös maakunnallisessa suunnitteluvaiheessa.

Maakotka

Yleistä

- Maakotkalla tärkeitä seurannan aiheita ovat erityisesti välttämiskäyttäytyminen ja sen vaikuttavuus saalistusalueiden menetyksiin, törmäysriskeihin ja reviirin elinvoimaisuuteen kohdistuviin kokonaisvaikutuksiin.

- Vaikutusarviot ja populaatiomallinnus osoittavat, että tarkastelluista lajeista maakotka on erityisen riskialtis laji ja siihen voi kohdistua merkittäviä vaikutuksia sekä yksittäisille reviireille että maakuntatasolla. Voimaloiden sijoittaminen maakotkareviireille tulee olla erityisen tarkkaan harkittua varovaisuusperiaate huomioiden.
- Merkittävien vaikutusten ehkäisyn kannalta keskeisintä on riittävien suojapuskureiden jättäminen pesien ympärille ja reviireille sijoittuvien voimalapaikkojen ja määrien huolellinen suunnitteleminen ja kotkille tärkeiden elinympäristöjen huomioiminen.
- Suomessa on yleisesti käytetty 2 km:n suojapuskuria pesien ympärillä, kuten tämän arvioinnin pohjana olleessa Etelä-Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan ja Pohjanmaan tuulivoimaselvityksessä (FCG 2021) käytettiin. Saksassa suosituksena on 3 km:n suojavyöhyke ja tärkeiden ympäristöjen huomiointi 6 km saakka (LAG VSW 2014). Myös Ruotsissa suositellaan vähintään 3 km:n suojavyöhykkeen jättämistä (SOF 2013).
- Tämän työn tulosten mukaan edellä mainittu 2 km ei lähtökohtaisesti ole riittävä puskurivyöhyke maakunnallisesti merkittävien voimala-alueiden ja tulevaisuuden erittäin suurten, 8–10 MW voimaloiden hankkeissa. Tässä arvioinnissa käytetyillä teoreettisilla voimalapaikoilla ja suurilla voimaloilla ja määrillä yksittäisille reviireille tarvittavan suojavyöhykkeen laajuudeksi muodostui 3–6 km aktiivisista pesistä.
- Tarvittavien suojaetäisyyksien laajuuteen vaikuttavat voimaloiden koko, niiden määrät ja reviirin ominaisuudet. Suurille hankkeille suositeltava on, että maakotkan ns. ydinreviirit (joille GPS-aineiston mukaan sijoittuu 50 % paikannuksista) jäisivät tuulivoimavapaiksi. Näillä ydinreviireillä kotkien lentotiheys on suuruusluokaltaan noin 10-kertainen verrattuna uloimpaan reviirin osaan. Ydinreviirin laajuus vaihtelee reviirin ominaisuuksista ja kannan tiheydestä riippuen. Sen määrittelyn apuna voidaan käyttää laadittuja elinympäristömallinnuksia. GPS-aineiston mukaan ydinreviiri ulottuu keskimäärin noin 4 km etäisyydelle pesästä.
- Hyvin laajoissa hankkeissa tai useiden hankkeiden yhteisvaikutusten vuoksi tarvetta voi olla laajempiinkin suojavyöhykkeisiin pesien ympärille sekä kotkille tärkeiden muiden kohteiden huomiointiin.
- Tässä arvioinnissa ei ole huomioitu lentopoikasille aiheutuvia riskejä. Lento- ja saalistusharjoitteluvaiheessa myös poikasten törmäykset roottoreihin ovat mahdollisia. Ruotsissa tehtyjen GPS-seurantojen mukaan poikasten liikkuminen rajoittuu kutakuinkin ydinreviirin sisälle, sijoittuen keskimäärin 42 km² alueelle (Sandgren ym. 2014), mikä vastaa säteeltään noin 3,7 km:n ympyrää. Ydinreviirin jättäminen tuulivoimavapaaksi todennäköisesti riittää ehkäisemään myös poikasiin kohdistuvat riskit.

