

# Perhon Honkahuhdan tuulivoimapuiston muuttolinnuston törmäysmallinnus 2023

## Tilaaaja

Sweco Finland Oy

## Laatija

Biologi, FM William Velmala

Tmi William Velmala, y-tunnus: 2813189-7

## Raportti

Versio 1.1; 23.9.2024

Viittausohje: Velmala, W. 2024. Perhon Honkahuhdan tuulivoimapuiston muuttolinnuston törmäysmallinnus 2023. – Sweco Finland Oy.

## Sisällysluettelo

<b>YHTEENVETO</b> .....	<b>2</b>
<b>JOHDANTO</b> .....	<b>3</b>
<b>MENETELMÄT</b> .....	<b>3</b>
<b>TULOKSET</b> .....	<b>4</b>
<b>JOHTOPÄÄTÖKSET</b> .....	<b>9</b>
<b>EPÄVARMUUSTEKIJÄT JA VIRHELÄHTEET</b> .....	<b>9</b>
<b>KIRJALLISUUS</b> .....	<b>11</b>
<b>LIITE 1. LÄPIMUUTTAVA LINNUSTO</b> .....	<b>13</b>

## Yhteenveto

Raportti esittelee Perhon Honkahuhdan tuulivoimahankkeen muuttolinnuston törmäysmallinnuksen tulokset. Mallinnus perustuu keväällä ja syksyllä 2023 laadittuihin muuttavien lintujen maastotarkkailuihin. Mallinnus laadittiin kahdelle eri toteutusvaihtoehdolle: VE1 sisältää kymmenen 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 kurkeen, räkättirastaaseen ja peippoon (noin kaksi törmäystä/10 vuotta). **Syksyllä** suurin törmäysriski kohdistuu mallinnuksen mukaan räkättirastaaseen (2,9 törmäystä/syksy), kurkeen (0,67 törmäystä/syksy) ja peippoihin (0,2 törmäystä/syksy). Luvut koskevat hankevaihtoehtoa VE1 ja lintujen väistötodennäköisyydeksi on oletettu 99 %.

Törmäysmallinnuksessa ja edellä mainituissa luvuissa ei huomioitu maastohavainnoinneissa todettuja muuttokorkeuksia. Todennäköisesti todelliset törmäysmäärät ovat siis merkittävästi mallinnuksen antamia arvoja pienemmät. Keväällä riskikorkeudella muutti kurjista 51 % ja räkättirastaista vain 12

%. Kaikki peipot muuttivat riskikorkeuden alapuolella. Syksyllä räkättirastaista vain 4 % muutti riskikorkeudella. Kurjen osalta syysmuutolla 93 % yksilöistä muutti törmäyskorkeudella.

Kurjen osalta on syytä huomioida, että väistötodennäköisyyden on satelliittiseurantoihin perustuen arvioitu olevan jopa 99–100 %:n välillä, ja käytännössä muuttavien kurkien törmäyksiä ei ole juuri havaittu Suomessa tai Euroopassa. Suomessa laaditussa seurantatutkimuksessa Pohjois-Pohjanmaan rannikolla havaittiin yksi törmäys ja kyseessä oli paikallinen kurki (Suorsa 2019).

Törmäysmallinnuksessa ei huomioitu sitä, että osa Honkahuhdan voimaloista sijaitsee osittain peräkkäin lintujen muuttosuuntaan nähden tämänhetkisen voimaloiden sijoitussuunnitelman mukaan. Siten hankevaihtoehdon VE1 mukainen riski-ikkuna on noin 70 % törmäysmallinnuksessa käytetystä riski-ikkunasta ja hankevaihtoehdon VE2 mukainen riski-ikkuna noin 75 % käytetystä riski-ikkunasta.

Mallinnuksen perusteella hankevaihtoehdot (VE1 ja VE2) eivät eroa toisistaan merkittävästi linnustolle aiheutuvan törmäysriskin näkökulmasta. Vaihtoehdossa VE2 törmäysriskit ovat aavistuksen pienempiä.

## Johdanto

Raportti esittelee Perhon Honkahuhdan tuulivoimahankkeen muuttolinnuston törmäysmallinnuksen tulokset. Mallinnus perustuu keväällä ja syksyllä 2023 laadittuihin muuttavien lintujen maastotarkkailuihin (Ahlman 2023a, 2023b).

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

## 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) montako lintua lentää tuulivoimapuiston ns. riski-ikkunan eli roottoreiden pyyhkäisyalan läpi. Riski-ikkuna tarkoittaa tuulivoimapuiston kaikkien voimaloiden roottoreiden yhteenlaskettua pyyhkäisy-pinta-alaa. Yksittäisen linnun todennäköisyys lentää riski-ikkunassa lasketaan jakamalla riski-ikkuna havaintoikkunalla. Havaintoikkuna puolestaan muodostuu hankealueen leveydestä ja korkeudesta. Korkeudeksi katsotaan tässä yhteydessä metsän latvuskerroksen ja voimaloiden kokonaiskorkeuden välinen alue.

