

Pro gradu -tutkielma

**Lintujen ikkunatörmäyskuolemat rengastusaineistoon
perustuen**

Emmi Ikäheimo



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Ympäristötiede ja -teknologia

3.7.2017

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Ympäristötiede ja -teknologia

Ikäheimo Emmi: Lintujen ikkunatörmäyskuolemat rengastusaineistoon
perustuen
Pro gradu -tutkielma: 59 s., 4 liitettä (7 s.)
Työn ohjaaja: Dosentti Anssi Vähätalo
Tarkastajat: Intendentti Jari Valkama ja FT Kalle Meller
Heinäkuu 2017

Hakusanat: Linnut, ikkunatörmäykset, rengastaminen, elinympäristöt, uhanalaisuus, törmäysten välttämiskeinot.

TIIVISTELMÄ

Lintujen ikkunatörmäämiskuolemat ovat yksi suurimmista ihmislähtöisestä toiminnasta aiheutuva lintujen kuolinsyy. Aikaisempien tutkimusten mukaan on arvioitu muun muassa, että Yhdysvalloissa kuolee vuosittain noin miljardi lintua ikkunatörmäyksen seurauksena. Tässä työssä hyödynsin tiedettävästi ensimmäisen kerran rengastettujen lintujen tietoja ikkunatörmäyskuolemien tarkastelemisessa. Analysoimani data sisälsi yhteensä 6 388 ikkunatörmäyksessä kuollutta rengastettua lintuyskilöä. Työn tarkoituksena oli selvittää löytyykö lintujen ikkunatörmäyskuolemille selittäviä tekijöitä ryhmittelemällä aineiston lintulajit taksonomian mukaisiin lajiryhmiin, lintulajien painon mukaan, uhanalaisuusluokituksen mukaan sekä eri elinympäristöryhmiin. Lisäksi selvitin vuosien 1974 – 2014 tapahtuneiden lintujen törmäyksien jakautumista Suomessa verrattuna lintujen rengastuspaikkoihin ja Suomen kuntien väestötiheyteen.

Erilaisten linturyhmien ikkunaan törmäämisen todennäköisyyden kuvaamisessa käytin avuksi termiä törmäysalttius. Lintujen törmäysalttiudet lintulajeittain aineiston mukaan laskin jakamalla tarkasteltavan lintulajin aineiston mukaiset vuosien 1974 – 2014 välillä tapahtuneet kuolettavat ikkunatörmäykset kyseisinä vuosina rengastettujen lintuyskilöiden määrällä. Törmäysalttius kuvaa siis tarkasteltavana olevan lintulajin kuolettavan ikkunaan törmäämisen todennäköisyyttä.

Tekemieni tilastollisten analyysien perusteella kaikista suurin törmäysalttius oli lajiryhmällä haukat ja pienin yhdistetyllä ryhmällä lokit ja tiirat. Linnun painolla ja lintujen ikkunatörmäämistodennäköisyydellä ei ollut yhteyttä. Uhanalaisuusluokittelun mukaan uhanalaisten lintujen törmäysalttius oli 1,9 kertainen verrattuna ei-uhanalaisiin lintulajeihin. Uhanalaisen valkoselkätikan törmäysalttius oli toiseksi suurin kaikista tarkasteltavista lintulajeista. Rengaslöytöjen perusteella Suomessa joka 80:s rengastettu valkoselkätikka törmää kuolettavasti ikkunaan. Elinympäristöluokittelun mukaan selvästi suurin törmäysalttius oli vanhan metsän lintulajeilla. Maantieteellisen sijoittuvuuden mukaan lintuja törmäsi eniten niissä Suomen kunnissa, joissa myös väestötiheys on suuri.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science
Department of Biological and Environmental Science
Environmental Science and Technology

Ikäheimo Emmi: Bird-window collisions according to bird ringing data
Master thesis: 59 s., 4 liitettä (7 s.)
Supervisor: Docent Anssi Vähätalo
Inspectors: Intendant Jari Valkama and FT Kalle Meller
July 2017

Key words: Birds, window collisions, bird ringing, environments, endangered, preventing collisions.

ABSTRACT

Bird deaths resulting from bird-window collisions are one of the biggest human associated avian mortality factor. In previous studies it has been estimated that in the United States alone about 1 billion birds are killed annually due to collisions with windows. In this study I used bird ringing data probably for the first time to analyse bird deaths resulting from window strikes. Data included 6 388 banded bird individuals which were found dead after collision with window. The aim of this study was to find out if there are any factors which would influence bird-window deaths. In this study I sorted bird species by taxonomy, weight, conservation status and environment. Moreover I analysed how deathly bird-window collisions have distributed over Finland in years 1974 – 2014 compared to bird ringing coordinates in those years and Finland's municipality density.

To describe the window collision probability of different bird groups I used a term colliding vulnerability (törmäysalttius). I calculated colliding vulnerabilities for different bird groups by dividing deadly window collisions during years 1974 – 2014 by amount of banded birds in that time scale. Colliding vulnerability represents the probability of bird specie to collide lethally with windows.

According to the results the most vulnerable taxonomic bird group to collide lethally with windows was hawks and the least vulnerable was group which included gulls and terns. There was no connection between weight and probability of leathal window collisions. I found out that according to conservation status probability of lethal bird-window collision of endangered bird species was 1,9 times higher than probability of unendangered bird species. The white-backed woodpecker (*Dendrocopos leucotos*) had the second biggest colliding vulnerability of all bird species which were included in this study. According to banding recoveries of birds every 80th ringed white-backed woodpecker dies by colliding with window in Finland. The highest striking probability of different environment groups was within old-forest bird species. The consequences show also that in Finland birds collide lethally with windows in those municipalities where the municipality density is high.

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUKSEN TAUSTA	3
2.1	Lintujen rengastaminen Suomessa.....	3
2.2	Kohtalokas ikkunatörmäys	4
2.3	Miksi linnut törmäävät ikkunoihin: Peiliefekti ja ikkunat läpi talon	5
2.4	Lintujen ikkunatörmäämiseen vaikuttavia tekijöitä.....	6
2.4.1	Lintujen ikä ja sukupuoli.....	6
2.4.2	Muuttavat linnut	7
2.4.3	Rakennuksen ympäristö ja lintulaudat	8
2.5	Törmäysten vähentäminen	10
2.5.1	Kuvioiden lisääminen ikkunalaseihin	10
2.5.2	Ruokintapaikat	13
2.5.3	UV-merkitty lasi.....	14
2.5.4	Muut keinot	15
2.6	Ruumiiden löytäminen - raadonsyöjien vaikutus	16
2.7	Muita ihmislähtöisiä lintujen kuolemia aiheuttavia tekijöitä.....	17
3	AINEISTO JA MENETELMÄT	18
3.1	Rengastusaineisto.....	18
3.2	Rengastusaineisto paikkatietojen kanssa	18
3.2.1	Karttojen luominen paikkatietojen avulla	19
3.3	Lintujen ryhmittely	19
3.3.1	Lajiryhmät	19
3.3.2	Painot.....	20
3.3.3	Uhanalaisuusluokittelu	21
3.3.4	Elinympäristöluokittelu.....	21
3.4	Aineiston tilastollinen analysointi	22
4	TULOKSET	23
4.1	Lajikohtaiset törmäysalttiudet.....	23
4.2	Lintulajiryhmät	26
4.3	Lintulajien painoluokittelu.....	28
4.4	Lintulajien uhanalaisuusluokittelu.....	29
4.5	Lintulajien elinympäristöluokittelu.....	31
4.6	Kartat rengastus- ja törmäyspaikoista.....	34
5	TULOSTEN TARKASTELU.....	42
5.1	Lintulajikohtaiset tulokset.....	42
5.2	Lajiryhmäkohtaiset tulokset.....	45
5.2.1	Haukat, jalohaukat ja pöllöt	45
5.2.2	Tilhet	46
5.2.3	Tikat	47
5.2.4	Muita huomioita	48
5.3	Lintulajien painoluokittelu.....	48
5.4	Lintulajien uhanalaisuusluokittelu	48
5.5	Lintulajien elinympäristöluokittelu.....	49
5.6	Kartat rengastus- ja törmäyspaikoista.....	50
5.7	Tutkimuksen epävarmuustekijät	52
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	54

KIITOKSET	56
KIRJALLISUUS	56
LIITTEET	60

1 JOHDANTO

Lintuja kuolee vuosittain hyvin paljon maailmanlaajuisesti, kun ne törmäävät rakennusten ikkunoihin. Vaikka lintuja kuolee paljon myös muihin ihmisten tekemiin rakennelmiin kuten voimalinjoihin, ajoneuvoihin, tuulivoimaloihin sekä mastoihin, kuitenkin suurin tekijä lintujen törmäyskuolemissa ovat rakennukset (Erickson ym. 2005). Esimerkiksi Yhdysvalloissa lukujen on arvioitu jakaantuvat seuraavasti: ikkunatörmäykset 365 – 988 miljoonaa lintua vuosittain, sähkölinjat 130 miljoonaa ja törmäykset ajoneuvojen kanssa 80 miljoonaa (Erickson ym. 2005, Loss ym. 2014). Lisäksi muita ihmislähtöisiä lintujen kuolemaa aiheuttavia tekijöitä on monia, esimerkiksi Yhdysvalloissa vuosittain lintuja kuolee muun muassa metsästyksen seurauksena 120,5 miljoonaa, kissojen tappamina 100 miljoonaa ja hyönteismyrkkyyhin 72 miljoonaa lintua (Klem 1990a, Erickson ym. 2005, Pimentel 2005, Loss ym. 2014).

Lintujen ikkunatörmäyskuolemia käsitteleviä tutkimuksia on tehty useita ja niihin on monesti sisällytetty arviointia siitä, kuinka monta lintuysilöä kuolee vuosittain ikkunatörmäyksen takia joko paikallisesti tai maailmanlaajuisesti (Dunn 1993, Erickson ym. 2005, Arnold & Zink 2011, Machtans ym. 2013, Loss ym. 2014, Cusa ym. 2015). Lisäksi lähes kaikki lintujen kuolettavia ikkunatörmäämisiä käsittelevät tutkimukset perustuvat ikkunatörmäysten kartoittamiseen yksittäisistä rakennuksista tai rakennusryhmistä (Klem 1990a, Gelb & Delacretaz 2006, Hager ym. 2008, Klem ym. 2009, Borden ym. 2010, Hager ym. 2013, Hager & Craig 2014, Bracey ym. 2016, Kahle ym. 2016, Kummer ym. 2016, Ocampo-Peñuela ym. 2016). Tällöin havaintoja saadaan eniten ikkunoiden lähellä liikkuvista ja runsaina esiintyvistä linnuista, jolloin on vaikea arvioida lajien välisiä eroja alttiudessa törmätä ikkunoihin, sillä lintujen runsaussuhteet vaikuttavat törmäysmääriin.

Yksi tapa havainnollistaa lintujen alttiutta törmätä ikkunoihin kuolettavasti on verrata ikkunatörmäyksessä kuolleiden rengastettujen lintujen törmäysmääriä niiden rengastusmääriin. Näin saadaan hyvä käsitys lintulajin alttiudesta törmätä kuolettavasti ikkunoihin. Tässä työssä tätä alttiutta kuvataan termillä törmäysalttiuus. Tietääkseni kukaan ei ole aikaisemmin hyödyntänyt lintujen rengastustietoja lintujen ikkunatörmäyskuolemien tarkastelussa. Tässä Pro gradu -tutkimuksessa hyödynsin rengastusaineistoa eri lintulajien törmäysalttiuden määrittämisessä. Tutkin rengastusaineistoa analysoimalla selittävätkö erilaiset ryhmittelyt lintujen törmäysalttiutta, esimerkiksi ovatko jotkin lintulajiryhmät alttiimpia törmäämään ikkunoihin rengastusaineiston perusteella. Lisäksi tutkin, onko rengastusaineiston perusteella

havaittavissa yhteyttä törmäysalttiuden ja linnun aikuispainon tai törmäysalttiuden ja linnun elinympäristöluokan välillä. Kiinnostava kysymys on myös, kuinka edustettuina uhanalaiset lintulajit ovat aineistossa eli ovatko ikkunatörmäämiset uhka uhanalaisille lintulajeille? Työssä tarkastelin myös lintujen ikkunatörmäysten jakautumista Suomessa verrattuna lintujen rengastuspaikkoihin ja Suomen kuntien väestötiheyteen.

2 TUTKIMUKSEN TAUSTA

2.1 Lintujen rengastaminen Suomessa

Rengastamisella pyritään saamaan tietoa yksilöllisesti merkittyjen lintujen elämänvaiheista. Se onkin yksi vanhimmista lintutieteen tutkimusmenetelmistä. Rengastustilanteessa lintu saa jalkaansa yleensä alumiinisen renkaan, joka sisältää yksilöllisen tunnistetiedon. Tunnuksessa on enintään kaksi kirjainta sekä joukko juoksevia numeroita. Tunnisteen lisäksi renkaassa on palautusosoite (Saurola ym. 2013).

Rengastamisesta saatuja tietoja käytetään moneen eri tarkoitukseen. Ensimmäiseksi rengastus otettiin käyttöön lintujen muutontutkimuksessa. Viime aikoina on pyritty selvittämään eri populaatioiden pesimä- ja talvehtimisalueiden kytkeytyvyyttä toisiinsa. Rengastuksen tuottamaa aineistoa käytetään myös lintuihin liittyvässä perustutkimuksessa, sillä yksilöllisen merkinnän avulla saadaan tietoa muun muassa kuolinsyistä, lintujen iästä, pesäpaikka- ja puolisuusollisuudesta sekä eri ominaisuuksien periytyvyydestä. Myös lintujen suojelutarpeen selvittämisessä käytetään hyväksi muun muassa rengastukseen perustuvia tutkimuksia (Saurola ym. 2013).

Suomessa lintujen rengastaminen aloitettiin vuonna 1913 ja nykyisin siitä vastaa Helsingin yliopiston erillislaitoksen Luonnontieteellisen keskusmuseon tiloissa toimiva rengastustoimisto (Helsingin yliopisto 2015). Suomen valtio kustantaa renkaista, tietotekniikasta ja toimistotyöstä aiheutuvat kustannukset. Suomessa käytetään kansainvälistä, yhteistä EURING:in (European Union for Bird Ringing eli Euroopan rengastuskeskuksen liitto) luomaa koodistoa kuvaamaan rengastus- ja löytöaineiston sisältämiä muuttujia. Yhteisen koodin ja vaihtoformaatin avulla selkeät numeromuuttujat kirjataan kaikkialla Euroopassa samalla tavalla. Lisäksi sanallisesti ilmaistaville muuttujille on luotu oma kansainvälinen numerokoodi. Esimerkiksi löytötapakoodi numero 44 tarkoittaa, että lintu on törmännyt ikkunaan. Vuoden 2005 jälkeen EURING:in tietopankki siirtyi Englantiin BTO:n (British Trust for Ornithology) ja tietopankkiin on pyritty tallentamaan sähköiset kopiot kaikista Euroopan rengastuskeskuksiin tallennetuista rengaslöydöistä (Saurola ym. 2013).

Suomessa toimivan rengastustoimiston tulee ennen kaikkea vastata neljän eri tavoitteen toteutumisesta. Ensinnäkin sen tulee vastata siitä, että rengastajat käsittelevät lintuja luonnonsuojelulain säädösten mukaisesti ja kerätä tieteelliset kriteerit täyttävää aineistoa. Lisäksi toimiston tulee vastata, että kertynyt aineisto tallennetaan tutkimuksen ja suojelun kannalta käyttökelpoiseen muotoon ja että kansallisen ja kansainvälisen yhteistyön edellyttämä

tiedonvaihto toteutuu tehokkaasti. Suomen rengastustoimisto tekee lisäksi tutkimustyötä resurssien sallimissa rajoissa ja koordinoi kahta valtakunnallista seurantaprojektia: petolintuseurantaa ja sisämaan seurantapyyntiä (Saurola ym. 2013).

Rengastustoimistosta myönnetään rengastajien rengastusluvut ja näiden lupien päätyypit ovat pesäpoikaslupa ja verkkorengastuslupa. Täysikasvuisten varpuslintujen rengastusta varten rengastaja tarvitsee lintuasema- tai seurantapyyntiluvan. Näihin kahteen lupaan vaaditaan muun muassa harjoittelutodistus, jossa todetaan rengastajan osaavan pyydystää ja käsitellä täysikasvuisia lintuja. Rengastajat ilmoittavat maastokauden jälkeen rengastus- ja kontrollitiedot Rengastustoimistoon. Perustietoja ovat renkaan numero, lintulaji, sukupuoli, ikä, tarkka rengastus- tai kontrollipaikka ja -aika. Lisäksi tärkeitä tietoja ovat lintuyksilön paino, siiven pituus, rasvaindeksi sekä muut täydennystiedot (Saurola ym. 2013).

Vuosittain Rengastustoimisto vastaanottaa suurelta yleisöltä kirjeitse, puhelimitse tai sähköpostiviestitse noin 4 000 – 5 000 tapaamisilmoitusta Suomessa rengastetuista linnuista. Näiden lisäksi rengastajilta saapuu noin 30 000 raporttia elävinä kontrolloimistaan yksilöistä (Saurola ym. 2013). Vuosien 1913 – 2012 välillä Suomessa on rengastettu yli 10,5 miljoonaa lintua. Tapaamistietoja suomalaisista rengastuksista oli tallentunut vuosien 1913 – 2010 aikana yli 1,1 miljoonaa (Helsingin yliopisto 2015).

2.2 Kohtalokas ikkunatörmäys

On arvioitu, että vuosittain pelkästään Yhdysvalloissa kuolee ikkunatörmäysten seurauksena 365 – 988 miljoonaa lintua ja Kanadassa 16 – 42 miljoonaa lintua (Loss ym. 2014, Machtans ym. 2013). Ikkunatörmäämisestä linnulle aiheutuvien seurausten vakavuudet riippuvat erityisesti linnun liikemäärästä törmäyshetkellä. Ikkunaan törmänneet linnut saattavatkin kuolla heti törmäyksessä tai kuolla törmäyksessä saamiinsa vammoihin myöhemmin. Linnut voivat myös joutua saalistajien saaliiksi tai lentää pois paikalta päällepäin vahingoittumattoman oloisina (Klem 1990b). Klem (1990b) tutki 300 ikkunatörmäyksessä kuolleen linnun ruumista selvittääkseen mihin linnut tarkemmin ottaen kuolevat törmätessään ikkunaan. Kuolleiden lintuyksilöiden lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin 31 törmäyksestä selviytynyttä lintuyksilöä. Kuolleille linnuille suoritetuissa ruumiinavauksissa havaittiin kaikilla lintuyksilöillä merkkejä pitkäaikaisesta kallonsisäisestä verenvuodosta. Yhdelläkään linnuista ei ollut kaulamurtumia ja vain yhdellä havaittiin selkeä kallonmurtuma. Tutkimus ei siis tue yleistä käsitystä siitä, että linnut kuolisivat ikkunatörmäyksessä poikki menneeseen kaulaan.

Ikkunatormäyksestä selvinneistä 28:sta linnusta yhteensä 12 kappaletta lensi pois törmäyspaikalta tietyn ajan kuluessa, 8 lensi pois heti törmäyksen jälkeen, 7 löydettiin pökertyneinä, mutta nämä linnut hävisivät lyhyen ajan kuluessa, ja 1 pökertynyt lintu lensi pois 50 minuutin jälkeen törmäyksestä. Ikkunatormäyksestä selvinneiden lintujen käyttäytymiset olivat Klemin (1990b) mukaan yleisesti ottaen hyvin samanlaiset. Mikäli linnut menettivät tajunsa, ne makasivat yleensä kyljellään liikkumatta hengittäen hitaasti ja tasaisin välein. Lintujen tullessa tajuihinsa nousivat ne lepäämään jalkojensa päälle ja hengittivät syvään avaten ja sulkien hitaasti nokkaansa. Tässä vaiheessa linnut joko lopettivat nokkansa liikuttamisen, hengittivät heikosti silmät kiinni rojahtaen ja kuullen, tai hengittivät raskaasti hengityksen vähitellen tasaantuen. Lyhyen ajan kuluttua hengissä selvinneet linnut nousivat jaloilleen ja lensivät heikon oloisesti lähimpään piiloon.

Vaikka linnut pystyisivätkin lentämään pois törmäyksen jälkeen, saattaa niille jäädä selviytymiseen vaikuttavia vakaviakin vammoja. Klemin (1990b) tutkimuksessa yksi ikkunatormäyksestä hengissä selviytynyt lintu otettiin hoitoon törmäyksen jälkeen. Kolmen viikon tarkastelu- ja hoitajakson aikana lintu osoitti pahenevan halvaantumisen merkkejä ja lopulta se ei enää pystynyt liikkumaan tai syömään. Linnun aivoista löytyi suuri verihyytymä, jonka epäiltiin aiheuttaneen linnun halvaantumisen. Kyseisessä tutkimuksessaan Klem (1990b) lisäksi ohjeistaa, että ikkunaan törmänneen linnun toipumista voi edistää siirtämällä linnun rauhalliseen ja lämpimään paikkaan ja tarjoamalla sille vettä sekä ravintoa.

