

Teuvan Siltanevan tuulivoimapuiston muuttolinnuston törmäysmallinnus 2023–2024

Tilaaaja

Sweco Finland Oy

Laatija

Biologi, FM William Velmala

Tmi William Velmala, y-tunnus: 2813189-7

Raportti

Versio 1.1; 14.2.2025

Viittaus: Velmala, W. 2025. Teuvan Siltanevan tuulivoimapuiston muuttolinnuston törmäysmallinnus 2023–2024. – Sweco Finland Oy.

Sisällysluettelo

YHTEENVETO.....	2
JOHDANTO	3
MENETELMÄT	3
TULOKSET	4
JOHTOPÄÄTÖKSET	12
EPÄVARMUUSTEKIJÄT JA VIRHELÄHTEET	13
KIRJALLISUUS.....	15
LIITE 1. LÄPIMUUTTAVA LINNUSTO.....	16

Yhteenveto

Raportti esittelee Teuvan Siltanevan tuulivoimahankkeen muuttolinnuston törmäysmallinnusten tulokset. Mallinnukset perustuvat keväällä ja syksyllä 2023 sekä syksyllä 2024 laadittuihin muuttavien lintujen maastotarkkailuihin. Mallinnus on laadittu jokaiselle muuttokaudelle erikseen. Mallinnus laadittiin kahdelle eri toteutusvaihtoehdolle: VE1 sisältää yhdeksän voimalaa ja VE2 kahdeksan voimalaa. Törmäysmallinnus tehtiin yleisesti käytössä olevalla ns. Bandin menetelmällä (Scottish Natural Heritage 2000, Band ym. 2007). Mallinnus antaa arvion siitä, miten monta yksilöä kustakin lajista todennäköisesti törmäisi tuulivoimaloihin vuosittain tutkitulla tuulivoimapuistolla.

Törmäysmallinnuksen perusteella **keväällä** suurin törmäysriski, kohdistuu taigametsähanheen ja määrittämättömiin *Anser*-suvun harmaahanhiin (käytännössä metsä- ja/tai tundrahanhiin). Yhteenlaskettuna ja muutontarkkailuissa havaitut lentokorkeudet sekä vain hankealueen kautta muuttavat linnut huomioiden, törmäyksiä tapahtuisi näillä lajeilla kerran 5–10 vuodessa.

Syksyn 2023 aineiston perusteella suurin törmäysriski kohdistuu mallinnuksen mukaan räkättirastaaseen, peippoon, sepelkyyhkyyn ja metsähanheen, mutta syksyllä 2023 valtaosa linnuista muutti seudulla törmäyskorkeuden alapuolella. Törmäys-

määrät jäävät lentokorkeudet huomioiden pienemmiksi kuin 1 törmäystä 10 vuodessa.

Syksyn 2024 aineiston perusteella suurin törmäysriski on peipolla, räkättirastaalla (mukaan lukien rastalaji) ja sepelkyyhkyllä, mutta riskit ovat vuoden 2023 aineistoon verrattuna pienempiä. Peipot ja rastaat muuttavat lähes yksinomaan törmäyskorkeuden alapuolella. Sepelkyyhkyllä törmäyskorkeus huomioiden törmäyksiä tulisi yksi 5–7 vuotta kohden.

Kahden eri syksyn aineistoissa mallinnus tuotti pitkälti samankaltaisen tuloksen, jonka mukaan suurimmat riskit kohdistuvat runsaslukuisina muuttaviin sepelkyyhkyyn, räkättirastaaseen ja peippoon.

Törmäysmallinnuksessa ei huomioitu sitä, että osa Siltanevan voimaloista sijaitsee osittain peräkkäin lintujen muuttosuuntaan nähden tämänhetkisen voimaloiden sijoitussuunnitelman mukaan. Tämä lähtökohtaisesti pienentää törmäysriskiä.

Mallinnuksen perusteella hankevaihtoehdot (VE1 ja VE2) eivät eroa toisistaan merkittävästi linnustolle aiheutuvan törmäysriskin näkökulmasta.

Johdanto

Raportti esittelee Teuvan Siltanevan tuulivoimahankkeen muuttolinnuston törmäysmallinnusten tulokset. Mallinnukset perustuvat keväällä ja syksyllä 2023 sekä syksyllä 2024 laadittuihin muuttavien lintujen maastotarkkailuihin (Ahlman 2023a, 2023b, Mutanen 2024).

Menetelmät

Törmäysmallinnuksen tarkoituksena on antaa kvantitatiivinen (määrällinen) arvio suunnitellun tuulivoimapuiston alueen läpi muuttavan linnuston riskistä törmätä tuulivoimaloihin. Törmäysmallinnus tehtiin yleisesti käytössä olevalla ns. Bandin menetelmällä (Scottish Natural Heritage 2000, Band ym. 2007). Mallinnus antaa arvion siitä, miten monta yksilöä kustakin lajista todennäköisesti törmäisi tuulivoimaloihin vuosittain tutkitulla tuulivoimapuistolla.

Törmäysmallinnuksessa lasketaan ensin (vaihe 1) todennäköisyys sille, että lintu lentää tuulivoimapuiston ns. riski-ikkunan eli roottoreiden pyyhkäisyalan läpi. Riski-ikkuna tarkoittaa tuulivoimapuiston kaikkien voimaloiden roottoreiden yhteenlaskettua pyyhkäisypinta-alaa. Yksittäisen linnun todennäköisyys lentää riski-ikkunassa lasketaan jakamalla riski-ikkuna havaintoikkunalla. Havaintoikkuna puolestaan muodostuu hankealueen leveydestä ja korkeudesta. Korkeudeksi katsotaan tässä yhteydessä metsän latvuserroksen (~20 m maanpinnasta) ja voimaloiden kokonaiskorkeuden (300 m) välinen alue.

Seuraavaksi (vaihe 2) lasketaan todennäköisyys sille, että yksittäinen lintu törmää roottorin lapaan lentäessään riski-ikkunassa

Sweco Finland Oy toimitti mallinnusta varten tiedot hankealueesta ja voimaloiden mitoista sekä muita lähtötietoja. Mallinnus laadittiin kahdelle eri toteutusvaihtoehdolle: VE1 sisältää yhdeksän voimalaa ja VE2 kahdeksan voimalaa.

(eli roottoreiden pyyhkäisyalan läpi). Tämä lasketaan kullekin muutonseurannoissa havaitulle lajille erikseen. Kookkailla ja hitaasti lentävillä linnuilla on korkeampi riski törmätä kuin pienikokoisilla ja nopeasti lentävillä. Laskennassa huomioidaan muun muassa linnun pituus ja siipien kärkiväli (Cramp ym. 1977–1994, Svensson ym. 2022), lentonopeus (Bruderer & Boldt 2001, Alerstam ym. 2007) sekä voimalan keskimääräinen pyörimisnopeus ja roottorin lavan paksuus (tilaajan toimittama aineisto). Laskenta tehdään tarkoitusta varten kehitetyllä Excel-laskurilla (Nature Scot 2024).

Muutonseurantojen avulla on saatu käsitys muuttavien lintujen yksilömääristä hankealueella ja sen läheisyydessä. Niiden perusteella on asiantuntija-arviona määriteltä hankealueen läpi muuttavan kannan koko lintulajeittain ja kevät- ja syysmuuton osalta erikseen. Vuonna 2023 kevätmuuttoa seurattiin 80 tunnin ajan ja syysmuuttoa samoin 80 tuntia (Ahlman 2023a, 2023b). Vuonna 2024 syysmuuttoa seurattiin yhteensä 94 tuntia (Mutanen 2024).