Seuraavaksi (vaihe 2) lasketaan todennäköisyys sille, että yksittäinen lintu törmää roottorin lapaan lentäessään riski-ikkunassa (eli roottoreiden pyyhkäisyalan läpi). Tämä lasketaan kullekin 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 yksilömäärästä hankealueella ja niiden perusteella on asiantuntija-arviona määritelty hankealueen läpi muuttavan kannan koko lintulajeittain ja kevät- ja syysmuuton osalta erikseen. Kevätmuuttoa seurattiin 80 tunnin ajan ja syysmuuttoa samoin 80 tuntia (Ahlman 2023a, 2023b). Kannan koko arvioidaan kertomalla havaintoaikana havaittujen yksilöiden määrä (yksilöä/tunti) asiantuntija-arviona määritellyllä lajin kokonaismuuttoajalla (tuntia/muuttokausi) hankealueella. Koska muutto-selvitykset on tehty eri konsultin toimesta, lajikohtaisia kokonaismuuttoaikoja on osittain poimittu aiemmista lähi-alueilla tehdyistä selvityksistä (esim. Ahlman 2023c).

Edellä kuvatulla tavalla on siis selvitetty millä todennäköisyydellä hankealueen läpi muuttava lintu lentää roottorin

pyyhkäisyalan läpi, ja mikä on tällöin tämän linnun todennäköisyys törmätä roottorin lapoihin (vaiheen 1 todennäköisyys x vaiheen 2 todennäköisyys). Hankealueen läpi muuttavien yksilöiden määrä kerrotaan edelleen saadulla törmäyskertoimella, jolloin saadaan tulokseksi tuulivoimaloihin potentiaalisesti törmäävien yksilöiden määrä lajeittain.

Tutkimusnäyttö osoittaa kuitenkin lintujen pääsääntöisesti väistävän toiminnassa olevia tuulivoimaloita (Suomessa esim. Suorsa 2019). Siksi edellä lasketut törmäysmäärät kerrotaan edelleen tutkimustietoihin perustuvilla ja yleisesti käytössä olevilla väistökertoimilla, jolloin saadaan realistisempi arvio törmäysmääristä. Eri lajiryhmät reagoivat tuulivoimaloihin eri

tavalla, toisten väistäessä 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 % väistö-todennäköisyys.

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

## Tulokset

Vaiheen 1 törmäystodennäköisyys laskettiin seuraavasti. Roottoreiden pyyhkäisyypinta saadaan kertomalla piin arvo ( $\pi \approx 3,14$ ) säteen ( $r$ ) toisella potenssilla. Säde on sama kuin roottorin lavan pituus eli 115 metriä. Siten vaihtoehdossa VE1 (10 voimalaa) riski-ikkunan koko on  $415\,476\text{ m}^2$  ja vaihtoehdossa VE2 (8 voimalaa) riski-ikkunan koko on  $332\,381\text{ m}^2$ .

Havaintoikkunan leveys (läntisimmän–itäisimmän voimalan ääripiste) lintujen muuttosuuntaan nähden on 7 761 metriä (VE1) tai 6 945 metriä (VE2). Havaintoikkunan korkeudeksi määriteltiin 300 metriä: voimalan kokonaiskorkeus 320 metriä vähennettynä puuston korkeudella  $\sim 20$  metriä. Siten havaintoikkunan koko on  $2\,328\,300\text{ m}^2$  (VE1) tai  $2\,083\,500\text{ m}^2$  (VE2).

Voimaloiden yhteenlaskettu pyyhkäisyypinta-ala (riski-ikkuna) kattaa siten 17,8 % (VE1) tai 16,0 % (VE2) havaintoikkunasta.

Toisin sanoen, satunnaisella linnulla on joko 17,8 %:n tai 16,0 %:n todennäköisyys lentää roottorin pyyhkäisyalan läpi, kun se muuttaa hankealueen yli.

Hankealueen läpi muuttavat lajikohtaiset populaatioarviot laskettiin erikseen kevät- ja syysmuutolle ja ne käyvät ilmi liitteen 1 taulukoista 3 ja 4.

Vaiheen 1 laskenta kertoo siis todennäköisyyden, jolla hankealueen läpi muuttava lintu lentää riski-ikkunaan. Vaiheen 2 todennäköisyys kertoo millä todennäköisyydellä tällainen lintu törmää itse voimalaan (eikä lennä roottorin pyyhkäisyalan läpi). Näitä muuttujia sovelletaan laskennalliseen läpimuuttavan populaation kokoon sekä erilaisiin väistökertoimiin. Törmäysmallinnuksen tulokset esitetään taulukoissa 1 ja 2. Suurimmat törmäysriskiarvot on esitetty taulukoissa lihavoituna.