2.3 Miksi linnut törmäävät ikkunoihin: Peiliefekti ja ikkunat läpi talon

Lintuja törmää kuolettavasti eri kokoisiin ikkunoihin riippumatta rakennuksesta, vuodenajasta, säästä tai vuorokauden ajankohdasta. Linnut käyttäytyvätkin kuin puhtaat ja heijastavat pinnat olisivat niille näkymättömiä ja näin ollen lentävät niitä päin (Klem 2009). Rössler ym. (2009) testasivat ikkunan läpinäkyvyyttä linnuille lentotunnellin avulla, jossa linnut saivat valita lentävätkö ne kohden ikkunaa tai vaihtoehtoisesti vapaata ikkunatonta tilaa. Kokeen tulokset jakautuivat siten, että 52,8 % (n = 72 lintuyksilöä) linnuista lensi kohden ikkunaa ja 47,2 % kohti ikkunatonta tilaa eli linnut eivät erottaneet ikkunatonta tilaa ikkunallisesta.

Valon ollessa heikko asunnon sisällä voi täysin puhdas lasipinta peilata täydellisesti lasia ympäröivän ympäristön ja taivaan, minkä seurauksena lintu voi törmätä lasiin luuleksaan lentävänsä lasista heijastuvaan maisemaan (Klem 2009). Puhtaan lasin lisäksi lintujen ikkunatormäymisen riskiä suurentaa se, jos ulkoa päin näkee talon läpi esimerkiksi rakennuksen

ikkunoiden ollessa samassa linjassa. Törmäämisriski kasvaa myös sellaisissa rakennuksen osissa, joissa lasiseinät kohtaavat toisensa kulmassa (Klem 2006).

Tutkimuksissa on todettu, että lintujen törmäämisellä ja rakennuksen lasin määrällä on positiivinen korrelaatio (Hager ym. 2013, Kahle ym. 2016, Ocampo-Peñuela ym. 2016). Klem ym. (2009) totesivat tutkimuksessaan, että kaikenkokoiset ikkunaruuudut ovat linnuille kuolettava uhka. Kahle ym. (2016) saivat omassa tutkimuksessaan tulokseksi, että lintujen ikkunatörmäysten määrää voi vähentää tehokkaasti vähentämällä rakennuksen suurten ikkunaruuutujen määrää. Heidän tutkimuksessaan tämä toteutettiin joko peittämällä tai jakamalla suuret ikkunaruuudut pystykarmeihin pienempiin osiin. Tutkimustuloksena he saivatkin, että lähes 91,11 % lintujen kuolettavista ikkunatörmäyksistä tapahtui rakennuksen isoilla ikkunaruuuduilla.

2.4 Lintujen ikkunatörmäämiseen vaikuttavia tekijöitä

2.4.1 Lintujen ikä ja sukupuoli

Muutamien tutkimusten mukaan linnun ikä ja sukupuoli saattaa vaikuttaa linnun ikkunatörmäämistodennäköisyyteen (Hager ym. 2013, Hager & Craig 2014, Kahle ym. 2016). Hagerin & Craigin (2014) tutkimus keskittyi lintujen lisääntymisaikana tapahtuviin ikkunatörmäyksiin Yhdysvalloissa kesäkuukausina. Heidän törmäysdatasta määrätettiin 24 lintuyksilön ikä ja näistä 67 % oli nuoria yksilöitä. Nuorien lintujen osalta suurin kuolleisuus oli alueella runsaasti esiintyvissä lintulajeissa. Sen sijaan aikuisten lintujen osalta suurimmat ikkunatörmäysluvut olivat vähemmän yleisissä lajeissa. Tutkimuksessa ehdotetaan, että lisääntymisaikana lintujen ikkunakuolevuuden lisääntyminen voisi johtua pääosin lajien ja ikäluokkien välisestä vaihtelusta.

Nuoret linnut ja urokset olivat yliedustettuina Kahle ym. (2016) ikkunatörmäysdatassa suhteutettuna kyseisten lintulajien runsauteen rakennuksia ympäröivässä elinympäristössä. Heidän datassaan nuoret, eli alle 1 vuotiaat, linnut iskeytyivät ikkunoita päin aikuisia yksilöitä paljon useammin lähes jokaisena kuukautena. Erityisesti nuoret linnut törmäsivät ikkunoihin heti opittuaan lentämään ja olivatkin yliedustettuina huhtikuusta heinäkuuhun, jolloin poikaset olivat nuorimmillaan. Kahle ym. (2016) toteavatkin tutkimuksessaan nuorten juuri lentämään oppineiden lintujen olevan alttiimpia ikkunatörmäyksille kuin kokeneemmat nuoret linnut myöhemmin marras- joulukuussa, jolloin heidän datassaan oli paljon vähemmän nuorten lintujen törmäyksiä.

Kahle ym. (2016) havainnoivat tutkimuksessaan uroslintujen törmäysten lukumäärän olleen suurempi vuoden jokaisena kuukautena verrattuna naaraiden törmäysten lukumäärään. Tosin erot törmäysten lukumäärissä olivat tilastollisesti merkitseviä eri sukupuolten välillä vain helmi- ja toukokuussa sekä elokuusta lokakuuhun. Heidän pohdintojensa mukaan urokset saattavat törmätä naaraita todennäköisemmin ikkunoihin, koska urokset ovat aggressiivisempia, aktiivisempia puolustamaan reviiriään ja ajamaan takaa toisia uroksia, mikä johtaa suurempaan aktiivisuuteen ja tätä kautta suurempaan riskiin törmätä ikkunoihin.

Toisaalta kaikkien tutkijoiden tutkimustulokset eivät tue näkemystä, että nuorten ja aikuisten (Sabo ym. 2016, Klem 1989) tai urosten ja naaraiden ikkunatörmäämistodennäköisyyksissä olisi tilastollisesti merkitsevä ero (Klem 1989). Sabo ym. (2016) saivat tutkimustuloksekseen, ettei nuorten lintujen osuus ollut tilastollisesti merkitsevän suuri verrattuna tutkimusalueen puistossa normaalisti eläviin nuoriin lintuysilöihin. Lisäksi nuorten sekä aikuisten lintujen riskit törmätä ikkunoihin olivat yhtä suuret. Tutkijat (Sabo ym. 2016) tuovat ilmi, että heidän tutkimuksensa otoskoko oli kuitenkin verrattaen pieni eikä näin ollen välttämättä antanut todellista kuvaa lintujen iästä johtuvista törmäyseroista. On myös mahdollista, että jotkin linnut on luokiteltu virheellisesti aikuisiksi.

2.4.2 Muuttavat linnut

Huomattavan monessa tutkimuksessa on saatu tulokseksi, että muuttavat linnut törmäävät ikkunoihin tai ihmisen rakennelmiin paikkalintuja enemmän (Gelb & Delacretaz 2006, Borden ym. 2010, Arnold & Zink 2011, Machtans ym. 2013, Ocampo-Peñuela ym. 2016, Sabo ym. 2016). Klem ym. (2009) totesivat kirkkaan ja refleктоivan lasin aiheuttavan suuren vaaran etenkin läpikulkumatalla oleville muuttajille. Gelb & Delacretaz (2006) havainnoivat, että 92 % heidän törmäysdatastaan sisälsi tällaisia läpikulkumatalla olleita lintuja. Borden ym. (2010) sen sijaan tekivät 12 kuukautta kestäneessä kokeessaan havainnon, että tarkkailuaikana muuttajia törmäsi 9 kertaa enemmän kuin paikkalintuja. Ocampo-Peñuela ym. (2016) raportoivat tutkimuksessaan törmänneistä 41 lintulajista muuttajia olleen 76 % ja osittaismuuttajia 9 %.

Muuttajien törmäysriskin suuruuteen näyttää vaikuttavan etenkin vuorokauden- ja vuodenaika (Klem 1989, Klem 1990a, Gelb & Delacretaz 2006, Klem 2006, Borden ym. 2010, Arnold & Zink 2011, Machtans ym. 2013, Hager & Craig 2014, Ocampo-Peñuela ym. 2016). Arnoldin & Zinkin (2011) tutkimustuloksena mainittiin yöllä pitkää matkaa muuttavien lintujen törmäävän paikallisia lintuja ja päivämuuttajia paljon todennäköisemmin ihmisen tekemiin rakennelmiin. Samanlaisia tuloksia saivat tutkimuksessaan myös Machtans ym. (2013). Kaksi yleisimpiin

Yhdysvalloissa ja Kanadassa ikkunaan törmääviin lintulajeihin kuuluvaa lintulajiryhmää, kertut ja varpuset, ovat myös yömuuttajia ja niiden törmäykset tapahtuivat Klemin (1989) julkaiseman tutkimuksen mukaan yleisimmin aamunkoitteessa. Öisin tapahtuvat lintujen ikkuna- tai rakennustörmäykset voivat mahdollisesti johtua niin kutsutusta "majakkaefektistä", jolloin rakennelmien emittoiva valo hämmentää lintuja ja vetää niitä puoleensa johtaen törmäykseen (Drewitt & Langston 2008). Vuodenaikoja tarkasteltaessa muuttolintuja törmää ikkunoihin niiden ollessa muuttomatalla eli keväällä ja syksyllä (Klem 1989, Klem 1990a, Gelb & Delacretaz 2006, Klem 2006, Borden ym. 2010, Hager & Craig 2014, Ocampo-Peñuela ym. 2016). Esimerkiksi Borden ym. (2010) raportoivat Pohjois-Amerikkaan sijoittuvassa tutkimuksessaan törmäyksistä 90 % tapahtuneen kevät- ja syysmuuttoaikoina. Lisäksi heidän tutkimusdatassaan törmäysmäärät olivat 3,7 kertaa suuremmat syksyllä verrattuna kevääseen.

Hager & Craig (2014) ottivat tutkimuksessaan huomioon myös lintujen iän muuttoluokituksen lisäksi. Heidän tutkimuksessaan lisääntymiskauden alussa kuolleisuus oli suurinta aikuisten pitkän matkan muuttajien joukossa. Nuorten lintujen osalta kuolleisuus oli yhtä yleistä kolmessa eri muuttoluokituksessa (pitkän matkan ja lyhyen matkan muuttajat sekä paikkalinnut) aikavälillä myöhäisestä kesäkuusta aikaiseen elokuuhun. Eli nuoria lintuja kuolee suhteessa siihen kuinka runsaana niitä alueella esiintyy. Myös Sabo ym. (2016) päätyivät omassa tutkimuksessaan samantapaiseen tulokseen.

Myös rakennuksen korkeudella näyttää muutaman tutkimuksen mukaan olevan vaikutusta muuttavien lintujen törmäykseen (Borden ym. 2010, Loss ym. 2014). Borden ym. (2010) esittivät tutkimuksessaan matalien, vierekkäisten viheralueiden omaavien rakennusten (< 30 m) aiheuttavan huomattavan vaaran muuttaville linnuille huolimatta siitä, että kyseisenlaiset rakennukset sijaitsisivatkin hyvin urbaanissa maisemassa. Tutkijoiden mukaan suuri muuttavien lintujen kuolemaan johtaneiden törmäysten lukumäärä korostaa muuttavien lintujen kykyä löytää pieniäkin viheralueita kaupunkiympäristöstä. Myös Loss ym. (2014) päätyivät tuloksiin joiden mukaan etenkin muuttolinnut törmäsivät mataliin (4 – 11 kerrosta) ja korkeisiin (>12 kerrosta) rakennuksiin. Sen sijaan he esittävät, että paikkalinnuilla on korkeampi riski törmätä erillisiin 1 – 3 kerroksen korkuisiin taloihin.

2.4.3 Rakennuksen ympäristö ja lintulaudat

Monessa aikaisemmin tehdyssä tutkimuksessa (Dunn 1993, Klem ym. 2009, Borden ym. 2010, Hager ym. 2013, Cusa ym. 2015) mainitaan, että rakennusten lähellä oleva runsas kasvillisuus lisää lintujen ikkunatörmäämisen riskiä. Tämä voisi selittyä sillä, että lintuja vetää puoleensa

kasvillisuuden tarjoama suoja sekä ravinto. Hager ym. (2013) löysivät tutkimuksessaan todisteita siitä, että urbaanissa ympäristössä lintujen ikkunatörmäämiset korreloivat negatiivisesti alueen kehittyneisyyden kanssa. Eli mitä vähemmän alueella oli kasvillisuutta, sitä vähemmän tapahtui lintujen ikkunatörmäämisiä. Heidän mukaansa ikkunatörmäyksessä kuolleiden lintujen määrää selittääkin parhaiten alueen kehittyneisyys, ikkunan etäisyys kasvillisuuteen sekä vuodenaika. Borden ym. (2010) selvittivät, että lintujen ikkunatörmäysriski kasvaa mikäli rakennuksen lähetyvillä maksimissaan 5 metrin säteellä ikkunasta on puita. Heidän tutkimuksessaan saatiin tulokseksi, että myös ikkunasta heijastuva puiden kuva kasvattaa törmäysriskiä. Toisaalta heidän datansa mukaan puiden läheisyydellä ei ollut tilastollista merkitystä kuolettavien ikkunatörmäysten määrään rakennuksen lasipeittävyuden ollessa alle 47 %.

Hager ym. (2008) kertovat lintuja houkuttelevan ympäristön olevan yksi syy lintujen ikkunatörmäyksiin ja kuolettavien iskujen lukumääriin. Myöhemmin vuonna 2013 Hager ym. tekivät uuden tutkimuksen, jonka mukaan elinympäristö vaikuttaa lintujen ikkunatörmäyksiin ensisijaisesti vain pienessä mittakaavassa. Myös Sabo ym. (2016) totesivat tutkimuksessaan ulkoisten tekijöiden, kuten kasvillisuuden ja elinympäristön rakenteen sekä muiden tekijöiden vaikuttavan lintulajin alttiuteen törmätä ikkunoihin. Klem ym. (2009) esittävät, että paras tapa arvioida lintujen törmäysastetta on tarkastella lintujen yleisyyttä lasin läheisyydessä. Sen sijaan lintujen yleisyyttä sekä kuolemaan johtaneita törmäyksiä selittää kasvillisuuden, veden sekä lintujen ruokintapaikkojen läheisyys (Klem 1989, Klem ym. 2009).

Voisi ajatella, että maaseudulla, jossa on paljon kasvillisuutta ja usein lintulaudat rakennusten pihalla, tapahtuu paljon lintujen ikkunatörmäämisiä. Machtans ym. (2013) esittävät, että likimäärin 39 % lintujen ikkunatörmäyskuolemista tapahtuu 20 % taloista, koska näissä taloissa on lintujen ruokintapaikka. Myös Kummerin ym. (2016) tekemän tutkimuksen mukaan maaseudulla sijaitsevilla lintulaudallisilla taloilla oli tutkimuksen tarkastelukohteista korkeimmat törmäystasot. Tällaisilla taloilla ennakoitiin olevan 7,7 kertaiset törmäysmäärät verrattuna kerrostalojen asuntoihin ja 3,7 kertaiset törmäysmäärät verrattuna kaupunkimaisen alueen lintulaudattomiin taloihin. Lisäksi törmäysten lukumäärän ennakoitiin tutkimuksessa olevan 1,9 kertaa suurempi lintulaudallisilla taloilla kuin taloilla ilman lintulautaa. Luvut ovat samansuuntaiset kuin vuotta aikaisemmin Kummerin & Baynen (2015) julkaisemassa tutkimuksessa, jonka mukaan lintujen ruokintapaikkojen läsnäolo lisäsi törmäysriskiä 1,57 – 2,20 kertaisesti. Tutkijat kuitenkin muistuttavat, että ruokintapaikan vaikutukset törmäysriskiin ovat riippuvaisia etenkin talon ja ikkunan ominaisuuksista. Lisäksi heidän malliensa mukaan lisääntynyt riski ikkunatörmäyksiin lintulaudan läheisyydessä oli linnuilla, jotka käyvät

ruokintapaikoilla. Tämä tulos taas viittaisi siihen, että lintulautojen aiheuttama törmäysriski koskisi nimenomaan lintulaudalla vierailevia lintulajeja.

Mahdollisesti myös lintulaudan etäisyydellä ikkunoihin on vaikutusta lintujen kuolettavien ikkunatörmäysten lukumääriin. Lintujen ikkunatörmäyksien vähentämiseksi Klem (1990a) ohjeisti tutkimuksessaan joko poistamaan lintuja houkuttelevat kohteet, kuten lintulaudat, tai vaihtoehtoisesti sijoittamaan ne 0,3 metrin päähän lasipinnasta. Myöhemmin Klem ym. (2004) tekivät lisää kokeita, joiden tuloksena törmäysten ja lintujen ikkunatörmäyskuolemien määrä lisääntyi ruokintapaikan ja ikkunan etäisyyden kasvaessa. He eivät tutkimuksessaan havainneet ainuttakaan linnun kuolemaan johtanutta törmäystä ruokintapaikan ollessa enintään 1 metrin säteellä ikkunasta, mutta törmäysten aiheuttamat kuolleisuudet lisääntyivät ruokintapaikan ollessa kauempana, 2 – 10 metrin päässä, ikkunasta. Syynä kuolettavien törmäysten määrän lisääntymiseen ruokintapaikan ollessa kauempana ikkunasta selittänee se, että kauempana olevalta lintulaudalta lähtiessään lintujen liikemäärä on tarpeeksi suuri vakavan vamman aiheutumiseen linnun törmätessä ikkunaan (Klem 1990a).

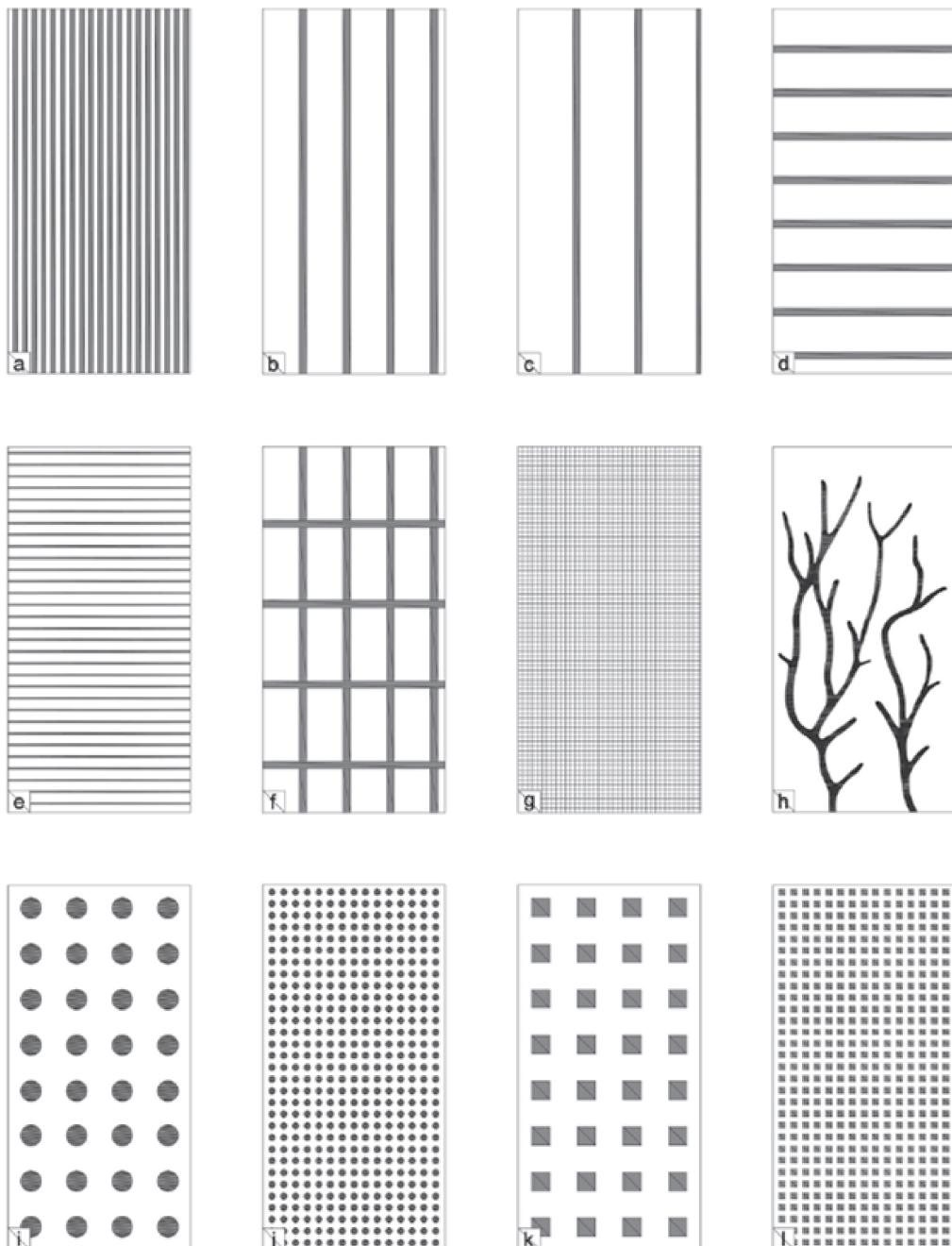
Hager ym. (2013) sekä Dunn (1993) eivät omissa tutkimuksissaan saaneet tukea väitteelle, että lintujen ruokintapaikat lisääisivät lintujen ikkunatörmäyksiä. Dunn (1993) sai tulokseksi, että 5 5000 kotitaloudesta, joissa oli ruokintapaikka, vain 9,2 % ilmoitti lintujen kuolettavista ikkunatörmäyksistä yhden seurantalven aikana eli lokakuusta huhtikuuhun. Lisäksi Dunn (1993) kertoi tutkimuksessaan, että talvisin saalislintujen ikkunatörmäyksistä 16 % tapahtuu petolinnun aiheuttaman paniikkilentämisen aikana ja 1,5 % muiden syiden aiheuttaman paniikkilentämisen vuoksi.

