



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

**Merikotkiin (*Haliaeetus albicilla*) kohdistuvien
törmäysvaikutusten kokonaisarvio tuulivoimahankkeiden
YVA-selostusten ja elinympäristömallinnuksen perusteella**

Hilja Ingerö

Biologia (ekologia ja evoluutiobiologia)

Pro gradu -tutkielma

Laajuus: 30 op

4.11.2024

Turku

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu

Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

Pääaine: Biologia (ekologia ja evoluutiobiologia)

Tekijä: Hilja Ingerö

Otsikko: Merikotkiin (*Haliaeetus albicilla*) kohdistuvien törmäysvaikutusten kokonaisarvio tuulivoimahankkeiden YVA-selostusten ja elinympäristömallinnuksen perusteella

Ohjaajat: Toni Laaksonen ja Hannu Tikkanen

Sivumäärä: 39 sivua + liitteet 3 sivua

Päivämäärä: 4.11.2024

Tarve uusiutuvalle energialle on suuri ilmastonmuutoksen myötä, ja se näkyy esimerkiksi tuulivoiman lisääntymisenä ympäri maailmaa. Tuulivoima kuitenkin aiheuttaa ympäristövaikutuksia, kuten linnustovaikutuksia. Suuret petolinnut, kuten merikotka (*Haliaeetus albicilla*) ovat erityisen herkkiä lajeja tuulivoimaloihin törmäämiselle. Tuulivoimaa rakennetaan Suomessa merikotkien pääasiallisille pesimä- ja muuttoalueille. Tuulivoimaloiden ympäristövaikutuksia ml. linnustovaikutuksia selvitetään ympäristövaikutusten arviointi-, eli YVA-prosessilla. Tutkielman tarkoitus oli arvioida YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laatua sekä koota yhteen YVA-selostusten merikotkien törmäysarviot sekä verrata niitä merikotkien elinympäristömallinnuksella saatuihin törmäysarvioihin.

Tutkielman aineisto koostui YVA-selostuksista, joissa oli havaittu merikotka. YVA-selostuksien merikotkien törmäysarvioita verrattiin elinympäristömallinnuksen avulla saatuihin törmäysarvioihin. Sen lisäksi YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laatua arvioitiin tutkielmaa varten laaditulla arviointiasteikolla. Laadun ja törmäysarvioiden välistä yhteyttä testattiin korrelaatiotestillä.

102 läpikäydystä hankkeesta 50 YVA-selostuksessa oli laskettu törmäysarvio merikotkalle ja niiden perusteella tuulivoimaloihin törmää noin 8–12 merikotkaa vuodessa. Elinympäristömallinnuksen mukaan 80 hankkeessa oli törmäysriski merikotkalle ja niiden perusteella pesiviä merikotkia törmää vuodessa noin kuusi ja muuttavia noin 19–21 yksilöä. Kyseisillä menetelmillä laskettujen törmäysarvioiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, kun tarkasteltiin samaa hankejoukkoa. Merikotka-arvioinnin laadussa oli suurta vaihtelua hankkeiden välillä. Laadun ja törmäysarvioiden maksimiarvojen välillä vaikutti olevan positiivinen yhteys korrelaatiotestin mukaan.

Tutkielmassa saaduista törmäysmääristä voi saada osviittaa siitä, miten paljon tuulivoima vaikuttaa merikotkiin. Menetelmissä on kuitenkin useita epävarmuuksia, ja tarkempien arvioiden saaminen vaatisi lisätutkimusta. YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laatu vaihtelee paljon. YVA-selostukset kaipaisivat selkeämpiä ohjeistuksia, tiukempia vaatimuksia ja menetelmien kehittämistä, jotta vaikutusten arviointi olisi yhtenäisempää hankkeiden välillä ja tuottaisi todenmukaisia arvioita törmäysriskeistä. Uusia tuulivoimala-alueita suunnitellaan runsaasti merikotkien esiintymisalueille. Olisi erittäin tärkeää seurata toteutuneiden hankkeiden vaikutuksia merikotkiin ja kehittää arviointimenetelmiä, jotta tuulivoima ei aiheuttaisi uhkaa merikotkan kannalle Suomessa.

Avainsanat: merikotka, tuulivoima, YVA, törmäysarvio, törmäysriski

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tuulivoiman vaikutukset linnustoon	1
1.2	Tuulivoima ja merikotka	1
1.3	Linnustovaikutusten arviointi	3
1.4	Törmäyksien vaikutukset merikotkakantaan Suomessa	4
1.5	Tutkielman tavoite	5
2	Aineisto ja menetelmät	6
2.1	Tutkimusaineisto	6
2.2	YVA-selostusten läpikäynti	7
2.3	Törmäysriskien arviointi elinympäristömallinnuksen avulla	10
2.4	Tilastollinen analyysi	12
3	Tulokset	13
3.1	Törmäysarviot	13
3.2	YVA-selostusten laatu	17
3.2.1	YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laadun vaihtelu hankkeittain	17
3.2.2	YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laadun ja törmäysarvioiden välinen korrelaatio ..	20
4	Pohdinta	21
4.1	Tulosten tarkastelu	21
4.1.1	Törmäysarviot	21
4.1.2	Menetelmien vertailu	23
4.1.3	Laadun vaihtelu hankkeittain	24
4.1.4	YVA-selostusten laadun ja törmäysarvioiden välinen korrelaatio	26
4.2	Aineistojen saatavuus	27
4.3	Jatkotutkimusaiheet ja suositukset	28
4.4	Yhteenvedo	29
	Kiitokset	31
	Lähteet	32

1 Johdanto

1.1 Tuulivoiman vaikutukset linnustoon

Nykyisten ympäristöongelmien, kuten ilmastonmuutoksen, myötä on suuri tarve siirtyä uusiutumattomasta energiasta uusiutuvan pariin. Tämä näkyy esimerkiksi tuulivoiman lisääntymisenä ympäri maailmaa. Vuonna 2023 tuulivoima tuotti 10 % maailman sähköstä (World Wind Energy Association, 2023a), kun taas Suomessa vastaava osuus oli 18,5 % sähkön tuotannosta (World Wind Energy Association, 2023b). Suomessa tuulivoimaloiden määrä onkin lisääntynyt viime vuosina ja kasvaa edelleen, sillä jo toiminnassa olevien 1601 voimalan lisäksi suunnitteilla tai rakenteilla on yli 11 000 voimalaa lisää (Suomen Tuulivoimayhdistys 2024).

Voimakkaasti lisääntyvä tuulivoima voi luoda suuren uhan pesimä- ja muuttolinnustolle, kun tuulivoimaa rakennetaan lintujen elinalueille (Johnson ym. 2002; Masden ym. 2009; Dahl ym. 2012). Tuulivoima vaikuttaa niin suorasti kuin epäsuorasti alueella pesivään ja alueen läpi muuttavaan linnustoon. Suorat vaikutukset linnustolle aiheutuvat törmäysriskistä. Yleensä suurin törmäysriski on tuulivoimalan roottorin lapoihin, mutta myös voimalan torni tai muut rakenteet ja sähkölinjat aiheuttavat törmäysriskiä (Barrios & Rodriguez 2004; Krijgsveld ym. 2009; Pearce-Higgins ym. 2009). Ympäristöministeriön (2016a) mukaan kuolemaan johtaneita lintujen törmäyksiä voimalaa kohti Suomessa tapahtuu vuodessa 0–50, ja ensisijaisesti ne vaikuttavat populaation kokoon lisäämällä aikuiskuolleisuutta. Epäsuoria vaikutuksia taas ovat estevaikutukset, häirintävaikutukset ja elinympäristömuutokset, jotka aiheuttavat esimerkiksi elinympäristöjen pirstaloitumista, autioitumista, muutoksia lentoreitteihin tai meluhaittoja (Drewitt & Langston 2006; Smith & Dwyer 2016). Lajista riippuen suurimmat haitat aiheutuvat yleensä käynnissä olevasta tuulivoimalasta, mutta myös rakentamisesta voi olla haittaa paikallisille populaatioille (Pearce-Higgins ym. 2012).

1.2 Tuulivoima ja merikotka

Tuulivoiman vaikutuksille erityisen alttiita ovat keski- tai suurikokoiset liitävät ja muuttavat linnut (Santangeli ym. 2018), erityisesti suuret liitelevät petolinnut (Gove ym. 2013). Koska kyseiset linnut viettävät ilmatilassa enemmän aikaa, niiden törmäystodennäköisyys on

suurempi. Yksi syy tähän on myös kyseisten lajien pitkä sukupolvenväli ja poikasten alhainen vuosittainen määrä, jolloin niiden kannat ovat alttiimpia voimaloiden aiheuttamalle kuolleisuudelle (Reed ym. 2003; Drewitt & Langston 2006; Dahl ym. 2012). Petolinnuilla syyksi on myös esitetty, että kaartelun aikana ne tähyilevät saalista eivätkä tarkkaile edessä olevaa ilmatilaa yhtä paljon kuin suoraviivaisesti lentävät linnut (Martin ym. 2012). Merikotka (*Haliaeetus albicilla*) on tällainen suurikokoinen, liitelevä päiväpetolintu, jonka tiedetään olevan altis tuulivoimaloihin törmäämiselle (Suorsa 2019).

Merikotka oli Suomessa lähes sukupuuton partaalla vainon ja ympäristömyrkkujen myötä vielä 1970-luvulla, mutta kanta on kasvanut tehokkaasti suojelun ansiosta ja viimeisimmässä uhanalaisuusluokituksessa merikotka luokiteltiin elinvoimaiseksi (Lehikoinen ym. 2019, 563). Vuonna 2023 asuttuja merikotkan reviierejä tunnettiin noin 640 ja poikaspesiä vähän yli 400 (Lokki ym. 2024). Merikotka esiintyy kiertelevänä lähes koko maassa, mutta sen pääasialliset pesimä- ja muuttoalueet sijaitsevat rannikolla, minkä lisäksi sillä on myös sisämaapesintöjä esimerkiksi suurten järvien läheisyydessä (Valkama ym. 2011, 94–95). Sisämaapesintöjen osuus on kuitenkin kasvanut viime vuosina ja 2020-luvun alussa niitä oli jo noin neljäsosa pesinnöistä (Lokki ym. 2024). Merikotka on edelleen rauhoitettu laji ja luonnonsuojelulain (9/2023) 73 §:n mukaan merikotkan käytössä oleva pesäpuu on myös rauhoitettu. Lisäksi merikotka kuuluu Euroopan Unionin lintudirektiivin (2009/147/EY) liitteen I lajeihin, joiden elinympäristöt on suojeltava erityistoimin artiklan 4 mukaan.

Koska tuulivoimalle otollisinta aluetta Suomessa on rannikko (Tammelin ym. 2013), joka on myös merikotkan pääasiallinen pesimä- ja muuttoalue, tuulivoima aiheuttaa uhan merikotkakannalle (Stjernberg ym. 2015). Merikotka on todettu tuulivoimarakentamisessa erityisesti huomioitavaksi lajiksi (Ympäristöministeriö 2016b). Norjassa huonosti sijoitetut tuulivoimalat ovat autioittaneet merikotkareviirejä (Dahl ym. 2012) ja Suomessa tuulivoiman on havaittu vaikuttavan merikotkien pesimämenestykseen (Balotari-Chiebao ym. 2016a) sekä hengissä säilymiseen (Nebel ym. 2024). Merikotkan on havaittu lentävän väistämättä tuulivoimaloita (Dahl ym. 2013) ja liikkuvan muita lajeja useammin tuulivoimaloiden lapojen ulottuvissa (Suorsa 2019). Tuulivoimaloiden linnustovaikutusten seurannoissa myös Suomessa on havaittu merikotkan riskialttius törmätä voimaloihin (Suorsa 2019). Kevään lisääntynyt lentoaktiivisuus sekä reviiiritaistelut lisäävät aikuisten merikotkien riskiä törmäämiselle (Bevanger ym. 2010).

1.3 Linnustovaikutusten arviointi

Kansainväliset suositukset (esim. Helsinki Commission 2013; AEWA 2015), Euroopan Unionin direktiivit ja kansallisesti Ympäristöministeriö ja Suomen lainsäädäntö ohjaavat linnustovaikutuksia huomioon ottavaa tuulivoimarakentamista. Hankkeisiin, jotka saattavat aiheuttaa merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia, sovelletaan lakia ympäristövaikutusten arviointimenettelystä, YVA, joka tuli voimaan vuonna 1994 (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 468/1994). Tuulivoimalahankkeisiin sovelletaan kyseistä lakia, kun yksittäisten laitosten lukumäärä on vähintään 10 kappaletta tai kokonaisteho vähintään 45 megawattia (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017, liite 1). YVA-menettelyyn kuuluu YVA-ohjelma, jossa esitellään hankkeen toteuttamisvaihtoehdot ja suunnitelma ympäristövaikutusten selvittämiseksi, sekä YVA-selostus, jossa käydään läpi hankkeen ympäristövaikutukset. YVA-menettelyn jälkeen hankkeelle voidaan hakea tarvittavia lupia lupaviranomaiselta, kuten ympäristölupaa ja rakennuslupaa.

Ympäristöministeriön (2016b) mukaan tuulivoimaloita ei tule lähtökohtaisesti sijoittaa linnuston kannalta tärkeille alueille tai niiden välittömään läheisyyteen, paitsi tapauskohtaisesti, jos rakentaminen ei heikennä alueen linnustoarvoja. Saman ohjeistuksen mukaan "erityisiä vaatimuksia suuria petolintuja koskeville selvityksille tuulivoimarakentamisen suunnittelussa muodostuu silloin, kun suunnittelualue sijaitsee noin kahden kilometrin säteellä suurten petolintujen pesäpaikoista". WWF Suomen merikotkaohjeen (2015) mukaan tuulivoimaa ei saisi rakentaa alle kahden kilometrin päähän merikotkan pesästä. Kahden kilometrin raja tulee siitä, että pesästä lähteneiden poikasten on havaittu liikkuvan noin kahden kilometrin säteellä pesästä monen kuukauden ajan (Balotari-Chiebao ym. 2016b). Uudempien tutkimusten mukaan myös kolmen tai jopa yli viiden kilometrin suojapuskurit pesien ympärille olisivat tarpeelliset suojaamaan pesivää merikotkakantaa (Krone & Treu 2018; Nebel ym. 2024). WWF neuvoo välttämään myös merikotkan säännöllisiä kaartelualueita, joissa on voimakkaita nousevia ilmavirtauksia sekä pesistä noin 10 kilometrin säteellä olevia lintujärviä, matalia merenlahtia, lintuluotoja ja allikkoisia soita sekä niiden ja pesien välisiä lentoreittejä.