Kannan koko arvioidaan kertomalla havaintoaikana havaittujen yksilöiden määrä (yksilöä/tunti) asiantuntija-arviona määritel-

lyllä lajin päämuuton kokonaisajalla (tuntia/muuttokausi) hankealueella. Koska muuttoselvitykset on tehty eri konsulttien toimesta, lajikohtaisia kokonaismuuttoaikoja on osittain poimittu aiemmista lähialueilla tehdyistä selvityksistä (esim. Ahlman 2022). On huomioitava, että läpimuuttavan kannan koko on käytännössä arvioitu kaikkien havaittujen yksilöiden perusteella, riippumatta siitä, muuttivatko ne hankealueen päällä vai sen vieritse. Varsinaisesti hankealueen päältä muuttavien lintujen osuuksia on käsitelty johtopäätöksissä.

Edellä kuvatulla tavalla on siis selvitetty millä todennäköisyydellä alueen läpi muuttava lintu lentää roottorin pyyhkäisyalan läpi, ja mikä on tällöin tämän linnun todennäköisyys törmätä roottorin lapoihin (vaiheen 1 todennäköisyys x vaiheen 2 todennäköisyys). Alueen läpi muuttavien yksilöiden määrä kerrotaan edelleen saadulla törmäyskertomella, jolloin saadaan tulokseksi tuulivoimaloihin potentiaalisesti törmäävien yksilöiden määrä lajeittain.

Tutkimusnäyttö osoittaa lintujen pääsääntöisesti väistävän toiminnassa olevia tuulivoimaloita (Suomessa esim. Suorsa 2019). Siksi edellä lasketut törmäysmäärät kerrotaan edelleen tutkimustietoihin perustuvilla ja yleisesti käytössä olevilla väistöker-toimilla, jolloin saadaan realistisempi arvio törmäysmääristä. Eri lajiryhmät reagoivat tuulivoimaloihin eri tavalla, toisten väistessä herkemmin ja toisten heikommin (ks. esim. Whitfield 2009, Whitfield & Urquhart 2015, Scottish Natural Heritage 2018). Mallinnuksen tuloksissa on vaikutusarvioinnin tueksi esitetty sekä 95 % että 99 % väistötodennäköisyys.

Lopuksi on arvioitu alueen yli muuttavien lintujen havaittujen lentokorkeuksien vaikutusta mallinnuksen tuloksiin. Riskikorkeudella (roottorin pyyhkäisyalan tasalla) tapahtuvien lentojen osuudet on arvioitu muutonseurantojen yhteydessä (Ahlman 2023a, 2023b, Mutanen 2024). Pääsääntöisesti linnut muuttivat Siltanevan hankealueella roottorin pyyhkäisyalan alapuolella.

Tulokset

Vaiheen 1 törmäystodennäköisyys laskettiin seuraavasti. Rootto-reiden pyyhkäisypinta saadaan kertomalla piin arvo ($\pi \approx 3,14$) säteen (r) toisella potenssilla. Säde on sama kuin roottorin lavan pituus eli 100 metriä. Siten vaihtoehdossa VE1 (9 voimalaa) riski-ikkunan koko on 282 743 m² ja vaihtoehdossa VE2 (8 voimalaa) riski-ikkunan koko on 251 327 m².

Havaintoikkunan leveys (läntisimmän–itäisimmän voimalan ääripiste) lintujen muuttosuuntaan nähden on 2046 metriä (VE1)

tai 1 248 metriä (VE2). Havaintoikkunan korkeudeksi määriteltiin 280 metriä: voimalan kokonaiskorkeus 300 metriä vähennettynä puuston korkeudella ~20 metriä. Siten havaintoikkunan koko on 572 880 m² (VE1) tai 349 440 m² (VE2).

Voimaloiden yhteenlaskettu pyyhkäisypinta-ala (riski-ikkuna) kattaa siten 49,4 % (VE1) tai 71,9 % (VE2) havaintoikkunasta. Toisin sanoen, satunnaisella linnulla on joko 49,4 %:n tai 71,9 %:n todennäköisyys lentää roottorin pyyhkäisyalan läpi, kun se

muuttaa hankealueen yli. Todennäköisyys ei huomioi sitä, että voimat ovat pitkälti peräkkäin lintujen muuttosuunnassa.

Vaiheen 1 laskenta kertoo siis todennäköisyyden, jolla hankealueen läpi muuttava lintu lentää riski-ikkunaan. Vaiheen 2 todennäköisyys kertoo millä todennäköisyydellä tällainen lintu törmäi itse voimalaan (eikä lennä roottorin pyyhkäisyalan läpi). Näitä muuttujia sovelletaan laskennalliseen läpimuuttavan populaa-

tion kokoon sekä erilaisiin väistökertoimiin. Törmäysmallinnuksen tulokset esitetään taulukoissa 1–3. Suurimmat törmäysriskiarvot on esitetty taulukoissa lihavoituna.

Hankealueen (oikeammin: havaintoalueen) läpi muuttavat lajikohtaiset populaatioarviot laskettiin erikseen kevät- ja syysmuuttolle ja ne käyvät ilmi liitteen 1 taulukoista 4–6.

Taulukko 1. Törmäysmallinnuksen tulokset kevään 2023 muuttolintuseurantojen perusteella. Läpimuuttava yksilömäärä tarkoittaa laskennallista hankealueen ja sen lähiseudun läpi muuttavan populaation kokoa. Törmäystodennäköisyys tarkoittaa vaiheen 2 lajikohtaista *törmäyskerrointa*, joka on saatu Excel-laskurilla (Nature Scot 2024). Lajilleen määrittämättömien lintujen osalta on käytetty lajiryhmän korkeinta arvoa. Törmäysten määrä kertoo vaiheen 1 ja vaiheen 2 todennäköisyyksillä kerrotun läpimuuttavan yksilömäärän, eli ilman väistöä tapahtuvien laskennallisten törmäysten määrän satunnaisella korkeudella alueen yli lentävillä linnuilla. Lopuksi esitetään törmäysmallinnuksen lopputulokset kahdella eri väistökertoimella ja molemmille hankevaihtoehdoille. Luvut kertovat törmäysten määrän yhden kevään aikana. Suurimmat törmäysriskiarvot on lihavoitu.

Laji	Läpimuuttava yksilömäärä	Törmäystodennäköisyys (%)	Törmäysten määrä	VE1		Törmäysten määrä	VE2	
				Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö		Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö
Laulujoutsen	548	13,0	35	1,76	0,35	51	2,56	0,51
Taigametsähanhi	2738	8,9	120	6,02	1,20	175	8,76	1,75
Lyhytnokkahanhi	15	8,8	1	0,03	0,01	1	0,05	0,01
Tundrahanhi	473	9	21	1,05	0,21	31	1,53	0,31
Merihanhi	6	9,2	0	0,01	0,00	0	0,02	0,00
Harmaahanhilaji	8207	9	365	18,24	3,65	531	26,55	5,31
Kanadanhanhi	4	10,4	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Valkoposkikanhi	223	8,1	9	0,45	0,09	13	0,65	0,13
Haapana	10	6,1	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Tavi	85	5,7	2	0,12	0,02	3	0,17	0,03
Sinisorsa	113	7	4	0,19	0,04	6	0,28	0,06
Jouhisorsa	5	7	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Lapasorsa	5	6	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Telkkä	50	6	1	0,07	0,01	2	0,11	0,02
Merimetso	23	10,7	1	0,06	0,01	2	0,09	0,02
Harmaahaikara	13	12,8	1	0,04	0,01	1	0,06	0,01