**Taulukko 1.** Törmäysmallinnukset tulokset Honkahuhdan tuulivoimapuistolla kevään 2023 muuttolintuseurantojen perusteella. Läpimuuttava yksilömäärä tarkoittaa laskennallista hankealueen 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 hankealueen yli lentävillä linnuilla. Luku on pyöristetty kokonaisluvuksi. Lopuksi esitetään törmäysmallinnuksen lopputulokset kahdella eri väistökertoimella ja molemmille hankevaihtoehdoille. Luvut kertovat törmäysten määrän yhden kevään aikana. Suurimmat törmäysriskiarvot on lihavoitu. Ruuduilla rajatut arvot viittaavat läheisiin lajeihin/lajiryhmiin, joiden arvoja on johtopäätöksissä käsitelty yhteisesti (esim. peippolajit).

Laji	Läpimuuttava yksilömäärä	Törmäystodennäköisyys (%)	VE1			VE2		
			Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö	Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö
Laulujoutsen	340	12,9	8	0,39	0,08	7	0,35	0,07
Metsähanhi	233	8,7	4	0,18	<b>0,04</b>	3	0,16	<b>0,03</b>
Tundrahanhi	38	8,8	1	0,03	0,01	1	0,03	0,01
Harmaahanhilaji	454	8,8	7	0,36	<b>0,07</b>	6	0,32	<b>0,06</b>
Valkoposkihanhi	81	8,0	1	0,06	0,01	1	0,05	0,01
Sinisorsa	8	6,9	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Isokoskelo	3	6,2	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Merikotka	10	11,4	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Ruskosuohaukka	2	10,0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Sinisuohaukka	35	12,5	1	0,04	0,01	1	0,04	0,01
Arosuohaukka	3	11,7	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Kanahaukka	10	9,7	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Varpushaukka	47	8,8	1	0,04	0,01	1	0,03	0,01
Hiirihaukka	13	10,4	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Piekana	6	11,6	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Tuulihaukka	23	10,0	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Kurki	883	11,9	19	0,94	<b>0,19</b>	17	0,84	<b>0,17</b>
Kapustarinta	191	7,0	2	0,12	0,02	2	0,11	0,02
Töyhtöhyyppä	600	7,7	8	0,41	0,08	7	0,37	0,07
Pikkukuovi	84	6,9	1	0,05	0,01	1	0,05	0,01
Kuovi	107	7,6	1	0,07	0,01	1	0,02	0,00
Suokukko	51	5,6	1	0,03	0,01	0	0,02	0,00
Metsäviklo	13	9,3	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Valkoviklo	6	8,1	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Liro	13	9,1	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Taivaanvuohi	28	5,7	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
Naurulokki	460	8,8	7	0,36	0,07	6	0,32	0,06
Kalalokki	665	8,4	10	0,50	<b>0,10</b>	9	0,45	<b>0,09</b>
Harmaalokki	41	9,8	1	0,04	0,01	1	0,03	0,01
Sepelkyyhky	1015	6,8	12	0,61	<b>0,12</b>	11	0,55	<b>0,11</b>
Käki	3	6,5	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Tervapääsky	3	8,8	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Käpytikka	10	13,6	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Kiuru	23	5,7	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Haarapääsky	15	8,6	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Metsäkirvinen	8	6,5	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Niittykirvinen	973	7,8	14	0,68	<b>0,14</b>	12	0,61	<b>0,12</b>
Keltävästäräkki	23	6,6	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Västäräkki	26	6,2	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Tilhi	10	5,6	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Mustarastas	10	10,1	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Räkättirastas	395	7,2	5	0,25	<b>0,05</b>	5	0,23	<b>0,05</b>
Kulorastas	15	8,1	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Iso rastas	758	10,1	14	0,68	<b>0,14</b>	12	0,61	<b>0,12</b>
Laulu-/punak.rastas	169	8,0	0	0,00	0,00	2	0,11	0,02
Talitiainen	4	6,1	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Isolepinkäinen	3	6,3	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Närhi	55	15,0	1	0,07	0,01	1	0,07	0,01
Naakka	148	8,0	2	0,11	0,02	2	0,09	0,02
Varis	665	8,7	10	0,51	0,10	9	0,46	0,09
Kottarainen	18	5,6	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Peippo	917	6,5	11	0,53	<b>0,11</b>	10	0,48	<b>0,10</b>
Järripeippo	2	5,6	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Peippolaji	572	6,5	7	0,33	<b>0,07</b>	6	0,30	<b>0,06</b>
Vihervarpunen	100	5,6	1	0,05	0,01	1	0,04	0,01
Uрпиainen	33	5,6	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Pikkukäpylintu	46	5,3	0	0,02	0,00	0	0,00	0,00
Isokäpylintu	1	5,3	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Käpylintulaji	3	5,3	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Punatulkku	1	6,4	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Pulmunen	20	8,2	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Pajusirkku	13	6,5	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00