Tuulivoimalahankkeiden YVA-selvityksissä tulisi selvittää mahdollisten merikotkien pesimäpaikat ja muuttoreitit, arvioida törmäysriskit ja niiden vaikutukset alueen populaatiolle. YVA-selostusten linnustonselvityksissä ohjeistaa Ympäristöministeriön Linnustovaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa –julkaisu (Ympäristöministeriö 2016a). Maastonselvityksissä tulee selvittää alueen pesivä lajisto sekä alueen läpi muuttava lajisto. Selvityksiä olisi hyvä

tehdä kaikkina vuodenaikoina, jotta alueen linnustosta saadaan mahdollisimman kattava kuva. Selvityksiin tulisi käyttää tarvittava ajallinen määrä ja mahdollisesti vertailla myös eri vuosien tuloksia. Maastoselvitysten perusteella lasketaan törmäysarviot sekä arvioidaan vaikutusten merkittävyys populaatioon. Lisäksi selvityksessä tulee ottaa huomioon yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa ja laatia seurantasuunnitelma linnustolle. Ohjeistus on kuitenkin aika pintapuolinen ja lähinnä selvitysten tueksi, eikä sitovaksi vaatimukseksi. Metsähallitus (2022) on laatinut maakotkalle tarkemmat ohjeet tuulivoimasuunnittelua varten, ja julkaisun mukaan käytännöt tulisi ottaa käyttöön soveltuvin osin myös merikotkalle. Raportissa kerrotaan yksityiskohtaisesti, miten tuulivoiman vaikutuksia tulisi selvittää, ja sen mukaisesti hyviin käytänteisiin kuuluisi Ympäristöministeriön ohjeistuksen lisäksi mm. määritellä havainnointipaikkojen havaittavuusalueet ja arvioida törmäyskuolleisuuden merkittävyyttä populaatiomallinnuksella.

YVA-selvityksissä vaadittavalla törmäysriskillä tarkoitetaan törmäyskuolleisuutta eli yleensä kuolleiden lintujen määrä hanketta kohti vuodessa. Törmäysriskin laskemiseen yleisin käytetty tapa on Bandin malli (Band ym. 2007), jossa arvioidaan törmäävien lintujen määrä vuodessa kertomalla roottorin ilmatilaa päin lentävien lintujen määrä törmäämisen todennäköisyydellä. Bandin mallista on käytössä kaksiulotteinen tasomalli, joka ottaa huomioon yhteen suuntaan tapahtuvan lennon, kuten muuttoliikkeen, sekä kolmiulotteinen tilamalli, joka ottaa huomioon reviiirillä tapahtuvan liikkeen, kuten kaartelun (Band ym. 2007). Merikotkalle suositellaan tilamallia, sillä ravintoa hankkiessaan merikotkalle tyypillistä on liitely sekä kaartelu. Arvion laskemista varten tarvitaan tieto merikotkan viettämästä ajasta ilmatilassa, joka selvitetään yleensä maastohavainnointien avulla. Malli ottaa huomioon myös lintujen todennäköisyyden väistää voimalaa, mikä vaihtelee noin 95–99 prosentin välillä. Merikotkalle suositellaan väistökerrointa 95 % (Scottish Natural Heritage 2018). Suomessa on käytetty myös väistökerrointa 98 % (Tuohimaa 2019), mutta myöhemmin väistökerroimen 95 % on todettu olevan perusteltu ja varovaisuusperiaatteen mukainen (Latvasilmu osk 2024).

1.4 Törmäyksien vaikutukset merikotkakantaan Suomessa

YVA-selvitysten vaatimien linnustoseurantojen lisäksi tuulivoiman vaikutuksia merikotkaan Suomessa ei ole tutkittu merkittävästi, sillä tuulivoiman tuotanto täällä on alkanut lisääntyä laajemmin vasta 2010-luvulla. Tuulivoimaloihin törmänneitä merikotkia ei ole systemaattisesti seurattu tai kunnolla tilastoitu Suomessa, mutta merikotkatyöryhmälle on kantautunut tietoa

voimaloihin törmänneistä merikotkista eri läheistä. Lokakuuhun 2024 mennessä tietoon on tullut 57 merikotkan menehtyminen tuulivoimaloihin Suomessa (Torsten Stjernberg sähköposti 10.10.2024; Nebel ym. 2024). Todellinen törmäysmäärä voi olla moninkertainen.

Usein YVA-selvityksissä selvitetään vain yksittäisten hankkeiden vaikutuksia, jolloin hankkeiden yhteisvaikutukset ja tuulivoiman kumulatiiviset vaikutukset jäävät huomioimatta. Tuulivoiman vaikutuksia merikotkakantaan laajemmin on arvioitu muutamaa otteeseen Pohjanmaalla. Tuohimaan (2019) mukaan Pohjois-Pohjanmaan suunniteltuihin hankkeisiin törmäisi vuodessa 12 merikotkaa, mikä populaatiomallinnuksen mukaan aiheuttaisi Pohjois-Suomen kannan kasvun puolittumisen. Toisen mallinnuksen (Tikkanen ym. 2022) mukaan Pohjanmaan, Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaan kannan kasvu taas pysähtyisi, jos kaikki tuulivoimatuotantoon kaavoihin suunnitellut alueet toteutuisivat. Mallinnuksen mukaan tuulivoimaloiden lisääntyminen voi siis muodostaa uhan yksittäisten reviirien lisäksi myös maakuntatasolla. Vaikka kahden kilometrin rajaa merikotkan pesään noudatetaan yleensä hyvin tuulivoimahankkeissa, merikotkien reviireille on useita hankkeita. Esimerkiksi edellisen mallinnuksen selvitysalueella oli vuoden 2022 alussa 170 kappaletta rakennettuja voimaloita.

1.5 Tutkielman tavoite

Koska tuulivoimaa Suomessa ollaan lisäämässä niin paljon ja merikotkien pääasiallisille pesimä- ja muuttoalueille, on tärkeää tietää sen vaikutukset merikotkakantaan. Vaikutuksia arvioivien YVA-selvityksien merikotka-arvioinnin laatu vaihtelee hankkeittain, ja arviot kohdistuvat alueellisiin populaatioihin. Tutkielman tavoitteena onkin koota kaikkien YVA-prosessin läpikäyneiden tuulivoimahankkeiden törmäysarviot merikotkan osalta yhteen. Törmäysriskejä on tarkoitus mallintaa myös merikotkan elinympäristömallinnuksen (Tikkanen ym. 2018, 2022) avulla ja verrata YVA-selostuksien ja elinympäristömallinnuksen arvioita toisiinsa. YVA-selostusten ja elinympäristömallinnuksen avulla on tarkoitus arvioida koko Suomen merikotkien yhteenlaskettua törmäysriskiä. Törmäysarvioiden yhteen kokoamisen lisäksi tavoitteena on arvioida YVA-selostuksien merikotka-arvioinnin laatua tutkielmaa varten luodulla arviointiasteikolla ja tutkia, onko sillä vaikutuksia YVA-selostuksissa saatuihin törmäysarvioihin. Törmäysarvioiden odotetaan olevan sitä suurempia, mitä laadukkaampi merikotka-arviointi on, sillä merikotka-arviointiin soveltuvilla menetelmillä on havaittu olevan vaikutusta törmäysarvioiden suuruuteen (esim. Ramboll Finland 2022).

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Tutkimusaineisto

Tutkielman aineistona olivat YVA-menettelyn läpikäyneiden tuulivoimahankkeiden YVA-selostukset, joissa oli jollain tavalla käsitelty tai havaittu merikotka, ja jotka olivat edelleen vireillä tai käytössä hankkeita läpikäydessä kesällä 2023. YVA-hankkeista vastaavat ELY-keskukset ja niissä ympäristö ja luonnonvarat -vastuualue, joka on 13:ssa eri ELY-keskuksessa: Etelä-Pohjanmaan (Etelä-Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa ja Pohjanmaa), Etelä-Savon, Hämeen (Kanta-Häme ja Päijät-Häme), Kaakkois-Suomen (Kymenlaakso ja Etelä-Karjala), Kainuun, Keski-Suomen, Lapin, Pirkanmaan, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Pohjanmaan, Pohjois-Savon, Uudenmaan ja Varsinais-Suomen (Varsinais-Suomi ja Satakunta) ELY-keskuksissa. Näistä Uudenmaan tai Kaakkois-Suomen ELY-keskuksien alueella ei esiintynyt tuulivoimaa, jossa olisi käsitelty merikotkaa.

YVA-selostukset löytyvät julkisesti ympäristöhallinnon verkkopalvelusta (ymparisto.fi), mutta osaan kuuluu salattuja viranomaisliitteitä johtuen merikotkan pesimätietojen sensitiivisyydestä. Viranomaisliitteet (Laki viranomaisten toiminnan julkisuudesta 621/1999) on toimitettu ELY-keskuksille ja koska niissä linnustoarvioinnin menetelmät ja tulokset on selostettu tarkemmin, niistä tehtiin tietopyynnöt ELY-keskuksille. Salatut aineistot olivat usein karttaliitteitä koskien pesimäpaikkoja ja havaintoja, tai selvityksiä merikotkasta ja yleisesti linnustosta. Maininta viranomaisliitteestä oli yleensä joko YVA-selostuksen tai jonkin YVA-selostuksen liitteen liiteluettelossa tai mainittuna erikseen YVA-selostuksen tekstissä. Viranomaisliitteiden lisäksi hankesivuilta puuttui myös joitain julkisia liitteitä, tai jopa itse YVA-selostuksia, joita niin ikään kysyttiin ELY-keskuksilta. Etelä-Savon ELY-keskuksen tarvittavat aineistot olivat saatavilla hankesivuilta. Puuttuvia YVA-selostuksia ja julkisia liitteitä puuttui Etelä-Pohjanmaan, Lapin, Pohjois-Pohjanmaan, ja Varsinais-Suomen ELY-keskuksilta. Muilta ELY-keskuksilta puuttui vain viranomaisliitteitä.

Vastaus kyselyihin saatiin kaikilta muilta paitsi Keski-Suomen ELY-keskukselta (kaksi hanketta), mutta koska kysytyt hankkeet eivät ole merikotka-alueella, viranomaisliitteet eivät todennäköisesti koske merikotkaa, vaikka se olikin muuttoselvityksessä havaittu. Hämeen, Kainuun, Pirkanmaan, Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon ELY-keskuksilta saatiin varmistus, ettei viranomaisliitteissä ole mainittu merikotkaa. Etelä-Pohjanmaan, Lapin, Pohjois-

Pohjanmaan ja Varsinais-Suomen ELY-keskuksilta saatiin viranomaisliitteitä ja puuttuvia liitteitä sekä YVA-selostuksia. Varsinais-Suomen ELY-keskus toimitti kaikki pyydyt aineistot, mutta muiden ELY-keskusten liitteitä ja YVA-selostuksia jäi puuttumaan, koska niitä ei löydetty joko ollenkaan tai tarpeeksi ajoissa tutkielman etenemisen kannalta. Yhdeksästä hankkeesta ei saatu ollenkaan YVA-selostusta: yhdestä Etelä-Pohjanmaalta ja kahdeksasta Pohjois-Pohjanmaalta. 27 hankkeesta jäi puuttumaan liitteitä: 22:sta Pohjois-Pohjanmaalta, kolmesta Etelä-Pohjanmaalta, yhdestä Keski-Suomesta ja yhdestä Lapista. Lopulta hankkeita, joissa oli havaittu merikotka, oli yhteensä 111 yhdeltätoista eri ympäristö ja luonnonvarat -vastuualueelta seuraavanlaisella jakaumalla: 41 Pohjois-Pohjanmaalta, 40 Etelä-Pohjanmaalta, kahdeksan Varsinais-Suomesta, kuusi Lapista, kuusi Kainuusta, kolme Pirkanmaalta, kaksi Hämeestä, kaksi Keski-Suomesta, yksi Etelä-Savosta, yksi Pohjois-Karjalasta ja yksi Pohjois-Savosta.

2.2 YVA-selostusten läpikäynti

111 YVA-hankkeesta käytiin läpi 102, sillä ilman YVA-selostusta hankkeesta ei saatu tarvittuja tietoja. YVA-selostuksista otettiin ylös arvio merikotkan törmäysriskistä, jos sellainen oli laskettu. Törmäysarvio voi olla laskettu erikseen muuttavalle ja pesivälle linnustolle, minkä lisäksi niistä on usein laskettu minimi- ja maksimi-arvot. Minimi- ja maksimi-arvot ovat yleensä peräisin törmäysarvion vaihtelusta eri hankevaihtoehtojen välillä tai laskentatavan vaihtelusta. Kaikki arviot otettiin ylös ja laskettiin yhteen hankkeiden yhteisen törmäysmäärän saamiseksi. Törmäysarvioista otettiin ylös myös väistöprosentti. Hankkeista otettiin ylös hankevaihe sekä katsottiin, osuuko hanke merikotkareviirien (Sääksisäätiön merikotkatyöryhmän keräämä aineisto, saatu Hannu Tikkaselta 20.02.2023) tai päämuuttoreittien (Lehtiniemi & Toivanen 2023) alueelle.

Näiden lisäksi hankkeista täytettiin menetelmien laadun arviointiasteikko (Taulukko 1), jonka pohjan loi Hannu Tikkanen Metsähallituksesta. Arviointiasteikko käytiin läpi ja sitä hiottiin yhdessä myös ELY-keskusten kahden asiantuntijan ja toisen ohjaajan kanssa yhteispalaverissa. Asteikossa on lueteltu ja pisteytetty hyvän merikotkaselvityksen vaatimukset, jonka mukaan hankkeet saivat laatupisteet. Arviointiasteikon kriteerit perustuvat osin Tikkasen toimittamaan raporttiin, joka koskee YVA-selostusten hyviä käytäntöjä maakotkan arvioinnissa (Metsähallitus 2022). Maakotkan arviointikriteerit soveltuvat myös pesiviin merikotkiin kohdistuvien vaikutusten arviointiin. Pesivien yksilöiden lisäksi merikotkalla korostuvat

vaikutukset myös pesimättömiin lintuihin (Tikkanen suull.), mikä on otettu huomioon asteikossa. Asteikko koostuu kolmesta osasta: *1. Törmäysmääriin vaikuttavat tekijät*, *2. Muut arvioinnin johtopäätöksiin vaikuttavat tekijät* ja *3. Arvioinnin selkeyteen/luotettavuuteen vaikuttavat tekijät* (Taulukko 1). Osat ovat pisteytetty laadun arviointia varten ja niitä on myös painotettu eri tavoilla riippuen, miten paljon vaikutusta niillä on törmäysarvioiden tai YVA-selostuksen muuhun laatuun. Laadun ja törmäysarvioiden yhteyden vertailuun otettiin mukaan vain asteikon ensimmäinen osio, jolla voi olla vaikutusta YVA-selostuksissa saatuihin törmäysarvioihin.

Metsähallituksen (2022) raportin mukaan sopiva maastohavainnoinnin aika olisi 100–200 tunnin välillä ja sen tulisi sijoittua vähintään yhdelle pesimäkaudelle niin, että sekä kevät, kesä ja syksy olisivat edustettuina. Havainnointiin laskettiin mukaan merikotka- tai petolintutarkkailun määrä, ei muutonseurannan tunteja. Nämä kohdat ovat pisteytettynä asteikon kohdassa *A. Maastotyömenetelmät*, jossa on lueteltu maastoselvityksien laatuun vaikuttavia tekijöitä. Asteikossa havaittavuusalueella tarkoitetaan aluetta, jossa tietyllä vähimmäiskorkeudella lentävä kotka tulisi havaituksi havainnointipaikalta (Metsähallitus 2022). Havaittavuusalueen määrittämisestä saa kaksi pistettä. Havainnointimenetelmiä on kolme: merikotkatarkkailu muutonseurannan yhteydessä, kellotus- tai otantamenetelmä. Ensimmäisessä menetelmässä havaitut merikotkat kirjataan ylös muutonseurannan yhteydessä, mutta kellotus- ja otantamenetelmissä seurataan tarkemmin merikotkia. Kellotusmenetelmässä kirjataan ylös kotkien lentoajat, mutta tällöin voidaan tarkkailla vain yhtä lintua kerrallaan. Otantamenetelmä (Metsähallitus 2022) on uudempi ja soveltuu etenkin alueille, joissa on useita kotkia ilmassa yhtä aikaa. Siinä havainnointia suoritetaan otantoina, joissa otetaan ylös karttapohjalle kaikki havaitut kotkat ja saadaan lentoaika-arvio havaintojen suhteesta otosten kokonaismäärään. Otantamenetelmästä saa eniten pisteitä, kun taas muutonseurannasta vähiten.