Laji	Läpimuuttava yksilömäärä	Törmäystoden- näköisyys (%)	Törmäysten määrä	VE1		Törmäysten määrä	VE2	
				Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö		Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö
Mehiläishaukka	2	10,1	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Merikotka	105	11,5	6	0,30	0,06	9	0,43	0,09
Ruskosuohaukka	5	10,1	0	0,01	0,00	0	0,02	0,00
Sinisuohaukka + suohaukkalaji	30	12,5	2	0,09	0,02	3	0,13	0,03
Kanahaukka	20	9,8	1	0,05	0,01	1	0,07	0,01
Varpushaukka	28	8,9	1	0,06	0,01	2	0,09	0,02
Hiirihaukka	23	10,4	1	0,06	0,01	2	0,08	0,02
Piekana + hiiri- haukkalaji	50	11,7	3	0,14	0,03	4	0,21	0,04
Maakotka	3	12,8	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Sääksi	5	9,5	0	0,01	0,00	0	0,02	0,00
Tuulihaukka	8	10,1	0	0,02	0,00	1	0,03	0,01
Ampuhaukka	5	8,5	0	0,01	0,00	0	0,02	0,00
Nuolihaukka	4	8,9	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Kurki	1103	12	65	3,27	0,65	95	4,76	0,95
Kapustarinta	309	7,1	11	0,54	0,11	16	0,79	0,16
Töyhtöhyppä	797	7,8	31	1,54	0,31	45	2,23	0,45
Pikkukuovi	3	7	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Kuovi	81	7,7	3	0,15	0,03	4	0,22	0,04
Suokukko	204	5,7	6	0,29	0,06	8	0,42	0,08
Metsäviklo	58	9,4	3	0,13	0,03	4	0,19	0,04
Valkoviklo	13	8,2	1	0,03	0,01	1	0,04	0,01
Liro	103	9,1	5	0,23	0,05	7	0,34	0,07
Taivaanvuohi	68	5,8	2	0,10	0,02	3	0,14	0,03
Pikkulokki	45	8,2	2	0,09	0,02	3	0,13	0,03
Naurulokki	5803	8,9	255	12,76	2,55	371	18,57	3,71
Kalalokki	143	8,5	6	0,30	0,06	9	0,44	0,09
Harmaalokki	70	9,9	3	0,17	0,03	5	0,25	0,05
Kalatiira	15	9,3	1	0,03	0,01	1	0,05	0,01
Uuttukyyhky	19	6,6	1	0,03	0,01	1	0,04	0,01
Sepelkyyhky	3435	6,9	117	5,85	1,17	170	8,52	1,70
Tervapääsky	6	8,9	0	0,01	0,00	0	0,02	0,00
Käpytikka	5	13,7	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Kiuru	178	5,8	5	0,25	0,05	7	0,37	0,07
Törmäpääsky	11	5,7	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00

Laji	Läpimuuttava yksilömäärä	Törmäystoden- näköisyys (%)	Törmäysten määrä	VE1		Törmäysten määrä	VE2	
				Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö		Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö
Haarapääsky	153	8,7	7	0,33	0,07	10	0,48	0,10
Räystäspääsky	58	7,5	2	0,11	0,02	3	0,16	0,03
Metsäkirvinen	15	6,6	0	0,02	0,00	1	0,04	0,01
Niittykirvinen	185	7,9	7	0,36	0,07	11	0,53	0,11
Keltavästäräkki	2	6,7	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Västäräkki	140	6,3	4	0,22	0,04	6	0,32	0,06
Punarinta	3	5,7	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Kivitasku	10	6,6	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Mustarastas	53	10,2	3	0,13	0,03	4	0,19	0,04
Räkättirastas	2843	7,3	103	5,13	1,03	149	7,46	1,49
Laulurastas	83	8,1	3	0,17	0,03	5	0,24	0,05
Punakylkirastas	351	8,1	14	0,70	0,14	20	1,02	0,20
Laulu-/punak.rastas	128	8,2	5	0,26	0,05	8	0,38	0,08
Kulorastas	377	8,1	15	0,75	0,15	22	1,10	0,22
Pajulintu	4	7,5	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Sinitäinen	4	7,7	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Talitiäinen	11	6,2	0	0,02	0,00	1	0,03	0,01
Isolepinkäinen	6	6,4	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Närhi	33	15,1	2	0,12	0,02	4	0,18	0,04
Naakka	1080	8,1	43	2,16	0,43	63	3,14	0,63
Varis	150	8,8	7	0,33	0,07	9	0,47	0,09
Kottarainen	250	5,6	7	0,35	0,07	10	0,50	0,10
Peippo	2703	6,6	88	4,41	0,88	128	6,41	1,28
Järripeippo	56	5,7	2	0,08	0,02	2	0,12	0,02
Peippolaji	1218	6,6	40	1,98	0,40	58	2,89	0,58
Tikli	4	6,4	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Vihervarpunen	6	5,7	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Hemppo	16	5,6	0	0,02	0,00	1	0,03	0,01
Käpylintulaji	10	5,4	0	0,01	0,00	0	0,02	0,00
Punatulkku	3	6,5	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Pulmunen	104	8,3	4	0,21	0,04	6	0,31	0,06
Keltasirkku	144	10,8	8	0,39	0,08	11	0,56	0,11
Pajusirkku	50	6,6	2	0,08	0,02	2	0,12	0,02

Taulukko 2. Törmäysmallinnuksen tulokset syksyn 2023 muuttolintuseurantojen perusteella. Läpimuuttava yksilömäärä tarkoittaa laskennallista hankealueen ja sen lähialueen läpi muuttavan populaation kokoa. Törmäystodennäköisyys tarkoittaa vaiheen 2 lajikohtaista *törmäyskerrointa*, joka on saatu Excel-laskurilla (Nature Scot 2024). Lajilleen määrittämättömien lintujen osalta on käytetty lajiryhmän korkeinta arvoa. Törmäysten määrä kertoo vaiheen 1 ja vaiheen 2 todennäköisyyksillä kerrotun läpimuuttavan yksilömäärän, eli ilman väistää tapahtuvien laskennallisten törmäysten määrän satunnaisella korkeudella alueen yli lentävillä linnuilla. Lopuksi esitetään törmäysmallinnuksen lopputulokset kahdella eri väistökertoimella ja molemmille hankevaihtoehdoille. Luvut kertovat törmäysten määrän yhden syksyn aikana. Suurimmat törmäysriskiarvot on lihavoitu.

Laji	Läpimuuttava yksilömäärä	Törmäystodennäköisyys (%)	VE1			VE2		
			Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö	Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö
Laulujoutsen	180	13	12	0,58	0,12	17	0,84	0,17
Taigametsähanhi	2246	8,9	99	4,94	0,99	144	7,19	1,44
Tundrahanhi	10	9	0	0,02	0,00	1	0,03	0,01
Harmaahanhilaji	2949	9	131	6,56	1,31	191	9,54	1,91
Haapana	545	6,1	16	0,82	0,16	24	1,20	0,24
Tavi	323	5,7	9	0,45	0,09	13	0,66	0,13
Sinisorsa	200	7	7	0,35	0,07	10	0,50	0,10
Jouhisorsa	35	7	1	0,06	0,01	2	0,09	0,02
Telkkä	5	6	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Isokoskelo	123	7,1	4	0,21	0,04	6	0,31	0,06
Kaakkuri	3	7,3	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Mehiläishaukka	69	10,1	3	0,17	0,03	5	0,25	0,05
Merikotka	116	11,5	7	0,33	0,07	10	0,48	0,10
Ruskosuohaukka	45	10,1	2	0,11	0,02	3	0,16	0,03
Sinisuohaukka + sp	153	12,5	9	0,47	0,09	14	0,69	0,14
Arosuohaukka	3	11,8	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Kanahaukka	31	9,8	2	0,08	0,02	2	0,11	0,02
Varpushaukka	416	8,9	18	0,91	0,18	27	1,33	0,27
Hiirihaukka + sp	47	10,4	2	0,12	0,02	4	0,18	0,04
Maakotka	8	12,8	0	0,02	0,00	1	0,03	0,01
Tuulihaukka	19	10,1	1	0,05	0,01	1	0,07	0,01
Ampuhaukka	10	8,5	0	0,02	0,00	1	0,03	0,01
Nuolihaukka	17	8,9	1	0,04	0,01	1	0,05	0,01
Muuttohaukka	6	9,5	0	0,01	0,00	0	0,02	0,00
Kurki	408	12	24	1,21	0,24	35	1,76	0,35
Kapustarinta	769	7,1	27	1,35	0,27	39	1,96	0,39
Valkoviklo	5	8,2	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00