2.5 Törmäysten vähentäminen

2.5.1 Kuvioden lisääminen ikkunalaseihin

Usein keinoksi estää lintujen ikkunatörmäyksiä ehdotetaan yksittäisen, esimerkiksi haukanmuotoisen, tarran asettamista ikkunaan. Klem (1990a) testasi kenttä- ja lentohäkkikokeissa tällaisten yksittäisten tarrojen tehokkuutta lintujen ikkunatörmäysten estämiseksi. Hänen kokeessaan ilmeni, etteivät yksittäiset tarrat vähentäneet törmäyksiä tilastollisesti merkitsevissä määrin. Syynä epätehokkuuteen on Klemin mukaan se, että yksittäinen kuva peittää vain pienen osan ikkunasta. Jotta kuvat estäisivät tehokkaasti lintujen ikkunatörmäyksiä tulisi ikkuna peittää tasaisesti kuvilla, jotka ovat 5 – 10 senttimetrin päässä toisistaan (Klem 1990a). Toisaalta Rössler ym. (2015) kokeellisen tutkimuksen mukaan ikkunoihin asetettujen kuvioden tehokkuus ei välttämättä johdu siitä kuinka paljon kuviot

peittävät ikkunapinta-alasta, vaan pikemminkin siitä, miten kuviot ovat suunnattu, miten ne on sijoitettu suhteessa toisiinsa ja minkälainen on kuvion säännönmukaisuus. Heidän kokeessaan testattiin 12 erilaista kuviota (Kuva 1), joista 11 vähensi tehokkaasti lintujen ikkunatörmäyksiä. Tehottomin oli kuvio g, jossa ohuet raidat muodostivat tiheän ruudukon ja kaksi tehokkainta kuviota heidän kokeessaan oli ympyröistä muodostuvat kuviot i ja j. Heidän mukaansa olisi aiheellista tutkia tarkemmin aiheuttavatko ympyräkuviot mahdollisesti muita geometrisia muotoja suuremman signaalin linnuille, jonka avulla ne pystyvät välttämään ikkunatörmäämisen.



Kuva 1. 12 erilaista kuviointia, joita testattiin kokeellisessa tutkimuksessa lintujen ikkunatörmäysten estämiseksi (Rössler ym. 2015).

Klemin (1990a) tavoin Rössler ym. (2015) saivat tulokseksi, että pystyasennossa olevat raidat toimivat tehokkaammin ikkunatörmäysten estämisessä kuin vaakaraidoitus. Pystyraitojen etäisyyden ei tule ylittää 10 senttimetriä ja vastaavasti vaakaraidojen tulee olla maksimissaan 3 senttimetrin päässä toisistaan (Rössler ym. 2015). Mikäli halutaan käyttää ruudukkokuviota, muodostuvien ruutujen sopiva koko on 8 x 10 senttimetriä (Klem 1990a). Rössler ym. (2015) kokeen mukaan kuvioinnin minimileveys on 0,2 senttimetriä. Toisaalta vuonna 2006 Rösslerin ym. (2009) kokeessa testattiin kahdeksaa erilaista kuvioita, jotka muodostuivat valkoisista tai mustista merkinnöistä. Tehokkaimmaksi osoittautui kuvio, joka muodostui mustista 0,2 senttimetrin levyisistä ja 2,8 senttimetrin päässä toisistaan sijaitsevista vaakaraidoista. Alhaisin tehokkuus oli kahdella kuviolla, joista toisessa oli valkoisia 2 senttimetrin levyisiä raitoja 10 senttimetrin päässä toisistaan asetettuna vaakasuuntaisesti ja toisessa kuviossa oli vastaavat valkoiset raidat pystysuuntaisesti. Kuitenkaan he eivät saaneet kokeessaan tilastollisesti merkitsevää näyttöä siitä, että mustat raidat olisivat valkoisia tehokkaampia estämään lintujen ikkunatörmäyksiä tai päinvastoin. Myöskään valoisuuden määrällä ei ole vaikutusta siihen, kumman väriset kuviot ovat tehokkaampia.

Klem & Saenger (2013) muistuttavat tutkimuksessaan, että valon ollessa rakennuksen sisällä intensiteetiltään yhtä suuri tai isompi kuin ulkopuolella oleva valon, pystyy ulkopuolelta katsottaessa havaitsemaan myös lasin sisäpinnalla olevan kuvion. Mutta mikäli rakennuksen sisäpuolella valaistus on intensiteetiltään vähäisempi kuin ulkopuolella, ei lasien sisäpinnalla olevia kuvioita pysty helposti havaitsemaan ulkopuolelta. Useimmissa tapauksissa merkinnät tulisikin siis sijoittaa lasin ulkopinnalle. Sen sijaan ikkunoihin, joista näkee läpi rakennuksen toiselle puolelle, voi merkinnät sijoittaa myös lasin sisäpinnalle (Klem & Saenger 2013). Myös Rössler ym. (2009) tulivat tutkimuksessaan siihen lopputulokseen, että valoisuudella rakennuksen sisäpuolella on merkitystä lintujen ikkunatörmäysten estämisessä. Heidän kokeessaan testattujen kahdeksan erilaisen kuvion tehokkuus oli riippuvaisempi valon määrästä tason takana kuin kuvion ominaisuuksista. Valon ollessa rakennuksen sisällä alhainen ($< 60 \text{ Wm}^{-2}$), kuvioiden tehokkuus oli merkitsevästi huonompi ja merkitsevästi parempi valaistuksen ollessa keskinkertainen (60 ja 120 Wm^{-2}) (Rössler ym. 2009).

Yksi tapausesimerkki ikkunoihin laitettavan kuvioinnin käytöstä rakennuksen lasiosissa löytyy Pohjois-Carolinassa sijaitsevalta yliopistoalueelta. Ocampo-Peñuela ym. (2016) seurasivat muutaman kuukauden ajan valittujen ylipistorakennusten ympäristöjä etsien

ikkunatormäyksissä kuolleiden lintujen ruumiita. Tutkimuksen rakennuksista vähiten lintujen ruumiita löytyi sellaisen rakennuksen ympäristöstä, jonka lasissa oli käytetty kuvioituja ikkunoita. Lasiin oli tehty hiomalla pystyraidoituksia ja kyseinen kuviointi kattoi noin 30 % rakennuksen lasipinnoista. Lisäksi on huomionarvoista, että kyseinen rakennus on tehty melkein kokonaan lasista ja sitä ympäröi osittain vanha metsikkö. Myös Klem & Saenger (2013) mainitsevat tutkimuksessaan kaksi esimerkkiä, joissa on hyvin tuloksin käytetty kuviointia rakennuksen ikkunoissa. Toisessa rakennuksessa vuoden aikana havaittiin vain kaksi lintujen ikkunatormäystapausta ja toisessa rakennuksessa ei havaittu ainuttakaan törmäystä vuoden aikana kuvioitun lasin asentamisen jälkeen. Molemmissa rakennuksissa käytettiin kuvioina ikkunaan hiomalla tehtyä pilkkukuviota.

2.5.2 Ruokintapaikat

Klem totesi tutkimuksessaan (1990a), että mikäli lintujen ruokintapaikkaa ei haluta täysin poistaa ikkunoiden läheisyydestä, tulisi se siinä tapauksessa sijoittaa enintään 0,3 metrin päähän ikkunasta. Näin lintujen liikemäärä ei ehdi kasvaa tarpeeksi suureksi lintujen lähtiessä pois ruokintapaikalta ja mikäli lintu törmää ikkunaan, ei sille pitäisi aiheutua vakavaa vammaa. Myöhemmin Klem ym. (2004) tekivät kokeita sijoittamalla lintujen ruokintapaikkoja eri etäisyyksille ikkunoista välillä 1 – 10 metriä. Heidän kokeensa mukaan lintujen ikkunatormäyskuolemien määrä lisääntyi ruokintapaikan ja ikkunan etäisyyden kasvaessa. Ruokintapaikan ollessa 10 metrin päässä ikkunasta yhteensä 67 % törmänneistä linnuista kuoli, kun taas etäisyyden ollessa 1 metri ei törmänneistä linnuista kuollut yksikään.

Myös Kummer & Bayne (2015) saivat kokeellisen tutkimuksensa tulokseksi, että lintujen ruokintapaikan ollessa 5 metrin päässä ikkunasta tapahtui törmäyksiä hieman enemmän kuin ruokintapaikan ollessa 1 metrin päässä. Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkittävä. Tutkijat ehdottavatkin, että tulevaisuudessa pitäisi tutkia myös sitä, miten törmäysten määrään vaikuttaa ruokintapaikkojen sijoittaminen eri kulmiin ikkunoihin nähden. Näin saataisiin viitteitä siitä miten törmäysten määrään vaikuttaa se, ettei lintu näe ruokintapaikalta suoraan ikkunaan. Heidän mielestään ikkunatormäyksiä voisi vähentää myös se, jos lintujen ruokintapaikkoja pidettäisiin vain talvisin, eikä ympärivuotisesti. Toisaalta ruokintapaikan esilläoloajan pituus, ajoitus vuodenaikallisesti sekä sijainti ikkunasta voivat vaikuttaa törmäysten lukumäärään. Loppujen lopuksi nämä ovat kuitenkin vain muutamia tekijöitä, jotka todennäköisesti vaikuttavat lintujen ikkunoihin törmäämiseen (Kummer & Bayne 2015).

2.5.3 UV-merkitty lasi

Lintujen ikkunatörmäyksiä tarkasteltaessa on huomioitava, että ensinnäkin linnut hahmottavat maailman eri puolilla päätä olevien silmien, optisten soljuvien kenttien sekä pään liikkeiden kautta, kun taas ihminen hahmottaa ulkopuolisen ympäristön terävän eteenpäin suuntautuneen binokulaarisen näön avulla (Hager ym. 2013). Toiseksi jotkin lintulajit pystyvät näkemään ihmisistä poiketen ultraviolettivaloa (UV-valo) johtuen violetille valolle herkän tappisolun sisällä olevan valoherkän proteiinin muutoksesta (Toomey ym. 2016). Linnut voidaan jakaa kahteen eri ryhmään UV-valon havaitsemiskyvyn mukaan: violettia valoa havaitseviin lintuihin ja ultraviolettivaloa havaitseviin lintuihin. Violettia valoa havaitsevien lintujen lyhintä aallonpituutta havaitseva tappisolu (SWS1) on herkkä aallonpituudelle λ 402 – 426 nm. Sen sijaan UV-valoa havaitsevien lintulajien tappisolu SWS1 on herkkä aallonpituudelle λ 355 – 376 nm (Cuthill ym. 2000).

Klemin & Saengerin (2013) mielestä UV-merkkien käyttäminen on käytännöllisin ratkaisu estämään lintujen ikkunatörmäyksiä, sillä ihmiset eivät näe näitä merkkejä, mutta linnut havaitsevat ne ja välttävät ikkunatörmäyksen. Aikaisemmin Klem (2009) teki kokeellisen tutkimuksen, jonka mukaan ikkunatörmäyksiä saatiin tehokkaasti vähennettyä asetettaessa UV-valoa heijastavia ja absorboivia suikaleita ikkunapinnalle joko ruudukko- tai raitakuvioksi. Kokeessa testattiin myös yksittäisen UV-valoa heijastavan kuvion, kooltaan 10 x 10 cm, käyttämistä törmäysten estämiseksi ja ilmeni, että yksi kuvio keskellä ikkunaa oli tehoton estämiskeino. Kuvioden aikaansaama varoite linnuille edessä olevasta esteestä oli tehokkaampi asetettaessa ikkunapinnalle tarpeeksi monta kuviota siten, että niiden väliin jäi pystysarakkeissa 10 cm ja vaakariveissä 5 cm. Lisäksi kokeessa havaittiin, että ikkunan ulkopintaan asennettu kalvo, joka heijastaa UV-valon 300 – 400 nm aallonpituutta minimissään 20 – 40 %, estää ikkunatörmäyksiä tehokkaasti.

Toisaalta kaikki eivät ole samaa mieltä UV-merkittyjen ikkunoiden tehokkuudesta lintujen ikkunatörmäyksien vähentämisessä. Håstad & Ödeen (2014) ovatkin sitä mieltä, että UV-merkityt ikkunat voivat ehkäistä vain UV-valoa havaitsevien lintulajien ikkunatörmäyksiä. Tällaisia lintuja ovat muun muassa monet varpuslinnut. Eli violettia valoa havaitsevat linnut, johon suurin osa muista lintulajiryhmistä kuuluu, hyvin epätodennäköisesti pystyvät haivaitsemaan ikkunaan asetettuja UV-merkintöjä. Heidän mukaansa se, että ikkunalasi heikosti absorboi eli pidättää ja toisaalta päästää lävitseen UV-valoa tekee UV-merkeistä, jotka peittävät vain osan ikkunasta, vielä huonommin havaittavia violettia valoa havaitseville linnuille. Ongelmana on myös esimerkiksi aamunsarastuksen aikainen valo, joka ei tuo ikkunan UV-

merkkintöjä hyvin näkyville. Tämä siitä huolimatta, että aamunsarastuksen aikainen valo sisältää päivänvaloon verrattuna suhteellisen korkean pitoisuuden UV-valoa. Syynä UV-merkkintöjen huonolle havaittavuudelle aamunsarastuksen aikaan lieneekin kokonaiskontrastin väheneminen aamulla valon intensiteetin ollessa alhainen. Lisäksi Håstad & Ödeen (2014) toteavat UV-merkkintöjen näkyvyyteen vaikuttavan vahvasti sen minkälaista taustaa vasten niitä katsotaan. Mahdollisesti UV-merkkinnän näkee paremmin jos sitä katsoo vasten vähäistä vaihtelua sisältävää taustaa, kuten sinistä taivasta tai pilviä. Sen sijaan hyvin sekavaa taustaa, kuten kasvillisuutta, vasten katsottuna linnut epätodennäköisesti huomaavat UV-merkkintöjä.

Sen lisäksi, että kaikki lintulajit eivät havaitse UV-valoa, saattaa UV-merkkintöjen käyttöön ikkunoissa olla toinenkin haaste. Rössler ym. (2009) totesivat raportissaan UV-merkkintöjen saattavan antaa vain hyvin pientä hyötyä lintujen ikkunatörmäysten estämiseen johtuen lintujen liikkeen havaitsemisesta (motion vision). Akromaattisella kontrastilla on keskeinen rooli lintujen liikkeen havaitsemisessa eli toisin sanoen lintujen kontrolloidessa omaa liikkumistaan ja tunnistaessaan muita liikkuvia kohteita. Tähän linnut käyttävät tuplatappisoluja, jotka havaitsevat aallonpituudeltaan 500 – 600 nm olevaa valoa. Heidän mukaansa on paljon merkkejä siitä, että lintujen liikkeen havaitseminen on rajoittunut vain keskitason aallonpituuden omaavaan valoon. Eli linnut eivät liikettä havaitessaan havaitsisi lyhyen aallonpituuden omaavaa valoa, kuten UV-valoa. Mikäli käy ilmi, että lintujen liikkeen havaitseminen on keskeisessä osassa lasiin tehtyjen merkkintöjen havaitsemisessa, tulisi Rösslerin ym. (2009) mukaan kehittää akromaattisia merkkejä ikkunoihin (valkoisia, harmaita ja mustia) sekä värillisiä merkkintöjä aallonpituudeltaan 500 – 650 nm. Vielä ei kuitenkaan ole tutkittu millainen rooli lintujen liikkeen havainnoilla on lintujen ikkunatörmämisten estämisessä. Mikäli sen rooli on ensisijaisen tärkeä, tulisi tutkia etenkin lintujen kykyä havaita lyhyen aallonpituuden valoa linnun ollessaan liikkeellä ja sen havaitessa liikettä (Rössler ym. 2009).

2.5.4 Muut keinot

Muita keinoja lintujen ikkunatörmäysten vähentämiseksi ovat myös lasipintojen käytön minimointi tulevissa rakennuksissa, kasvillisuuden mataloittaminen sekä pensaiden ja puiden poistaminen ikkunoiden läheisyydestä (Klem ym. 2009). Klem ym. (2009) tutkimustuloksen mukaan tutkimuskohteina olleiden rakennusten ikkunatörmäykset lisääntyivät 13 ja 30 % aina, kun kasvillisuuden ja puiden maaperäpeittävyys rakennuksen vieressä kasvoi 10 %. Myös ikkunan asennuskulma voi vaikuttaa lintujen ikkunatörmäämisiin. Aikaisempien havaintojen mukaan lintuja voisi suojella se, että lasi laitettaisiin sellaiseen kulmaan, jossa se heijastaa taivaan sijaan maata (Klem 1990a). Myöhemmissä tutkimuksissaan Klem ym. (2004)

havaittivat, että lintujen ikkunatörmäyskuolemia voidaan merkittävästi vähentää asennettaessa ikkunat 20° ja 40° alaspäin vertikaalisesta pystyasennosta. Näin suunnattut ikkunat mahdollisesti pienentävät myös voimaa, jolla vaakasuunnassa lentävä lintu törmää ikkunaan ja näin myös törmäyksestä aiheutuvan kuoleman todennäköisyys pienenee.

Gelb & Delacretaz (2006) mainitsevat myös, että ikkunoita voisi samentaa esimerkiksi happokäsittelyllä tai hiekkapuhaltamalla, jolloin ikkunan heijastavuus vähenee. Ikkuna voidaan samentaa kokonaan, mutta mikäli halutaan jättää osa samentamatta ja muodostaa esimerkiksi kuvioita lasipinnalle, niin samentamattomien pintojen koon tulisi olla enintään 5 x 10 senttimetriä, jotta käsittely estäisi lintujen ikkunatörmäyksiä (Klem 1990a). Ikkunoiden eteen voidaan myös asentaa pienisilmäisiä verkkoja, joihin linnut törmäävät kovan ikkunan sijaan (Gelb & Delacretaz 2006). Myös laskuvarjon narujen on todettu olevan tehokas tapa vähentää lintujen ikkunatörmäyksiä (Klem & Saenger 2013). Heidän tutkimuksensa mukaan 3 millimetrin paksuiset laskuvarjon narut ripustettuina ikkunapinnan eteen pystysuuntaisesti 10,8 ja 8,9 senttimetrin päähän toisistaan toimivat tehokkaasti lintujen ikkunatörmäysten estämisessä.

Yleistäen lintujen kuolettavia ikkunatörmäyksiä voi yrittää estää peittämällä ikkunan esimerkiksi köynnöskasveilla tai jollain tavalla tehdä ikkunapinnasta linnuille helpommin havaittava, kuten maalaamalla ikkunaan suuria maalauksia. Ikkunan eteen ulkopuolelle voi myös ripustaa erilaisia asioita, joilla edesautetaan sitä, että linnut havainnoisivat ikkunat ja näin välttäisivät lentämästä niitä päin. Ripustimissa täytyy kuitenkin noudattaa tutkimuksissa havaittuja tehokkaita etäisyyksiä, kuten Klemin (1990a, 2009) havaittua 5 – 10 senttimetrin enimmäisetäisyyksiä ripustettaessa pelotteita pystysuunnassa ja maksimisisään 5 senttimetrin päähän toisistaan mikäli pelotteet asetetaan vaakasuuntaisesti. On myös muistettava peittää koko ikkunapinta-ala pelotteilla (Klem 2009). Lisäksi mikäli ikkunasta näkee läpi talon toiselle puolelle, voi lintu luulla edessä olevan esteettömän lentotilan (Klem 2006). Tällaisessa tapauksessa ikkunatörmäyksiä voi yrittää vähentää peittämällä tämä läpinäkymä esimerkiksi verhon avulla tai sulkemalla ikkunoiden välissä mahdollisesti oleva ovi.