**Taulukko 2.** Törmäysmallinnukset tulokset Honkahuhdan tuulivoimapuistolla syksyn 2023 muuttolintuseurantojen perusteella. Läpimuuttava yksilömäärä tarkoittaa laskennallista hankealueen 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 hankealueen yli lentävillä linnuilla. Luku on pyöristetty kokonaisluvuksi. Lopuksi esitetään törmäysmallinnuksen lopputulokset kahdella eri väistökertoimella ja molemmille hankevaihtoehdoille. Luvut kertovat törmäysten määrän yhden syksyn aikana. Suurimmat törmäysriskiarvot on lihavoitu. Ruuduilla rajatut arvot viittaavat läheisiin lajeihin/lajiryhmiin, joiden arvoja on johtopäätöksissä käsitelty yhteisesti (esim. peippolajit).

Laji	Läpimuuttava yksilömäärä	Törmäystodennäköisyys (%)	VE1			VE2		
			Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö	Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö
Laulujoutsen	378	12,9	9	0,43	0,09	8	0,39	0,08
Taigametsähänhi	208	8,7	3	0,16	0,03	3	0,14	0,03
Tundrahamhi	20	8,8	0	0,02	0,00	0	0,01	0,00
Harmaahanhilaji	370	8,8	6	0,29	0,06	5	0,26	0,05
Sinisorsa + sorsalaji	278	6,9	3	0,17	0,03	3	0,15	0,03
Isokoskelo	30	6,2	0	0,02	0,00	0	0,01	0,00
Mehiläishaukka	3	10,0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Merikotka	30	11,4	1	0,03	0,01	1	0,03	0,01
Ruskosuohaukka	3	10,0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Sinisuohaukka	15	12,5	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Kanahaukka	15	9,7	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Varpushaukka	38	8,8	1	0,03	0,01	1	0,03	0,01
Hiirihaukka	43	10,4	1	0,04	0,01	1	0,04	0,01
Piekana	23	11,6	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Maakotka	30	12,7	1	0,03	0,01	1	0,03	0,01
Kurki	3163	11,9	67	3,35	<b>0,67</b>	60	3,01	<b>0,60</b>
Kapustarinta	18	7,0	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Suokukko	28	5,6	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Suosirri	5	5,7	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Taivaanvuohi	8	5,7	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Sepelkyyhky	1110	6,8	13	0,67	0,13	12	0,60	0,12
Käki	3	6,5	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Harmaapäätikka	5	14,7	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Palokärki	8	16,4	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Käpytikka	83	13,6	2	0,10	0,02	2	0,09	0,02
Haarapääsky	173	8,6	3	0,13	0,03	2	0,12	0,02

Laji	Läpimuuttava yksilömäärä	Törmäystoden- näköisyys (%)	VE1			VE2		
			Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö	Törmäysten määrä	Törmäyksiä, 95 % väistö	Törmäyksiä, 99 % väistö
Metsäkirvinen	25	6,5	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Niittykirvinen	650	7,8	9	0,45	0,09	8	0,41	0,08
Västaräkki	5	6,2	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Tilhi	110	5,6	1	0,05	0,01	1	0,05	0,01
Kivitasku	3	6,5	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Räkättirastas	22633	7,2	290	14,50	<b>2,90</b>	261	13,04	<b>2,61</b>
Punakylkirastas	110	8,0	2	0,08	0,02	1	0,07	0,01
Kulorastas	60	8,1	1	0,04	0,01	1	0,04	0,01
Laulu-/punak.rastas	293	8,0	4	0,21	0,04	4	0,19	0,04
Kuusitiainen	70	7,4	1	0,05	0,01	1	0,04	0,01
Talitiainen	8	6,1	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Isolepinkäinen	28	6,3	0	0,02	0,00	0	0,01	0,00
Närhi	350	15,0	9	0,47	0,09	8	0,42	0,08
Naakka	30	8,0	0	0,02	0,00	0	0,02	0,00
Varis	448	8,7	7	0,35	0,07	6	0,31	0,06
Peippo	100	6,5	1	0,06	<b>0,01</b>	1	0,05	<b>0,01</b>
Järripeippo	235	5,6	2	0,12	<b>0,02</b>	2	0,11	<b>0,02</b>
Peippolaji	1428	6,5	17	0,83	<b>0,17</b>	15	0,74	<b>0,15</b>
Vihervarpunen	623	5,6	6	0,31	0,06	6	0,28	0,06
Uрпиainen	1363	5,6	14	0,68	0,14	12	0,61	0,12
Kirjosiipikäpylintu	3	5,3	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Pikkukäpylintu	128	5,3	1	0,06	0,01	1	0,05	0,01
Isokäpylintu	5	5,3	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Käpylintulaji	90	5,3	1	0,04	0,01	1	0,04	0,01
Punatulkku	18	6,4	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00
Pulmunen	3	8,2	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Keltasirkku	40	10,7	1	0,04	0,01	1	0,03	0,01
Pajusirkku	10	6,5	0	0,01	0,00	0	0,01	0,00