Laji	Läpimuuttava yksilömäärä	Törmäystoden- näköisyys (%)	VE1			VE2		
			Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö	Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö
Liro	3	9,1	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Taivaanvuohi	97	5,8	3	0,14	0,03	4	0,20	0,04
Harmaalokki	9	9,9	0	0,02	0,00	1	0,03	0,01
Sepelkyyhky	4329	6,9	148	7,38	1,48	215	10,74	2,15
Käpytikka	86	13,7	6	0,29	0,06	8	0,42	0,08
Kiuru	26	5,8	1	0,04	0,01	1	0,05	0,01
Törmäpääsky	15	5,7	0	0,02	0,00	1	0,03	0,01
Haarapääsky	860	8,7	37	1,85	0,37	54	2,69	0,54
Räystäspääsky	41	7,5	2	0,08	0,02	2	0,11	0,02
Metsäkirvinen	578	6,6	19	0,94	0,19	27	1,37	0,27
Niittykirvinen	355	7,9	14	0,69	0,14	20	1,01	0,20
Keltavästäräkki	41	6,7	1	0,07	0,01	2	0,10	0,02
Västäräkki	435	6,3	14	0,68	0,14	20	0,99	0,20
Tilhi	199	5,7	6	0,28	0,06	8	0,41	0,08
Rautiainen	9	6,6	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Pensastasku	5	9,8	0	0,01	0,00	0	0,02	0,00
Kivitasku	10	6,6	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Mustarastas	72	10,2	4	0,18	0,04	5	0,26	0,05
Räkättirastas	26738	7,3	964	48,21	9,64	1403	70,17	14,03
Laulurastas	495	8,1	20	0,99	0,20	29	1,44	0,29
Punakylkirastas	660	8,1	26	1,32	0,26	38	1,92	0,38
Kulorastas	375	8,2	15	0,76	0,15	22	1,11	0,22
Pieni rastas	643	8,1	26	1,29	0,26	37	1,87	0,37
Pyrstötiainen	49	7,7	2	0,09	0,02	3	0,13	0,03
Hömötiainen	3	7,5	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Kuusitiainen	77	7,5	3	0,14	0,03	4	0,21	0,04
Sinitiainen	73	7,7	3	0,14	0,03	4	0,20	0,04
Talitiainen	60	6,2	2	0,09	0,02	3	0,13	0,03
Isolepinkäinen	51	6,4	2	0,08	0,02	2	0,12	0,02
Närhi	845	15,1	63	3,15	0,63	92	4,59	0,92
Pähkinähakki	1	7,7	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Naakka	1384	8,1	55	2,77	0,55	81	4,03	0,81
Varis	171	8,8	7	0,37	0,07	11	0,54	0,11
Kottarainen	5	5,6	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Peippo	22998	6,6	750	37,49	7,50	1091	54,57	10,91
Järripeippo	4871	5,7	137	6,86	1,37	200	9,98	2,00

Laji	Läpimuuttava yksilömäärä	Törmäystoden- näköisyys (%)	VE1			VE2		
			Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö	Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö
Peippolaji	5053	6,6	165	8,24	1,65	240	11,99	2,40
Viherpeippo	10	6,9	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Vihervarpunen	289	5,7	8	0,41	0,08	12	0,59	0,12
Hemppo	11	5,6	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Urpiainen	3088	5,7	87	4,35	0,87	127	6,33	1,27
Käpylintulaji	43	5,4	1	0,06	0,01	2	0,08	0,02
Punatulkku	32	6,5	1	0,05	0,01	1	0,07	0,01
Keltasirkku	198	10,8	11	0,53	0,11	15	0,77	0,15
Pohjansirkku	1	6,6	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Pajusirkku	25	6,6	1	0,04	0,01	1	0,06	0,01

Taulukko 3. Törmäysmallinnuksen tulokset syksyn 2024 muuttolintuseurantojen perusteella. Läpimuuttava yksilömäärä tarkoittaa laskennallista hankealueen ja sen lähialueen läpi muuttavan populaation kokoa. Törmäystodennäköisyys tarkoittaa vaiheen 2 lajikohtaista *törmäyskerrointa*, joka on saatu Excel-laskurilla (Nature Scot 2024). Lajilleen määrittämättömien lintujen osalta on käytetty lajiryhmän korkeinta arvoa. Törmäysten määrä kertoo vaiheen 1 ja vaiheen 2 todennäköisyyksillä kerrotun läpimuuttavan yksilömäärän, eli ilman väistöä tapahtuvien laskennallisten törmäysten määrän satunnaisella korkeudella alueen yli lentävillä linnuilla. Lopuksi esitetään törmäysmallinnuksen lopputulokset kahdella eri väistökertoimella ja molemmille hankevaihtoehdoille. Luvut kertovat törmäysten määrän yhden syksyn aikana. Suurimmat törmäysriskiarvot on lihavoitu.

Laji	Läpimuuttava yksilömäärä	Törmäystoden- näköisyys (%)	VE1			VE2		
			Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö	Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö
Laulujoutsen	74	13	5	0,24	0,05	7	0,35	0,07
Metsähanhi + sp.	276	8,9	12	0,61	0,12	18	0,88	0,18
Haapana	581	6,1	18	0,88	0,18	25	1,27	0,25
Tavi	128	5,7	4	0,18	0,04	5	0,26	0,05
Sinisorsa	809	7	28	1,40	0,28	41	2,03	0,41
Jouhisorsa	2	7	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Merimetso	6	10,7	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Harmaahaikara	9	12,8	1	0,03	0,01	1	0,04	0,01
Mehiläishaukka	2	10,1	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Merikotka	45	11,5	3	0,13	0,03	4	0,18	0,04
Ruskoauhaukka	13	10,1	1	0,03	0,01	1	0,05	0,01
Sinisuohaukka + sp	24	12,5	1	0,07	0,01	2	0,11	0,02
Kanahaukka	11	9,8	1	0,03	0,01	1	0,04	0,01

Laji	Läpimuuttava yksilömäärä	Törmäystoden- näköisyys (%)	VE1			VE2		
			Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö	Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö
Varpushaukka	212	8,9	9	0,47	0,09	14	0,68	0,14
Hiirihaukka + sp	48	10,4	2	0,12	0,02	4	0,18	0,04
Piekana	3	11,7	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Maakotka	2	12,8	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Tuulihaukka	40	10,1	2	0,10	0,02	3	0,14	0,03
Ampuhaukka	4	8,5	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Nuolihaukka	8	8,9	0	0,02	0,00	1	0,03	0,01
Kurki	195	12	12	0,58	0,12	17	0,84	0,17
Kapustarinta	112	7,1	4	0,20	0,04	6	0,29	0,06
Taivaanvuohi	106	5,8	3	0,15	0,03	4	0,22	0,04
Harmaalokki	8	9,9	0	0,02	0,00	1	0,03	0,01
Uuttukyyhky	2	6,6	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Sepelkyyhky	2074	6,9	71	3,54	0,71	103	5,15	1,03
Tervapääsky	2	8,8	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Käpytikka	28	13,7	2	0,09	0,02	3	0,14	0,03
Pikkutikka	1	12,2	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Kiuru	26	5,8	1	0,04	0,01	1	0,05	0,01
Haarapääsky	500	8,7	21	1,07	0,21	31	1,56	0,31
Metsäkirvinen	62	6,6	2	0,10	0,02	3	0,15	0,03
Niittykirvinen	66	7,9	3	0,13	0,03	4	0,19	0,04
Västäräkki	60	6,3	2	0,09	0,02	3	0,13	0,03
Rautiainen	3	6,6	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Punarinta	3	5,7	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Mustarastas	5	10,2	0	0,01	0,00	0	0,02	0,00
Räkättirastas	1160	7,3	42	2,09	0,42	61	3,04	0,61
Laulurastas	9	8,1	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Punakylkirastas	591	8,1	24	1,18	0,24	34	1,72	0,34
Kulorastas	125	8,2	5	0,25	0,05	7	0,37	0,07
Rastaslaji	2817	8,1	113	5,64	1,13	164	8,20	1,64
Pajulintu	2	7,5	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Tiltalitti	21	7,5	1	0,04	0,01	1	0,06	0,01
Hippiäinen	3	5,7	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Pyrstötiainen	49	7,7	2	0,09	0,02	3	0,14	0,03
Hömötiainen	5	7,5	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Talitiainen	51	6,2	2	0,08	0,02	2	0,11	0,02
Puukiipijä	2	7,7	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00