2.6 Ruumiiden löytäminen - raadonsyöjien vaikutus

Eräs olennainen seikka arvioitaessa lintujen ikkunatörmäysten yleisyyttä ja välttämiskeinojen tehokkuutta on törmäyksessä kuolleen tai haavoittuneen linnun löytäminen maastosta. Moni ikkunaan törmännyt lintu saattaa jäädä löytymättä niiden tippuessa piiloon kasvillisuuden sekaan tai raadonsyöjien vietyä ne mennessään. Klem ym. (2004) saivatkin Yhdysvalloissa kahden eri oppilaitoksen rakennuksien läheisyydessä suoritetussa kokeellisessa tutkimuksessa näyttöä

siitä, että raadonsyöjät partioivat säännöllisesti heidän tutkimuskohteidensa ikkunoiden läheisyydessä ja poistavat ikkunoihin törmänneitä lintuja.

Kokeessa asetettiin kuuden eri rakennuksen ikkunan, joihin lintujen tiedettiin törmänneen, läheisyyteen syötti ja kontrollipaikkana toimi yhden rakennuksen ikkunaton seinusta. Yhteensä 77 päivän aikana jätetyistä 539 syötistä 69 syöttiä hävisi raadonsyöjien suihin. Jokaisesta kuudesta ikkunallisesta tutkimuskohteesta hävisi syöttejä, mutta kontrollipaikan syöttien luona ei havaittu tarkasteluaikana kertaakaan raadonsyöjiä. Jälkien perusteella raadonsyöjistä 45 % oli kissoja, 23 % tunnistamattomia, 22 % oravia, 6 % lintuja ja 4 % koiria (Klem ym. 2004). Onkin siis hyvin mahdollista, että raadonsyöjien vaikutus vääristää huomattavasti lintujen ikkunatörmäyksiä tarkastelevien tutkimuksien arvioita törmäysten aiheuttamasta kuolleisuudesta, etenkin jos arviot perustuvat pelkästään löydettyjen ruumiiden lukumäärään.

2.7 Muita ihmislähtöisiä lintujen kuolemia aiheuttavia tekijöitä

Myös muu ihmislähtöinen toiminta aiheuttaa lintujen kuolemia. Tässä kappaleessa mainitut vuosittaiset kuolemamäärät koskevat pelkästään Yhdysvaltoja. Erickson ym. (2005) laskivat aikaisempiin tietoihin perustuen, että lintuja kuolisi vuosittain törmätessään sähkölinjoihin noin 130 miljoonaa kappaletta. Metsästyksessä arvioidaan kuolevan vuosittain 120,5 miljoonaa, kissojen tappamina 100 miljoonaa, ajoveuvotörmäyksissä 80 miljoonaa ja hyönteismyrkkyihin 72 miljoonaa lintua (Klem 1990a, Erickson ym. 2005, Pimentel 2005). Lisäksi lintuja jää kalastuksen sivusaaliiksi ja ajoittain tapahtuvat öljyvuodot muodostavat myös suuren uhan linnuille (Erickson ym. 2005). Esimerkiksi vuonna 1989 tapahtuneen Exxon Valdezin öljyonnettomuuden seurauksena kuoli arviolta 100 000 – 300 000 lintua (Piatt ym. 1990). Myös tuulivoimalat ovat uhka linnuille. Niiden arvioidaan surmaavan vuodessa 20 000 – 37 000 lintuyksilöä (Erickson ym. 2005).

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Rengastusaineisto

Rengastusaineisto on kerätty Suomen rengastustietorekisteristä Jari Valkaman toimesta keväällä 2015 ja se käsittää yhteensä 7 002 Suomessa rengastetun ja ikkunatörmäyksessä kuolleen linnun tiedot vuosilta 1916 – 2015. Vuoden 2015 osalta tiedot löytyvät vain tammi- ja helmikuun ajalta. Eri lintulajeja aineisto sisältää yhteensä 114 kappaletta.

Aineiston ikkunaan kuolettavasti törmänneitä lintuja on löydetty ympäri Eurooppaa sekä Venäjää, mutta 6 125 kappaletta koko aineiston linnuista on törmännyt ikkunaan Suomessa. 1990-luvun aikana ja sen jälkeen on kerätty aineiston havainnoista yli puolet eli 4 109 kappaletta. Työssä tarkastellaan aineistoa aikavälillä 1974 – 2014, koska tarkat rengastusmäärät linnuista on saatavilla vuodesta 1974 lähtien. Vuosi 2015 rajattiin tarkastelusta pois, koska aineisto käsittää kyseiseltä vuodelta vain tammi- ja helmikuun. Tarkasteluvuosina ikkunatörmämisessä kuolleita eri lintulajeja oli yhteensä 112 lajia ja lintuyksilöitä yhteensä 6 388 kappaletta.

Aineisto on Excel-muodossa ja sisältää seuraavat tiedot rengastetusta linnusta: nimirenkään numero, diarionumero eli juokseva arkistointinumero (jonka avulla lintu pystytään myöhemmin tunnistamaan yksilöllisesti), linnun löytöpäivämäärä, maa (jossa ikkunaan törmännyt lintu on löydetty), löytökunta, löytötapa, renkaan kunto, rengastettu lintulaji, maakoodi, rengastus- ja löytöpaikan välinen etäisyys kilometreinä ja aika päivinä.

3.2 Rengastusaineisto paikkatietojen kanssa

Keväällä 2016 sain Jari Valkamalta rengastustietorekisteristä koostetun tiedoston joka sisältää vuosina 1915–2016 rengastettujen ja ikkunatörmäyksessä kuolleiden lintujen paikkatiedot. Aineistosta käy ilmi tarkasteltavan linnun rengastus- sekä löytöpaikan koordinaatit kolmessa eri muodossa: yhtenäiskoordinaatisto, EUREF-FIN sekä desimaaliasteet. Aivan jokaiselle lintuyksilölle löytöpaikan koordinaattitietoja ei löytynyt. Lisäksi aineistossa on suurimmalle osalle linnuista ilmoitettu aika-, matka- ja suuntatiedot.

Koordinaatit sisältävässä aineistossa tarkasteluvuosina 1974 – 2014 lintuja on yhteensä 13 kappaletta enemmän kuin pelkässä rengastusaineistossa eli yhteensä 6 401 lintuyksilöä. Tämä johtuu siitä, että aineistoon lisätyt havainnot saattavat päivittyä tietokantaan hyvinkin hitaasti.

3.2.1 Karttojen luominen paikkatietojen avulla

Lintujen koordinaattitiedoista loin ArcGIS paikkatieto-ohjelman avulla karttoja ikkunatörmäyksessä kuolleiden lintujen rengastus- ja törmäyspaikoista Suomessa (Liite 1). Loin kartat tarkasteluvuosien kaikkien lintujen rengastus- sekä törmäyspaikoista sekä erikseen kolmelle lintulajiryhmälle, joilla oli suurin törmäysalttius.

Koordinaattitietojen avulla loin myös teemakartan, joka esittää lintujen törmäysten lukumäärät suhteessa kunnan pinta-alaan Suomen kuntajaon 2015 vuoden mukaisesti (Liite 1). Tätä törmäystiheyskarttaa vertasin samalla kuntajaolla Suomen väestötiheydestä luomaani teemakarttaan vuoden 2015 väkiluvulla. Väestötiheyskarttaan sain tiedot tilastokeskuksen StatFin tilastotietokannasta.

3.3 Lintujen ryhmittely

Tarkastelen työssä, löytyykö lintujen ikkunatörmäyskuolemia selittäviä tekijöitä. Tässä käytin apuna jokaiselle lintulajille erikseen laskettavaa törmäysalttiutta (TA), joka voidaan laskea yhtälöstä

$$TA = \frac{k}{n} \quad (1)$$

jossa k on tarkasteltavan lintulajin rengastettujen ikkunatörmäyksessä kuolleiden lintujen määrä vuosina 1974 – 2014 ja n on tarkasteltavan lintulajin rengastettujen lintujen määrä vuosina 1974 – 2014.

Törmäysalttius kuvaa siis tarkasteltavana olevan lintulajin kuolettavan ikkunaan törmäämisen todennäköisyyttä. Rengastusmäärät lintulajeittain poimin Helsingin yliopiston ylläpitämältä linnustonseurannan tulospalvelun nettisivulta (Helsingin yliopisto 2009). Yhteensä vuosina 1974 – 2014 on tässä tutkimuksessa tarkasteltavana olleita lintulajien lintuyksilöitä rengastettu Suomessa yhteensä 8 093 268 kappaletta (Liite 2).

3.3.1 Lajiryhmät

Ryhmittelin aineiston 112 eri lintulajia 23 lajiryhmään heimotason mukaan perustuen Association of European Records and Rarities Committees -järjestön taksonomisen komitean (TAC) elokuussa 2015 julkaistuun raporttiin (Crochet ym. 2015) (Liite 2). Muodostetut ryhmät ovat seuraavat: aitokanat (*Phasiandiae*), haukat (*Accipitridae*), jalohaukat (*Falconidae*), kertut (*Sylvidae*), kottaraiset (*Sturnidae*), kyyhkyt (*Columbidae*), lokit (*Laridae*), peipot (*Fringillidae*), pääskyt (*Hirundinidae*), pöllöt (*Strigidae*), rastaat (*Turdidae*), rautiaiset (*Prunellidae*), siepot

(*Muscicapidae*), sirkut (*Emberizidae*), sorsat (*Anatidae*), tiaiset (*Paridae*), tiirat (*Sternidae*), tikat (*Picidae*), tilhet (*Bombycillidae*), varikset (*Corvidae*), varpuset (*Passeridae*), västäräkit (*Motacillidae*) ja muut (sisältää yhteensä yhdeksän eri lajia). Yhdistelin edellä mainittuja ryhmiä lisäksi siten, että luokittelin lokit ja tiirat samaan luokkaan eli loppujen lopuksi aineisto sisälsi käsiteltäviä ryhmiä yhteensä 22 kappaletta. Ryhmien sisältämät lintulajit ovat liitteessä 2.

Aineiston sisältämien linturyhmien lisäksi otin tarkastelussa huomioon ruokit (*Alcidae*), sillä kyseisen heimon lintuja on Suomessa rengastettu huomattavan suuri määrä, mutta niistä ei ole tehty tarkasteluvuosien aikana ainuttakaan ikkunatörmäydestä johtuvaa kuolemahavaintoa. Vaikka ruokkilinnuista ei ole ainuttakaan kuolettavaa ikkunatörmäyshavaintoa, on mahdollista kuitenkin laskea törmäysalttiuden maksimiarvo olettamalla yhden rengastetun ruokkilinnun kuolleen ikkunatörmämisessä. Todellinen törmäysalttius on pienempi kuin törmäysalttiuden maksimiarvo.

Kyseisestä heimosta valitsin tarkasteltavaksi lajiksi ruokin (*Alca torda*), koska ruokkeja on rengastettu Suomessa vuosina 1974 – 2014 hyvin paljon: yli 28 000 kappaletta (Helsingin yliopisto 2009). Näin tutkimus voidaan laajentaa myös niihin linturyhmiin, joista ei ole kuolemaan johtaneita ikkunatörmäyshavaintoja. Lisäksi ruokit huomioimalla saadaan kasvatettua tutkimuksen taksonomista monimuotoisuutta. Kun ruokit otetaan huomioon, on tarkastelussa yhteensä 23 eri linturyhmää taksonomiaan perustuen.

Lajiryhmien törmäysalttiudet määritin kaavan 1 mukaisesti, jossa k on kunkin ryhmän sisältämien lajien törmäysten lukumäärän summa vuosina 1974 – 2014 ja n on kyseisten lajien rengastusmäärien summa vuosina 1974 – 2014. Valitsin kyseisen menetelmän kuvaamaan yksittäisen lajiryhmän törmäysalttiutta, koska näin tilastollisten analyysien suorittaminen esimerkiksi lajiryhmien eroja tutkittaessa mahdollistuu. Nimittäin törmäysalttiutta laskettaessa huomioidaan koko lajiryhmän lintulajien törmäysmäärät k otoksesta n , joka on rengastettujen lintujen määrä.

3.3.2 Painot

Työssä tarkastelin selittääkö lintujen aikuispaino lintujen törmäysalttiuksia, sillä halusin selvittää löydetäänkö rengastetuista linnuista isoja lintulajeja pieniä lintulajeja lukumäärällisesti enemmän kuolleina ikkunatörmäyksen seurauksena. Tällöin suurten lintulajien törmäysalttiudet olisivat pieniä lintulajeja suuremmat. Painot koottiin kirjasarjasta *The Birds Of Western Palearctic* (Snow & Pernis 1998) mahdollisuuksien mukaan suomalaisista tai lähialueiden populaatioista

tehdystä mittauksesta. Laskin painot lintulajien koiraiden ja naaraiden painojen keskiarvoina (Liite 2).

3.3.3 Uhanalaisuusluokittelu

Yksi tapa, jolla tarkastelin lintujen ikkunatörmäyksiä, oli lintujen jakaminen uhanalaisuusluokkiin (Liite 2). Tällä ryhmittelyllä halusin selvittää, onko ikkunatörmäminen erityinen uhka uhanalaisille linnuille aineiston mukaan. Aineistossa esiintyvät lintulajit luokittelin Suomen lintujen uhanalaisuus 2015-listan (Tiainen ym. 2016) mukaisesti seuraaviin luokkiin: puutteellisesti tunnettu (DD), hävinnyt (RE), arvioimatta jätetty (NE), arviointiin soveltumaton (NA), elinvoimainen (LC), silmällä pidettävä (NT), vaarantunut (VU), erittäin uhanalainen (EN) ja äärimmäisen uhanalainen (CR).

Uhanalaisiksi luokittelin lajit, jotka kuuluivat luokkiin: vaarantunut (VU), erittäin uhanalainen (EN) sekä äärimmäisen uhanalainen (CR). Loput luokittelin luokkaan ei-uhanalaiset. Aineistosta löytyi näin lajiteltuna yhteensä 21 uhanalaista lintulajia joista erittäin uhanalaisia lajeja olivat huuhkaja, räystäspääsky, selkälokki, pilkkasiipi sekä mehiläishaukka. Tarkemmat tiedot luokittelusta löytyy liitteestä 2.

Uhanalaisuusluokkien (uhanalaiset ja ei-uhanalaiset) törmäysalttiudet määritin kaavan 1 mukaisesti, jossa k on kunkin ryhmän sisältämien lajien törmäysten lukumäärän summa vuosina 1974 – 2014 ja n on kyseisten lajien rengastusmäärien summa vuosina 1974 – 2014.

3.3.4 Elinympäristöluokittelu

Luokittelin lintulajit eri elinympäristöihin ja tällä halusin selvittää selittäisikö elinympäristö joidenkin lintulajien osalta niiden törmäysalttiutta (Liite 2). Eli onko elinympäristöllä vaikutusta lintulajien törmäysalttiuteen. Elinympäristöluokittelussa käytin avuksi kirjassa Muuttuva pesimälinnusto (Väisänen ym. 1998) olevaa elinympäristöluokittelua. Kirjan mukaan jaoin lintulajit yhteentoista eri elinympäristöluokkaan perustuen lintulajien pesimäympäristöön: metsän yleislinnut, havumetsälinnut, vanhan metsän linnut, lehtimetsälinnut, pensaikon ja puoliavoimen maan linnut, pellon ja rakennetun maan linnut, suolinnut, tunturilinnut, saaristolinnut, karujen sisävesien linnut ja kosteikkolinnut. Ryhmien sisältämät lintulajit löytyvät liitteestä 2.

Elinympäristön mukaan jaettujen linturyhmien törmäysalttiudet määritin kaavan 1 mukaisesti, jossa k on kunkin ryhmän sisältämien lajien törmäysten lukumäärän summa vuosina 1974 –

2014 ja n on kyseisten lajien rengastusmäärien summa vuosina 1974 – 2014. Saatu törmäysalttius kuvastaa siis koko tarkasteltavan elinympäristöryhmän lintulajien törmäysalttiutta.

3.4 Aineiston tilastollinen analysointi

Ikkunatörmäysaineisto noudattaa käsitteellisesti binomijakaumaa sillä törmäysten lukumäärät ovat diskreettejä eli epäjatkuvia muuttujia. Binomijakautuneen aineiston tilastollista analyysia varten käytin R tilasto-ohjelman versio 3.3.2. testiä "Test of Equal or Given Proportions". Kyseisellä testillä tutkin ovatko törmäysalttiudet samat useassa rinnakkaisessa lintulajiryhmässä. Käytin samaa testiä myös testatessani törmäysalttiuksien samanlaisuutta uhanalaisten ja ei-uhanalaisten lintujen ryhmissä sekä eri elinympäristöluokissa. Käyttämäni testi ottaa huomioon sen, että kyseessä on binomijakautunut onnistumisen todennäköisyys, jonka jakauma on oleellisesti erilainen silloin, jos ollaan lähellä todennäköisyyksiä. Nollahypoteesi (H_0) testattaessa oli, ettei tarkasteltavien ryhmien törmäysalttiuksissa ole tilastollisesti merkitsevää eroa merkitsevyystasolla 0,05.

Saatujen törmäysalttiuksien epävarmuutta arvioin laskemalla R tilasto-ohjelmalla 95 % luottamusvälit törmäysalttiuksille Agresti-Coullin menetelmällä. Kyseinen menetelmä sopii kaikenlaisille $n:n$ (havaintojen lukumäärä) ja $p:n$ (tilastollinen merkitsevyys) arvoille ja se antaa aina luottamusvälejä, joiden rajat ovat todennäköisyyksiksi kelpaavia arvoja.

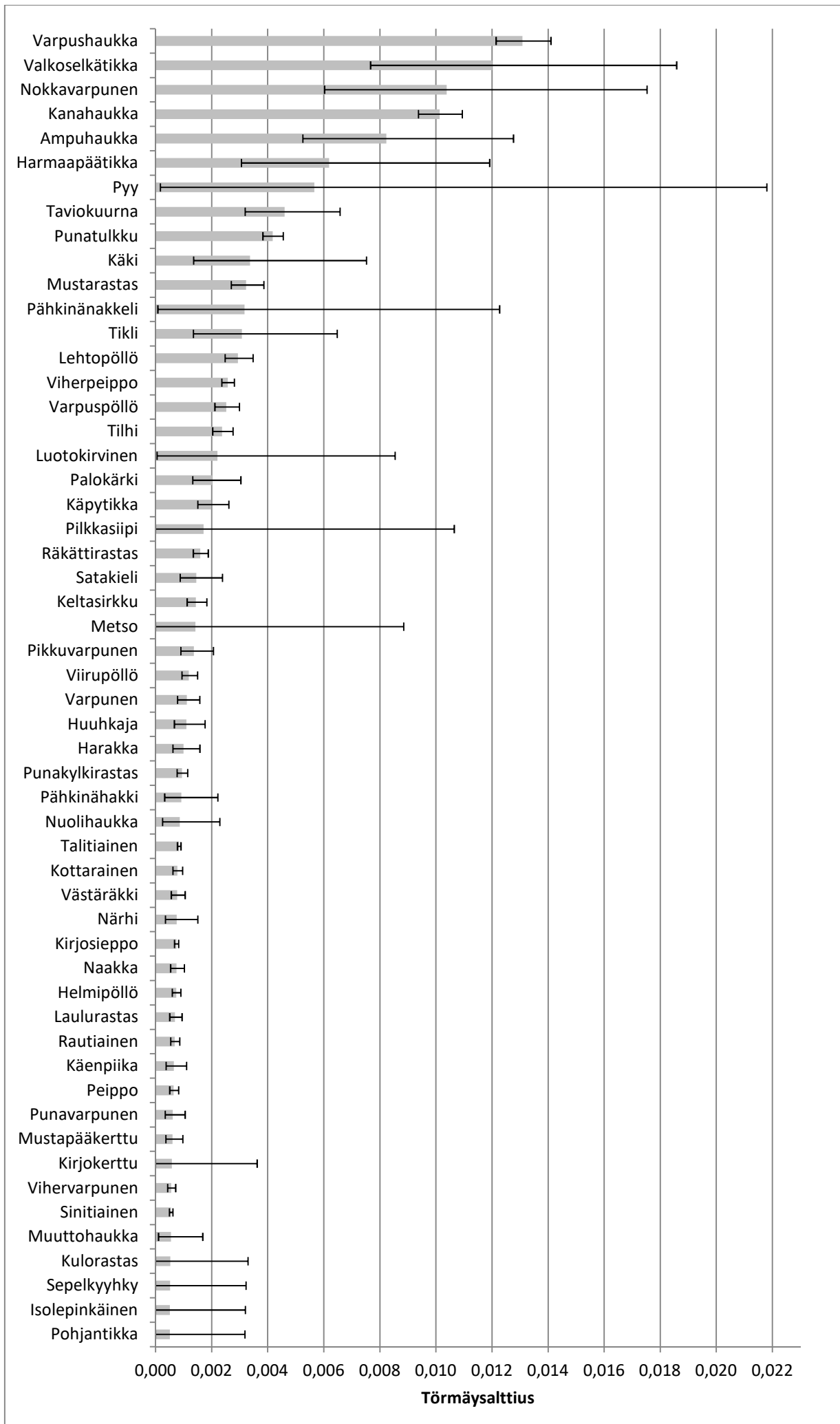
Lisäksi tein R tilasto-ohjelman testillä "Pairwise comparisons for proportions" monivertailua eri lintulajiryhmien, uhanalaisten ja ei-uhanalaisten sekä eri elinympäristöjen törmäysalttiuksien välillä. Kyseinen testi vertaa kaikkia verrattavina olevia ryhmiä esimerkiksi lajiryhmiä toisiinsa ja tekee tuloksille p -arvojen korjaukset Holmin menetelmällä. Testin avulla voi selvittää, mitkä törmäysalttiuksien erot ovat tilastollisesti merkitseviä merkitsevyystasolla 0,05 ja mitkä eivät.