Taulukko 1. YVA-selostuksen merikotka-arvioinnin laadun arviointiasteikko. Taulukossa on lueteltu hyvän merikotkaselvityksen sisältö ja pisteytetty eri kriteerien mukaan laatuun vaikuttavia tekijöitä.

1. Törmäysmääriin vaikuttavat tekijät		Pisteitä
A. Maastotyömenetelmät:	Kriteeri	
• Merikotkahavainnoinnin määrä	0–49 = 1, 50–99 = 2, >100 = 3	0–3
• Havaittavuusalueet määritelty	Kyllä/ei	2/0
• Havainnointimenetelmät:	Otantamenetelmä	3
	Kellotusmenetelmä	2
	Yhdistetty muutontarkkailuun	1
• Havainnoinnin aikaväli	Kevät, kesä, syksy	1–3
• Useiden vuosien havainnointi	Kyllä/ei	2/0
B. Maastohavainnoinnin tulokset		
• Lentomäärät esitetty tunteina	Kyllä/ei	3/0
• Riskikorkeudella lentävien osuus määritelty	Kyllä/ei	1/0
• Eroteltu pesiviä/muuttavia koskevat havainnot ja törmäysarviot	Kyllä/ei	2/0
C. Törmäysriskien arviointi	Törmäysmäärät tilamallilla	3
	Törmäysmäärä tasomallilla	1
	Yhteisvaikutukset arvioitu	3
2. Muut arvioinnin johtopäätöksiin vaikuttavat tekijät		
• Käytetty julkaistuja mallinnuksia	Kyllä/ei	1/0
• Muu tieteellinen tieto maailmalta ja Suomesta hyödynnetty	Kyllä/ei	1/0
• Vaikutukset poikastuottoon huomioitu	Kyllä/ei	1/0
• Havainnoitsijoiden kokemus	Jos mainittu	1/0
• Vaikutusten merkittävyyden kriteerit perustuvat populaatiomallinnuksiin	Kyllä/ei	2/0
• Sähkönsiirron vaikutukset huomioitu	Kyllä/ei	2/0
3. Arvioinnin selkeyden/luotettavuuteen vaikuttavat tekijät		
• Tarkat havainnointipaikat kartalla		1/0
• Havaittavuusalueet esitetty kartalla		1/0
• Havaintoajat havaittavuusalueittain		1/0
• Havainnot kartalla		1/0
• Vaihtoehtotarkastelut tehty	Eri toteuttamisvaihtoehtojen vaikutusten vertailu	1/0
• Menetelmien vertailu	Eri törmäysarvioiden laskentatapojen ja tulosten vertailua	1/0
• Haittojen vähentämistoimia esitetty		1/0
• Seurantasuunnitelma esitetty		1/0
• Arvioinnin epävarmuudet esitetty		1/0

Kohdassa *B. Maastohavainnoinnin tulokset* on eritelty tuloksien esittämiseen liittyviä tekijöitä. Havainnoinnin tuloksena saadut lentomäärät tulisi esittää YVA-selostuksessa tunteina, jotta tiedetään kuinka paljon merikotka viettää aikaa alueella. Riskikorkeudella, eli roottoreiden korkeudella, lentävät yksilöt tulisi myös erotella, kuten myös pesivät ja muuttavat yksilöt, joille tulisi laskea omat törmäysarviot. Näiden asioiden erittelystä YVA-selostuksessa saa pisteitä asteikossa. Törmäysarvion laskemiseen liittyvät tekijät on eritelty kohdassa *C. Törmäysriskien arviointi*. Törmäysarvion laskemisessa tasomallin käyttämisestä saa yhden pisteen, kun taas merikotkalle soveltuvamman tilamallin käyttämisestä kolme pistettä. Törmäysarvio tulisi laskea myös vähintään samalla reviirillä oleville hankkeille yhteisvaikutuksien arvioimiseksi ja tämän laskemisesta saa myös pisteitä.

Asteikon toisessa osassa on pisteytetty lisää arvioinnin johtopäätökseen liittyviä tekijöitä. Maastomenetelmien lisäksi YVA-selostuksissa tulisi perehtyä myös muuhun saatavilla olevaan tietoon, kuten tiedettyihin merikotkien pesimätietoihin sekä muuhun tieteelliseen tietoon liittyen merikotkaan. Tämän lisäksi myös havainnoitsijan kokemuksesta saa pisteen, jos siitä oli mainittu YVA-selostuksessa. Törmäysriskistä aiheutuvan kuolleisuuden merkittävyyttä tulisi arvioida populaatiomallinnuksella ja kuolleisuuden vaikutuksia arvioida poikastuottoon. Koska myös sähkönsiirto aiheuttaa vaikutuksia linnustolle, kuten törmäysriskiä ja sähköiskuja (Bayle 1999), myös sen vaikutuksia tulisi käsitellä YVA-selostuksessa. Asteikon kolmannessa osassa on lueteltu YVA-selostuksen selkeyteen vaikuttavia tekijöitä. Merikotkahavainnot, havaittavuusalueet ja havainnointipaikat olisi hyvä esittää YVA-selostuksessa kartalla, sekä eritellä havainnointiajat havainnointipaikoittain. Koska hankkeilla on yleensä useampi eri toteuttamisvaihtoehto, näiden vaihtoehtojen eri törmäysmäärät olisi hyvä eritellä. Jos törmäysarvioita on laskettu useammalla menetelmällä, niiden luotettavuutta olisi myös hyvä vertailla keskenään. YVA-selostuksessa tulisi myös mainita arvioinnin epävarmuudet, haittojen vähentämistoimet sekä seurantasuunnitelma linnustolle.

2.3 Törmäysriskien arviointi elinympäristömallinnuksen avulla

YVA-selostuksista saatujen törmäysarvioiden lisäksi törmäysarviot laskettiin myös merikotkien elinympäristömallinnuksen avulla. YVA-selostuksista saatuja törmäysarvioita verrattiin merikotkien elinympäristömallinnuksien avulla saatuihin törmäysarvioihin. Mallinnuksen avulla pystyttiin arvioimaan myös niiden hankkeiden törmäysriskejä, joiden YVA-selostuksissa arvioita ei ollut laskettu. Mallinnusta varten hankealueista muodostettiin

ympyränmuotoiset puskurit R-ohjelmiston (v. 4.3.2) sf-paketilla (Pebesma 2018; Pebesma & Bivand 2023; R Core Team 2023). Hankkeiden pinta-alat on johdettu hankkeen kokonaistehosta Suomen ympäristökeskuksen arvion mukaan niin, että neliökilometrille mahtuu keskimäärin 5,5 MW tuulivoimaa (Nurmio & Pakarinen 2024). Pinta-alat laskettiin alueiden minimi- ja maksimitehojen mukaan ja puskurit muodostettiin pinta-aloista johdetuista säteistä.

Merikotkamallit pohjautuvat muuttavien merikotkien osalta Ornis Fennicassa julkaistuun elinympäristömallinnukseen (Tikkanen ym. 2018) ja pesivien merikotkien osalta Pohjalaismaakuntien liittojen selvityksessä laadittuun elinympäristömallinnukseen (Tikkanen ym. 2022). Mallinnukset tutkielmaa varten on tehnyt Hannu Tikkanen. Mallinnusmenetelmänä on logistinen regressiofunktio, jonka avulla etsitään elinympäristöt, jotka selittävät parhaiten merikotkien havaintopisteiden ja satunnaispisteiden sijaintijakauman erot. Havaintopisteet on saatu WWF Suomen satelliittilähetinmerikotkien GPS-aineistoista (Balotari-Chiebao ym. 2018; Tikkanen ym. 2018), josta niin ikään saadut keskimääräiset lentotunnit pesiville ja muuttaville merikotkille on yhdistetty malliin. Lentomäärä rannikon muuttaville merikotkille on 460 h/vuosi ja pesiville merikotkapareille 540 h/vuosi (Tikkanen ym. 2022). Arvio merikotkakannasta eri ikäisille linnuille on saatu raportista Merikotka poronhoitoalueella – selvitys merikotkan porotaloudelle aiheuttamista vahingoista (Ekblad ym. 2023). Lisäksi aineistona on käytetty avointa paikkatietoa ja kirjallisuustietoja merikotkien suosimista elinympäristöistä (Krone ym. 2013; Tikkanen ym. 2018; Ekblad ym. 2020). Pesivien yksilöiden mallia on parannettu lisäämällä regressioyhtälöön vuoden 2018 mallista suo ympäristöä kuvaavia muuttujia, minkä lisäksi se on päivitetty vuoden 2023 pesätarkastustietojen mukaisesti.

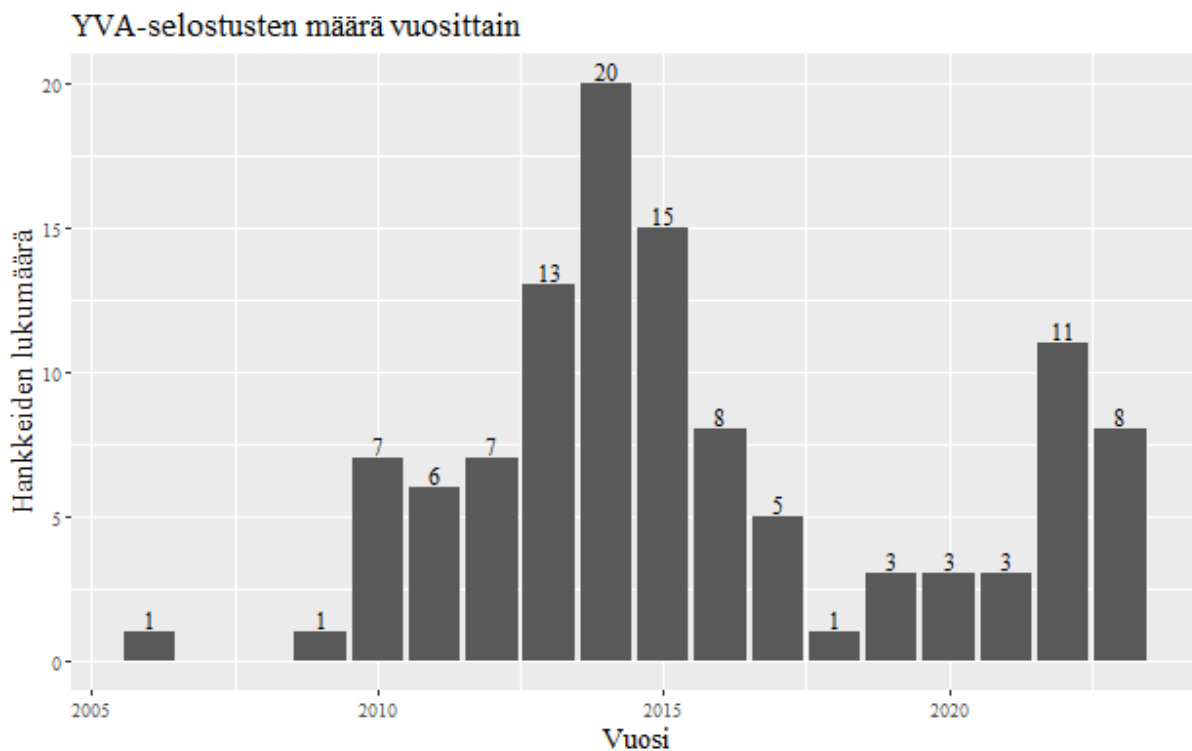
Rannikon merikotkien lennoista sijoittuu mallinnusalueelle 60 % (Tikkanen ym. 2018) ja sisämaan merikotkille oletetaan samaa. Lapin merikotkien lennoista rannikon mallinnusalueelle sijoittuu 23,3 % (Ekblad & Tikkanen julkaisematon). Törmäysarvioiden laskemiseen käytettiin Bandin tilamallia (Band 2007). Lentomäärien osuus roottoreihin riskivyöhykkeellä perustuu GPS-aineistojen tietoihin (Ekblad & Tikkanen julkaisematon). Muuttaville ja pesiville merikotkille käytettiin samoja lento-osuuksia roottoreiden riskivyöhykkeellä. Voimalan kokona kaikissa hankkeissa on käytetty keskiarvoa (napakorkeus 144 m ja roottorin halkaisija 134 m), joka on laskettu 30 satunnaisen eri hankkeen voimalakoosta. Väistöprosenttina on käytetty merikotkalle suositeltua 95 % (Scottish Natural Heritage 2018).

2.4 Tilastollinen analyysi

Tilastollinen analyysi tehtiin R-ohjelmistolla (v. 4.3.2) (R Core Team 2023). YVA-selostusten laatupisteiden ja törmäysarvioiden välistä korrelaatiota testattiin ei-parametrisella Spearmanin korrelaatiotestillä, koska muuttujat eivät noudattaneet normaalijakaumaa. YVA-selostusten ja mallinnusten antamia törmäysarvioita verrattiin ei-parametrisella Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testillä, koska törmäysarviot eivät noudattaneet normaalijakaumaa. Pylväskuvaajat tehtiin R-ohjelmiston tidyverse-paketilla (Wickham ym. 2019; R Core Team 2023) ja sirontakuvaajat sekä laatikko-janakuvaajat ggpubr-paketilla (Kassambara 2023; R Core Team 2023).

3 Tulokset

Hankkeita, joiden YVA-selostuksissa oli havaittu merikotka, löytyi ympäristöhallinnon verkkopalvelusta 111 toukokuussa 2023. Näistä yhdeksästä puuttui YVA-selostus, joten niitä ei voitu käydä läpi. YVA-selostuksia oli vuosien 2006 ja 2023 väliltä (Kuva 1). Vuoden 2024 tuulivoimatietojen (Suomen uusiutuvat ry 2024a) mukaan hankkeista 45 oli kokonaan tai osittain toiminnassa, 12 rakennusvaiheessa, 16 luvitettu, 13 kaavoitettu, 12:ssa kaavoitus oli vielä käynnissä ja 14:ssä YVA-vaihe oli valmis tai käynnissä. Hankkeista 50 oli muuttoreiteillä ja 70 reviiireillä, mutta vain 26 hankkeessa reviiirillä oli pesitty YVA-selostuksen aikana. Näistä kymmenessä ei ollut laskettu törmäysarviota.



Kuva 1. YVA-selostusten määrä vuosittain. YVA-selostuksia on vuosien 2006 ja 2023 väliltä.