Laji	Läpimuuttava yksilömäärä	Törmäystoden- näköisyys (%)	VE1			VE2		
			Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö	Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö
Isolepinkäinen	6	6,4	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Närhi	55	15,1	4	0,21	0,04	6	0,30	0,06
Naakka	85	8,1	3	0,17	0,03	5	0,25	0,05
Varis	13	8,8	1	0,03	0,01	1	0,04	0,01
Kottarainen	11	5,6	0	0,01	0,00	0	0,02	0,00
Peippo	10047	6,6	328	16,38	3,28	477	23,84	4,77
Järripeippo	878	5,7	25	1,24	0,25	36	1,80	0,36
Viherpeippo	4	6,9	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Vihervarpunen	104	5,7	3	0,15	0,03	4	0,21	0,04
Käpylintulaji	21	5,4	1	0,03	0,01	1	0,04	0,01
Punatulkkku	24	6,5	1	0,04	0,01	1	0,06	0,01
Keltasirkku	28	10,8	1	0,07	0,01	2	0,11	0,02
Pohjansirkku	2	6,6	0	0,00	0,00	0	0,01	0,00
Pajusirkku	8	6,6	0	0,01	0,00	0	0,02	0,00

Johtopäätökset

Törmäysmallinnuksen perusteella **keväällä** suurin törmäysriski kohdistuu metsähanheen ja määrittämättömiin harmaisiin hanhiin (*Anser*-suku). Mallinnuksen (VE1 ja VE2, 99 % väistö) mukaan taigametsähanhella tapahtuisi 1,20–1,75 törmäystä vuodessa ja määrittämättömillä harmailla hanhilla (käytännössä metsä-/tundrihanhia) 3,65–5,31 törmäystä vuodessa. Kun mallinnuksessa huomioidaan muutonseurannoissa havaitut lento- korkeudet, ovat vastaavat luvut metsähanhella 0,17–0,25 törmäystä/vuosi ja määrittämättömillä 0,40–0,58 törmäystä/vuosi. Mallinnuksessa käytettiin kaikkia muutonseurannoissa havaittuja yksilöitä, ja määrittämättömien harmaahanhiin tapauksessa vain 17 % lennoista tapahtui hankealueen yli, mikä edel-

leen pienentää edellä mainittuja törmäysmääriä alle viidenneksen.

Muita mallinnuksen mukaan riskialttiita lajeja ovat naurulokki (2,55–3,71 törmäystä/vuosi), sepelkyyhky (1,17–1,7 törmäystä/vuosi) ja räkättirastas (1,03–1,49 törmäystä/vuosi). Edellä mainituissa luvuissa ei ole huomioitu sitä, että muutontarkkailujen mukaan 31 % naurulokeista muutti riskikorkeudella ja 68 % havaituista lennoista tapahtui hankealueen kautta. Sepelkyyhkyistä törmäyskorkeudella muutti 4 % ja hankealueen kautta lensi 64 % havaituista yksilöistä. Kaikki räkättirastaat muuttivat törmäyskorkeuden alapuolella.

Syksyllä suurin törmäysriski kohdistuu **vuoden 2023** aineistolla laaditun mallinnuksen mukaan räkättirastaaseen (9,6–14,0 törmäystä/syky), peippoon (7,5–10,9 törmäystä/syky) ja sepelkyyhkyyn (1,48–2,15 törmäystä/syky). Toisaalta kaikki räkättirastaat ja peipot muuttivat törmäyskorkeuden alapuolella, ja sepelkyyhkyistäkin vain 1,5 % muutti riskikorkeudella. Myös taigametsähanhen ja määrittämättömien harmaiden hanhien tapauksessa riskikorkeudella muutti vain 0–2 % yksilöistä.

Syksyn 2024 aineiston perusteella suurin törmäysriski on peipolla, räkättirastaalla (mukaan lukien rastaslaji) ja sepelkyyhkyllä, mutta riskit ovat vuoden 2023 aineistoon verrattuna selvästi pienempiä. Peipot ja rastaat muuttavat lähes yksinomaan törmäyskorkeuden alapuolella. Sepelkyyhkyllä törmäyskorkeus huomioiden törmäyksiä tulisi vain yksi 5–7 vuotta kohden.

Kahden peräkkäisen syksyn muutonseuranta ja törmäysmallinnus tuottivat samankaltaisen tuloksen, vaikka muuton voimak-

kuus erosi vuosien välillä (syksyllä 2024 muutto oli seurantojen perusteella heikompaa). Suurin törmäysriski kohdistuu mallinnusten perusteella niihin lajeihin, jotka ovat runsaita, eli sepelkyyhkyyn, räkättirastaaseen ja peippoon.

Molempien hankevaihtoehtojen sijoitussuunnitelmassa voimat sijaitsevat hyvin pitkälti peräkkäin lintujen muuttosuunnassa. Todellinen riski-ikkuna olisi siis nykyisten sijoitussuunnitelmien tapauksessa selvästi pienempi kuin törmäysmallinnuksessa käytetty riski-ikkuna. Tämä pienentää törmäysriskiä ja laskettuja törmäysmääriä.

Mallinnuksen perusteella hankevaihtoehdot (VE1 ja VE2) eivät eroa toisistaan merkittävästi linnustolle aiheutuvan törmäysriskin näkökulmasta. Vaihtoehdossa VE2 törmäysriskit ovat raakamallinnuksen perusteella hieman suurempia. Tämä johtuu kuitenkin mallinnusmenetelmän kaavamaisuudesta, ja liittyy siis alempana käsiteltyyn ongelmaan havaintoikkunan määrittelystä.

Epävarmuustekijät ja virhelähteet

Törmäysmallinnus on melko yksinkertainen ja karkea menetelmä arvioida törmäysriskiä, ja se sisältää pakostakin monia yleistyksiä. Periaatteena on kuitenkin ollut se, että mallinnus noudattaa alkuperäistä, julkaistua menetelmää, eikä siihen ole lisätty yksittäisiä muuttujia (esim. lintujen lentokorkeuksia tai voimaloiden päällekkäisyyksiä). Näiden vaikutuksia on jo spekuloitu johtopäätöksissä.

Mallinnukset perustuvat yhden kevät- ja kahden syysmuuttokauden havaintoihin, joten vuosien välisestä vaihtelusta lintujen määrässä ja muuttoreiteissa on saatu melko vähän tietoa. Muita mallinnuksen lähtöaineistoon liittyviä epävarmuustekijöitä on tuotu esille myös Siltanevan tuulivoimahankkeessa tehtyjen muuttoseurantojen raporteissa (Ahlman 2023a, 2023b, Mutanen 2024).

Yleistäen voi sanoa, että maastossa on hyvin vaikeaa havaita kaikkia muuttavia lintuja sekä arvioida niiden etäisyyksiä ja lentokorkeutta. Yksittäisenä havainnointipäivänä sääolosuhteet ja muut tekijät saattavat merkittävästi vaikuttaa muuton voimakkuuteen. On esimerkiksi vaikea arvioida, miten edustava otos kokonaisuudessaan kymmenen havainnointipäivää on usean kuukauden muuttojaksosta.