## Johtopäätökset

Törmäsmallinnuksen perusteella **keväällä** suurin törmäysriski (VE1, 99 % väistö), noin kaksi törmäystä/10 vuotta, kohdistuu kurkeen, räkättirastaaseen ja peippoon. Räkättirastaan osalta em. arvioon on otettu mukaan määrittämättömät isot rastaat ja peipon osalta peipoksi/järripeipoksi määritetyt. Mallinnuksen mukaan noin kerran vuosikymmenessä tai hieman useammin törmäyksiä tapahtuu kalalokilla, sepelkyyhkyllä ja niittykirvisellä. Törmäsmallinnuksessa ei huomioitu maastohavainnoinneissa todettuja muuttokorkeuksia. Havainnoinnin perusteella keväällä riskikorkeudella muutti kurjista 51 % ja räkättirastaista ja isoista rastaista yhteensä vain 12 % (Liite 1, taulukko 3). Kaikki peipot ja järripeipot muuttivat riskikorkeuden alapuolella. Samoin kalalokilla riskikorkeudella tapahtui vain 10 % lennoista, sepelkyyhkyllä 14 % lennoista ja niittykirvisellä ei yhtään lentoa. Todennäköisesti todelliset törmäysmäärät ovat siis merkittävästi mallinnuksen antamia arvoja pienemmät.

Syksyllä suurin törmäysriski kohdistuu mallinnuksen mukaan räkättirastaaseen (2,9 törmäystä/syksy), kurkeen (0,67 törmäystä/syksy) ja peippoihin (0,2 törmäystä/syksy, yhteensä peippo ja järripeippo). Toisaalta räkättirastaista vain 4 % muutti riskikorkeudella ja loput roottoria matalammalla. Kurjen osalta syysmuutolla 93 % yksilöistä muutti törmäyskorkeudella

(keväällä 51 %). Kun tarkastellaan asiaa parvikohtaisesti, syksyllä kahdeksan parvea 11:sta eli noin 72 % parvista muutti törmäyskorkeudella. Kurjen väistötodennäköisyyden on satelliittiseurantoihin perustuen arvioitu olevan 99–100 %:n välillä, sillä törmäyksiä ei ole juuri havaittu (mm. Mortensen ym. 2023, 2024). Suomessa laaditussa seurantatutkimuksessa Pohjois-Pohjanmaan rannikolla sijaitsevien, toiminnassa olevien tuulivoimapuistojen yhteydessä havaittiin yksi törmäys ja kyseessä oli paikallisen kurkiparin toinen yksilö (Suorsa 2019). Muuttavien kurkien törmäyksiä ei havaittu.

Molempien hankevaihtoehtojen sijoitussuunnitelmassa osa voimaloista sijaitsee lintujen muuttosuunnassa peräkkäin (kuvat 1 ja 2). Jommankumman sijoitussuunnitelman toteutuessa todellinen riski-ikkuna olisi siis selvästi (noin 25–30 %) pienempi kuin törmäsmallinnuksessa 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 aavistuksen pienempiä.

## Epävarmuustekijät ja virhelähteet

Törmäsmallinnus 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 osittain spekuloitu johtopäätöksissä.

Mallinnukset perustuvat vain yhden kevät- ja syysmuuttokauden havaintoihin, joten vuosien välistä vaihtelua lintujen määrässä ja muuttoreiteissä ei ole voitu huomioida. Muita mallinnuksen lähtöaineistoon liittyviä epävarmuustekijöitä on tuotu esille myös Honkahuhdan tuulivoimahankkeessa tehtyjen muuttoseurantojen raporteissa (Ahlman 2023a, 2023b). 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 vaikea arvioida, miten edustava otos kokonaisuudessaan kymmenen havainnointipäivää on usean kuukauden muuttojaksosta.

Edelleen törmäysriskiin voi paikallisesti vaikuttaa merkittävästikin 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 ole saatavilla riittävän tarkkaa lähtöaineistoakaan.