3.1 Törmäysarviot

102 läpikäydystä hankkeesta 50 YVA-selostuksessa oli laskettu törmäysarvio merikotkalle. 50 hankkeesta 29 törmäysarviota on laskettu 95 % väistöliikkeellä, kuusi 98 % väistöliikkeellä, kahdeksan 90–98 % väistöliikkeellä, kun taas seitsemän kohdalla väistöliikkeen

todennäköisyyttä ei kerrottu. 27 hankkeessa törmäysarviosta oli laskettu minimi ja maksimi esimerkiksi eri menetelmien tai tuulivoimapuistovaihtoehtojen perusteella. Lähes kaikki törmäysarvioiden laskemiseen käytetyt mallinnukset perustuivat julkaistuihin mallinnuksiin, mutta vain kolmessa hankkeessa oli käytetty merikotkalle suositeltua tilamallia ja törmäysarvio pesiville ja muuttaville merikotkille oli eroteltu vain neljässä hankkeessa. Muissa hankkeissa arvio oli laskettu kaikille havaituille merikotkille. Näiden neljän hankkeen mukaan pesivien merikotkien tuulivoimahankekohtainen törmäysarvio vaihteli välillä 0,01–0,35 yksilöä vuodessa ja keskiarvo oli 0,13 yksilöä vuodessa hanketta kohti. Muuttavien merikotkien vastaavat arvot olivat 0,05–0,12 sekä 0,08 yksilöä vuodessa. Neljän hankkeen perusteella ei kuitenkaan saa kovinkaan luotettavia arvioita, joten on perustellumpaa tarkastella kaikkia hankkeita kerralla, vaikkei pesivien ja muuttavien merikotkien arvioita olekaan eroteltu. Kaikkien törmäysarvioiden kesken tuulivoimahankekohtainen vaihteluväli oli 0–1,34 yksilöä vuodessa ja keskiarvo oli 0,19 yksilöä vuodessa hanketta kohti. Kaikkien 50 hankkeen YVA-selostusten törmäysarvioiden yhteenlaskettu summa oli pienimmillään (minimien perusteella) 8,13 yksilöä vuodessa ja suurimmillaan (maksimien perusteella) 11,85 yksilöä vuodessa (Taulukko 2).

Merikotkien elinympäristömallinnuksen mukaan lasketuissa törmäysarvioissa olivat mukana kaikki aineiston 111 hanketta. Mallinnuksessa on laskettu erikseen arviot pesiville ja muuttaville merikotkille. Mallinnuksen mukaan 80 hankkeessa oli törmäysriski merikotkalle. Näistä 39 oli niitä, joiden YVA-selostuksissa oli myös törmäysarvio ja 40 niitä, joiden YVA-selostuksissa ei ollut törmäysarviota. 21 hanketta oli siis sellaisia, joissa ei ollut törmäysriskiä YVA-selostuksen tai mallinnuksen mukaan ja 11 sellaisia, joissa mallinnuksen mukaan ei ollut törmäysriskiä, vaikka YVA-selostuksen mukaan oli. Tuulivoimahankekohtainen törmäysarvio pesivillä merikotkilla vaihteli välillä 0–0,62 yksilöä vuodessa ja muuttavilla 0–1,28 yksilöä vuodessa. Tuulivoimahankekohtainen keskiarvo pesiville merikotkille oli 0,05 yksilöä vuodessa ja muuttaville 0,18 yksilöä vuodessa. Pesivien ja muuttavien merikotkien yhteenlaskettu tuulivoimahankekohtainen törmäysarvio vaihteli välillä 0–1,61 yksilöä vuodessa ja keskiarvo oli 0,23 yksilöä vuodessa. Kaikkien hankkeiden pesivien merikotkien yhteenlaskettu törmäysarvio oli 5,59–6,43 yksilöä vuodessa ja muuttavien 18,80–20,89 yksilöä vuodessa. Yhteisarvio pesivälle ja muuttavalle merikotkakannalle mallinnuksen mukaan oli 24,39–27,18 yksilöä vuodessa (Taulukko 2).

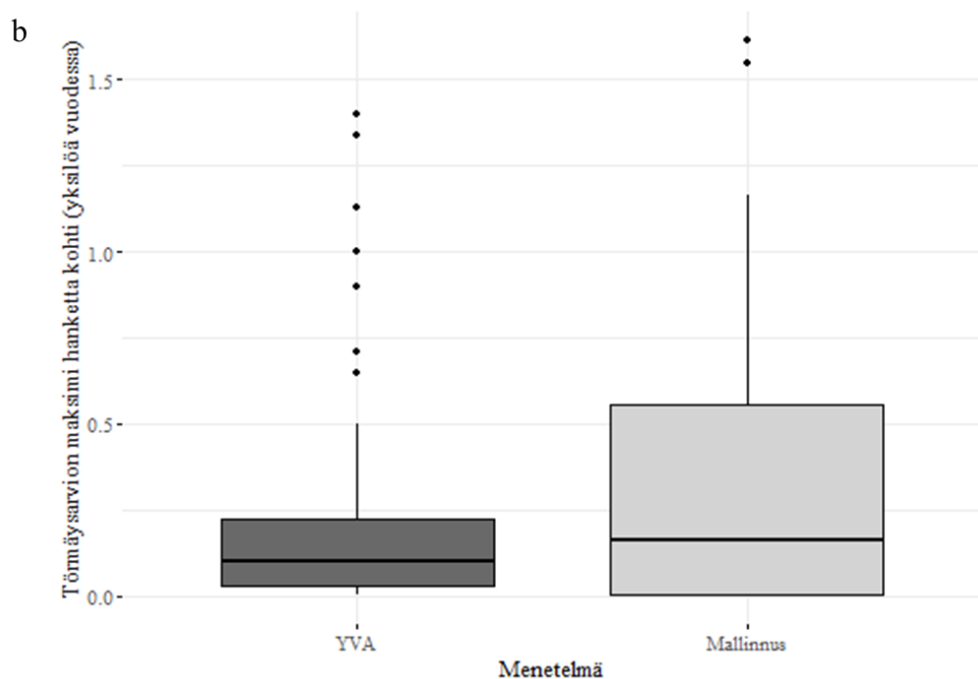
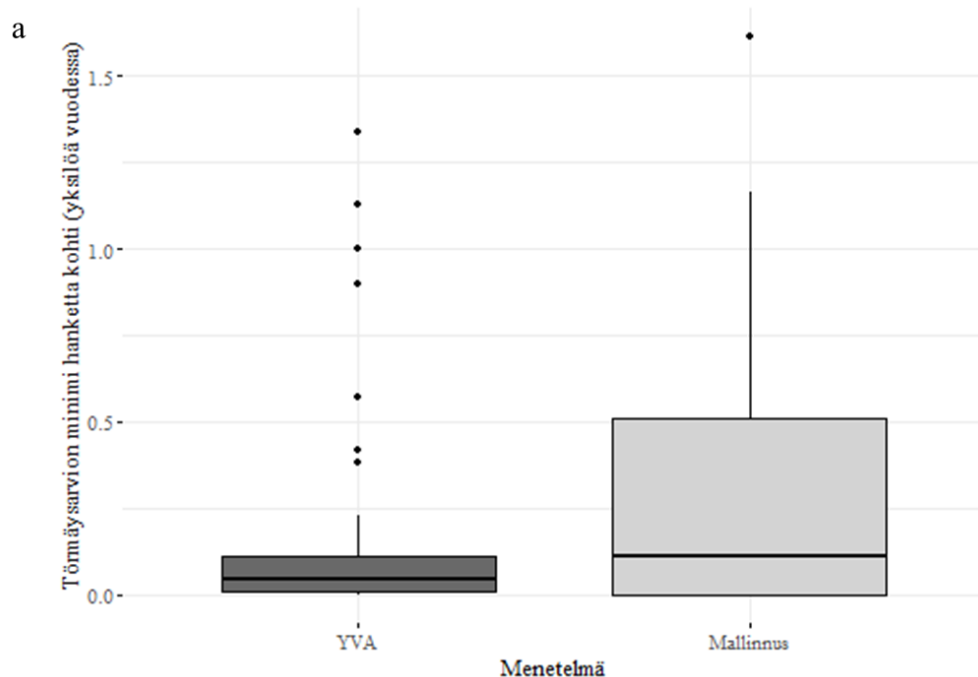
Niille 50 hankkeelle, joiden YVA-selostuksissa oli laskettu törmäysarvio, mallinnus antoi muuttavien ja pesivien merikotkien yhteenlasketuksi törmäysarvioksi 14,13–15,31 yksilöä

vuodessa ja tuulivoimahankekohtaiseksi keskiarvoksi 0,29 yksilöä vuodessa (Taulukko 2). Pesiville merikotkille vastaavat arvot olivat 3,16–3,55 ja 0,07 yksilöä vuodessa, kun taas muuttaville merikotkille 10,97–11,75 ja 0,23 yksilöä vuodessa. Niiden hankkeiden törmäysarvioksi, joiden YVA-selostuksissa ei ollut laskettu törmäysarviota, mallinnus antoi kaikille merikotkille arvioksi 10,26–11,87 yksilöä vuodessa. Pesivien merikotkien arvio tästä oli 2,42–2,88 yksilöä vuodessa ja muuttavien merikotkien arvio 7,84–9,14 yksilöä vuodessa. Niiden yhdeksän hankkeen, joiden YVA-selostuksia ei saatu, mallinnuksen mukainen törmäysarvio vaihteli välillä 2,44–2,45 yksilöä vuodessa, kun pesivien merikotkien osuus oli 0,69 yksilöä vuodessa ja muuttavien merikotkien osuus 1,76–1,77 yksilöä vuodessa.

Taulukko 2. YVA-selostusten ja merikotkan elinympäristömallinnuksen mukaisia törmäysarvioita merikotkalle. YVA-selostusten törmäysarviossa on mukana 50 hanketta. Merikotkan elinympäristömallinnuksen luvuissa ovat ensin mukana samat 50 hanketta ja sitten kaikki 111 hanketta. Jälkimmäisten osalta annetaan sekä erikseen että yhdessä pesivien ja muuttavien merikotkien luvut. Mukana ovat törmäysarvioiden tuulivoimahankekohtainen minimi, maksimi, keskiarvo sekä hankkeiden yhteenlaskettu törmäysarvio, yksikkönä yksilöä vuodessa.

	Hankekohtainen minimi (yksilöä vuodessa)	Hankekohtainen maksimi (yksilöä vuodessa)	Hankekohtainen keskiarvo (yksilöä vuodessa)	Hankkeet yhteensä (yksilöä vuodessa)
YVA (n = 50)	0	1,34	0,2	8,13–11,85
Malli, pesivät ja muuttavat, (n = 50)	0	1,61	0,29	14,13–15,31
Malli, pesivät, (n = 111)	0	0,62	0,05	5,59–6,43
Malli, muuttavat, (n = 111)	0	1,28	0,18	18,80–20,89
Malli, pesivät ja muuttavat, (n = 111)	0	1,61	0,23	24,39–27,18

Elinympäristömallinnus antoi enemmän YVA-selostuksien arvioita pienempiä arvoja kuin suurempia. Vaikka 50 hankkeen yhteenlasketussa törmäysarviossa YVA-selostusten ja mallinnuksen välillä oli useamman yksilön ero, Wilcoxonin testin mukaan YVA-selostusten ja mallinnuksen törmäysarvioiden välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää eroa (minimeille $V = 388$, $p = 0,097$, Kuva 2a ja maksimeille $V = 573$, $p = 0,54$, Kuva 2b).



Kuva 2. Tuulivoimahankekohtainen merikotkien törmäysarvion minimi (a) ja maksimi (b) (yksilöä vuodessa) YVA-selostusten ja merikotkan elinympäristömallinnuksen mukaan ($n =$ samat 50 hanketta). Kuvaajissa esitetään vaakaviivalla törmäysarvioiden mediaanit, laatikolla 25 %:n ja 75 %:n kvartiilit ja pystyviivoilla arvioiden minimi ja maksimi ilman poikkeavia havaintoja. Törmäysarvioissa menetelmien välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa törmäysarvioiden minimien ($V = 388$, $p = 0,097$) eikä maksimien ($V = 573$, $p = 0,54$) mukaan.

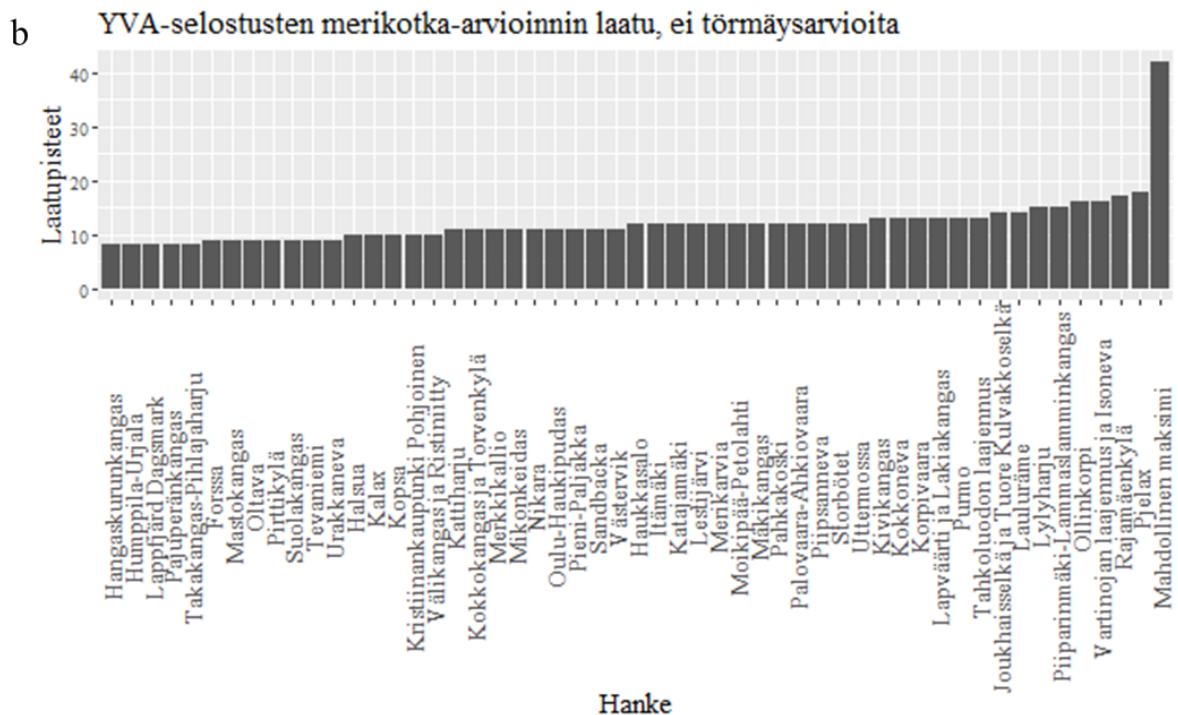
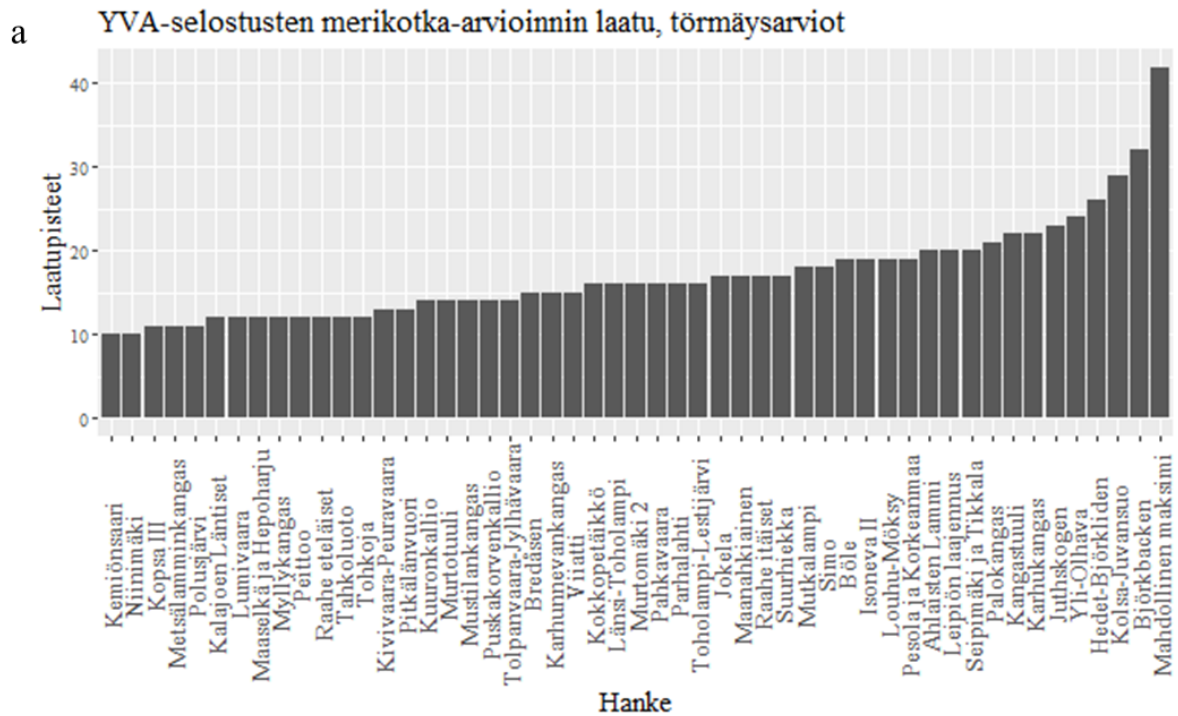
3.2 YVA-selostusten laatu

3.2.1 YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laadun vaihtelu hankkeittain

Niiden hankkeiden, joiden YVA-selostuksissa oli laskettu merikotkan törmäysarvio, merikotka-arvioinnin laatu vaihteli 10–32 pisteen välillä, kun mahdollinen maksimipistemäärä oli 42 pistettä (Kuva 3a). Hankkeiden laadun keskiarvo oli 16,5 pistettä. Hankkeiden laadun jakauma painottui 10–20 pisteen välille ja yleisimmät laatupisteet olivat 12 pistettä.