- Tässä yleispiirteisessä arvioinnissa ei ole huomioitu myöskään välttämiskäyttötymisen aiheuttamaa saalistusalueiden vähenemisen vaikutusta. Tässä työssä käytetty menetelmä kuitenkin huomioi mallinnusten kautta kotkien suosimia elinympäristöjä, kuten harvapuustoisia alueita, ohjaten voimalapaikkoja haitattomimpiin sijainteihin. Häiriöiden merkittävyyteen vaikuttaa myös naapurireviireiden sijainti. GPS-aineistosta tiedetään, että kotkat pysyttelevät kesäkaudella melko tiiviisti omilla reviireillään ja että naapurireviireiden läheisyys vaikuttaa oleellisesti reviireiden kokoon ja muotoon. Harvan kannan alueella on enemmän tilaa liikua ja mahdollisuuksia löytää korvaavia saalistusalueita. Riittävä suojavyöhyke pesien ympärillä todennäköisesti ylläpitää parhaiten pesimisalueen säilymistä riittävän häiriöttömänä myös emojen vaihtuessa, uuden parin tai emolinnun valitessa pesimisreviiriään. Tarkemmissa suunnitteluvaiheissa voimaloiden "täsmäsijoittelulla" voidaan huomioida kotkille tärkeitä saalistusympäristöjä etäämmälläkin pesistä. Oletuksena on, että nämä ohjaustoimet ovat riittäviä ehkäisemään merkittävät häiriövaikutukset.
- Suojelualueilla on erittäin suuri merkitys Etelä-Suomen maakotkakannan turvaamisessa sekä saalistusalueina että pesimisympäristöinä. Tarkastelluista 31 maakotkareviireistä 29 reviirillä vähintään yksi aktiivinen pesä sijoittuu Natura-alueelle. Maakotkareviireille sijoittuu noin 85 Natura-alueita, joista ydinreviirille (4 km pesäpuskurilla valittuna) noin 45.

Suosituksia maakunnalliseen jatkosuunnitteluun

- Varovaisuusperiaatteen mukaisesti on tärkeää, että maakuntakaavojen voimala-alueiden rajauksissa ja/tai kaavamääräyksissä huomioidaan arvioinnin tulokset sekä reviiri- että maakuntakohtaisesti varmistuen siitä, että kaavaratkaisuista ei aiheudu merkittäviä yhteisvaikutuksia kummallakaan aluetasolla.
- Tässä työssä käytetyt mallinnustyökalut mahdollistavat aiempaa tarkemman yhteisvaikutusten arvioinnin ja reviirikohtaisen suunnittelun jo maakuntakaavoituksen yhteydessä. Suositeltavaa on viedä maakunnallista kaavasunnittelua siihen suuntaan, mikä ohjaa maakunnallisia hankkeita nykyistä tehokkaammin kotkien ydinreviireiden ulkopuolelle ja ettei tulevia hankkeita suunniteltaisi todennäköisesti vaikutuksiltaan merkittävälle alueille. Tämä on tärkeää sekä hankkeiden jouhevan etenemisen, että lajin suojelun kannalta.
- Eräs mahdollinen ohjaustapa voisi olla aluerajausten lisäksi osoittaa ohjeelliset voimalamäärät alue-/reviiri-/vyöhyketasoilla