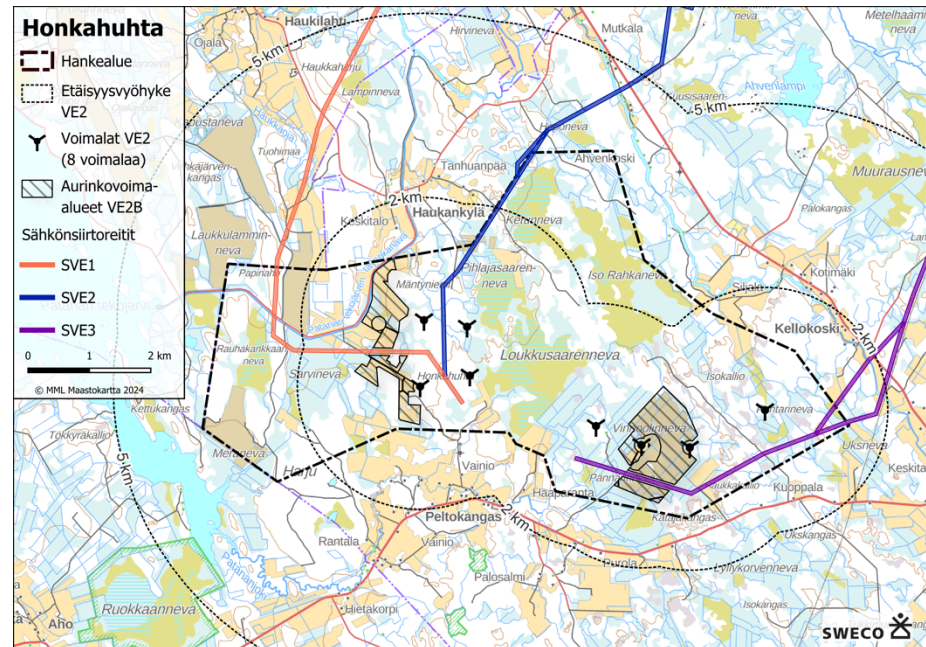
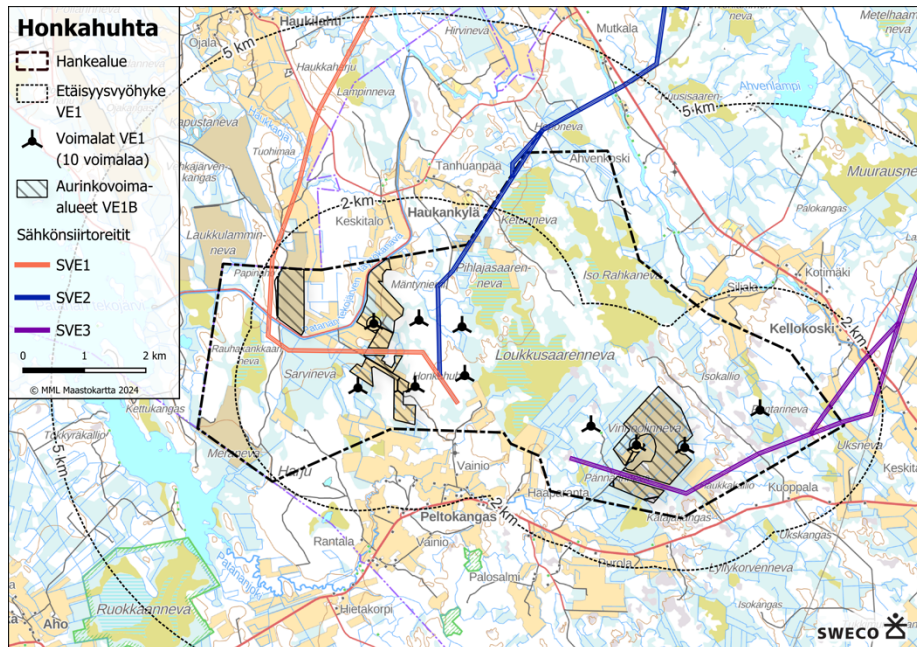
Mallinnuksen lähtöaineistosta ei ole poistettu muutamia hankealueen ulkopuolella muuttaneista linnuista tehtyjä havaintoja, koska ne kuitenkin havaittiin hankealueen läheisyydessä ja saattaisivat yhtä hyvin muuttaa hankealueella esimerkiksi vallitsevan tuulen suunnan ollessa toinen. Ne laskettiin mukaan aivan kuin ne olisivat muuttaneet hanke-

alueella, 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 suurempi kuin nyt oletettu. Tavanomaisella muutontarkkailulla ei kuitenkaan ole mahdollista arvioida tarkkoja lentokorkeuksia tuulivoimalan kokonaiskorkeuden ylittävistä lennoista.

Törmäysmallinnus ei huomioi tuulivoimalan torniin törmääviä 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 tämänhetkisen voimaloiden sijoitussuunnitelman mukaan (kuvat 1 ja 2). 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 sijaitisivat vapaasti suorassa rivissä eivätkä limittäin. Hankevaihtoehdon VE1 mukainen riski-ikkuna on noin 70 % törmäysmallinnuksessa käytetystä riski-ikkunasta ja hankevaihtoehdon VE2 mukainen riski-ikkuna noin 75 % käytetystä riski-ikkunasta.