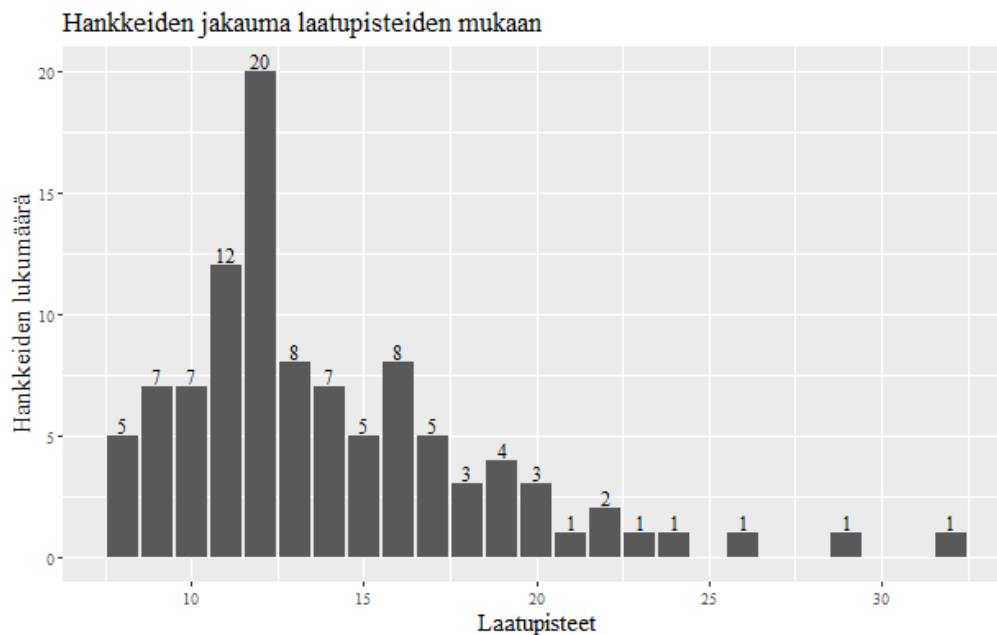
Vain yhdessä hankkeessa oli käytetty merikotkalle suositeltua otantamenetelmää, kahdeksassa hankkeessa kellotusmenetelmää ja lopuissa hankkeissa tarkkailu oli tehty muutonseurannan yhteydessä. Vajaassa puolessa hankkeista törmäysarvioita oli laskettu tuulivoimapuistojen eri hankevaihtoehtojen mukaan, mutta vain muutamassa niitä oli laskettu eri menetelmien avulla saaduilla tuloksilla. Hankkeiden merikotka- tai petolintutarkkailun tuntimäärä oli suositeltu, eli yli 100 tuntia kolmessa hankkeessa, vaikka muutonseurantojen tuntimäärä ylittikin 100 tuntia suurimmassa osassa hankkeita. 16 hankkeessa törmäyksien vaikutusta oli arvioitu populaatiomallinnuksen avulla ja kahdeksassa hankkeessa oli laskettu yhteistörmäysarvio muiden hankkeiden kanssa. (Liite 1).

Niiden 52 hankkeen, joiden YVA-selostuksissa ei ollut laskettu merikotkan törmäysarviota, merikotka-arvioinnin laatu vaihteli 8–18 pisteen välillä, kun mahdollinen maksimipistemäärä oli 42 pistettä (Kuva 3b). Hankkeiden laadun keskiarvo oli 11,52 pistettä. Hankkeiden laadun jakauma painottui 8–13 pisteen välille ja yleisimmät laatupisteet olivat 12 pistettä. Laadun vaihtelu oli siis suurempaa niissä hankkeissa, joissa oli laskettu törmäysarviot.



Kuva 3. YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laatu. Kuvassa a on niiden YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laatu, joissa on laskettu törmäysarvio merikotkalle. Laatu vaihtelee 10–32 pisteen välillä. Kuvassa b on niiden YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laatu, joissa ei ole laskettu törmäysarviota merikotkalle. Laatu vaihtelee 8–18 pisteen välillä. Molemmissa kuvissa hankkeet on järjestetty laadultaan heikoimmasta parhaimpaan ja oikeassa sivussa vertailun vuoksi YVA-selostuksen merikotka-arvioinnin mahdollinen maksimi, eli 42 pistettä.

Kun tarkastellaan yhdessä sekä niiden hankkeiden laatua, joissa oli laskettu törmäysarviot ja joissa ei ollut laskettu törmäysarvioita, laatu vaihteli 8–32 pisteen välillä, kun mahdollinen maksimipistemäärä on 42 pistettä. Hankkeiden laadun keskiarvo oli 13,96 pistettä. Hankkeiden laadun jakauma painottui 8–20 pisteen välille ja yleisimmät laatupisteet olivat 12 pistettä (Kuva 4).



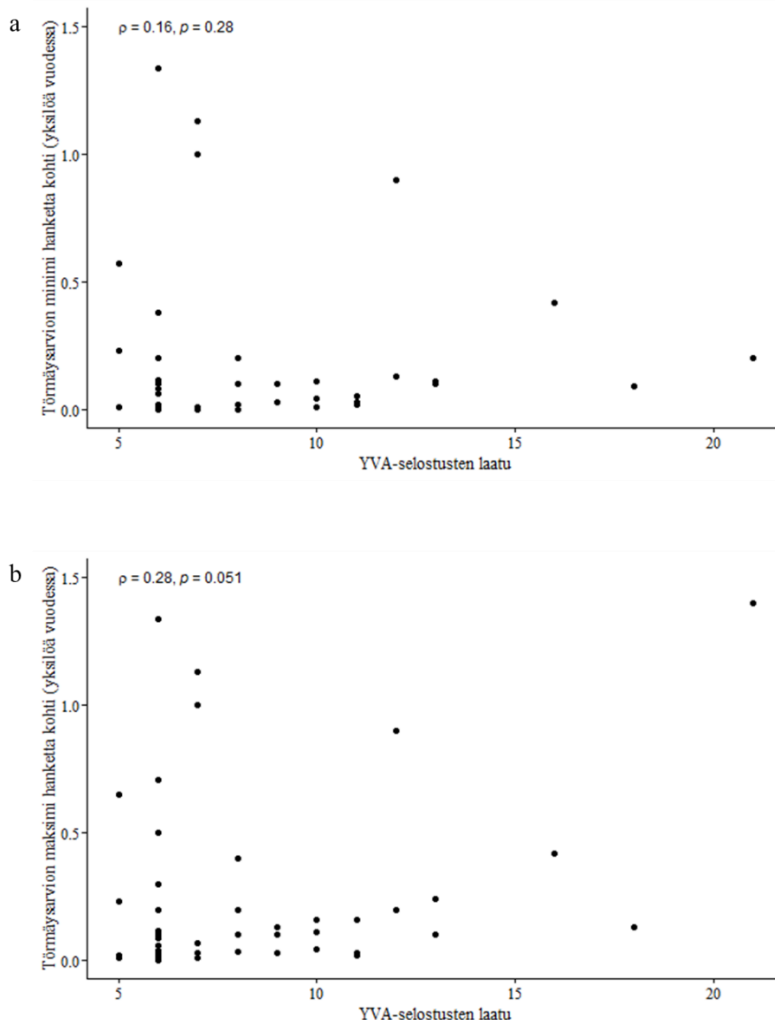
Kuva 4. Hankkeiden jakauma YVA-selostusten laadun mukaan. Laatu vaihtelee 8–32 pisteen välillä ja yleisimmät laatupisteet ovat 12 pistettä.

Noin 90 %:ssa näistä 102 hankkeesta merikotkatarkkailu suoritettiin muutonseurannan yhteydessä. Merikotka- tai petolintutarkkailun määrä oli suositeltu 100 tuntia vain noin 3 %:ssa hankkeista, mutta lähes kaikissa hankkeissa tarkkailua oli tehty eri vuodenaikoina. Noin 13 %:ssa hankkeista tarkkailua oli suoritettu useampana vuonna. Havaittavuusalueet olivat määriteltä noin 6 %:ssa hankkeista. Merikotkan lentomäärät oli esitetty tunteina noin 5 %:ssa hankkeista ja riskikorkeudella lentävien osuus eroteltu noin 68 %:ssa hankkeista. (Liite 1 ja Liite 2).

Suurimmassa osassa hankkeissa oli etsitty tieteellistä tietoa merikotkasta, esitetty haittojen vähentämistoimia ja arvioinnin epävarmuuksia. Sähkönsiirron vaikutuksia oli arvioitu noin 40 %:ssa hankkeista. Havainnointipaikat oli esitetty suurimmassa osassa hankkeista kartalla, mutta havaittavuusalueita tai itse havaintoja harvemmin. Seurantasuunnitelma oli esitetty noin 77 %:ssa hankkeista. (Liite 1 ja Liite 2).

3.2.2 YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laadun ja törmäysarvioiden välinen korrelaatio

YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laadun ja törmäysarvioiden välistä yhteyttä testattiin Spearmanin korrelaatiotestillä. Laatupisteissä oli mukana laadun arviointiasteikon ensimmäisen osion pisteet. Laadun ja törmäysarvioiden ei ollut korrelaatiota törmäysarvioiden minimiarvojen kanssa ($\rho = 0,16$, $p = 0,28$, Kuva 5a). Maksimiarvoilla ja laadulla taas vaikutti olevan positiivinen yhteys, mutta testin mukaan korrelaatio oli merkitsevyyden rajoilla ($\rho = 0,28$, $p = 0,051$, Kuva 5b). Mitä parempi laatu on, sitä suuremmat törmäysarvioiden maksimiarvot ovat.



Kuva 5. Törmäysarvioiden ja YVA-selostusten merikotka-arvioinnin sirontakuvaajat. X-akselilla on YVA-selostusten törmäysarvioihin vaikuttavat laatupisteet ja y-akselilla YVA-selostusten törmäysarvioiden minimi (a) ja maksimit (b) hanketta kohti (yksilöä vuodessa). Törmäysarvion minimin ja YVA-selostuksen laadun välillä ei ole korrelaatiota. Törmäysarvion maksimin ja YVA-selostusten laadun välillä taas vaikuttaa olevan positiivinen yhteys, mutta testi on merkitsevyyden rajoilla.

4 Pohdinta

Tutkielmassa koottiin yhteen kaikkien vuosien 2006–2023 väliltä löydettyjen YVA-selostusten merikotkan törmäysarviot ja verrattiin niitä merikotkan elinympäristömallinnuksen avulla laskettuihin törmäysarvioihin. YVA-selostusten törmäysarvioiden ja elinympäristömallinnuksen avulla laskettujen törmäysarvioiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Laadun ja törmäysarvioiden minimiarvojen välillä ei ollut korrelaatiota, mutta maksimiarvoilla ja laadulla taas vaikutti olevan yhteys, sillä testin mukaan korrelaatio oli merkitsevyyden rajoilla. YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laatu vaihteli hankkeittain, mutta laaturipistemäärät olivat suurempia niissä hankkeissa, joissa oli laskettu myös törmäysarviot.

4.1 Tulosten tarkastelu

4.1.1 Törmäysarviot

YVA-selostusten 50 törmäysarvion perusteella tuulivoimaloihin törmää vuodessa 8–12 merikotkaa ja merikotkien elinympäristömallinnuksen 80 törmäysarvion perusteella 24–27 merikotkaa. YVA-selostusten perusteella pesivien ja muuttavien merikotkien törmäysarvioiden eroa ei voi tarkastella, koska arviot oli eroteltu vain neljässä hankkeessa. Mallinnuksen mukaan suurempi riski kohdistuu muuttaviin merikotkiin, sillä yhteisarviossa pesivien merikotkien arvio oli noin kuusi merikotkaa ja muuttavien noin 19–21 merikotkaa. Myös keskiarvo hanketta kohti oli yli kolme kertaa suurempi muuttaville merikotkille kuin pesiville. Tämä johtuu luultavasti siitä, että muuttavien, pesimättömien merikotkien liikkumisalue on laajempi ja niiden yksilömäärä on suurempi kuin pesivien merikotkien (Tikkanen ym. 2018, 2022). Myös toisessa selvityksessä Suomessa on saatu vastaavia tuloksia (Tikkanen ym. 2022). Sen sijaan löydettyjen tuulivoimaloihin törmänneiden merikotkien joukosta suurin osa on aikuisia, pesiviä merikotkia (Nebel ym. 2024).

YVA-selostusten ja elinympäristömallinnuksen mukaisista törmäysarvioista voi saada jotain osviittaa siitä, kuinka suuren uhan tuulivoima nyt ja lähitulevaisuudessa muodostaa merikotkille. Törmäysarvioita tarkastellessa on kuitenkin hyvä huomioida, että molempiin menetelmiin liittyy epävarmuuksia. Osa mukana olevista hankkeista voi vielä kaatua esimerkiksi kaavoitusvaiheessa tai toteutua pienempänä kuin YVA-vaiheessa on suunniteltu,

mikä voi osaltaan pienentää arviota. Toisaalta törmäysarvioissa on mukana vain YVA-prosessin läpikäyneet tuulivoimahankkeet eli mukana ei ole YVA-menettelyä vaativia hankkeita pienempiä tuulivoimahankkeita, joiden määrystä ei löytynyt koottua arviota. Lisäksi hankelistalla on mukana vain hankkeet, joissa on käsitelty merikotkaa. Voi olla useita, etenkin vanhempia hankkeita, joissa merikotkaa ei ole käsitelty, vaikka olisi pitänyt, tai joiden alueille on myöhemmin tullut merikotkan reviierejä. Vaikka YVA-selostusten tai mallinnuksen arviot olisivat alakanttiin ja osa hankkeista jäisi toteutumatta, uusia tuulivoimahankkeita suunnitellaan lisää edelleen runsaasti (Suomen uusiutuvat ry 2024b).