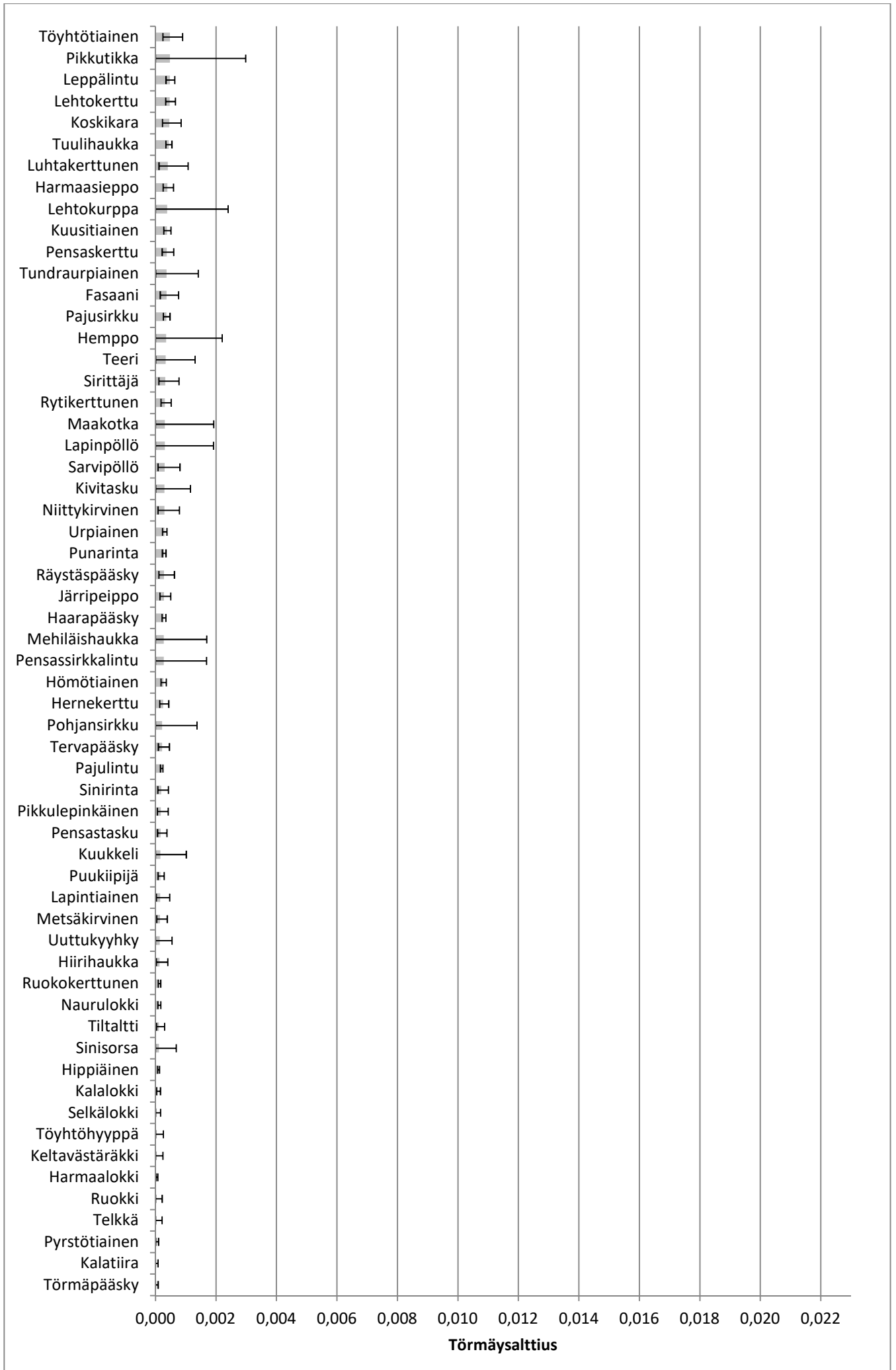
4 TULOKSET

4.1 Lajikohtaiset törmäysalttiudet

Rengaslöytöjä ikkunaan kuolettavasti törmänneistä linnuista tarkastelu vuosien 1974 – 2014 aikana tuli kaiken kaikkiaan 112 lajista (Liite 2). Näiden aineiston sisältämien lajien lisäksi otin tarkastelussa huomioon ruokin, sillä niitä on rengastettu Suomessa kyseisinä tarkasteluvuosina huomattavan suuri määrä ja silti rengastettuja ruokkeja ei ole tavattu kuolleena ikkunatörmäyksen jäljiltä. Laskin jokaiselle lajille oman törmäysalttiuden, joka kuvaa todennäköisyyttä sille, että kyseinen lintulaji törmää ikkunaan kuolettavasti. Törmäysalttius lintulajeittain lasketaan kaavan 1 mukaan, jossa k on lintulajin törmäysten lukumäärä ja n on kyseisen lajin rengastusmäärä tarkasteluvuosina.

Suurin törmäysalttius oli varpushaukalla keskimäärin 0,0131 (Kuva 2, jakautuu sivuille 24 ja 25). Törmäysalttiudelle laskettiin 95 % luottamusvälit, jotka olivat varpushaukalla erisuuret pienempään (0,0121) ja suurempaan (0,0141) suuntaan kuten kuvassa 2 olevat virherajat osoittavat. Toiseksi suurin törmäysalttiusluku oli valkoselkätikalla 0,0120 (0,0077 – 0,0186) ja kolmanneksi suurin nokkavarpusella 0,0104 (0,0060 – 0,0175). Aineiston pienin törmäysalttius oli törmäpääskyllä, jonka törmäysalttius oli yli 1 300 kertaa pienempi kuin varpushaukan törmäysalttius.

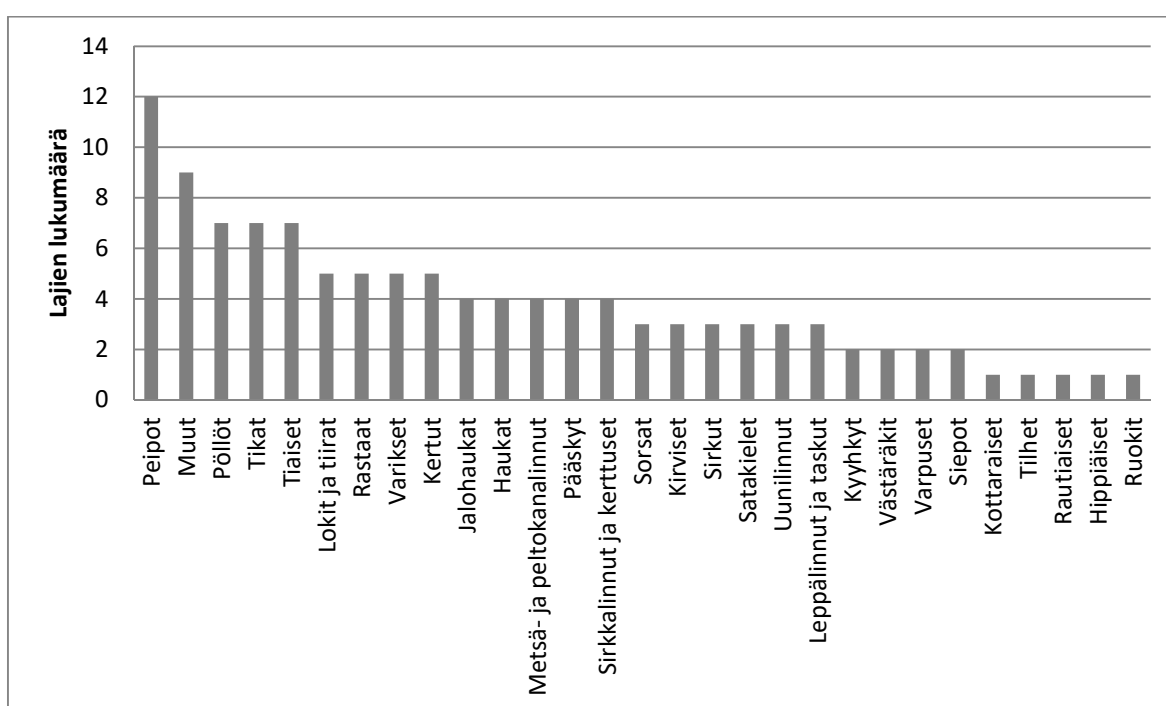




Kuva 2. Lintulajikohtaiset törmäysalttiudet. Kuvaaja esittää lintulajien törmäysalttiuksien keskiarvon sekä 95 % luottamusvälin. Kymmenen törmäysalttiudeltaan pienimmän lajin törmäysalttius oli jo niin pieni, etteivät törmäysalttiutta kuvaavat palkit näy kuvassa. Kuvan skaalauksen takia näyttää, että joidenkin lintulajien alempi luottamusväli oli pienempi kuin nolla, vaikka arvot olivat tasan nolla.

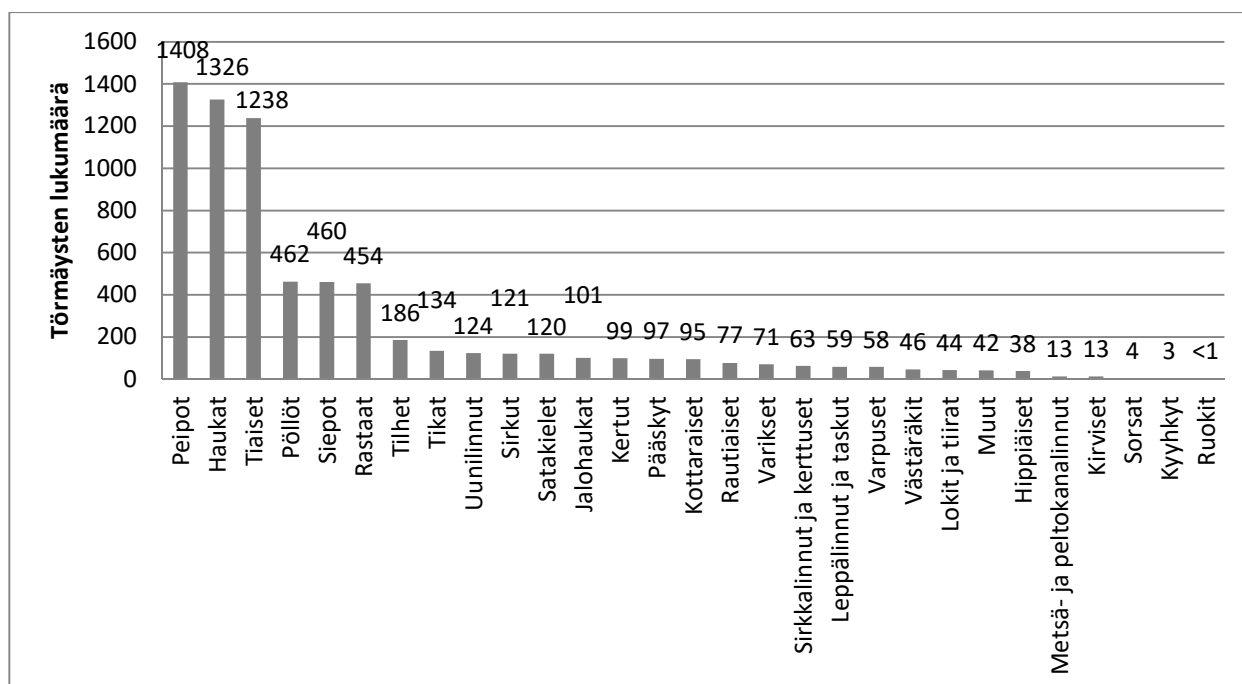
4.2 Lintulajiryhmät

Koska lajien välillä oli suuria eroja törmäysalttiudessa tutkin seuraavaksi voisivatko erot johtua taksonomian mukaisista eroista 23 lajiryhmän välillä, joihin lajit kuuluivat (Liite 2, Kuva 3). Lukumäärällisesti eniten lajeja oli ryhmässä peipot (12 lajia), seuraavaksi eniten ryhmässä muut (9 lajia) ja kolmanneksi eniten ryhmässä pöllöt, tikat ja tiaiset (7 lajia). Ryhmissä kottaraiset, tilhet, rautiaiset, hippiäset sekä ruokit oli vain yksi lintulaji.



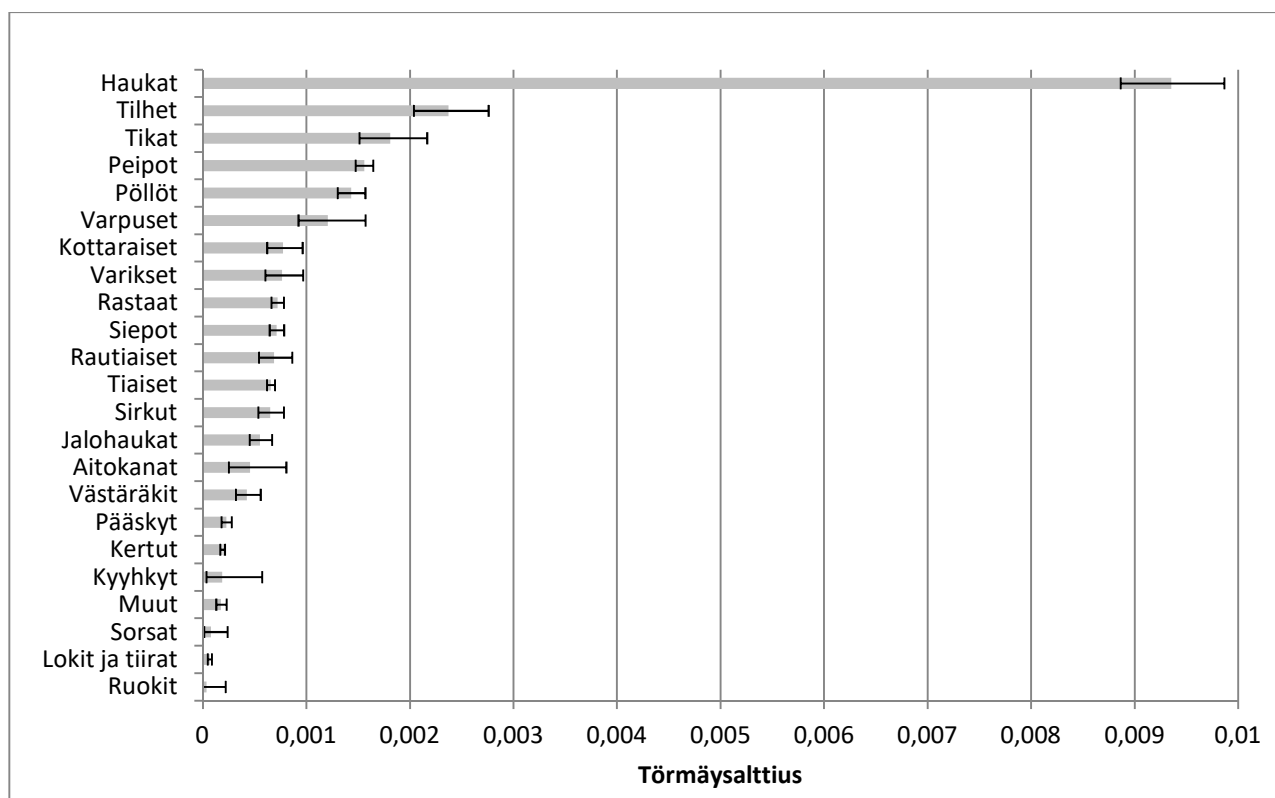
Kuva 3. Lintulajien lukumäärät eri lajiryhmissä.

Tässä työssä törmäysten määrä tarkoittaa "ikkunatormäyksessä kuolleiden rengastettujen lintujen määrää vuosina 1974 – 2014". Yhden ryhmän sisältämien lintulajien yhteenlasketut törmäysmäärät olivat suurimmat ryhmissä peipot (1 408 törmäystä), haukat (1 326 törmäystä) sekä tiaiset (1 238 törmäystä) (Kuva 4). Alle kymmenen törmäystä oli ryhmissä sorsat, kyyhkyt ja ruokit.



Kuva 4. Törmäysten yhteenlaskettu lukumäärä eri lajiryhmissä.

Suuri törmäysten määrä peippolinnuilla voi johtua muun muassa siitä, että tässä ryhmässä on paljon lajeja ja yksilöitä, eikä se välttämättä tarkoita, että peippolinnut olisivat erityisen alttiita kuolettaville ikkunatörmäyksille. Siksi seuraavaksi tarkastelen sitä erosivatko eri lintulajiryhmien törmäysalttiudet toisistaan. Lajiryhmien törmäysalttiuksien mukaan suurin törmäysalttius oli haukoilla 0,0094 (0,0088 – 0,0098) (Kuva 5). Toiseksi suurin törmäysalttiusluku oli tilhillä 0,0024 (0,0020 – 0,0027) ja kolmanneksi suurin tikoilla 0,0018 (0,0015 – 0,0022). Aineiston pienin törmäysalttius oli lokeilla ja tiiroilla. Mikäli törmäyshavaintoja olisi ollut yhdestä ruokista olisi ruokkien törmäysalttius ollut kaikkia muita tarkasteltuja lajiryhmiä pienempi.



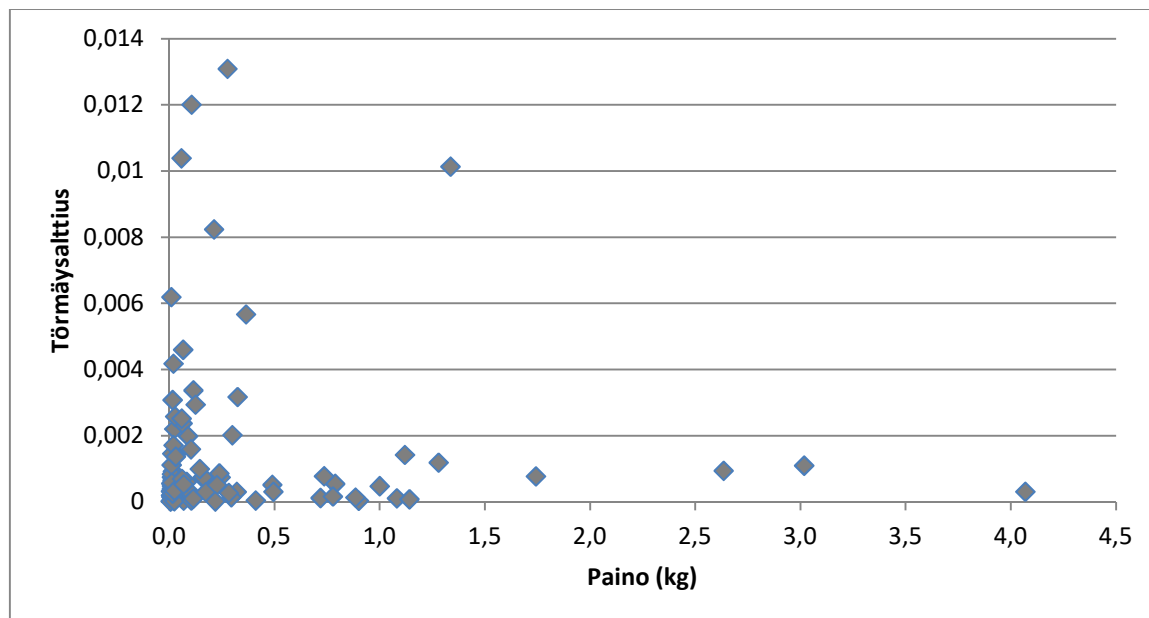
Kuva 5. Eri lajiryhmien törmäysalttiudet. Kuvaaja esittää ryhmän lintulajien törmäysalttiuksien keskiarvon sekä 95 % luottamusvälin. Kuvan skaalauksen takia näyttää, että ruokkien alempi luottamusväli oli pienempi kuin nolla, vaikka arvo oli tasan nolla.