**Kuvat 1 ja 2.** Honkahuhtan tuulivoimapuiston molempien hankevaihtoehdojen nykyisissä sijoitus suunnitelmissa läntisimmät tuulivoimalat sijaitsevat osittain peräkkäin/limittään lintujen suunnilleen etelä–pohjoissuuntaan kulkevan muuttolennon näkökulmasta.

## Kirjallisuus

- Ahlman, S. 2023a. Perhon Honkahuhtan tuulivoimapuiston lintujen kevätmuuttoselvitys 2023. Ahlman Group Oy.
- Ahlman, S. 2023b. Perhon Honkahuhtan tuulivoimapuiston lintujen syysmuuttoselvitys 2023. Ahlman Group Oy.
- Ahlman, S. 2023c. Perhon Ahvenlammen tuulivoimapuiston muuttolintujen törmäysmallinnus 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.
- Mortensen, M. F., Liedtke, J. & Tjørnløv, R. S. 2023. [Environmental Baseline Note – Crane and Birds of prey avoidance response to Offshore wind farms](#). – Energinet & WSP.
- Mortensen, M. F., Tjørnløv, R. S., Velling, R. & Liedtke, J. 2024. [Environmental Note – Crane and birds of prey avoidance response to Offshore wind farms](#). – Energinet & WSP.
- 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, Luonnontieteellinen 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. Lämpimuuttava linnusto

Taulukko 3. Hankealueen läpi keväällä 2023 muuttanut linnusto. Havaittu lentomäärä tarkoittaa muutontarkkailuissa havaittujen yksilöiden (lentojen) kokonaismäärää (Ahlman 2023a). Riskilentojen määrä kuvaa törmäyskorkeudella tapahtuneita lentoja. Muuttoaika on asiantuntija-arvio kunkin lajin keskimääräisestä lentoajasta kevättä kohden hankealueella (mm. Ahlman 2023a). Lämpimuuttava yksilömäärä kuvaa hankealueen läpi muuttavan populaation kokoa. Se on arvioitu havaittujen yksilöiden ja havainnointiin käytetyn ajan sekä muuttoajan perusteella. Riskikorkeudella muuttavat kuvaa, miten monta ohilentoa tapahtuu törmäyskorkeudella kaikista hankealueen ylittävistä lennoista, muuttolaskennoissa havaittujen lentokorkeuksien perusteella. Kaikki luvut on pyöristetty ylöspäin kokonaisluvuiksi.

Laji	Havaittu lentomäärä	Riskilentojen määrä	Riskilentojen osuus (%)	Muuttoaika (h/kausi)	Lämpimuuttava yksilömäärä	Riskikorkeudella muuttavat
Laulujoutsen	136	5	4	200	340	14
Metsähanhi	124	74	60	150	233	140
Tundrahanhi	20	14	70	150	38	27
Harmaahanhilaji	242	56	23	150	454	105
Valkoposkihanhi	65	25	100	100	81	81
Sinisorsa	3	-	0	200	8	0
Isokoskelo	1	1	100	200	3	3
Merikotka	4	3	75	200	10	8
Ruskosuohaukka	1	-	0	150	2	0
Sinisuohaukka	14	6	43	200	35	16
Arosuohaukka	1	-	0	200	3	0
Kanahaukka	4	3	75	200	10	8
Varpushaukka	15	7	47	250	47	23
Hiirihaukka	5	2	67	200	13	9
Piekana	2	2	100	200	6	6
Tuulihaukka	9	2	29	200	23	7
Kurki	706	320	51	100	883	451
Kapustarinta	61	51	84	250	191	161
Töyhtöhyyppä	192	46	24	250	600	144
Pikkukuovi	67	13	19	100	84	16
Kuovi	57	29	53	150	107	57
Suokukko	27	12	44	150	51	23
Metsäviklo	7	4	57	150	13	8
Valkoviklo	3	-	0	150	6	0
Liro	7	2	29	150	13	4
Taivaanvuohi	11	8	73	200	28	21