Törmäysmääriä ei ole aiemmin arvioitu koko Suomen laajuisesti, mutta Pohjois-Pohjanmaan (Tuohimaa 2019) ja Pohjanmaan, Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaan (Tikkanen ym. 2022) arvioiden mukaan tuulivoiman aiheuttamalla törmäysten määrällä voi olla merkittäviä vaikutuksia paikallisten kantojen kasvuun. Tuohimaan arvio perustuu löydettyihin törmäneisiin merikotkiin, ja sen mukaan Pohjois-Pohjanmaan voimaloihin törmäisi 12 merikotkaa vuodessa, mikä aiheuttaisi populaatiomallinnuksen mukaan Pohjois-Suomen kannan kasvun puolittumisen. Tikkanen ja kollegoiden (2022) arvio perustuu samanlaiseen elinympäristömallinnukseen kuin mitä tässä tutkielmassa on käytetty ja sen mukaan merikotkia törmäisi mallinnusalueella 22 vuodessa, mikäli kaikki tarkastelussa olleet suunnitelmat toteutuisivat. Tämä aiheuttaisi paikallisten kantojen kasvun pysähtymisen. Näiden molempien mallinnusten arviot ovat lähempänä tutkielmassa käytetyn elinympäristömallinnuksen törmäysarvioita, kuin YVA-selostuksista saatuja arvioita. Tutkielmassa ei ole arvioitu saatujen törmäysarvioiden vaikutusta merikotkan kantaan populaatiomallinnuksella, mutta aiemmin tehtyjen arvioiden mukaan samankaltaisilla törmäysmäärillä voi olla vakavia vaikutuksia merikotkan kannan kasvuun Suomessa.

Suomessa tuulivoimaloiden aiheuttamaa vuotuista törmäyskuolleisuutta on arvioitu myös Itämeren rannikolla ja tulosten mukaan pesiviä merikotkia törmää vuodessa 4–6 yksilöä (Nebel ym. 2024). Tutkielman elinympäristömallinnuksen mukaan pesiviä merikotkia törmää noin kuusi yksilöä vuodessa, mutta mukana oli tuulivoimalahankkeita myös sisämaasta. Pesivien merikotkien törmäyskuolleisuuden on havaittu vaikuttavan negatiivisesti lisääntymismenestykseen (Dahl ym. 2012). Nebelin ja kollegoiden (2024) mukaan muiden ikäluokkien kuolleisuuden mukaan ottaminen todennäköisesti suurentaisi tuulivoiman vaikutusta Itämeren merikotkakantaan. Myös muissa tutkimuksissa on todettu tuulivoiman merkittävä vaikutus pesimättömiin merikotkiin, jotka yleensä liikkuvat laajemmilla alueilla (esim. Nygård ym. 2010).

4.1.2 Menetelmien vertailu

102 läpikäydystä hankkeesta vain 50 hankkeen YVA-selostuksessa oli laskettu törmäysarvio merikotkalle. Kymmenen reviirin alueella olevan hankkeen reviirillä oli pesitty YVA-selostuksen tekemisen aikana, eikä törmäysarviota silti ollut laskettu. Törmäysarvioiden laatu vaihteli hankkeittain. YVA-selostusten törmäysarvioissa oli eroja väistöliikkeen todennäköisyyden valitsemisessa, törmäysarvion minimin ja maksimin laskemisessa, pesivien ja muuttavien merikotkien törmäysarvion erittelyssä ja soveltuvamman törmäysmallinnusmenetelmän käyttämisessä. Etenkin törmäysarvion erottelu pesiville ja muuttaville merikotkille ja käytetty malli vaikuttavat törmäysarvion suuruuteen, koska pesivät ja kiertelevät merikotkat käyttävät ilmatilaa eri tavalla kuin yhteen suuntaan muuttava linnusto. Vain yksittäisissä hankkeissa oli käytetty maastotarkkailussa otantamenetelmää ja Bandin tilamallia törmäyslaskennassa tai eroteltu törmäysarviot muuttavien ja pesivien merikotkien välillä. Suurimmassa osassa hankkeita kaikkia havaittuja merikotkia käsiteltiin muuttavan linnuston tavoin. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa merikotka-arvioinniltaan laadukkaimmaksi hankkeeksi osoittautuneessa Björkbackenin YVA-hankkeessa vertailtiin eri menetelmillä saatuja merikotkien lentomääriä ja otantamenetelmällä saatiin yli kaksinkertainen määrä merikotkia muihin menetelmiin verrattuna (Tuohimaa 2021). Lisäksi suositellulla 95 % väistökertoimella laskettu törmäysmäärä on yli kaksinkertainen YVA-selostuksissa monesti käytettyyn 98 % kertoimeen verrattuna. Nämä erot todennäköisesti pienentävät YVA-selostusten törmäysarvioita.

Mallinnuksessa laskettiin törmäysarviot kaikille 111 hankkeelle ja sen mukaan 80 hankkeessa oli törmäysriski merikotkalle. Mallinnuksessa laskettiin törmäysarviot erikseen pesiville ja muuttaville merikotkille 95 % väistöliikkeellä ja tilamallilla, mikä tarkentaa arvioiden tarkkuutta verrattuna YVA-selostusten arvioihin. Mallinnuksessa laskettiin myös arvioiden minimi- ja maksimiarvot hankevaihtoehtojen minimin ja maksimin mukaan. Mallinnus on tehty myös ajankohtaisilla tiedoilla merikotkan pesimätiedoista, kun YVA-selostuksien arviot ovat YVA-prosessien aikaisilla tiedoilla tehtyjä. Toisaalta mallinnuksessa käytettiin kaikille hankkeille samaa voimalakokoa, joka oli laskettu usean hankkeen keskiarvoista. Sen lisäksi hankealueen pinta-aloina käytettiin hankkeiden tehosta johdettuja ympyränmuotoisia puskureita tarkkojen pinta-alojen sijaan. Tämä puolestaan heikentää mallinnuksen mukaisten törmäysarvioiden tarkkuutta verrattuna YVA-selostuksien arvioihin. Sen lisäksi mallinnus perustuu GPS-aineistoon, joka on saatu pienestä otoksesta merikotkia, mikä vähentää mallinnuksen luotettavuutta ja yleistettävyyttä. Sekä YVA-selostusten että

elinympäristömallinnuksen arvioihin liittyy huomattavia epävarmuuksia, jotka tarvitsisivat jatkotutkimusta.

Vaikka YVA-selostusten ja mallinnuksen törmäysarvioiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, hankkeiden yhteenlasketuissa törmäysarvioissa elinympäristömallinnus antoi YVA-selostuksia suuremman yhteistörmäysarvion niille 50 hankkeelle, joiden YVA-selostuksissa oli laskettu törmäysarviot. Etenkin minimiarvojen välinen ero oli suuri, sillä mallinnuksen minimiarvio oli kuusi merikotkaa suurempi kuin YVA-selostusten minimi. Tämä johtuu osittain siitä, että mallinnuksessa on käytetty jo valmistuneiden hankkeiden todellisia voimalamääriä sekä minimin että maksimin laskemiseen, kun YVA-selostuksissa ne on laskettu eri hankevaihtoehtojen mukaan. Vaikka mallinnuksen yhteisarvio onkin suurempi, se kuitenkin antaa enemmän YVA-selostuksen arvioita pienempiä arvoja kuin suurempia. Niissä arvioissa, joissa mallinnus antaa YVA-selostuksia suurempia arvoja, ero suhteessa YVA-selostuksien arvioihin on suurempi kuin YVA-selostuksia pienemmissä arvioissa.

Sekä YVA-selostusten että mallinnuksen arvioissa on epävarmuuksia, mutta mallinnuksen avulla voidaan arvioida myös niiden hankkeiden törmäysarvioita, joiden YVA-selostuksissa niitä ei ole laskettu tai joiden YVA-selostuksia ei ollut saatavilla, sekä verrata pesivien ja muuttavien merikotkien välisiä törmäysarvioita. Mallinnuksen perusteella YVA-selostusten kokonaisarvio merikotkien vuosittaisesta törmäysarviosta on alakanttiin, sillä niin monessa hankkeessa ei ollut laskettu törmäysarviota, vaikka sellainen mallinnuksen mukaan olisi.

4.1.3 Laadun vaihtelu hankkeittain

Hankkeiden laatua tarkasteltiin erikseen niiden hankkeiden välillä, joissa oli laskettu törmäysarvio ja joissa ei ollut laskettu. Molempien ryhmien laatupisteet olivat alhaisia verrattuna maksimipisteisiin, mutta hankkeilla, joissa törmäysarviot oli laskettu, laadun keskiarvo oli noin viisi pistettä parempi kuin törmäysarvioimattomilla. Tähän vaikuttaa tietenkin se, että moni arviointiasteikon kohta olettaa törmäysarvioiden laskemista, eli jos ne on laskettu, pisteitä saa automaattisesti enemmän. Silti törmäysarvioitujenkin hankkeiden laatu oli alhainen verrattuna mahdolliseen maksimiin, sillä hankkeilla laadun keskiarvo oli alle puolet maksimiarvoista ja laadultaan paras hanke oli kymmenen pistettä alhaisempi kuin maksimiarvo.

Laadun vaihtelu oli paljon suurempaa niissä hankkeissa, joissa oli laskettu merikotkien törmäysarviot. Asteikko soveltuu parhaiten niihin hankkeisiin, joissa törmäysarviot on laskettu

ja todennäköisesti siksi laadun vaihtelu tulee paremmin esille niissä. Törmäysarvioituissa hankkeissa suurimmat epävarmuudet kohdistuvat suoraviivaisesti muuttaville linnuille tarkoitetun mallin käyttämiseen, saman arvion laskemiseen kaikille merikotkille, yhteistörmäysarvion puuttumiseen, soveltumattomamman havainnointimenetelmän käyttämiseen, liian vähäiseen havainnointiin sekä törmäyksien vaikutusten analysointiin. Puutteita oli myös havaittavuusalueiden määrittelyssä, lentomäärien esittämisessä sekä sähkönsiirron vaikutusten arvioimisessa. Nämä epävarmuudet heikentävät törmäysarvioiden tarkkuutta sekä täten myös törmäyksien todenmukaisten vaikutusten arvioimista merikotkakantaan. Törmäysarvioimattomissa hankkeissa suurin puute on se, ettei törmäysarviota ole laskettu, vaikka merikotkia oli havaittu ja hanke osuisi reviirille. Elinympäristömallinnuksen mukaan suurimmassa osassa näistä hankkeista kuitenkin olisi jonkunlainen törmäysriski. Parhaiten YVA-selostuksissa käsiteltyjä kohtia olivat tieteellisen tiedon käyttäminen, haittojen vähentämistoimien, arvioinnin epävarmuuksien sekä seurantasuunnitelman esittäminen.

Konsulttien kiire ja hanketulva 2010-luvulla voivat vaikuttaa laadun heikkouteen. YVA-selostuksia läpikäydessä oli kuitenkin myös huomattavissa, että uudemmissa hankkeissa laatu oli yleisesti parempaa kuin vanhemmissa. Tähän varmasti vaikuttaa se, että tutkittua tietoa tuulivoiman vaikutuksista on tullut lisää ja sitä myötä parempia ohjeistuksia. Toisaalta ohjeistukset ja varsinkaan vaatimukset nykypäivänäkään eivät ole kovinkaan tiukkoja, mikä varmasti vaikuttaa YVA-selostusten laatuun. Uutta tutkimusta tuulivoiman vaikutuksista tulee kuitenkin koko ajan lisää. Maakotkalle laadittuja ohjeita onkin suositeltu otettavan käyttöön myös merikotkalle soveltuvien osin (Metsähallitus 2022), minkä vaikutuksen voi huomata esimerkiksi Björkbackenin YVA-selostuksen linnustoselvityksessä (Tuohimaa 2021). Myös WWF:n suosittama vähintään kahden kilometrin raja merikotkan pesän ja tuulivoimalan välillä on uudempien tutkimusten mukaan liian pieni (Krone & Treu 2018; Nebel ym. 2024). Nykyisiä ohjeistuksia myös ymmärretään väärin. Esimerkiksi edellä mainittua kahden kilometrin rajaa saatetaan tulkita liian tiukasti. Joissain YVA-selostuksissa yli kahden kilometrin päässä oleviin pesiin kohdistuvat vaikutukset jätettiin huomioimatta.

Laadun arviointiasteikon täyttäminen oli haastavaa etenkin hankkeissa, joissa merikotka oli havaittu vain yksittäisinä muuttavina yksilöinä. Tällaisten hankkeiden laatuvaatimuksien ei tarvitsekaan olla niin tarkkoja, kuin niissä, jotka osuvat merikotkan päämuuttoreiteille ja etenkin reviireille. Kuitenkaan useassa hankkeessa törmäysarvioita ei ollut laskettu, vaikka hanke osui merikotkan reviirille YVA-selostuksen tekemisen aikana. Tämän sekä muiden

epävarmuuksien seurauksena YVA-selostuksissa arvioidut vaikutukset eivät välttämättä ole todenmukaisia, jolloin saatetaan rakentaa tuulivoimaa, mikä vaikuttaa merikotkiin enemmän kuin YVA-selostuksissa on arvioitu. Jos arvioinnit eivät ole paikkansapitäviä, YVA-prosessi menettää tarkoituksensa.

Suomessa ja maailmalla on tutkittu sekä YVA-selostusten yleistä laatua että linnustovaikutusten laatua. Erään tutkimuksen mukaan Suomen YVA-selostusten laatua pidettiin hyvänä, joskin vaihtelevana (Jalava ym. 2010). Myös joitain puutteita löydettiin, kuten vaihtoehtojen vertailu, seurannan suunnittelu, kumulatiivisten vaikutusten arviointi sekä YVA-selostusten tulosten käyttö päätöksenteossa. Tuulivoimahankkeiden YVA-selostusten linnustovaikutusten arvioinnin puutteista taas nostetaan esiin erityisesti kumulatiivisten vaikutusten arvioinnin puute (Masden ym. 2010) ja YVA-selostusten sekä seurantojen tulosten vaikutus päätöksentekoon (Mäkeläinen & Lehikoinen 2021). Näitä samoja puutteita oli huomattavissa läpikäytyissä YVA-selostuksissa.