Edelleen törmäysriskiin voi paikallisesti vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi sääolosuhteet, sillä tuulen voimakkuus ja suunta vaikuttavat muun muassa lintujen muuttoreitteihin ja muuttokorkeuteen sekä voimaloiden suuntaukseen ja roottorin pyörimisnopeuteen. Käytetty törmäysmallinnus ei huomioi näitä tekijöitä, eikä niistä olisi saatavilla riittävän tarkkaa lähtöaineistoa.

Mallinnuksen lähtöaineistosta ei ole poistettu hankealueen ulkopuolella muuttaneista linnuista tehtyjä havaintoja, koska ne kuitenkin havaittiin hankealueen läheisyydessä ja saattaisivat yhtä hyvin muuttaa hankealueella esimerkiksi vallitsevan tuulen suunnan ollessa toinen. Ne laskettiin mukaan aivan kuin ne olisivat muuttaneet hankealueella, varovaisuusperiaatteen mukaisesti. Mallinnuksessa ei otettu huomioon lintujen lentokorkeutta, vaan tulokset kuvaavat satunnaisella korkeudella tapahtuvia lentoja. Lentokorkeuksia on kuitenkin käsitelty johtopäätöksissä, ja riskikorkeudella tapahtuvien lentojen osuus kaikista lennoista on esitetty liitteen 1 taulukoissa.

Havaintoikkunan rajaaminen voimaloiden kokonaiskorkeuteen nostaa hieman mallinnettuja törmäysmääriä, sillä lintuja muuttaa voimaloita paljon korkeammallakin, yleensä kuitenkin alle 1000 metrin korkeudessa. Eli todellinen havaintoikkuna on suu-

rempi kuin nyt oletettu. Tavanomaisella muutontarkkailulla ei kuitenkaan ole mahdollista arvioida tarkkoja lentokorkeuksia tuulivoimalan kokonaiskorkeuden ylittävistä lennoista. Tähän liittyen, muuttoseurannoissa käytettiin hieman tämänhetkisistä tiedoista poikkeavia voimaladimensioita, joiden mukaan roottorinsiipien pituus on 130 metriä ja kokonaiskorkeus 320–330 metriä.

Törmäysmallinnus ei huomioi tuulivoimalan torniin törmäviä lintuja. Niiden määrä ei todennäköisesti ole merkittävä, mutta erityisesti kanalinnuilla on arveltu olevan riski törmätä valkoisiin tuulivoimalatorneihin (mm. Suorsa 2019).

Törmäysmallinnuksessa ei huomioitu sitä, että osa voimaloista sijaitsee osittain peräkkäin lintujen muuttosuuntaan nähden tämänhetkisten voimaloiden sijoitussuunnitelmien mukaan. Siten todellinen riski-ikkuna on mallinnuksessa käytettyä pienempi. Kaksiulotteinen, alustavan sijoitussuunnitelman mukainen tuulivoimaloiden peittämä alue lintujen muuttosuunnassa on siis pienempi kuin se olisi, jos voimalat sijaitsisivat vapaasti suorassa rivissä eivätkä limittäin.

Eräs kaksiulotteisen törmäysmallinnuksen heikkouksista liittyy havaintoikkunan leveyden määrittelyyn. Lähtökohtaisesti lintujen muuttosuuntaan nähden peräkkäin sijaitsevat voimalat pienentävät törmäysriskiä, sillä lintujen on helpompi kiertää muuttosuuntaan nähden kapea este. Toisaalta kapeaksi määritellyssä havaintoikkunassa roottoreiden pyyhkäisyypinta-ala kasvaa mallinnuksessa suhteellisesti suureksi. Esimerkiksi Siltanevan tapauksessa, jos jokin reunimmaisista voimaloista siirrettäisiin 500 metriä itään tai länteen, havaintoikkunan leveys kasvaisi heti 20 %, ja riski-ikkunan osuus havaintoikkunasta vastaavasti

pienenisi merkittävästi. Oikeastaan havaintoikkunan leveydeksi pitäisi asettaa se usean kilometrin mittainen itä–länsi-suuntainen välimatka, jolta muuttavat linnut on laskettu, mutta tämän välimatkan tarkka arviointi käytännössä ei ole suoraviivaista, ja siksi on varovaisuusperiaatteen näkökulmasta päädytty käyttämään itse tuulivoimapuiston leveyttä.

Lintujen muuttosuunnassa leveät hankkeet saavat siis mallinnuksessa herkästi pienempiä törmäystodennäköisyyksiä kuin

kapeat hankkeet, juuri leveämmän havaintoikkunan vuoksi. Osaltaan tämä epäsuhta johtuu myös siitä, että linnun tarkan sijainnin määrittäminen on maasto-oloissa epävarmaa. Siksi muutontarkkailuissa käytetään varovaisuusperiaatetta, jonka mukaan epävarmoissa tilanteissa lintu tai parvi kirjataan muuttamaan hankealueen päältä eikä sen sivuitse.

Kirjallisuus

- Ahlman, S. 2022. Kauhajoen–Kurikan Harjannevan tuulivoimapuiston lintujen törmäysmallinnus 2022. Ahlman Group Oy.
- Ahlman, S. 2023a. Teuvan Siltanevan tuulivoimapuiston lintujen kevätmuuttoselvitys 2023. Ahlman Group Oy.
- Ahlman, S. 2023b. Teuvan Siltanevan tuulivoimapuiston lintujen syysmuuttoselvitys 2023. Ahlman Group Oy.
- Alerstam, T., Rosén, M., Bäckman, J., Ericson, P. G. P. & Hellgren, O. 2007. Flight Speeds among Bird Species: Allometric and Phylogenetic Effects. – PLoS Biol 5(8): e197.
- Band, W., Madders, M. & Whitfield, D. P. 2007. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. Teoksessa: de Lucas, M., Janss, G. & Ferrer, M. (toim.) 2007. Birds and Wind Farms. Risk assessments and mitigation. – Lynx Edicions, Barcelona.
- Bruderer, B. & Boldt, A. 2001. Flight characteristics of birds: I. radar measurements of speed. – Ibis 143: 178–204.
- Cramp, S., Simmons, K.E.L & Perrins, C.M. (toim.) 1977–1994. The Birds of the Western Palearctic, vol. 1–9. –Oxford University Press.
- Mutanen, T. 2024. Teuvan Siltanevan tuulivoimapuiston lintujen syysmuuttoselvitys 2024. Luonto-Mutaset Oy.
- Nature Scot 2024. Wind farm impacts on birds. [Calculating the probability of collision](#). Excel-laskuri.
- Scottish Natural Heritage 2000. Guidance. Wind Farms and Birds: Calculating a theoretical collision risk assuming no avoiding action.
- Scottish Natural Heritage 2018. Avoidance Rates for the onshore SNH Wind Farm Collision Risk Model. SNH Guidance Note
- Suorsa, V. 2019. Linnustovaikutusten seuranta suomalaisissa tuulivoimapuistoissa. Linnut-vuosikirja 2018. – BirdLife Suomi ry, Luontotieteellinen keskusmuseo ja Suomen ympäristökeskus.
- Svensson, L., Mullarney, K. & Zetterström, D. 2022. Lintuopas. – Otava, Helsinki.
- Whitfield, D.P. 2009. Collision avoidance of golden eagles at wind farms under the ‘Band’ collision risk model. Report to SNH.
- Whitfield, D.P. & Urquhart, B. 2015. Deriving an avoidance rate for swans suitable for onshore wind farm collision risk modelling. Natural Research Information Note 6. – Natural Research Ltd, Banchory, UK.