Testin "Test of Equal or Given Proportions" perusteella törmäysalttiudet eivät olleet samat useassa rinnakkaisessa lintujen lajiryhmässä ($\chi^2 = 15\ 803$, $df = 22$, $p < 0,001$). Parittaisen vertailujen mukaan (Pairwise Probabilities Test) eri lintulajiryhmien törmäysalttiuksissa oli tilastollisesti merkitseviä eroja. Muun muassa haukkojen törmäysalttius erosi tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001$) kaikista muista lintulajiryhmistä ja se oli yli 140 kertaa isompi, kuin lokkien ja tiirujen törmäysalttius. Merkitsevät erot lajiryhmien välillä nähdään törmäysalttiuksien virherajoista kuvasta 5, mutta tarkemmat tulokset parittaisista vertailuista löytyvät liitteen 3 taulukosta.

4.3 Lintulajien painoluokittelu

Painotarkastelussa halusin selvittää törmävätkö aineistoni mukaan isommat linnut pieniä lintuja enemmän ikkunoihin kuolettavasti. Lisäksi halusin testata hypoteesia, jonka mukaan ison ikkunaan törmänneen ja törmäyksessä kuolleen linnun löytää helpommin kuin pienen pikkulinnun, minkä perusteella isojen lintujen törmäysalttiudet olisivat suurempia. Eli onko lintujen aikuispainolla ja näin ollen lintujen koolla vaikutusta lintujen törmäysalttiuteen. Kokosin kaikkien aineistossa olevien lintulajien painot ja törmäysalttiudet (Liite 2) samaan kuvaan (Kuva 6). Aineisto sisälsi lukumäärällisesti eniten lintulajeja, joiden paino oli alle 0,5 kg. Aineiston

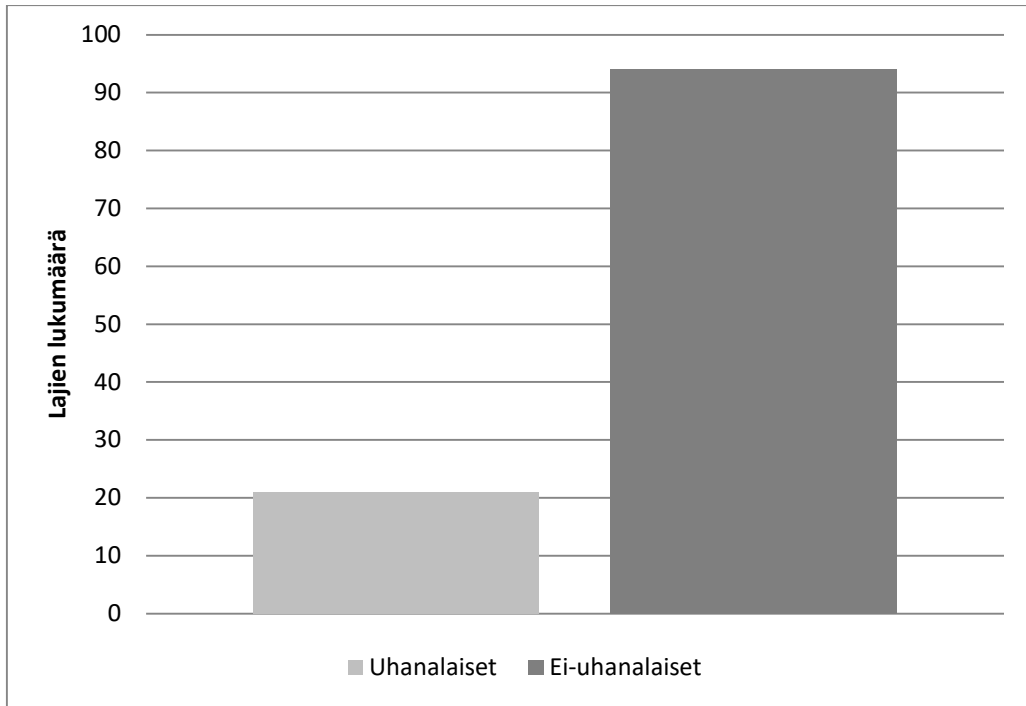
painavin lintulaji oli maakotka, jonka aikuispaino ylittää 4 kg. Suurimmalla osalla alle yhden kilon painoisista lintulajeista törmäysalttius oli alle 0,004. Yli 1,5 kg painavien lintulajien törmäysalttiudet olivat alle 0,0011. Selitysaste painon ja törmäysalttiuden välillä oli pieni ($R^2 = 0,0002$) ja kuvasta 6 näkee, että riippuvuutta näiden kahden muuttujan välillä ei ole.



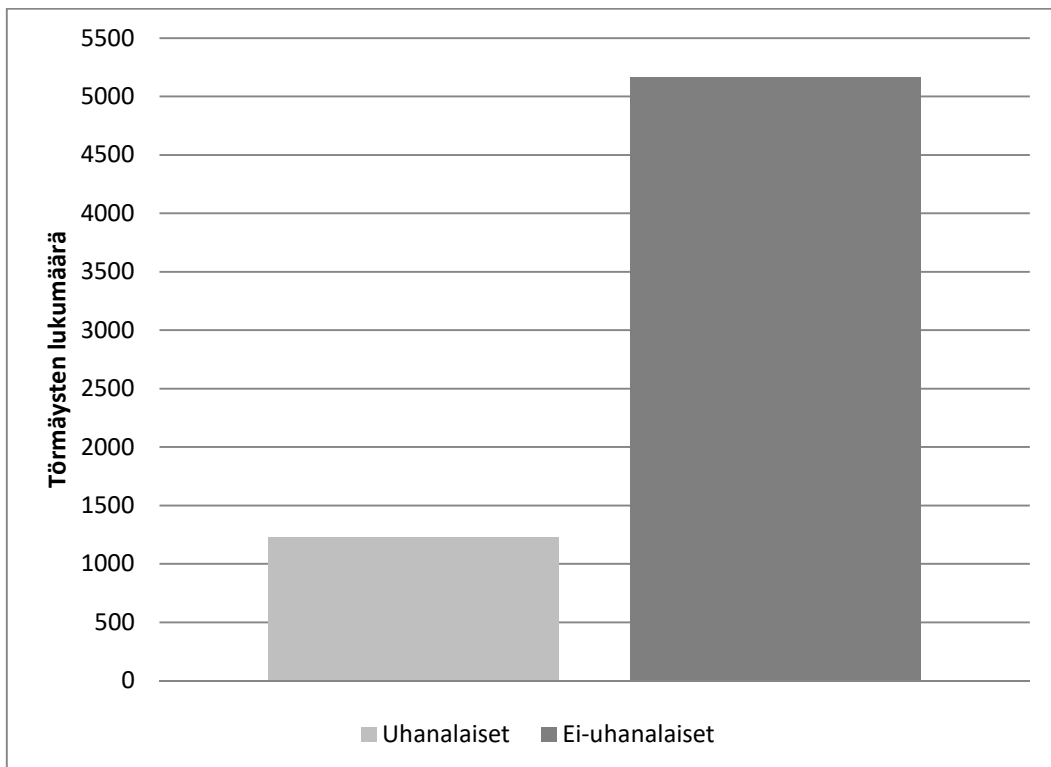
Kuva 6. Lintulajien törmäysalttiudet ja painot (kg).

4.4 Lintulajien uhanalaisuusluokittelu

Jaoin aineiston lintulajit uhanalaisiin ja ei-uhanalaisiin lintulajeihin (Liite 2) selvittääkseni voisiko kuolettavat ikkunatörmäykset olla osasyitä lintujen uhanalaisuudelle. Aineiston 21 lintulajia oli uhanalaisia ja vastaavasti 94 lintulajia ei ollut uhanalaisia (Kuva 7). Seuraavien uhanalaisuusluokkien linnut luokittelin uhanalaisiksi: VU, EN ja CR. Vastaavasti ei-uhanalaisiin ryhmittelin seuraavien uhanalaisuusluokkien linnut: DD, RE, NE, NA, LC ja NT. Törmäyksiä uhanalaisten lintujen ryhmässä oli yhteensä 1 227 kappaletta ja ei-uhanalaisissa yhteensä 5 162 kappaletta (Kuva 8).

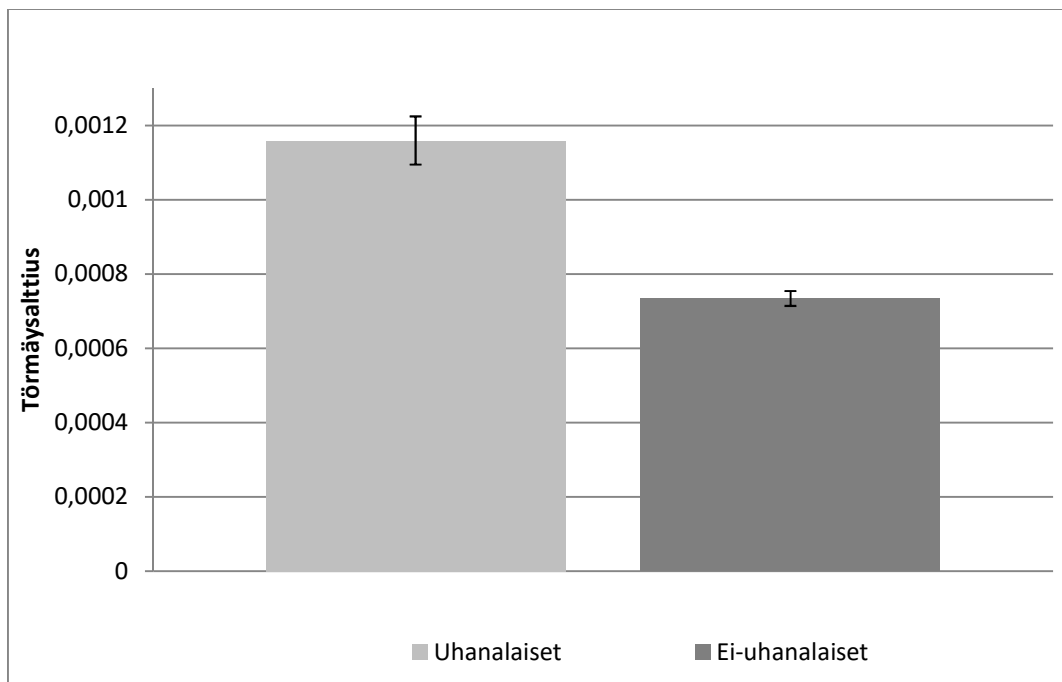


Kuva 7. Lintulajit jaettuna uhanalaisiin ja ei-uhanalaisiin lajeihin. Kuvaaja esittää eri lintulajien lukumäärän kummassakin ryhmässä.



Kuva 8. Eri lintulajien yhteenlaskettu törmäysten lukumäärä uhanalaisissa ja ei-uhanalaisissa lintulajeissa.

Törmäysalttius perustuen lajien yhteenlaskettuihin törmäysten lukumääriin ja rengastusten summaan oli ryhmässä uhanalaiset 0,00135 (0,00128 – 0,00143) ja ryhmässä ei-uhanalaiset törmäysalttius oli 0,00072 (0,00070 – 0,00074) (Kuva 9).

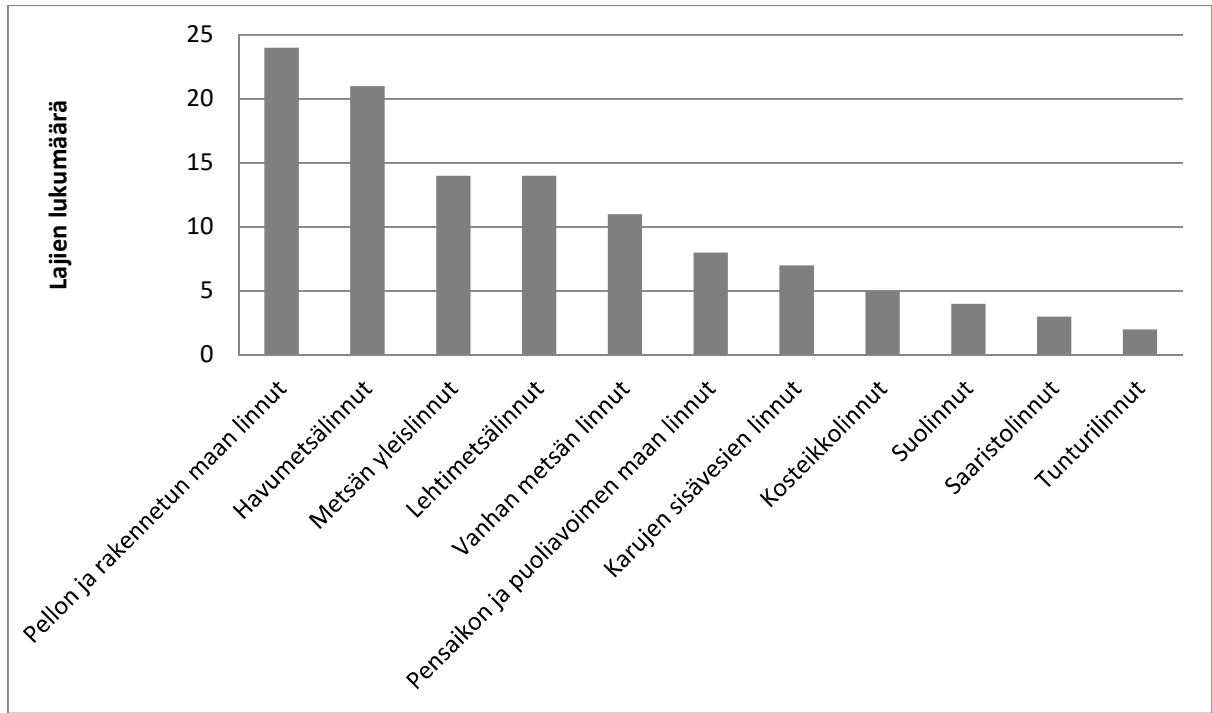


Kuva 9. Uhanalaisten ja ei-uhanalaisten lintulajien törmäysalttiuksien keskiarvot. Kuvaaja esittää uhanalaisten ja ei-uhanalaisten lintulajien törmäysalttiuksien keskiarvon sekä 95 % luottamusvälin.

Testin "Test of Equal or Given Proportions" perusteella törmäysalttiudet eivät ole samat uhanalaiset ja ei-uhanalaiset ryhmissä ($\chi^2 = 209,74$, $df = 1$, $\rho < 0,001$). Parittaisen vertailun mukaan (Pairwise Probabilities Test) erot uhanalaisten ja ei-uhanalaisten lintulajiryhmien törmäysalttiuksissa on tilastollisesti merkitsevä ($\rho < 0,001$) ja aineiston mukaan uhanalaisten lintulajien törmäysalttius on melkein kaksinkertainen verrattuna ei-uhanalaisiin lintulajeihin.

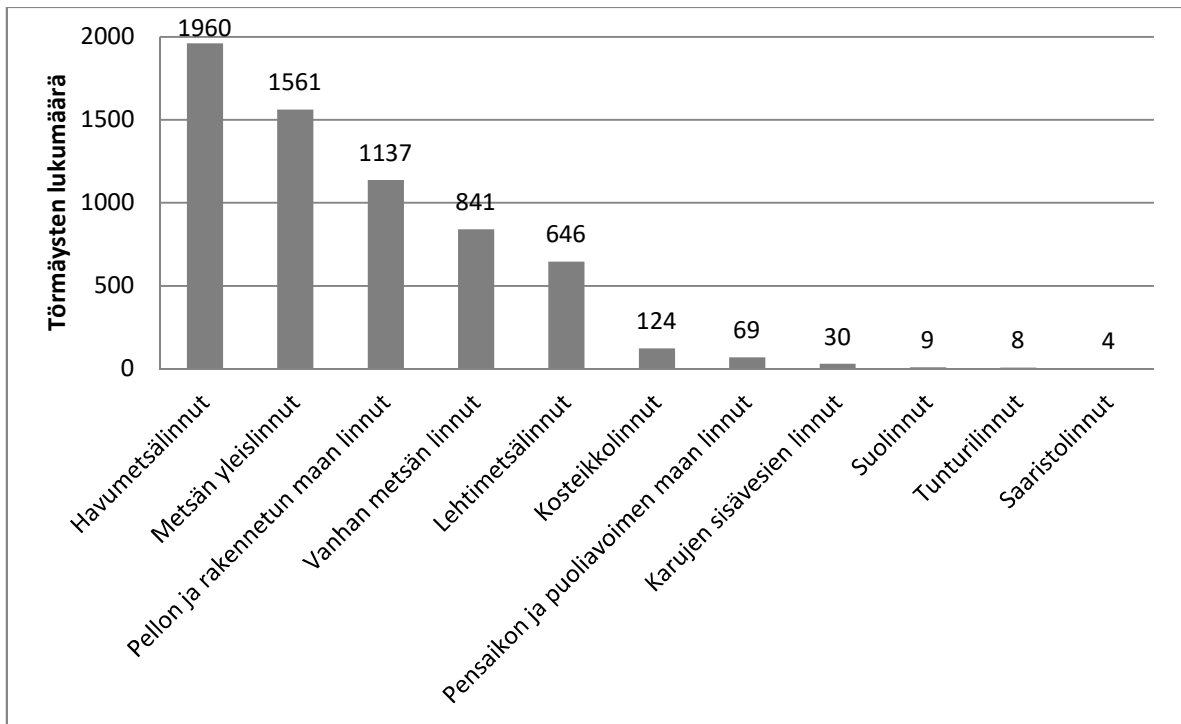
4.5 Lintulajien elinympäristöluokittelu

Jaoin lintulajit yhteensä yhteentoista eri elinympäristöluokkaan (Liite 2) jotta voisin selvittää onko elinympäristöllä vaikutusta lintulajien törmäysalttiuteen. Elinympäristöluokittelun jälkeen lajeja oli lukumäärällisesti eniten ryhmässä pellon ja rakennetun maan linnut, yhteensä 24 eri lintulajia (Kuva 10). Seuraavaksi eniten lintulajeja oli ryhmässä havumetsälinnut 21 kappaletta.



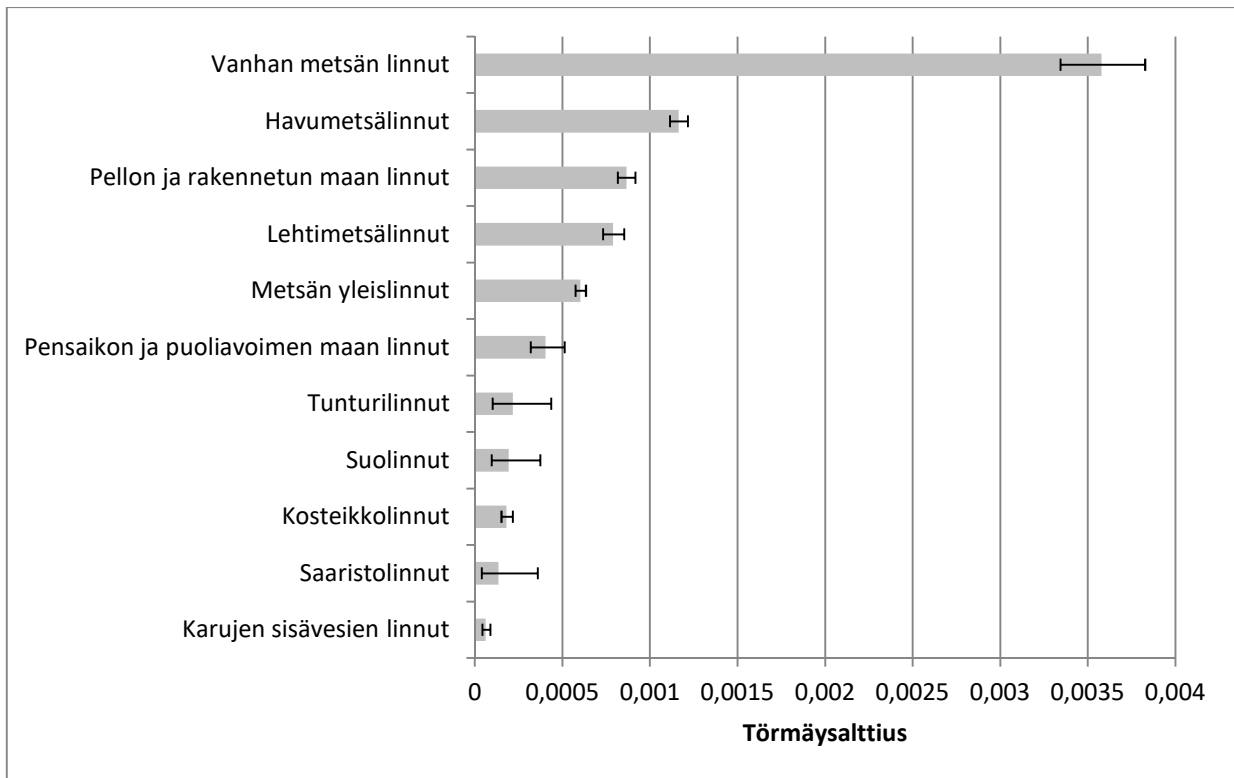
Kuva 10. Lajien lukumäärät elinympäristöittäin.