4.1.4 YVA-selostusten laadun ja törmäysarvioiden välinen korrelaatio

Tutkielman tulosten mukaan YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laadun ja YVA-selostusten törmäysarvioiden minimiarvojen välillä ei ollut korrelaatiota. Laadun ja törmäysarvioiden maksimiarvojen välillä vaikutti olevan positiivinen yhteys, mutta tilastotesti oli merkitsevyyden rajoilla. Laadun ja törmäysarvioiden korrelaatiotestissä oli mukana vain arviointiasteikon ensimmäinen osio, missä ei ollut paljoa vaihtelua hankkeiden välillä, mikä voi pienentää korrelaatiota. Merikotka-arvioinnin laadun vaikutusta törmäysarvioihin ei ole aiemmin tutkittu, mutta todennäköisesti laatua enemmän törmäysarvioiden suuruuteen vaikuttaa esimerkiksi hankkeen etäisyys merikotkan pesään ja ruokailualueisiin sekä merikotkan liikkuminen alueella. Merikotkien on havaittu suosivan synnyinpesän läheisyyttä, merenrantoja, rikkonaista saaristoa sekä kosteikkoja (Tikkanen ym. 2018), joten tuulivoimalan sijoittuminen tällaiselle alueelle todennäköisesti nostaa törmäysriskiä. YVA-selostusten arviot pohjautuvat yleensä maastohavainnointiin, ja jos hankealue osuu edellä mainituille alueille, todennäköisesti merikotkaa on tällöin myös havaittu enemmän. Tuulivoimaloiden sijoittumisella pesien läheisyyteen on todettu olevan vaikutusta merikotkien hengissä säilymiseen (Nebel ym. 2024). Huonolla arvioinnilla tai vähintäänkin yksittäisillä arvioinnin tekijöillä, kuten havainnointimenetelmällä tai väistöprosentilla on todennäköisesti vaikutusta törmäysarvioiden suuruuteen, mutta koska muut tekijät vaikuttavat siihen, sen vaikutusta voi

olla vaikea todentaa. On esimerkiksi mahdollista, että hyvien YVA-selostusten alueella ei liiku niin paljon merikotkia, jolloin törmäysarvio jää pieneksi vain siitä johtuen.

4.2 Aineistojen saatavuus

Ympäristöhallinnon verkkopalvelun mukaan jokaisella YVA-menettelyn läpikäyvällä hankkeella tulisi olla hankesivu verkkopalvelussa (ymparisto.fi). Kaikkien julkisten YVA-aineistojen pitäisi olla saatavilla verkkopalvelun hankesivuilla, mutta todella monesta hankkeesta puuttui aineistoja hankesivuilta. Voi myös olla mahdollista, että joiltakin hankkeilta puuttui hankesivu kokonaan, jolloin kyseiset hankkeet eivät ole mukana hankelistalla. Useammasta hankkeesta puuttuivat kaikki aineistot, joistakin YVA-selostus ja osasta vain yksittäisiä liitteitä. Ilman YVA-selostusta ja julkisia liitteitä oli vaikea selvittää viranomaisliitteiden olemassaoloa, sillä maininta niistä oli usein joko YVA-selostuksen liiteluettelossa tai jonkun liitteen liiteluettelossa. Joissakin tapauksissa viranomaisliite oli mainittuna selvityksessä vain yhdessä lauseessa, esim. “merikotkasta on laadittu erillisraportti viranomaiskäyttöön”. Useassa hankkeessa ei myöskään mainittu mitä lajia viranomaisliitteet koskee, mikä myös vaikeutti liitteiden saamista. On myös mahdollista, että hankkeita, joissa esiintyy merikotka, on jäänyt puuttumaan hankelistalta, jos saatavissa aineistoissa ei ole mainittu merikotkaa eikä ELY-keskus ole pystynyt käymään kaikkia puuttuvia aineistoja läpi.

Osa puuttuvista aineistoista ja viranomaisliitteistä löytyi ELY-keskuksien arkistoista, mutta osa jäi löytymättä. Varsinkin vanhempien hankkeiden aineistot olivat vaikeita löytää, sillä niitä ei välttämättä ollut tallennettu ELY-keskuksien nykyiseen asiahallintajärjestelmään. Aineistojen saamisessa myös kesti todella pitkään johtuen ELY-keskusten työntekijöiden kiireestä. Suurin osa puuttuvista aineistoista oli Pohjois- ja Etelä-Pohjanmaiden ELY-keskuksien alueilta, mihin todennäköisesti vaikuttaa se, että näillä alueilla tuulivoimahankkeita on huomattavasti enemmän kuin muiden ELY-keskuksien alueilla. YVA-selostuksen puuttuessa hankkeista ei voinut ottaa ylös mahdollista merikotkan törmäysarviota tai arvioida laatua. Kyseiset hankkeet olivat mukana vain merikotkan elinympäristömallinnuksen avulla lasketuissa törmäysarvioissa. Hankkeista, joista puuttui liitteitä, on todennäköisesti saatu ylös törmäysarviot, sillä ne kerrotaan lähes aina YVA-selostuksessa, mutta laadun arviointiin liitteiden puuttumisella voi olla vaikutusta. 23 hankkeessa, 21 Pohjois-Pohjanmaalta ja kaksi Etelä-Pohjanmaalta, puuttuvat liitteet olivat petolintu- ja merikotkaliitteitä tai luonto- ja linnustonselvityksiä, joissa menetelmät on yleensä kerrottu YVA-selostusta tarkemmin. Näissä hankkeissa laadun

arviointiasteikossa voi olla jotain puutteita, sillä ne on tehty vain saatavilla olevien tietojen mukaan.

4.3 Jatkotutkimusaiheet ja suositukset

Mahdollisia jatkotutkimusaiheita olisi tässä tutkielmassa tai muilla menetelmillä koottujen törmäysarvioiden vaikutusten analysointi populaatiomallilla (esim. Caswell 2001; Krüger ym. 2010). Populaatiomallien avulla saadaan arvioitua törmäyskuolleisuuden vaikutuksia populaation kasvukertoimeen. Populaatiomalleja on käytetty yksittäisten YVA-selostusten vaikutusten arvioinneissa sekä Pohjanmaan, Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaan kantojen arvioinnissa (Tikkanen ym. 2022). Tikkasen ym. (2022) mukaan törmäysten aiheuttaman lisäkuolleisuuden sietokyvyn tarkastelussa tarvittavia tietoja olisi myös tärkeä saada selvitettyä kotimaisista populaatioista. Törmäyskuolleisuus on myös vain yksi tapa, millä tuulivoima voi vaikuttaa merikotkaan. Myös elinympäristöjen pirstaloituminen ja muutokset, estevaikutukset ja muihin rakenteisiin, kuten sähkölinjoihin törmäminen voivat vaikuttaa merikotkaan. Esimerkiksi maakotkalla (*Aquila chrysaetos*) voimajohtojen on havaittu olevan yksi yleisimpiä kuolinsyitä Suomessa (Saurola ym. 2013). Olisi hyvä lisätä tutkimusta myös muihin tapoihin, joilla tuulivoima saattaa vaikuttaa merikotkaan.

Lisäksi tarvitaan tutkimusta siitä, miten tuulivoiman aiheuttamia haittoja voidaan mahdollisimman hyvin ehkäistä. Parhaiten haittoja voi tietenkin ehkäistä harkitsemalla tarkkaan, minne tuulivoimalat sijoitetaan. Pohjanmaan, Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaan (Tikkanen ym. 2022) arvion mukaan voimalapaikkoja pitäisi vähentää merikotkareviireiltä 462 kappaletta tutkitusta 3587 potentiaalisesta voimalapaikasta, jotta reviirikohtainen riskiraja ei ylittyisi. Useiden tutkimusten mukaan parhaat paikat tuulivoimaloille olisivat kaukana rannikon pesimä- ja ruokailualueista, eli joko sisämaassa tai meressä etäällä rantaviivasta (May 2013; Balotari-Chiebao ym. 2018; Tikkanen ym. 2018). Suomessa ollaan lisäämässä merituulivoimaa, sillä tällä hetkellä toiminnassa olevan yhden merituulivoimapuiston lisäksi suunnitteilla on 32 uutta merituulivoimahanketta (Suomen uusiutuvat ry 2024b). Jos näitä suunnitellaan tarpeeksi kauas rantaviivasta, hankkeet eivät aiheuttaisi niin paljon haittaa merikotkille (Balotari-Chiebao ym. 2018). Koska Suomessa rannikkoalueet ovat kuitenkin edelleen otollisinta aluetta tuulivoimalle, tarvitaan muitakin keinoja haittojen lieventämiseen. Jos tuulivoimaa päädytään rakentamaan merikotkien reviireille, olisi tärkeä jättää suojapuskuri pesän ympärille ja mielellään nykyistä kahden kilometrin rajaa suurempi. Lisäksi pesän ja

ruokailuympäristön väliset alueet tulisi jättää tuulivoimatuotannon ulkopuolelle kuten myös päämuuttoreittien keskittymäalueet. Tuulivoimaloihin törmäyksiä voidaan ehkäistä myös erilaisilla keinoilla, kuten tutka- tai kuva-avusteisella pysäytysautomaatiikalla, lapojen värjämisellä tai äänikarkotteilla. Kyseisten menetelmien toimivuus tarvitsee kuitenkin lisää tutkimusta (Tikkanen ym. 2022).

Tutkielman mukaan sekä YVA-selostuksien merikotka-arvioinnin sekä merikotkien elinympäristömallinnuksen menetelmät ovat puutteellisia ja kaipaavat lisätutkimusta. Merikotkien maasto- ja GPS-seurannat ovat tärkeässä roolissa vaikutusten arviointien tarkentumista varten. Maakotkalla laadituista ohjeista saa hyvät ohjenuorat myös merikotkan arviointia varten, kuten myös tämän tutkielman arviointiasteikosta, joka osittain pohjautuukin maakotkaohjeeseen. Yksittäisten YVA-selvitysten lisäksi tarvitaan myös mallinnuksia, joissa tarkastellaan hankkeiden yhteisvaikutuksia.

Kun tuulivoimaa kuitenkin päädytään rakentamaan merikotkien kannalta haitallisille alueille, vaikutusten seurannalla on suuri merkitys. Lakisääteisiä seurantavelvoitteita ei ole, joten satunnaista seuranta tehdään vain joko toimijoiden vapaaehtoisuuteen perustuen tai joissain tapauksissa kuntien asettamiin ympäristölupaehtoihin liittyen. Törmänneitä merikotkia ei ole seurattu tai tilastoitu kunnollisesti, mutta merikotkatyöryhmälle kantautuu eri lähteistä tietoa törmänneistä merikotkista. Suurin osa törmänneistä merikotkista jää myös todennäköisesti löytämättä. Toisaalta ei ole tietoa siitä mitä tapahtuu, jos seurannoissa löydetään törmänneitä merikotkia tai todetaan muita haitallisia vaikutuksia. YVA-prosessin puutteisiin lukeutuukin YVA-selostusten ja seurantojen tulosten vaikutuksen vaikea todettavuus päätöksentekoon (Jalava ym. 2010; Mäkeläinen & Lehikoinen 2021). Olisi tärkeää tutkia, miten paljon YVA-selostuksissa tai niiden seurannoissa todetut vaikutukset todellisuudessa vaikuttavat tuulivoimatuotantoon Suomessa.

4.4 Yhteenveto

Tutkielmassa mukana olleiden hankkeiden mukaan jopa kymmeniä merikotkia törmää vuodessa tuulivoimaloihin, jos kyseiset hankkeet toteutuvat. Nämäkin arviot voivat olla alakanttiin, sillä mukana ei ole kaikkia tuulivoimaloita ja uusia hankesuunnitelmia ilmaantuu lisää joka vuosi. Tämän lisäksi YVA-selostusten merikotka-arvioinnin laadussa on epävarmuuksia, mikä voi heikentää YVA-selostusten mukaisten arvioiden tarkkuutta.

Ympäristövaikutusten arviointi on tärkeässä roolissa haittojen ehkäisyssä ja siksi YVA-prosessiin kuuluvat selvitykset ovat oleellisia merikotkan suojelussa. YVA-selostukset kaipaisivat selkeämpiä ohjeistuksia, tiukempia vaatimuksia ja menetelmien kehittämistä, jotta vaikutusten arviointi olisi yhtenäisempää hankkeiden välillä ja tuottaisi todenmukaisia arvioita törmäysriskeistä ja populaatiovaikutuksista. YVA-selostukset kuitenkin tarkastelevat vaikutuksia yleensä vain paikallisella tasolla, joten on tärkeää pitää mielessä myös kokonaiskuva tuulivoiman voimakkaasta kasvusta koko Suomen laajuudella. Olisi erittäin tärkeää seurata toteutuneiden hankkeiden vaikutuksia merikotkiin ja kehittää arviointimenetelmiä sekä laatia huolellisia vaikutusten arvioita, jotta tuulivoima ei aiheuttaisi uhkaa merikotkan kannalle Suomessa.

Kiitokset

Kiitos Hannu Tikkaselle ja Metsähallitukselle mielenkiintoisesta graduaiheesta ja sen tekemisen mahdollistamisesta. Haluan kiittää pro gradu -tutkielmani ohjaajia Toni Laaksosta sekä Hannu Tikkasta ohjaustyöstä, asiantuntemuksesta sekä avusta tutkielman aikana. Kiitos Hannulle myös arviointiasteikon pohjan luomisesta sekä elinympäristömallin laatimisesta aineistolle. Kiitokset Toni Etholenille ja Minna Takalolle avusta laadun arviointiasteikon viilaamisessa. Kiitos myös kaikille muille ELY-keskusten työntekijöille, jotka etsivät ja toimittivat YVA-aineistoja tutkielmaa varten. Lisäksi kiitos Pyry Toivoselle avusta R-ohjelmiston kanssa.

Lähteet

AEWA (Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds). (2015). Resolution 6.11. Addressing impacts of renewable energy deployment on migratory waterbirds. Adopted by 6th Session of the Meeting of the Parties (9–14. November 2015, Bonn, Germany).

Balotari-Chiebao, F., Brommer, J. E., Niinimäki, T. & Laaksonen, T. (2016a). Proximity to wind-power plants reduces the breeding success of the white-tailed eagle. *Animal Conservation*, 19, 265–272. <https://doi.org/10.1111/acv.12238>

Balotari-Chiebao, F., Villers, A., Ijäs, A., Ovaskainen, O., Repka, S. & Laaksonen, T. (2016b). Post-fledging movements of white-tailed eagles: Conservation implications for wind-energy development. *Ambio*, 45, 831–840. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0783-8>

Balotari-Chiebao, F., Brommer, J. E., Saurola, P., Ijäs, A. & Laaksonen, T. (2018). Assessing space use by pre-breeding white-tailed eagles in the context of wind-energy development in Finland. *Landscape and Urban Planning*, 177, 251–258. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.012>

Barrios, L. & Rodríguez, A. (2004). Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology*, 41, 72–81. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00876.x>

Band, W., Madders, M. & Whitefield, D. (2007). Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. Teoksessa: Lucas, M., Janss, G. & Ferrer, M. (2007). *Birds and wind farms: Risk Assessment and Mitigation*, 259–275. Quercus, Madrid.

Bayle, P. (1999). Preventing birds of prey problems at transmission lines in Western Europe. *Journal of Raptor Research* 33, 43–48. <https://digitalcommons.usf.edu/jrr/vol33/iss1/4>

Bevanger, K. M., Berntsen, F. E. H., Clausen, S. M., Dahl, E. L., Flagstad, Ø., Follestad, A., Halley, D. J., Hanssen, F. O., Johnsen, L., Kvaløy, P., Lund-Hoel, P., May, R. F., Nygård, T., Pedersen, H.-C., Reitan, O., Røskaft, E., Steinheim, Y., Stokke, B. G. & Vang, R. (2011). Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway (BirdWind). Report on findings 2007-2010. *NINA rapport*. Norsk institutt for naturforskning.

Caswell, H. (2001). *Matrix population models: Construction, analysis, and interpretation, Second edition*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.