Liite 1. Läpimuuttava linnusto

Taulukko 4. Muutonseurannoissa keväällä 2023 havaittu linnusto. Havaittu lentomäärä tarkoittaa muutontarkkailuissa havaittujen yksilöiden (lentojen) kokonaismäärää (Ahlman 2023a). Riskilentojen määrä kuvaa törmäyskorkeudella tapahtuneita lentoja. Muuttoaika on asiantuntija-arvio kunkin lajin keskimääräisestä päämuuton lentoajasta kevättä kohden hankealueella (mm. Ahlman 2022). Läpimuuttava yksilömäärä kuvaa alueen läpi muuttavan populaation laskennallista kokoa. Se on arvioitu havaittujen yksilöiden ja havainnointiin käytetyn ajan sekä päämuuttoajan perusteella. Riskikorkeudella muuttavat kuvaa, miten monta ohilentoa tapahtuu törmäyskorkeudella kaikista alueen ylittävistä lennoista, muuttolaskennoissa havaittujen lentokorkeuksien perusteella. Kaikki luvut on pyöristetty ylöspäin kokonaisluvuiksi.

Laji	Havaittu lentomäärä	Riskilentojen määrä	Riskilentojen osuus (%)	Muuttoaika (h/kausi)	Läpimuuttava yksilömäärä	Riskikorkeudella muuttavat
Laulujoutsen	219	0	0	200	548	0
Taigametsähanhi	1460	203	14	150	2738	383
Lyhytnokkahanhi	8	0	0	150	15	0
Tundrahanhi	252	83	33	150	473	156
Merihanhi	3	0	0	150	6	0
Harmaahanhilaji	4377	479	11	150	8207	903
Kanadanhanhi	2	0	0	150	4	0
Valkoposkihanhi	119	0	0	150	223	0
Haapana	4	0	0	200	10	0
Tavi	34	0	0	200	85	0
Sinisorsa	45	0	0	200	113	0
Jouhisorsa	2	0	0	200	5	0
Lapasorsa	2	0	0	200	5	0
Telkkä	20	0	0	200	50	0
Merimetso	9	9	100	200	23	23
Harmaahaikara	5	5	100	200	13	13
Mehiläishaukka	1	0	0	150	2	0
Merikotka	42	3	7	200	105	7
Ruskosuohaukka	2	0	0	200	5	0
Sinisuohaukka + sp	12	0	0	200	30	0
Kanahaukka	8	0	0	200	20	0
Varpushaukka	11	1	9	200	28	2
Hiirihaukka	9	0	0	200	23	0
Piekana +sp	20	1	5	200	50	3
Maakotka	1	0	0	200	3	0
Sääksi	2	0	0	200	5	0

Laji	Havaittu lentomäärä	Riskilentojen määrä	Riskilentojen osuus (%)	Muutto aika (h/kausi)	Läpimuuttava yksilömäärä	Riskikorkeudella muuttavat
Tuulihaukka	3	0	0	200	8	0
Ampuhaukka	2	0	0	200	5	0
Nuolihaukka	2	0	0	150	4	0
Kurki	588	22	4	150	1103	44
Kapustarinta	99	0	0	250	309	0
Töyhtöhyppä	255	6	2	250	797	16
Pikkukuovi	2	0	0	100	3	0
Kuovi	43	2	5	150	81	4
Suokukko	109	0	0	150	204	0
Metsäviklo	23	0	0	200	58	0
Valkoviklo	7	0	0	150	13	0
Liro	55	0	0	150	103	0
Taivaanvuohi	27	0	0	200	68	0
Pikkulokki	24	0	0	150	45	0
Naurulokki	2321	719	31	200	5803	1799
Kalalokki	57	0	0	200	143	0
Harmaalokki	28	8	29	200	70	20
Kalatiira	8	0	0	150	15	0
Uuttukyyhky	10	4	40	150	19	8
Sepelkyyhky	1374	60	4	200	3435	137
Tervapääsky	5	0	0	100	6	0
Käpytikka	4	0	0	100	5	0
Kiuru	71	0	0	200	178	0
Törmäpääsky	6	0	0	150	11	0
Haarapääsky	61	0	0	200	153	0
Räystäspääsky	31	0	0	150	58	0
Metsäkirvinen	6	0	0	200	15	0
Niittykirvinen	74	5	7	200	185	13
Keltävästäräkki	1	0	0	150	2	0
Västäräkki	56	0	0	200	140	0
Punarinta	1	0	0	200	3	0
Kivitasku	4	0	0	200	10	0
Mustarastas	21	0	0	200	53	0
Räkättirastas	1137	0	0	200	2843	0
Laulurastas	44	0	0	150	83	0
Punakylkirastas	187	0	0	150	351	0
Kulorastas	68	0	0	150	128	0

Laji	Havaittu lentomäärä	Riskilentojen määrä	Riskilentojen osuus (%)	Muuttoaika (h/kausi)	Läpimuuttava yksilömäärä	Riskikorkeudella muuttavat
Pieni rastas	201	0	0	150	377	0
Pajulintu	2	0	0	150	4	0
Sinitiainen	2	0	0	150	4	0
Talitiainen	6	0	0	150	11	0
Isolepinkäinen	5	0	0	100	6	0
Närhi	26	0	0	100	33	0
Naakka	576	33	6	150	1080	65
Varis	80	17	21	150	150	32
Kottarainen	100	0	0	200	250	0
Peippo	1081	0	0	200	2703	0
Järripeippo	30	0	0	150	56	0
Peippolaji	487	0	0	200	1218	0
Tikli	2	0	0	150	4	0
Vihervarpunen	3	0	0	150	6	0
Hemppo	13	0	0	100	16	0
Käpylintulaji	8	0	0	100	10	0
Punatulku	2	0	0	100	3	0
Pulmunen	83	0	0	100	104	0
Keltasirkku	77	0	0	150	144	0
Pajusirkku	20	0	0	200	50	0

Taulukko 5. Muutonseurannoissa syksyllä 2023 havaittu linnusto. Havaittu lentomäärä tarkoittaa muutontarkkailuissa havaittujen yksilöiden (lentojen) kokonaismäärää (Ahlman 2023b). Riskilentojen määrä kuvaa törmäyskorkeudella tapahtuneita lentoja. Muuttoaika on asiantuntija-arvio kunkin lajin keskimääräisestä päämuuton lentoajasta syksyä kohden hankealueella (mm. Ahlman 2022). Läpimuuttava yksilömäärä kuvaa alueen läpi muuttavan populaation laskennallista kokoa. Se on arvioitu havaittujen yksilöiden ja havainnointiin käytetyn ajan sekä päämuuttoajan perusteella. Riskikorkeudella muuttavat kuvaa, miten monta ohilentoa tapahtuu törmäyskorkeudella kaikista alueen ylittävistä lennoista, muuttolaskennoissa havaittujen lentokorkeuksien perusteella. Kaikki luvut on pyöristetty ylöspäin kokonaisluvuiksi.