- Tarvetta olisi myös yleiselle hanketoimijoille suunnattavalle infolle: kuinka edetä ja mitä ottaa huomioon tuulivoiman suunnittelussa kotkien ja sääksien reviireillä.
- Sekä maakuntien populaatiotason vaikutuksia että reviirikohtaisia yhteisvaikutuksia ehkäistessä on tärkeää huomioida kumulatiivinen tarkastelu ja "nollasumma" - periaate - reviireille kohdistuvat yksittäisen hankkeen vaikutukset kaventavat rakentamismahdollisuuksia toisaalla.
- Uhanalaisen lajin ollessa kyseessä suojelun tavoite on kannan vahvistaminen ja palauttaminen erityisesti levinneisyysalueen reunoilla. Kannan vahvistamisen kannalta on tärkeää huomioida myös potentiaaliset leviämisalueet. Apuna näiden määrittelyyn voidaan käyttää Jyväskylän yliopistossa laadittua reviirimallinnusta.
- Reviireiden keskeisten osien huomiointi on kotkien kannalta erityisen tärkeää tärkeiden Natura-alueiden läheisyydessä sekä hyvätuottoisilla reviireillä suojelualueiden ulkopuolella. Suositeltavaa on erityisen laadukkaiden reviireiden jättäminen kokonaan tuulivoimatuotannon ulkopuolelle (vrt. Länsstyrelsen Jämtlands län 2016). Näitä ovat reviirit, joilla on erityisen suuri merkitys maakuntien maakotkakannan kannalta.
- Monet edellä esitetyistä suosituksista edellyttävät tarkempaa suunnittelua ja jatkojalostamista. Suositeltavaa olisi laatia kotkien ja tuulivoiman yhteensovittamiseksi em. Jämtlandin esimerkin mukainen strateginen suunnitelma maakotkan levinneisyysalueelle.
- Suositeltavaa olisi liittää edellä mainittuun tarkasteluun muitakin ihmistoimia vältteleviä, häiriöttömiä laajoja alueita joissain elinkierron vaiheissa edellyttäviä, lajeja. Suomenselällä tällainen laji on etenkin metsäpeura. Todennäköistä on, että maakotkan reviirit huomioimalla edistetään myös muiden lajien elinolojen turvaamista.
- Strategiseen suunnitteluun on hyvä sisällyttää myös tuulivoima-alueen laaja-alaisen keskittämisen mahdollisuuksien tutkiminen. Merialueen laajat alueet mahdollistavat maa-alueisiin nähden ylivertaisen keskittämismahdollisuuden. Maa-alueillakin olisi todennäköisesti monien lajien kannalta edullisempaa tuulivoiman keskittäminen hyvin laajoille alueille ja tarvittaessa vaikka "uhraamalla" esim. maakotkalla huonon poikastuoton reviirejä, mikäli näin voidaan tehokkaammin varmistaa lajin elinolojen turvaaminen muualla. Tuolloin mietittäväksi ja toteutettavaksikin nousevat myös ekologiset kompensatiotoimet.

Merikotka

Yleistä

- Vaikutusarviot ja populaatiomallinnus osoittavat, että tuulivoimaloiden määrän nopea kasvu voi muodostaa uhan sekä yksittäisillä merikotkareviireillä, että maakuntatasolla, mikäli kaikki tarkastellut tuulivoima-alueet toteutuisivat. Myös merikotkan kohdalla tarvitaan huolellisia vaikutusten arviointeja ja menetelmien kehittämistä.
- Lajin herkkyyttä tuulivoiman vaikutukselle lisäävät: 1 merikotkien käyttäytyminen ja pelottomuus voimaloita kohtaan, mikä tekee siitä varsin törmäysalttiin ja 2. se, että tuulivoimalat muodostavat selvitysalueella huomattavan riskin myös pesimättömiin, muuttaviin/kierteleviin kotkiin.
- Merikotka on kuitenkin populaatiotasolla selvästi maakotkaa sietokykyisempi ihmistoimien aiheuttamalle lisäkuolleisuudelle.
- Keskeiset kehittämistarpeet liittyvät YVA-arviointien laadun parantamiseen, vaikutusten seurantaan (mm. törmäysuhrien systemaattiseen etsintään) sekä haittojen vähentämiseen tähtäävien toimenpiteiden (esim. tutka- tai kamera-avusteiset roottorien pysäytysautomaatiikat, roottoreiden värjääminen, äänikarkotteet) toimivuuden tutkimiseen.
- Laadukkaita selvityksiä on vähän, joissa olisi kerätty maasto- tai GPS-seurannoin luotettavat lentomäärätiedot merikotkareviireiltä sekä pesivistä että kiertelevistä kotkista. Maakotkalle laaditut arviointikäytännöt (MH 2022) olisi tärkeä ottaa soveltuvin osin käyttöön myös merikotkareviireille.
- Kokemuseräisen seurantatiedon kerääminen maasto- ja GPS-seurannoilla on erityisen tärkeää jo rakennetuilla tai lähivuosina toteutuvilla jo kaavoitetuilla, hyvin lähelle pesiä sijoituvilla tuulivoima-alueilla. GPS-seurantatietoa tarvitaan myös kotkien suosimien elinympäristöjen ja lentosummamallinnusten tarkentamiseen.
- Merikotka ei etenkään etäämmällä rannikosta käytä reviiriään niin tasaisesti kuin maakotka, vaan lennot keskittyvät selvemmin pesäpaikan ja sopivien ruokailuvesistöjen/kosteikkojen välille.