Eniten rengastettuja lintuyksilöitä oli elinympäristössä metsän yleislinnut ja seuraavaksi eniten havumetsälinnuissa (Liite 2). Kolmanneksi eniten on rengastettu pellon ja rakennetun maan lintuja. Vähiten on rengastettu saaristolintuja. Kun tarkastellaan törmäysten lukumääriä eri elinympäristöryhmissä niin eniten törmäyksiä oli ryhmässä havumetsälinnut, toiseksi eniten ryhmässä metsän yleislinnut ja kolmanneksi eniten ryhmässä pellon ja rakennetun maan linnut (Kuva 11). Vähiten törmäyksiä lukumäärällisesti oli ryhmässä saaristolinnut.



Kuva 11. Törmäysten lukumäärät elinympäristöittäin.

Suurin törmäysalttius oli vanhan metsän linnuilla 0,00358 (0,00334 – 0,00383) (Kuva 12). Vanhan metsän lintujen törmäysalttius on jopa 3,09ertainen verrattuna seuraavaksi törmäysalttiudeltaan suurimpaan ryhmään havumetsälinnut, jonka törmäysalttius oli 0,00116 (0,00111 – 0,00122). Kaikista pienin törmäysalttius oli karujen sisävesien linnuilla 0,00006 (0,00004 – 0,00009).



Kuva 12. Eri elinympäristöryhmien lintulajien törmäysalttiuskeskiarvot. Kuvaaja esittää eri elinympäristöryhmien lintulajien törmäysalttiuskeskiarvon sekä 95 % luottamusvälin.

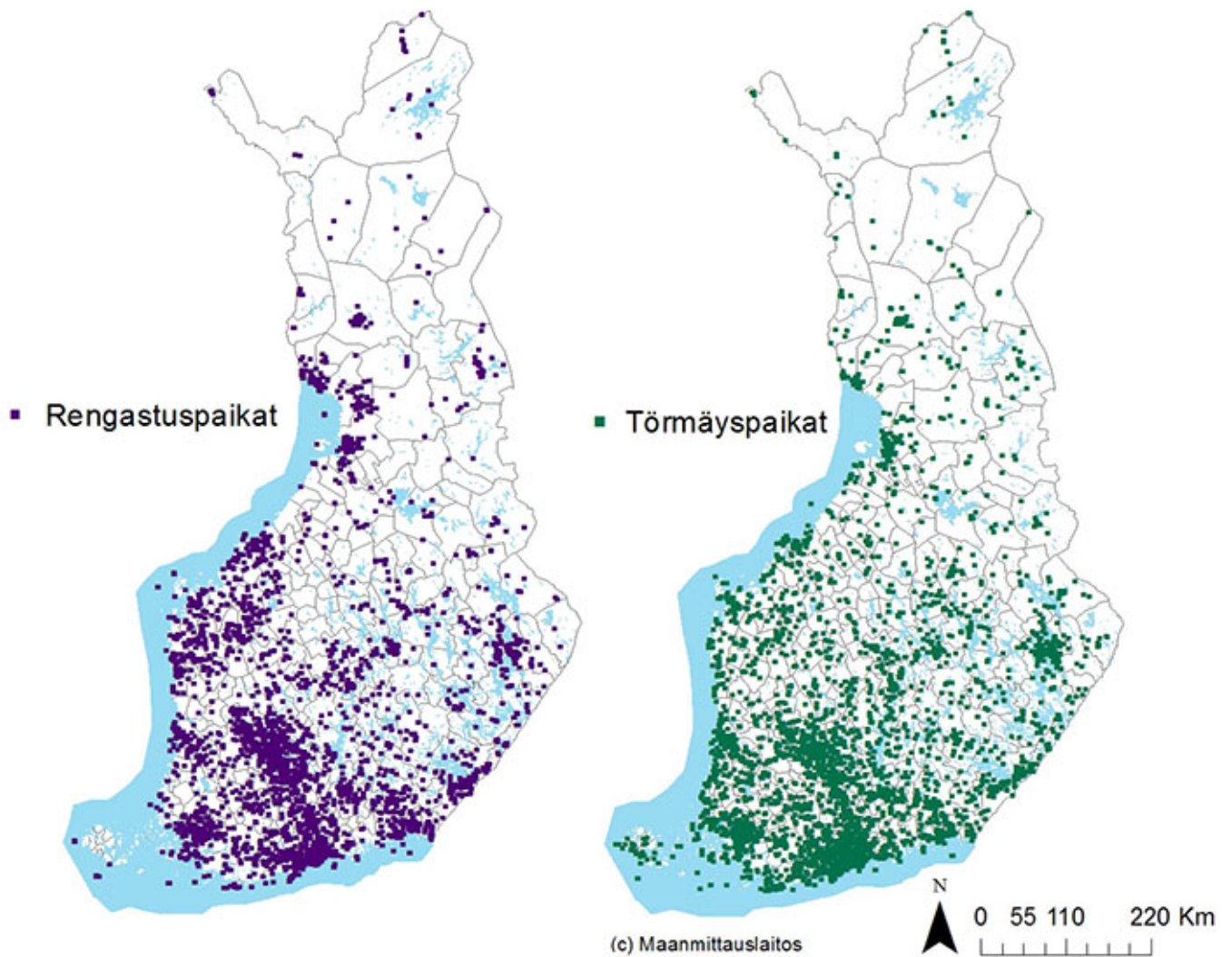
Testin "Test of Equal or Given Proportions" perusteella törmäysalttiudet eivät ole samat useassa rinnakkaisessa elinympäristöryhmässä ($\chi^2 = 3\,471,2$, $df = 10$, $p < 0,001$). Parittaisten vertailujen mukaan (Pairwise Probabilities Test) eri elinympäristöryhmien törmäysalttiuskeskiarvoissa oli tilastollisesti merkitseviä eroja. Muun muassa ryhmien metsän yleislinnut, havumetsälinnut ja vanhan metsän linnut törmäysalttiudet erosivat tilastollisesti merkitsevästi muista elinympäristöryhmistä ($p < 0,048$ tai pienempi). Vanhan metsän lintujen törmäysalttius oli yli kolme kertaa suurempi kuin törmäysalttiudeltaan seuraavaksi suurimman ryhmän eli havumetsälintujen törmäysalttius ja lähes 60 kertaa suurempi kuin karujen sisävesilintujen törmäysalttius. Merkitsevät erot elinympäristöryhmien välillä nähdään törmäysalttiuskeskiarvojen virherajoista kuvasta 12, mutta tarkemmat tulokset parittaisista vertailuista löytyvät liitteen 4 taulukosta.

4.6 Kartat rengastus- ja törmäyspaikoista

Aineiston Suomessa rengastettuja ja ikkunatörmäyksessä kuolleita lintuja vuosilta 1974 – 2014 oli 5 579 kappaletta (Kuva 13). Sen sijaan Suomessa rengastettuja lintuja, jotka törmäsivät Suomessa ikkunoihin kuolettavasti vuosien 1974 – 2014 aikana yhteensä 5 580 kappaletta. Päällisin puolin rengastus- ja törmäyspaikat näyttävät jakaantuneen samalla tavalla ympäri

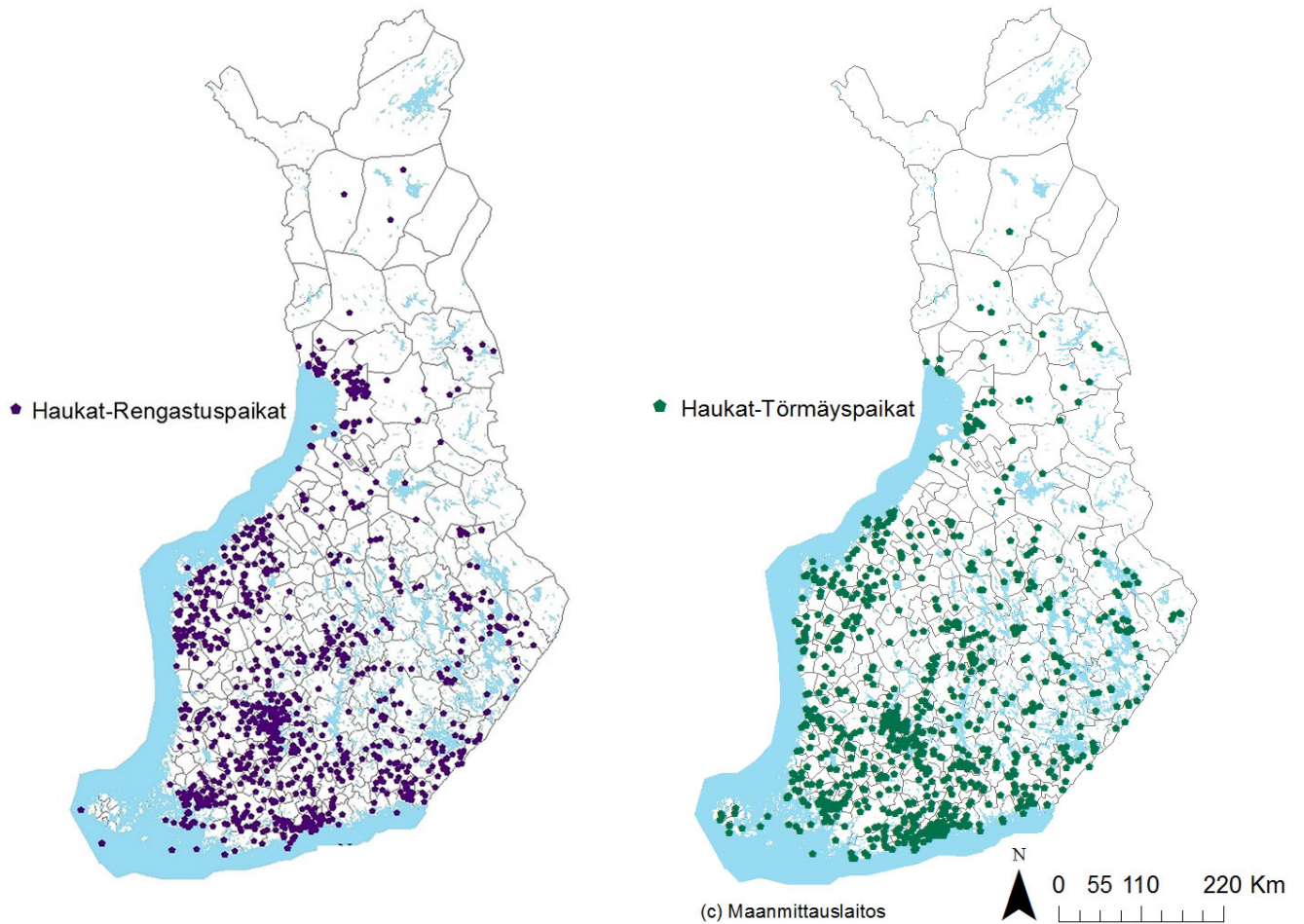
Suomea. Eniten molempia oli eteläisessä Suomessa lähellä asutuskeskuksia ja vähiten harvaanasutussa Pohjois-Suomessa. Tarkemmin katsoen erojakin löytyi. Esimerkkinä Ahvenanmaa, jossa lintuja on rengastettu kolmessa paikassa, joista kaksi ovat Signildskärin ja Lågskärin lintuasemat. Törmäykset sen sijaan tapahtuivat Manner-Ahvenanmaalla, jonne maakunnan asutus on keskittynyt. Perämeren perukassa rengastuspaikkoja oli laajalle levinneenä harvaan asutulla Yli-Iin ja Kemin seudulla. Törmäyksiä ei ollut juuri lainkaan Yli-Iissä, vaan törmäykset keskittyivät tiiviimmin suuriin asutuskeskuksiin, kuten itse Kemin taajamaan ja tiheästi asutulle Oulun Seudulle.

Keski-Suomessa Jyväskylän ja Rautalammen rengastuskeskittymien lisäksi ikkunaan törmänneitä lintuja rengastettiin hajallaan harvaanastulla maaseudulla. Tämän seudun törmäykset keskittyivät rengastusten tapaan asutuskeskuksiin kuten Jyväskylään ja Rautalammelle. Sen sijaan harvaan asutulla maaseudulla törmäykset sijoittuivat teiden varsiin, jonne asutuskin on keskittynyt. Esimerksiksi törmäyshavainnot Jyväskylästä luoteeseen keskittyivät tiiveimmän asutuksen tapaan valtatie 13:n varteen aina Kyyjärvelle saakka.



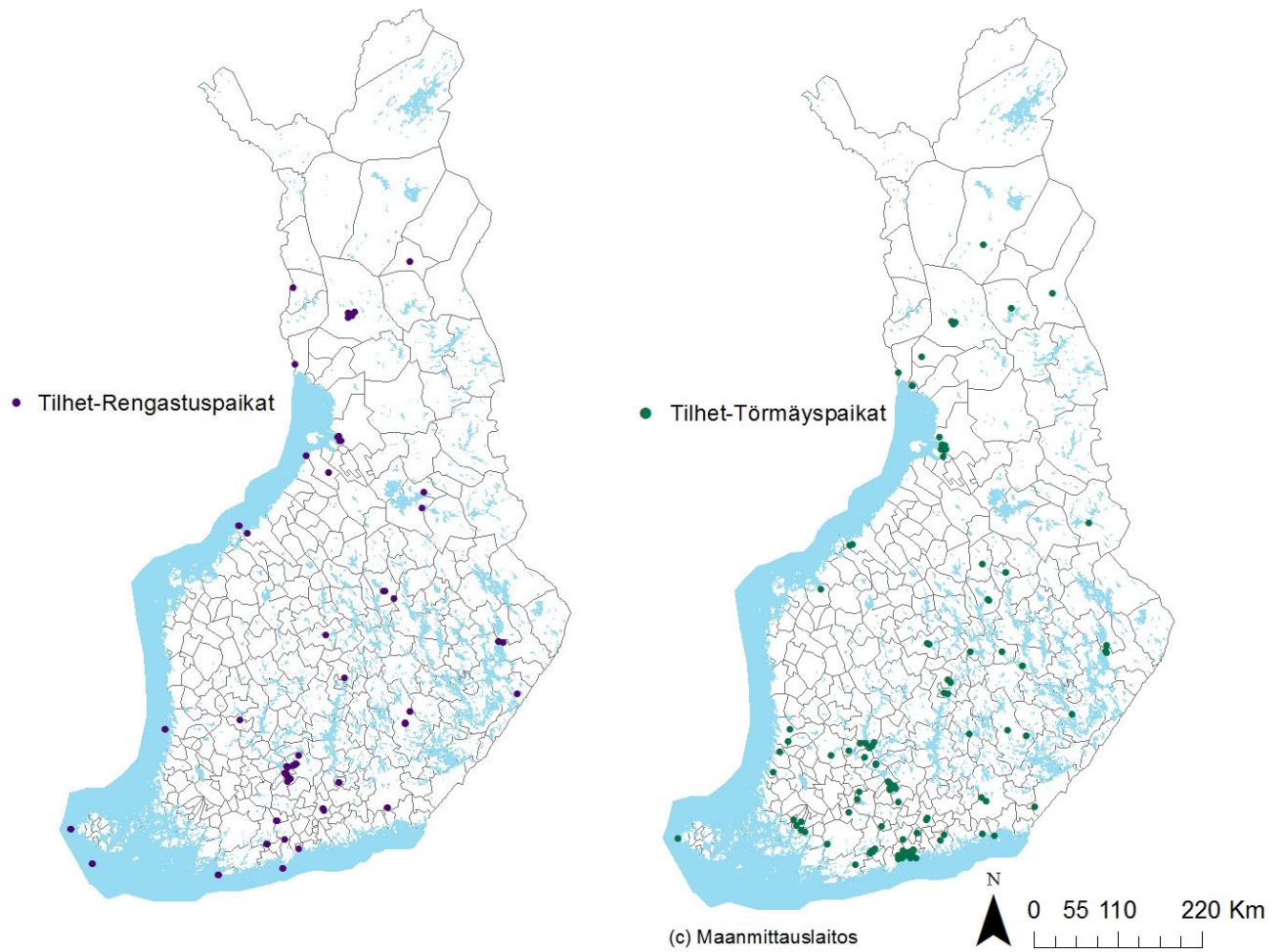
Kuva 13. Suomessa rengastettujen ja ikkunatörmäyksessä kuolleiden lintujen rengastus- ja törmäyspaikat vuosina 1974 – 2014.

Suomessa vuosina 1974 – 2014 rengastetuista haukoista yhteensä 1 328 kappaletta kuoli ikkunatörmäyksessä, näistä yhteensä 922 kappaletta törmäsi kuolettavasti ikkunaan Suomessa tarkasteluvuosien aikana (Kuva 14). Esimerkiksi Keski-Pohjanmaalla, Pirkanmaalla ja Hämeessä haukkojen rengastuspaikat olivat hajallaan ympäri maakuntia, mutta törmäyspaikat sijaitsivat tiiviimpinä ryppäinä pääosin kaupunkien ja muiden taajamien tuntumassa.



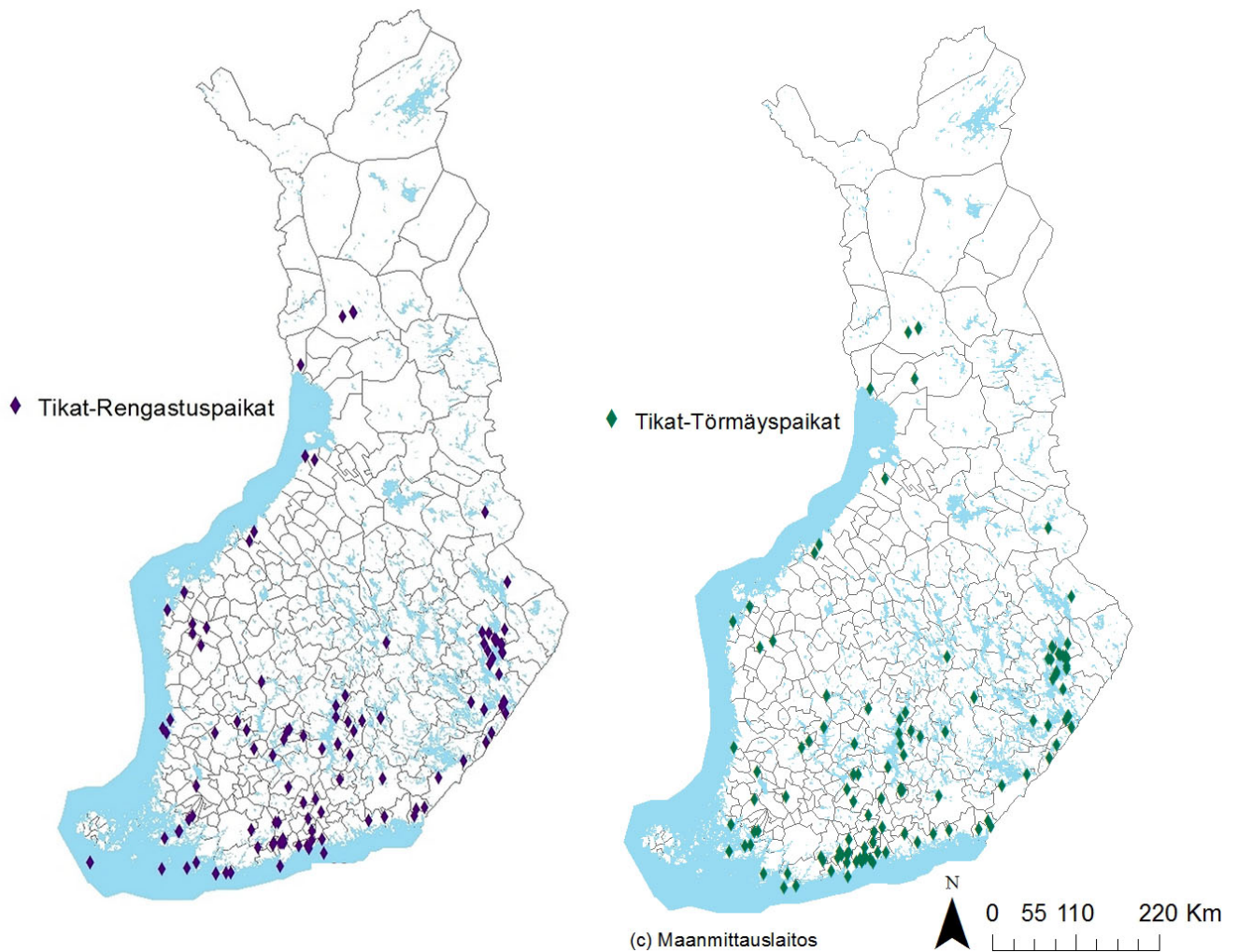
Kuva 14. Aineiston sisältämien haukkojen rengastus- ja törmäyspaikat Suomessa vuosina 1974 – 2014.