Laji	Havaittu lentomäärä	Riskilentojen määrä	Riskilentojen osuus (%)	Muuttoaika (h/kausi)	Läpimuuttava yksilömäärä	Riskikorkeudella muuttavat
Naurulokki	184	47	26	200	460	120
Kalalokki	266	27	10	200	665	67
Harmaalokki	22	6	27	150	41	12
Sepelkyyhky	406	56	14	200	1015	143
Käki	2	-	0	100	3	0
Tervapääsky	2	2	100	100	3	3
Käpytikka	8	-	0	100	10	0
Kiuru	9	1	11	200	23	3
Haarapääsky	8	-	0	150	15	0
Metsäkirvinen	4	-	0	150	8	0
Niittykirvinen	389	-	0	200	973	0
Keltavästäräkki	12	-	0	150	23	0
Västäräkki	14	-	0	150	26	0
Tilhi	8	-	0	100	10	0
Mustarastas	4	-	0	200	10	0
Räkättirastas	158	31	20	200	395	79
Kulorastas	8	-	0	150	15	0
Iso rastas	303	26	9	200	758	69
Laulu-/punakylkirastas	90	-	0	150	169	0
Talitiainen	2	-	0	150	4	0
Isolepinkäinen	2	-	0	100	3	0
Närhi	44	3	7	100	55	4
Naakka	79	39	51	150	148	76
Varis	266	16	6	200	665	40
Kottarainen	7	-	0	200	18	0
Peippo	489	-	0	150	917	0
Järripeippo	1	-	0	150	2	0
Peippolaji	305	-	0	150	572	0
Vihervarpunen	40	-	0	200	100	0
Urpainen	13	-	0	200	33	0
Pikkukäpylintu	37	-	0	100	46	0
Isokäpylintu	1	-	0	100	1	0
Käpylintulaji	2	-	0	100	3	0
Punatulkku	1	-	0	100	1	0
Pulmunen	16	-	0	100	20	0
Pajusirkku	7	-	0	150	13	0

Taulukko 4. Hankealueen läpi syksyllä 2023 muuttanut linnusto. Havaittu lentomäärä tarkoittaa muutontarkkailuissa havaittujen yksilöiden (lentojen) kokonaismäärää (Ahlman 2023b). Riskilentojen määrä kuvaa törmäyskorkeudella tapahtuneita lentoja. Muuttoaika on asiantuntija-arvio kunkin lajin keskimääräisestä lentoajasta syksyä kohden hankealueella (mm. Ahlman 2023b). Läpimuuttava yksilömäärä kuvaa hankealueen läpi muuttavan populaation kokoa. Se on arvioitu havaittujen yksilöiden ja havainnointiin käytetyn ajan sekä muuttoajan perusteella. Riskikorkeudella muuttavat kuvaa, miten monta ohilentoa tapahtuu törmäyskorkeudella kaikista hankealueen 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	151	0	0	200	378	0
Taigametsähanhi	83	32	39	150	208	81
Tundrahanhi	8	8	100	150	20	20
Harmaahanhilaji	148	0	0	150	370	0
Sinisorsa + sorsalaji	111	0	0	200	278	0
Isokoskelo	12	1	13	200	30	4
Mehiläishaukka	1	1	100	200	3	3
Merikotka	12	5	42	200	30	13
Ruskosuohaukka	1	0	0	200	3	0
Sinisuohaukka	6	2	33	250	15	5
Kanahaukka	6	1	17	250	15	3
Varpushaukka	15	8	53	350	38	20
Hiirihaukka	17	12	71	250	43	31
Piekana	9	6	67	250	23	15
Maakotka	12	3	60	200	30	18
Kurki	1265	1149	93	100	3163	2942
Kapustarinta	7	3	43	200	18	8
Suokukko	11	3	27	200	28	8
Suosirri	2	0	0	200	5	0
Taivaanvuohi	3	1	33	250	8	3
Sepelkyyhky	444	395	89	200	1110	988
Käki	1	0	0	100	3	0
Harmaapäätikka	2	0	0	50	5	0
Palokärki	3	0	0	50	8	0
Käpytikka	33	0	0	150	83	0
Haarapääsky	69	0	0	200	173	0
Metsäkivinen	10	0	0	250	25	0
Niittykirvinen	260	0	0	200	650	0

Laji	Havaittu lentomäärä	Riskilentojen määrä	Riskilentojen osuus (%)	Muuttoaika (h/kausi)	Läpimuuttava yksilömäärä	Riskikorkeudella muuttavat
Västäräkki	2	0	0	200	5	0
Tilhi	44	0	0	100	110	0
Kivitasku	1	0	0	200	3	0
Räkättirastas	9053	319	4	250	22633	905
Punakylkirastas	44	0	0	200	110	0
Kulorastas	24	0	0	250	60	0
Laulu-/punak.rastas	117	0	0	250	293	0
Kuusitiainen	28	0	0	150	70	0
Talitiainen	3	0	0	200	8	0
Isolepinkäinen	11	0	0	150	28	0
Närhi	140	0	0	200	350	0
Naakka	12	1	8	150	30	2
Varis	179	6	3	150	448	13
Peippo	40	0	0	200	100	0
Järripeippo	94	0	0	150	235	0
Peippolaji	571	0	0	250	1428	0
Vihervarpunen	249	0	0	350	623	0
Urpainen	545	0	0	250	1363	0
Kirjosiipikäpylintu	1	0	0	100	3	0
Pikkukäpylintu	51	0	0	200	128	0
Isokäpylintu	2	0	0	200	5	0
Käpylintulaji	36	0	0	200	90	0
Punatulkku	7	0	0	150	18	0
Pulmunen	1	0	0	100	3	0
Keltasirkku	16	0	0	200	40	0
Pajusirkku	4	0	0	250	10	0