Dahl, E. L., Bevanger, K., Nygård, T., Røskaft, E. & Stokke, B. G. (2012). Reduced breeding success in white-tailed eagles at Smøla windfarm, western Norway, is caused by mortality and displacement. *Biological Conservation*, 145, 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.10.012>

Dahl, E. L., May, R., Hoel, P. L., Bevanger, K., Pedersen, H. C., Røskaft, E. & Stokke, B. G. (2013). White-tailed eagles (*Haliaeetus albicilla*) at the Smøla wind-power plant, Central Norway, lack behavioral flight responses to wind turbines. *Wildlife Society Bulletin*, 37, 66–74. <https://doi.org/10.1002/wsb.258>

Drewitt, A. L. & Langston, R. H. W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, 148, 29–42. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>

Ekblad, C., Tikkanen, H., Sulkava, S. & Laaksonen, T. (2020). Diet and breeding habitat preferences of White-tailed Eagles in a northern inland environment. *Polar Biology* 43, 2071–2084. <https://doi.org/10.1007/s00300-020-02769-1>

Ekblad, C., Tikkanen, H. & Karlin, O-P. (2023). Merikotka poronhoitoalueella – Selvitys merikotkan porotaloudelle aiheuttamista vahingoista. Sääksisäätiö.

Ekblad, C. & Tikkanen, H. Julkaisematon, henkilökohtainen tiedonanto 01.03.2024.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/147/EY, annettu 30 päivänä marraskuuta 2009, luonnonvaraisten lintujen suojelusta.

Gove, B., Langston, R.H.W., McCluskie, A., Pullan, J.D. & Scrase, I. (2013). Wind farms and birds: an updated analysis of the effects of wind farms on birds, and best practice guidance on integrated planning and impact assessment. Report prepared by BirdLife International on behalf of the Bern Convention. Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats: Bern Convention Bureau Meeting. Strasbourg, France.

Helsinki Commission 2013. (2013). Background report on potential conflicts between bird conservation and wind power production in the Baltic Sea. Agenda Item 6: HELCOM Recommendations under HABITAT. – Nature Protection and Biodiversity Group 15th Meeting (14-17.2013 May, Riga, Latvia).

Jalava, K., Pasanen, S., Saalasti, M. & Kuitunen, M. (2010). Quality of Environmental Impact Assessment: Finnish EISs and the opinions of EIA professionals. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 28, 15–27. <https://doi.org/10.3152/146155110X488826>

Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Shepherd, M.F., Shepherd, D.A. & Sarappo, S.A. (2002). Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale wind-power development on Buffalo Ridge, Minnesota. *Wildlife Society Bulletin*, 30, 879–887. <http://www.jstor.org/stable/3784243>

Lokki, H., Ekblad, C., Högmander, J., Laaksonen, T., Penttinen, I. & Stjernberg, T. (2024). Runsastuva merikotkakanta leviää hitaasti. *Linnut-vuosikirja 2023*, 36–45.

Kassambara, A. (2023). `_ggpubr: 'ggplot2' Based Publication Ready Plots_`. R package version 0.6.0. <<https://cran.r-project.org/package=ggpubr>>

Krijgsveld, K. L., Akershoek, K., Schenk, F., Dijk, F. & Dirksen, S. (2009). Collision Risk of Birds with Modern Large Wind Turbines. *Ardea*, 97, 357–366. <https://doi.org/10.5253/078.097.0311>

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>

Krone, O. & Treu, G. (2018). Movement patterns of white-tailed sea eagles near wind turbines. *The Journal of Wildlife Management*, 82, 1367–1375. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21488>

Krüger, O., Grünkorn, T. & Struwe-Juhl, B. (2010). The return of the white-tailed eagle (*Haliaeetus albicilla*) to northern Germany: Modelling the past to predict the future. *Biological Conservation*, 143, 710–721. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.010>.

Laki viranomaisten toiminnan julkisuudesta 621/1999.

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 468/1994.

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017, liite 1.

Latvasilmu osk. (2024). Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaiHEMAAKUNTAKAAVA. Natura 2000-verkoston kohdistuvien riskien tunnistaminen. Pohjois-Pohjanmaan liitto 6/2024.

Lehikoinen, A., Jukarainen, A., Mikkola-Roos, M., Below, A., Lehtiniemi, T., Pessa, J., Rajasärkkä, A., Rintala, J., Rusanen, R., Sirkiä, P., Tiainen, J. & Valkama, J. (2019). Linnut. Teoksessa: Hyvärinen, E., Juslén, A., Kempainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.). (2019). *Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019*, 560–570. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki.

Lehtiniemi, T. & Toivanen, T. (2023). Lintujen päämuuttoreitit Suomessa - päivitys 2023. BirdLife Suomi.

Luonnonsuojelulaki 9/2023.

Martin, G. R., Portugal, S. J. & Murn, C. P. (2012). Visual fields, foraging and collision vulnerability in *Gyps* vultures. *Ibis*, 154, 626–631. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2012.01227.x>

Masden, E. A., Haydon, D. T., Fox, A. D., Furness, R. W., Bullman, R. & Desholm, M. (2009). Barriers to movement: Impacts of wind farms on migrating birds. *ICES Journal of Marine Science*, 66, 746–753. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp031>

Masden, E. A., Fox, A. D., Furness, R. W., Bullman, R. & Haydon, D. T. (2010). Cumulative impact assessments and bird/wind farm interactions: Developing a conceptual framework. *Environmental Impact Assessment Review*, 30, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.05.002>

May, R., Nygård, T., Dahl, E. L. & Bevanger, K. (2013). Habitat utilization in white-tailed eagles (*Haliaeetus albicilla*) and the displacement impact of the Smøla wind-power plant. *Wildlife Society Bulletin*, 37, 75–83. <https://doi.org/10.1002/wsb.264>

Metsähallitus. (2022). Hyvät käytännöt maakotkalle aiheutuvien vaikutusten arviointiin – esimerkkiraportti Nimettömänkankaan tuulivoimahankkeesta. *Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja, A 241*. Metsähallitus, Vantaa.

Mäkeläinen, S. & Lehikoinen, A. (2021). Biodiversity and bird surveys in Finnish environmental impact assessments and follow-up monitoring. *Environmental Impact Assessment Review*, 87, 106532-. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106532>

Nebel, C., Stjernberg, T., Tikkanen, H. & Laaksonen, T. (2024). Reduced survival in a soaring bird breeding in wind turbine proximity along the northern Baltic Sea coast. *Biological Conservation*, 294, 110604-. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110604>

Nurmio, K. & Pakarinen, H. (2024). Tuulivoimapotentiaali Suomessa. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja 10/2024*. Suomen ympäristökeskus.

Nygård, T., Bevanger, K., Dahl, E.L., Flagstad, Ø., Follestad, A., Hoel, P.L., May, R. & Reitan, O. (2010). A study of White-tailed eagle *Haliaeetus albicilla* movements and mortality at a wind farm in Norway. *BOU Proceedings – Climate Change and Birds*. Leicester, England.

Pearce-Higgins, J.W., Stephen, L., Langston, R.H.W., Bainbridge, I.P. & Bullman, R. (2009). The distribution of breeding birds around upland wind farms. *Journal of Applied Ecology*, 46, 1323–1331. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01715.x>

Pearce-Higgins, J. W., Stephen, L., Douse, A. & Langston, R. H. W. (2012). Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: Results of a multi-site and multi-species analysis. *Journal of Applied Ecology*, 49, 386–394. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02110.x>

Pebesma, E. (2018). Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal* 10, 439–446. <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>

Pebesma, E., & Bivand, R. (2023). Spatial Data Science: With Applications in R. *Chapman and Hall/CRC*. <https://doi.org/10.1201/9780429459016>

Ramboll Finland. (2022). Björkbackenin tuulivoimahankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostus.

Reed, D. H., O’Grady, J. J., Ballou, J. D. & Frankham, R. (2003). The frequency and severity of catastrophic die-offs in vertebrates. *Animal Conservation*, 6, 109–114. <https://doi.org/10.1017/S1367943003003147>

Santangeli, A., Butchart, S. H. M., Pogson, M., Hastings, A., Smith, P., Girardello, M. & Moilanen, A. (2018). Mapping the global potential exposure of soaring birds to terrestrial wind energy expansion. *Ornis Fennica*, 95, 1–14. <https://doi.org/10.51812/of.133925>

Saurola, P., Valkama J. & Velmala W. (2013). *Suomen Rengastusatlas I*. Luomus, Helsinki.

Scottish Natural Heritage. (2018). Avoidance Rates for the onshore SNH Wind Farm Collision Risk Model. Scottish Natural Heritage.

Smith, J. A. & Dwyer, J. F. (2016). Avian interactions with renewable energy infrastructure: An update. *The Condor*, 118, 411–423. <https://doi.org/10.1650/condor-15-61.1>

Stjernberg, T., Nuuja, I., Laaksonen, T., Koivusaari, J., Ollila, T., Keränen, S., Lokki, H. & Saurola, P. (2015). Suomen merikotkat 2013–2015. *Linnut vuosikirja 2015*, 20–29.

Stjernberg, T. (2024). Sääksisäätiön merikotkatyöryhmä, henkilökohtainen tiedonanto. 10.10.2024.

Suomen Tuulivoimayhdistys ry. (2024). Tuulivoimahankkeet Suomessa 1/2024.

Suomen uusiutuvat ry. (2024a) Tuulivoimahankkeet Suomessa – Tuulivoimakartta. <<https://suomenuusiutuvat.fi/tuulivoima/hankkeet-ja-voimalat-suomessa/kartta/>> [Luettu 24.10.2024]

Suomen uusiutuvat ry. (2024b). Tuulivoimahankkeet Suomessa 10.6.2024.

Suorsa, V. (2019). Linnustovaikutusten seuranta suomalaisissa tuulivoimapuistoissa. *Linnutusvuosikirja 2018*, 148–155.

Sääksisäätiön merikotkatyöryhmä & Tikkanen, H. (2023). Henkilökohtainen tiedonanto 20.02.2023.

Tammelin, B., Vihma, T., Atlaskin, E., Badger, J., Fortelius, C., Gregow, H., Horttanainen, M., Hyvönen, R., Kilpinen, J., Latikka, J., Ljungberg, K., Mortensen, N. G., Niemelä, S., Ruosteenoja, K., Salonen, K., Suomi, I. & Venäläinen, A. (2013). Production of the Finnish Wind Atlas. *Wind Energy*, 16, 19–35. <https://doi.org/10.1002/we.517>

Tikkanen, H., Balotari-Chiebao, F., Laaksonen, T., Pakanen, V.-M. & Rytönen, S. (2018). Habitat use of flying subadult White-tailed Eagles (*Haliaeetus albicilla*): Implications for land use and wind power plant planning. *Ornis Fennica*, 95, 137–150. <https://doi.org/10.51812/of.133937>

Tikkanen, H., Ekblad, C. & Tuohimaa, H. (2022). Tuulivoiman vaikutukset maa- ja merikotkaan sekä sääkseen Pohjanmaalla, Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla. Pohjanmaan-, Etelä- ja Keski-Pohjanamaan maakuntaliitot.

Tuohimaa, H. (2019). Puskakorven tuulivoimapuiston osayleiskaava. Täydennysselvitys vaikutuksista merikotkaan. Ramboll Finland.

Tuohimaa, H. (2021). Uudenkaarlepyyn Björkbackenin tuulivoimahanke linnustaselvitys. Ramboll Finland.

R Core Team. (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>

Valkama, J., Vepsäläinen, V. & Lehtikoinen, A. (2011). *Suomen III Lintuatlas*. Luonnontieteellinen keskusmuseo ja ympäristöministeriö, Helsinki.

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L.D., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T.L., Miller, E., Bache, S.M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D.P., Spinu, V., Takahashi, K., Vaughan, D., Wilke, C., Woo, K. & Yutani H. (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4, 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

World Wind Energy Association. (2024a). WWEA Annual Report 2023: Record Year for windpower. <<https://wwindea.org/AnnualReport2023>> [Luettu 15.5.2024]

World Wind Energy Association. (2024b). Country report – Finland. <<https://wwindea.org/country-reports/europe/finland>> [Luettu 15.5.2024].

WWF Suomi. (2015). Ohje merikotkien huomioon ottamiseksi tuulivoimaloita suunniteltaessa.

Ympäristöministeriö. (2016a). Linnustovaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa. *Suomen ympäristö 6 /2016*. Rakennettu ympäristö, Ympäristöministeriö, Helsinki.

Ympäristöministeriö. (2016b). Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, päivitys 2016. *Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016*. Rakennettu ympäristö, Ympäristöministeriö, Helsinki.

Liitteet

Liite 1. Niiden YVA-selostusten laatupisteet, joissa on laskettu törmäysarvio merikotkalle

Hanke	Havainnoinnin määrä	Havaittavuusalueet	Havainnoinnin muuttamiskäytännöt	Vuodet	Lentomäärä tunteina	Riski-korkeus	Muuttavat ja pesivät eroneito	Törmäysmalli	Yhteisvaikutukset	Julkaisu-tilanne	Tieteilin-tieto	Poikas-tuotto	Havainnointi-kokemus	Populaatio-mallin-muutos	Sähkön-siirto	Havainnointi-paikat kartalla	Alueet kartalla	Ajat alueittain	Havainnot kartalla	Vaihto-ehdot-tarkastelut	Mene-telmien-vertailu	Haittojen vähentä-mistoimet	Seuranta	Epävarmuudet
Ahlaisten Lammi	2	0	2	3	0	3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1
Björkbacken	3	2	3	3	0	3	1	3	3	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bredåsen	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	1	1	1
Böle	0	0	1	3	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1
Hedet-Björkliden	2	0	2	3	0	3	1	2	3	0	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
Isoneva II	2	2	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Jokela	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	2	2	1	0	0	0	0	1	0	1	1
Jurfskogen	3	0	2	3	0	0	1	2	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kälajoen Läntiset	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
Kangasvuoli	2	0	1	3	2	0	1	0	3	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Karhukangas	2	0	1	3	2	0	1	0	1	3	1	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
Karhuneuvankangas	2	0	2	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Kemionsaari	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
Kivivaara-Peuravaara	1	0	0	1	3	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
Kokkopieltäkö	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Kolsa-Juvansuo	2	0	2	3	2	3	1	2	3	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Koppsa III	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
Kuoronkallio	1	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
Leipion laajennus	0	0	1	3	2	0	1	0	1	3	1	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Leipin-Mökky	2	0	2	3	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Lumivaara	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
Länsi-Tololampi	1	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	1	1	1
Maanakkainen	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Maaselkä ja Hepoharju	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
Metsälamminkangas	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Murtojärvi 2	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Murtovuoli	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Murtovuoli	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1
Mustilankangas	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
Mutkalampi	1	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	2	2	1	0	0	1	0	1	1	1	1
Nylykangas	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Nimimäki	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Pahkavaara	0	2	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1	0	1
Palokangas	0	0	1	3	2	0	0	1	0	1	1	0	0	2	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
Parhalampi	2	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Pettroo	1	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
Pesola ja Korkeanmaa	2	0	2	3	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Pirkälänvuori	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1
Pohusjärvi	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
Puskakorvenkallio	2	0	2	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Raabe eteläiset	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
Raabe itäiset	0	0	1	3	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	2	1	0	0	1	0	0	1	1	1
Seppimäki ja Tikkaala	0	0	1	3	0	0	1	0	1	3	1	0	0	2	2	1	0	0	0	1	0	1	1	1
Sirno	0	0	1	3	0	0	0	1	3	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	1	1	1
Suurhiekkä	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	2	2	1	0	0	0	1	0	1	1	1
Tahkoluoto	0	0	1	3	2	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Tohkoja	0	0	1	3	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Toholampi-Lestijärvi	2	0	1	3	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
Tolpanvaara-Jylhävaara	3	0	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
Viaatti	0	0	1	3	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
Yli-Ollava	2	0	1	3	0	0	1	0	1	3	1	0	1	0	2	1	0	1	1	1	0	1	1	1