Laji	Havaittu lento- määrä	Riskilentojen määrä	Riskilentojen osuus (%)	Muuttoaika (h/kausi)	Läpimuuttava yksilömäärä	Riskikorkeudella muuttavat
Laulujoutsen	151	0	0	200	180	0
Taigametsähanhi	83	32	39	150	2246	81
Tundrahanhi	8	8	100	100	10	20
Harmaahanhilaji	148	0	0	150	2949	0
Haapana	111	0	0	200	545	0
Tavi	72	0	3	200	323	56
Sinisorsa	1198	30	0	200	200	0
Jouhisorsa	8	0	0	200	35	0
Telkkä	1573	0	0	200	5	0
Isokoskelo	218	0	0	200	123	0
Kaakkuri	129	0	0	200	3	0
Mehiläishaukka	80	0	0	150	69	0
Merikotka	14	0	0	300	116	0
Ruskosuohaukka	2	0	0	200	45	0
Sinisuohaukka + sp	49	0	0	250	153	0
Arosuohaukka	1	0	14	200	3	9
Kanahaukka	37	5	19	250	31	23
Varpushaukka	31	6	0	350	416	0
Hiirihaukka + sp	18	0	35	250	47	53
Maakotka	49	17	0	200	8	0
Tuulihaukka	1	0	30	250	19	9
Ampuhaukka	10	3	2	200	10	9
Nuolihaukka	95	2	13	150	17	6
Muuttohaukka	15	2	33	250	6	3
Kurki	3	1	0	100	408	0
Kapustarinta	6	0	0	300	769	0
Valkoviklo	4	0	0	200	5	0
Liro	9	0	0	200	3	0

Laji	Havaittu lento- määrä	Riskilentojen määrä	Riskilentojen osuus (%)	Muutto aika (h/kausi)	Läpimuuttava yksilömäärä	Riskikorkeudella muuttavat
Taivaanvuohi	2	0	1	250	97	3
Harmaalokki	326	2	0	250	9	0
Sepelkyyhky	205	0	0	150	4329	0
Käpytikka	2	0	0	100	86	0
Kiuru	1	0	0	150	26	0
Törmäpääsky	31	0	0	150	15	0
Haarapääsky	3	0	1	200	860	64
Räystäspääsky	2309	34	0	150	41	0
Metsäkirvinen	69	0	0	200	578	0
Niittykirvinen	14	0	0	200	355	0
Keltavästäräkki	8	0	0	150	41	0
Västäräkki	344	0	0	200	435	0
Tilhi	22	0	0	100	199	0
Rautiainen	231	0	5	250	9	18
Pensastasku	142	7	0	200	5	0
Kivitasku	22	0	0	200	10	0
Mustarastas	174	0	0	250	72	0
Räkättirastas	159	0	0	250	26738	0
Laulurastas	3	0	0	200	495	0
Punakylkirastas	2	0	0	200	660	0
Kulorastas	4	0	0	250	375	0
Pieni rastas	23	0	0	200	643	0
Pyrstötiainen	8556	0	0	150	49	0
Hömötiainen	198	0	0	50	3	0
Kuusitiainen	264	0	0	150	77	0
Sinitiaainen	120	0	0	200	73	0
Talitiainen	257	0	0	200	60	0
Isolepinkäinen	26	0	0	150	51	0
Närhi	5	0	0	200	845	0
Pähkinähakki	41	0	0	100	1	0
Naakka	29	0	0	150	1384	0
Varis	24	0	0	150	171	0
Kottarainen	27	0	0	200	5	0
Peippo	338	0	0	200	22998	0
Järripeippo	1	0	0	150	4871	0
Peippolaji	738	0	0	200	5053	0
Viherpeippo	91	0	0	200	10	0

Laji	Havaittu lento- määrä	Riskilentojen määrä	Riskilentojen osuus (%)	Muutto aika (h/kausi)	Läpimuuttava yksilömäärä	Riskikorkeudella muuttavat
Vihervarpunen	2	0	0	350	289	0
Hemppo	9199	0	0	150	11	0
Urpiainen	2598	0	0	250	3088	0
Käpylintulaji	2021	0	0	200	43	0
Punatulkku	4	0	0	150	32	0
Keltasirkku	66	0	0	200	198	0
Pohjansirkku	6	0	0	100	1	0
Pajusirkku	988	0	0	250	25	0

Taulukko 6. Muutonseurannoissa syksyllä 2024 havaittu linnusto. Havaittu lentomäärä tarkoittaa muutontarkkailuissa havaittujen yksilöiden (lentojen) kokonaismäärää (Mutanen 2024). Riskilentojen määrä kuvaa törmäyskorkeudella tapahtuneita lentoja. Muuttoaika on asiantuntija-arvio kunkin lajin keskimääräisestä päämuuton lentoajasta syksyä kohden hankealueella (mm. Ahlman 2022). Läpimuuttava yksilömäärä kuvaa alueen läpi muuttavan populaation laskennallista kokoa. Se on arvioitu havaittujen yksilöiden ja havainnointiin käytetyn ajan sekä päämuuttoajan perusteella. Riskikorkeudella muuttavat kuvaa, miten monta ohilentoa tapahtuu törmäyskorkeudella kaikista alueen ylittävistä lennoista, muuttolaskennoissa havaittujen lentokorkeuksien perusteella. Kaikki luvut on pyöristetty ylöspäin kokonaisluvuiksi.

Laji	Havaittu lento- määrä	Riskilentojen määrä	Riskilentojen osuus (%)	Muuttoaika (h/kausi)	Läpimuuttava yksilömäärä	Riskikorkeudella muuttavat
Laulujoutsen	35	0	0	200	74	0
Metsähanhi + hanhi sp.	173	75	43	150	276	120
Haapana	273	0	0	200	581	0
Tavi	60	0	0	200	128	0
Sinisorsa	380	0	0	200	809	0
Jouhisorsa	1	0	0	200	2	0
Merimetso	3	0	0	200	6	0
Harmaahaikara	4	0	0	200	9	0
Mehiläishaukka	1	1	100	150	2	2
Merikotka	14	5	36	300	45	16
Ruskosuohaukka	6	0	0	200	13	0
Sinisuohaukka + sp	9	0	0	250	24	0
Kanahaukka	4	0	0	250	11	0
Varpushaukka	57	9	16	350	212	34
Hiirihaukka + sp	18	5	28	250	48	13
Piekana	1	0	0	250	3	0
Maakotka	1	1	100	200	2	2
Tuulihaukka	15	0	0	250	40	0
Ampuhaukka	2	0	0	200	4	0
Nuolihaukka	5	0	0	150	8	0
Kurki	183	6	3	100	195	6
Kapustarinta	35	0	0	300	112	0
Taivaanvuohi	40	7	18	250	106	19
Harmaalokki	3	3	100	250	8	8
Uuttukyyhky	1	0	0	150	2	0
Sepelkyyhky	1300	277	21	150	2074	442
Tervapääsky	4	0	0	50	2	0
Käpytikka	26	1	4	100	28	1

Laji	Havaittu lento- määrä	Riskilentojen määrä	Riskilentojen osuus (%)	Muutto aika (h/kausi)	Läpimuuttava yksilömäärä	Riskikorkeudella muuttavat
Pikkutikka	1	0	0	100	1	0
Kiuru	16	0	0	150	26	0
Haarapääsky	235	10	4	200	500	21
Metsäkirvinen	29	0	0	200	62	0
Niittykirvinen	31	0	0	200	66	0
Västäräkki	28	0	0	200	60	0
Rautiainen	1	0	0	250	3	0
Punarinta	1	0	0	250	3	0
Mustarastas	2	0	0	250	5	0
Räkättirastas	436	40	9	250	1160	106
Laulurastas	4	0	0	200	9	0
Punakylkirastas	278	5	2	200	591	11
Kulorastas	47	4	9	250	125	11
Rastaslaji	1324	72	5	200	2817	153
Pajulintu	1	0	0	200	2	0
Tiltalti	10	0	0	200	21	0
Hippiäinen	2	0	0	150	3	0
Pyrstötiainen	31	0	0	150	49	0
Hömötiainen	10	0	0	50	5	0
Talitiainen	24	0	0	200	51	0
Puukiipijä	1	0	0	150	2	0
Isolepinkäinen	4	0	0	150	6	0
Närhi	26	0	0	200	55	0
Naakka	53	5	9	150	85	8
Varis	8	1	13	150	13	2
Kottarainen	5	5	100	200	11	11
Peippo	4722	4	0	200	10047	9
Järripeippo	550	0	0	150	878	0
Viherpeippo	2	0	0	200	4	0
Vihervarpunen	28	0	0	350	104	0
Käpylintulaji	10	0	0	200	21	0
Punatulkku	15	0	0	150	24	0
Keltasirkku	13	0	0	200	28	0
Pohjansirkku	2	0	0	100	2	0
Pajusirkku	3	0	0	250	8	0