Suosituksia maakunnalliseen jatkosuunnitteluun

- Myös merikotkalle on suositeltavaa käyttää Saksan tapaan 3 (6) km:n suojauskuria. Tämä on todennäköisesti lähtökohtaisesti riittävä Suomen oloissakin, mutta lisäksi on riittävin selvityksin syytä varmistaa, ettei tuulivoimala-alue sijoitu kotkalle tärkeän ruokailuympäristön ja pesän väliin. Tämä ehkäisee kohtuudella myös törmäysriskiä lentopoikasille, joiden on Suomessa todettu pysyttelevän keskimäärin 3,6 km:n säteellä (Balotari-Chiebao ym. 2021a) pesistään ennen reviiriltä lähtöä.

- Myös muuttaville merikotkille merkittävät päämuuttoreitit on tärkeitä huomioida YM:n ohjeistuksen mukaisesti. Näiden alueiden määrittelyyn voidaan käyttää apuna merialueelle laadittua mallinnusta (Tikkanen ym. 2018) ja BirdLife Suomen muuttoreittien rajauksia (Toivanen ym. 2014, päivitys tulossa 2022 syksyllä).

Sääksi

Yleistä

- Sääksen saalistuslentomallinnukseen ja pesintäpaikkatietoihin liittyy eniten epävarmuutta tarkastelluista lajeista.
- Hankekohtaisissa tutkimuksissa on tärkeää selvittää vaikutusalueella olevien sääksien pesäpaikat ja niiden käyttökelpoisuus. Rekisteritiedoissa on puutteita ja virheitä, mm. pesien tarkoissa sijainneissa. Kaikkia pesäpaikkoja ei myöskään tiedetä. Edelleen tarpeen mukaan on selvitettävä vaikutusalueella olevien reviirien lentokäyttäytyminen.
- Epävarmuuksien vähentämiseksi olisi tarpeellista analysoida Suomessa GPS-lähtimillä varustettujen sääksien paikannusdataa ja kehittää sekä maakuntakaava- että hankesuunnittelussa hyödynnettäviä malleja suunnittelutyökaluiksi. Jatkossa kokemuseräisen seurantatiedon kerääminen on suositeltavaa jo rakennetuilla tai lähivuosina toteutuvilla, jo kaavoitetuilla, lähelle pesiä sijoittuvilla tuulivoima-alueilla. GPS-seurantatietoa tarvitaan myös mallinnusten tarkentamiseen.
- Tässä selvityksessä käytettyjen mallinnusmenetelmien ja kriteerirajojen mukaan merkittävät vaikutukset ovat mahdollisia useilla sääksireviireillä, mikäli niillä lajin käyttämiä tärkeitä alueita ei oteta suunnittelussa huomioon. Kolmen maakunnan koko pesimäkantaan merkittävät vaikutukset arvioidaan epätodennäköisiksi.
- Suomessa on suositeltu 2 km:n suojavyöhykettä pesiin (Sääksisäätiö). Satelliittiseuranta-aineistojen on katsottu tukevan tätä tarvetta (Hyyryläinen 2022). Säätiö suosittelee lisäksi, että tuulivoimahankkeen toteuttaja teettäisi 2–3 vaihtopesää, mikäli edellä mainitun suojavyöhykkeen ulkopuolisella lähialueella pesii sääksiä.
- Ruotsissa Sveriges Ornitologiska Förening-BirdLife (SOF) on ehdottanut tuulivoimaloille kilometrin suojavyöhykettä pesästä. Viiden kilometrin sisälle sijoittuvien saalistusvesien ja pesän väliin tulee sijoittaa käytäviä ilman tuulivoimaloita, joiden leveys on 1 km (Rydell ym. 2017). Saksassa saman suuntaisesti on suositeltu kilometrin suojavyöhykettä pesäpaikoista ja tärkeiden saalistusvesien huomiointia vapailta lentoväylillä (LAG VSW 2014).

Suosituksia maakunnalliseen jatkosuunnitteluun

- Tärkeimmät esiintymisalueet suositellaan huomioitavaksi maakunnallisessa suunnittelussa.
- Rekisterissä olevien pesäpaikkojen tärkeys lajille vaihtelee huomattavasti. Tässä selvityksessä käytetty jaottelu kahteen luokkaan: 1) poikasia/munia tuottaneisiin 10 viime vuoden aikana ja viimeisimmän tiedon mukaan puissa oleviin pesiin sekä 2) 10 viime vuoden aikana tuottamattomiin tai (osin) pudonneisiin pesiin, sellaisenaan ei tunnista aina kyseisen pesäpaikan tärkeyttä. Jaottelu ei ottanut huomioon esimerkiksi syntyneiden poikasten määrää tai kartoitustehoa.
- Sääksisäätiö (www.saaksisaatio.fi) on todennut, että pesä voi olla tyhjillään ja ravistuneena useitakin vuosia, mutta uudet linnut ottavat sen yleensä käyttöön, jos itse pesäpaikka täyttää sääksien sille kohdistamat vaatimukset. Siten kaikki pesät, myös (osin) pudonneet ja viimeisen vuosikymmenenä tuottamattomat pesät, on suositeltavaa huomioida kilometrin suojavyöhykkeellä ja kaavamääräyksillä, mikäli ei ole maast selvityksin jo maakuntakaavavaiheessa mahdollista selvittää reviirin tarkempaa tilannetta.
- Lopullisesti autioituneeksi osoitettavissa olevat pesäpaikat voidaan jättää huomioimatta, esimerkiksi kun reviirin pesäpaikka on siirtynyt ja vanha pesäpuu kaatunut.
- Tuottavilla pesillä suositellaan jätettäväksi 2 km:n suojavyöhyke. Puskurin laajuutta on tarpeen miettiä varsinkin oletettujen saalistusvesien suuntaan.
- Edelleen saalistuslentomallin esille nostamat riskialttiit reviirit suositellaan huomioitavaksi riittäväillä voimalavapailla käytävillä saalistusvesille. Maakuntakaavaan suositellaan saalistusreittien huomioimista tai selvitystarvetta aluerajauksissa ja/tai kaavamääräyksissä.

Kirjallisuus

- Allison, T.D.; Diffendorfer, J.E.; Baerwald, E.F.; Beston, J.A.; Drake, D.; Hale, A.M.; Hein, C.D.; Huso, M.M.; Loss, S.R.; Lovich, J.E.; et al. Impacts to Wildlife of Wind Energy Siting and Operation in the United States. *Issues Ecol.* 2019, 21, 1–24
- Balotari-Chiebao, F., Brommer, J.E., Niinimäki, T. and Laaksonen, T., 2016. Proximity to wind-power plants reduces the breeding success of the white-tailed eagle. *Animal Conservation*, 19(3), pp.265-272., F., Brommer, J.E., Tikkanen, H. et al. Habitat use by post-fledging white-tailed eagles shows avoidance of human infrastructure and agricultural areas. *Eur J Wildl Res* 67, 39 (2021).
- Balotari-Chiebao, F., Brommer, J. E., Tikkanen, H., & Laaksonen, T. 2021a. Habitat use by post-fledging white-tailed eagles shows avoidance of human infrastructure and agricultural areas. *European Journal of Wildlife Research*, 67(3), 1-7.
- Balotari-Chiebao, F., Valkama J., Byholm P. 2021 b. Assessing the vulnerability of breeding bird populations to onshore wind-energy developments in Finland. - *Ornis Fennica* 98: 00–00. 2021
- Band, W., Madders, M., & Whitfield, D.P. 2007. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. In: de Lucas, M., Janss, G.F.E. & Ferrer, M. (eds.) *Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation*, pp. 259- 275. Quercus, Madrid
- Caswell H (2001) *Matrix population models: Construction, analysis, and interpretation*, Second edition. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA
- Ekblad, C., Tikkanen, H., Sulkava, S. and Laaksonen, T. 2020. Diet and breeding habitat preferences of White-tailed Eagles in a northern inland environment. *Polar Biology* 43(12):2071–2084
- FCG 2021. Etelä-Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan ja Pohjanmaan tuulivoimaselvitys, raportti.
- Fielding, AH., Haworth, P. 2010. Eagles and windfarms: A review of the possible effects of windfarms on golden eagles in Scotland. *Haworth Conservation*. 1-56 p
- Fielding AH, Anderson D, Benn S, Dennis R, Geary M, Weston E, et al. (2021a) Non-territorial GPS-tagged golden eagles *Aquila chrysaetos* at two Scottish wind farms: Avoidance influenced by preferred habitat distribution, wind speed and blade motion status. *PLoS ONE* 16(8): e0254159. [https:// doi.org/10.1371/journal.pone.0254159](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254159).
- Hedors, R.2015: Movement ecology of Golden eagles (*Aquila chrysaetos*) and risks associated with wind farm development. Department of Wildlife, Fish, and Environmental studies Umeå
- Hyyryläinen, V. 2022: Tuulivoimatuotannon sääksiselvitys Kainuussa 2021-2022. Väli­raportti.
- Katzner, T.E., D.M. Nelson, M.A. Brahan, J.M. Doyle, N.B. Fernandez, A.E. Duerr, P.H. Bloom, M.C. Fitzpatrick, T.A. Miller, R.C.E. Culver, L. Baswell, AND J.A. Dewoody. 2017. Golden Eagle fatalities and the continental-scale consequences of local wind-energy generation. *Conservation Biology* 31:406–415.

<https://www.nature.scot/sites/default/files/2018-09/Wind%20farm%20impacts%20on%20birds%20-%20Use%20of%20Avoidance%20Rates%20in%20the%20SNH%20Wind%20Farm%20Collision%20Risk%20Model.pdf>

Krone, O., Nadjafzadeh, M. & Berger, A. (2013) White-tailed sea eagles (*Haliaeetus albicilla*) defend small home ranges in north-east Germany throughout the year. *Journal of Ornithology* 154:827–835. <https://doi.org/10.1007/s10336-013-0951-6>

LAG VSW 2014: Abstandsempfehlungen für Windenergieanlagen zu bedeutsamen Vogellebensräumen sowie Brutplätzen ausgewählter Vogelarten (Stand April 2015)

Langgemach, T & Dürr, T: (2020): Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel. - Stand 07. Januar 2020, Aktualisierungen außer Fundzahlen hervorgehoben Verbraucherschutz. Staatliche Vogelschutzwarte. Brandenburg.

<https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeits-schwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/>

Länstyrelsen Jämtlands län 2016: Strategi för kungsörn och vindkraft i Jämtlands län

Meller, K. 2017: Kirjallisuusselvitys tuulivoimaloiden vaikutuksista linnustoon ja lepakoihin. - Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 27/2017.

Metsähallitus (MH) 2022: Hyvät käytännöt tuulivoimahankkeista maakotkalle aiheutuvien vaikutusten selvittämisessä ja arvioinnissa. Esimerkkiraportti: Nimettömänkankaan tuulivoimapuiston vaikutukset maakotkareviireihin. Käsikirjoitus 24.8.2022

Ollila, T. & Koskimies, P. 2008: Maakotkan ja muuttohaukan suojelutaso Suomessa. - Linnut-vuosikirja 2007:8–17.

Ollila, T. 2019: Suomen maakotka 2018. Onko pesintämenestys huonontumassa? -Linnut vuosikirja 2018:104-109

Ollila, T. 2021: Raportti maakotkan, muuttohaukan, tunturihaukan sekä Oulun ja Lapin läänien merikotkien pesinnöistä vuonna 2021. Metsähallitus

Ponnikas, S. 2014. Establishing conservation management for avian threatened species. Oulun yliopisto, Väitöskirja

Rydell, J., Ottowall, R., Pettersson, S. ja Green, M. 2017: Vindkraftens påverkan på fåglar och fladdermöss. Uppdaterad syntesrapport 2017

Sandgren, C., Hipkiss, T., Dettki, H., Ecke, F., & Hörnfeldt, B. (2014). Habitat use and ranging behaviour of juvenile Golden Eagles *Aquila chrysaetos* within natal home ranges in boreal Sweden. *Bird Study*, 61(1), 9-16.

Saurola, P, J. Valkama ja W.Velmala 2013. Suomen Rengastusatlas I. Luomus

Saurola, P. 2020: Viisi vuosikymmentä Suomen sääksikannan seuranta: historiaa ja alustavia tuloksia. - Linnut-vuosikirja 2020: 86–93.

SNH 2010: Use of avoidance rates in the SNH wind farm collision risk model. SNH Guidance Note

- SNH 2018: Avoidance Rates for the onshore SNH Wind Farm Collision Risk Model , Scottish Natural Heritage.
- SOF 2013: BirdLife Sveriges rekommendationer för planering och handläggning av vindkraft.
- Sprötge, M., E. Sellmann & M. Reichenbach (2018): Windkraft Vögel Artenschutz. Ein Beitrag zu den rechtlichen und fachlichen Anforderungen in der Genehmigungspraxis. Books on demand, Norderstedt, 229 S
- Suorsa 2018: Linnustovaikutusten seuranta suomalaisissa tuulivoimapuistoissa. Linnut vuosikerta 2018.
- Sääksisäätiö 2022: <http://www.saaksisaatio.fi/saaksisaatio/suojelutoiminta> (viitattu 29.8.2022).
- Tikkanen, H., Rytönen, S., Karlin, O-P., Ollila, T., Pakanen, V.-M., Tuohimaa, H., Orell, M. 2018: Modelling golden eagle habitat selection and flight activity in their home ranges for safer wind farm planning. —EIA Review 71: 120–131
- Tikkanen H, Balotari-Chiebao F, Laaksonen T, Pakanen V, Rytönen S (2018) Habitat use of flying subadult White-tailed Eagles (*Haliaeetus albicilla*): implications for land use and wind power plant planning. *Ornis Fenn* 95:137
- Tikkanen, H., Ekblad, C., Karlin, O-P., Leskinen, J., Pakanen, V-M 2022. Suomen maakotkien elinympäristöjen, lentokäyttämisen ja populaation mallintaminen tuulivoimasuunnittelun avuksi. Metsähallitus. Käsikirjoitus 1.8.2022
- Toivanen, T., Metsänen, T. and Lehtiniemi, T., 2014. Lintujen päämuuttoreitit Suomessa. BirdLife Suomi ry.
- Tuohimaa, H. 2019: Puskakorven tuulivoimapuiston osayleiskaava. Täydennysselvitys vaikutuksista merikotkaan. Ramboll Finland.
- Watson, R.T., Kolar, P.S., Ferrer, M., et al., 2018. Raptor interactions with wind energy: case studies from around the world. *J Raptor Res* 52, 1–18.
- Ympäristöministeriö 2016 a: Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016. Päivitys 2016.
- Ympäristöministeriö 2016 b: Linnustovaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa. Suomen Ympäristö 6 | 2016. Rakennetun ympäristön osasto. 25 s.