Suomessa vuosina 1974 – 2014 rengastetuista tilhistä yhteensä 167 kappaletta kuoli ikkunatörmäyksessä. Näistä yhteensä 128 kappaletta törmäsi kuolettavasti ikkunaan Suomessa tarkasteluvuosien aikana (Kuva 15). Tilhien rengastuksia oli siellä täällä pitkin Suomea ja törmäyspaikkoja lukumäärällisesti enemmän Oulun alapuolisessa Suomessa. Törmäyspaikat sijaitsivat tiiviinä ryppäinä isoimmissa kaupungeissa kuten Helsingissä, Tampereella, Turussa, Oulussa ja Jyväskylässä.



Kuva 15. Aineiston sisältämien tilhien rengastus- ja törmäyspaikat Suomessa vuosina 1974 – 2014.

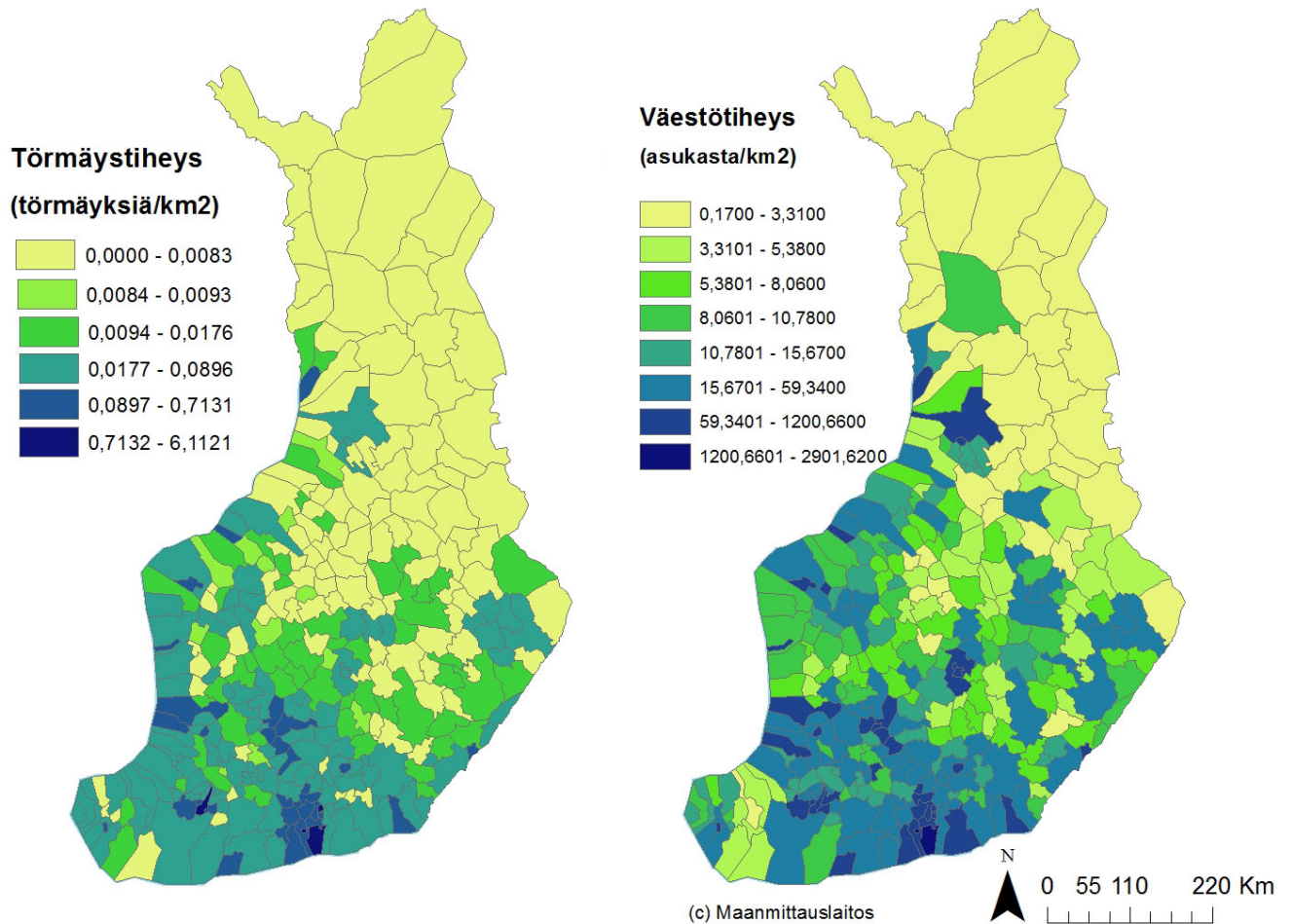
Suomessa vuosina 1974 – 2014 rengastetuista tikoista yhteensä 119 kappaletta kuoli ikkunatörmäyksessä, näistä yhteensä 118 kappaletta törmäsi kuolettavasti ikkunaan Suomessa tarkasteluvuosien aikana (Kuva 16). Tikkojen rengastus- ja törmäyspaikat Suomessa myötäilivät suurimmilta osin hyvin toisiaan.



Kuva 16. Aineiston sisältämien tikkojen rengastus- ja törmäyspaikat Suomessa vuosina 1974 – 2014.

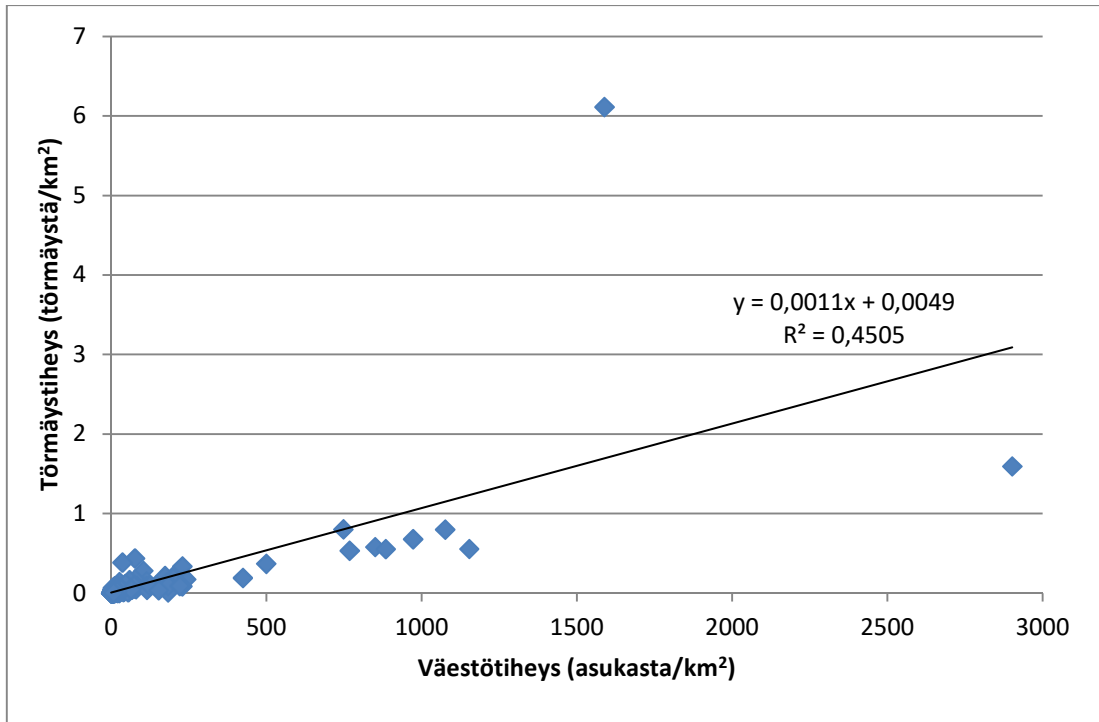
Törmäystiheys kunnittain vuoden 2015 kuntajaolla (törmäysten lukumäärä/km²) oli suurempi Suomen eteläisemmissä osissa ja myötäili osin väestötiheyttä (asukasta/km²) Suomen kuntajaon 2015 vuoden mukaisesti ja vuoden 2015 väkiluvulla (Kuva 17).

Törmäystiheys oli suurinta tummemmilla alueilla esimerkiksi pääkaupunkiseudulla sekä Tampereen alueella ja sen lähikunnissa. Sen sijaan monilla harvemmin asutuilla seuduilla, joilla väestötiheys oli alle 3,3101 asukasta/km² myös törmäystiheys oli pieni (alle 0,0084 törmäystä/km²). Näin oli esimerkiksi monessa Lapin kunnassa, poikkeuksena Rovaniemi, jonka väestötiheys oli 8,12 asukasta/km² ja törmäystiheys siellä oli 0,0080 törmäystä/km². Toisaalta monen kunnan törmäystiheydet olivat pieniä eli alle 0,0084, vaikka samojen kuntien väestötiheydet vaihtelivat välillä 3,3101 – 59,3400 eli olivat joidenkin kuntien osalta suhteellisen isoja.



Kuva 17. Törmäystiheydet (törmäysten lukumäärä/km²) ja väestötiheydet (asukasta/km²) kunnittain.

Kuvan 17 kartoista huomaa, että lintujen kuolettavia ikkunatörmäyksiä tapahtui samoissa kunnissa, joissa väestötiheys oli suurempaa. Selvempi muuttujien välinen korrelaatio havaitaan kuvasta 18. Törmäystiheyden ja väestötiheyden yhteisvaihtelua kuvaa lineaarinen suora, jonka yhtälö oli $y = 0,0011x + 0,0049$ ja selitysaste $R^2 = 0,4505$. Kuvan 18 kuvaajan mukaan voidaan todeta, että keskimäärin rengastettujen lintujen törmäystiheys kasvoi alueilla, joilla väestötiheys oli suurempi.



Kuva 18. Rengastettujen ja ikkunatörmäyksessä kuolleiden lintujen törmäystiheys (törmäystä/km²) ja Suomen väestötiheys vuoden 2015 lopussa (asukasta/km²) kyseisen vuoden kuntajaon mukaan. Muuttujien yhteisvaihtelua kuvaa lineaarinen suora.

5 TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Lintulajikohtaiset tulokset

Monissa muissa aikaisemmin tehdyissä lintujen ikkunatörmäyksiä käsittelevissä tutkimuksissa analysoitava aineisto sisältää havaintoja alle sadasta eri lintulajista, jotka ovat kuolleet törmätessään ikkunaan (Dunn 1993, Klem ym. 2004, Hager ym. 2008, Hager 2009, Klem ym. 2009, Borden ym. 2010, Hager ym. 2013, Bracey ym. 2016, Kahle ym. 2016, Ocampo-Peñuela ym. 2016, Sabo ym. 2016). Lisäksi monissa aikaisemmissa tutkimuksissa dokumentoituja lintujen kuolettavia ikkunatörmäyksiä on alle 400 kappaletta (Klem 1990a, Klem ym. 2004, Gelb & Delacretaz 2006, Hager ym. 2008, Hager 2009, Klem 2009, Borden ym. 2010, Hager ym. 2013, Kummer & Bayne 2015, Bracey ym. 2016, Kahle ym. 2016, Kummer ym. 2016, Sabo ym. 2016), mutta muutamassa on havaintoja ikkunatörmäyksessä kuolleista linnuista jopa tuhansia (Cusa ym. 2015), kymmeniä tuhansia (Loss ym. 2014, Machtans ym. 2013) tai satoja tuhansia (Arnold & Zink 2011). Tutkimukseni aineisto sisältää hyvin huomattavan määrän eri lintulajeja ja dokumentoituja kuolettavia törmäystapauksia verrattaessa moniin muihin aikaisempiin lintujen ikkunatörmäyksiä käsitteleviin tieteellisiin tutkimuksiin. Eri lintulajeja on aineiston tarkasteluajanjaksolla 1974 – 2014 yhteensä 112 kappaletta ja kuolettavia ikkunatörmäyksiä 6 388 kappaletta (Liite 2).

Kuolettavan ikkunatörmäystodennäköisyyden arviointiin käytin törmäysalttiutta, joka lasketaan esimerkiksi lajikohtaisesti jakamalla lintulajin törmäysten lukumäärä rengastusmäärällä kaavan 1 mukaisesti. Tätä rengastuksia huomioivaa lähestymistapaa lintujen ikkunatörmäysten tarkastelussa ei tietääkseni ole aikaisemmin käytetty. Monessa aikaisemmassa tutkimuksessa havainnot lintujen kuolettavista ikkunatörmäyksistä perustuvat ikkunatörmäysten kartoittamiseen yksittäisistä rakennuksista tai rakennusryhmistä (Klem 1990a, Gelb & Delacretaz 2006, Hager ym. 2008, Klem ym. 2009, Borden ym. 2010, Hager ym. 2013, Hager & Craig 2014, Bracey ym. 2016, Kahle ym. 2016, Kummer ym. 2016, Ocampo-Peñuela ym. 2016). Tällöin havaintoja saadaan eniten ikkunoiden lähellä liikkuvista ja runsaina esiintyvistä lintulajeista, jolloin on vaikea arvioida lajien välisiä eroja alttiudessa törmätä ikkunoihin, sillä lintujen runsaussuhteet vaikuttavat törmäysmääriin.

Huomioimalla lintujen rengastusmäärät arvioitaessa lajien välisiä törmäysalttiuksia, antaa se paremman kuvan siitä, mitkä lajit ovat herkempiä törmäämään ikkunoihin kuin pelkästään ikkunaruutujen ympärillä partiointi ja raatojen lukumäärien laskeminen. Rengastusmäärät huomioitaessa ikkunatörmäyslöydöt saadaan suhteutettua hyvin lintulajien yleisyyteen. Tämän

tutkimuksen osalta lajien rengastusmäärät olivat suuria ja siten varmaankin edustava otos kustakin lajista (pienin rengastusmäärä: pyy 353 lintuyskilöä ja suurin: talitiainen 839 488 lintuyskilöä, Liite 2).

Koska niin monessa aikaisemmassa tutkimuksessa lintujen yleisyyttä ei ole otettu huomioon arvioitaessa lintulajien alttiutta törmätä kuollettavasti ikkunoihin, minun oli vaikea löytää vertailukelpoista dataa omille tuloksilleni. Vain viidessä löytämässäni lintujen kuolettavia ikkunatörmäyksiä käsittelevässä tutkimuksessa otettiin jollain tavalla huomioon myös alueen lintulajien yleisyys arvioitaessa lintujen riskiä tai alttiutta törmätä ikkunoihin (Arnold & Zink 2011, Hager & Craig 2014, Loss ym. 2014, Kahle ym. 2016, Sabo ym. 2016). Nämä tutkimukset sijoittuivat Yhdysvaltoihin tai Kanadaan, joten niiden käsittelemistä lintulajeista ei liiemmin löytynyt Suomessa esiintyviä lajeja.

Suomessa esiintyvän puukiipijän sukulaisella amerikanpuukiipijällä (*Certhia americana*) todettiin Arnoldin & Zinkin (2011) tutkimuksessa olevan tarkastelluista 188 lintulajista toiseksi suurin riski törmätä kuollettavasti rakennuksiin. Myös Loss ym. (2014) huomioivat amerikanpuukiipijän omaavan suhteellisen korkean riskin kuolettavaan törmäykseen rakennuksen kanssa verrattuna muihin tutkimuksensa lajeihin. He tarkastelivat törmäyksiä rakennustyypeittäin rakennuksen korkeuden mukaan ja amerikanpuukiipijällä oli seitsemänneksi suurin riski törmätä kuollettavasti tarkasteltaessa kaikkia rakennustyyppisiä ja kolmanneksi suurin riski tarkasteltaessa vain matalia taloja (1 – 3 kerrosta). Oman tutkimukseni mukaan puukiipijän törmäysalttius ei ole erityisen suuri, vasta 93:nneksi suurin 112:sta tarkasteltavana olleesta lajista (Kuva 2). Otettaessa huomioon kaikki rakennustyyppit Loss ym. (2014) saivat tulokseksi, että taviokuurna (*Pinicola enucleator*) ja amerikanlehtokurppa (*Scolopax minor*) törmäävät suhteellisen herkästi rakennuksiin (taviokuurnalla 15:nneksi suurin riski ja amerikanlehtokurppalla 16:nneksi suurin riski kuolettavaan törmäykseen). Myös minun tutkimuksessani taviokuurnalla on huomattavan suuri törmäysalttius, jopa kahdeksanneksi suurin. Lehtokurpan (*Scolopax rusticola*) törmäysalttius sen sijaan on aika pieni. Lisäksi löysin maininnan kottaraisen (*Sturnus vulgaris*) törmäysriskin pienuudesta (Kahle ym. 2016), kun omassa tutkimuksessani kottaraisen törmäysalttius on 35:nneksi suurin. Kahle ym. (2016) törmäysdata sisältää havaintoja yhteensä 308:sta lintujen kuolettavasta ikkunatörmäyksestä, joista kottaraisen kuolettavia ikkunatörmäyksiä oli vain yksi kappale.

Tutkimuksissa, joissa otettiin jollain tavalla huomioon myös alueen lintujen yleisyys arvioitaessa lintujen riskiä tai alttiutta törmätä ikkunoihin (Arnold & Zink 2011, Hager & Craig 2014, Loss

ym. 2014, Kahle ym. 2016, Sabo ym. 2016) ei mainittu yksittäisten haukka- tai jalohaukkalajien omaavan korkeaa ikkunatörmäysriskiä. Hyvää vertailukohtaa omalle tutkimustulokselleni, jonka mukaan viiden suurimman törmäysalttiuden joukossa on kaksi haukkalajia (varpus- ja kanahaukka) ja yksi jalohaukkalaji (ampuhaukka), en siis löytänyt (Kuva 2). Kuitenkin Hager (2009) raportoi tutkimuksessaan, jossa hän kävi läpi 86 julkistettua lähdeosta liittyen urbaanien petolintujen ihmislähtöisiin kuolemiin Yhdysvalloissa ja Kanadassa, että jalohaukoista ampuhaukan (*Falco columbarius*) ja muuttohaukan (*Falco peregrinus*) pääasiallisin kuolemanaiheuttaja on ikkunatörmäykset. Omasta aineistostani sain samansuuntaisia tuloksia ampuhaukan osalta kuin Hager (2009), sillä ampuhaukalla on viidenneksi suurin törmäysalttius. Ampuhaukan törmäysalttiutta isompi törmäysalttius on kanahaukalla, joka mainitaan myös Hagerin (2009) tutkimuksessa lajina, josta on ikkunatörmäyshavaintoja. Muuttohaukalla sitä vastoin on omassa aineistossani huomattavasti pienempi törmäysalttius kuin ampu- tai kanahaukalla sen törmäysalttiuden ollessa 50:nneksi suurin. Omat tulokseni ja Hagerin (2009) tulokset eivät kuitenkaan ole täysin verrattavissa, koska ymmärtääkseni Hagerin tutkimus perustuu lintujen ikkunatörmäysten yhteenlaskettuihin lukumääriin, eikä näin ollen huomioi lintulajien yleisyyttä lainkaan.

Lisäksi tuloksieni mukaan lintuja saalistavilla haukoilla ja jalohaukoilla on muita päiväpetolintuja suuremmat törmäysalttiudet. Tähän saattaa vaikuttaa muun muassa näiden lajien saalistustapa, jolla ne saalistavat toisia lintuja (Hager 2009). Näissä saalistustilanteissa petolintu kiihdyttää vauhtiaan saavuttaakseen saalislinnun joko takaa-ajotilanteessa tai yllätyshyökkäyksenä. Näin petolinnulla on saalistustilanteessa suuri kiihtyvyys ja se iskeytyy suuremmalla voimalla ikkunaa päin kuin jos se lentäisi hiljaista vauhtia. Lisäksi lentäessään saaliin perässä petolinnun lento on epätasaista ja sen huomio on kiinnittynyt saaliiseen (Klem 2014), mikä lisää niin petolinnun kuin saalislinnun ikkunatörmäämisen riskiä, etenkin jos saalistustilanne käydään ympäristössä, jossa on paljon rakennuksia.

Lisäksi Kahle ym. (2016) esittävät tutkimuksessaan, että päiväsaikaan parveilevat lintulajit voisivat oppia välttämään ikkunatörmäämisiä käyttämällä ryhmäsignaaleja. Heidän ikkunatörmäysdatassaan olivat aliedustettuina lintulajit, jotka esiintyvät pääasiassa parvissa. Sen sijaan Sabo ym. (2016) eivät pidä parveutumista määrävänä mekanismina tarkasteltaessa ikkunatörmäysalttiutta. Myös omassa tutkimuksessani on törmäysalttiudeltaan suuria lintulajiryhmiä, joiden jotkin lintulajit ainakin osittain parveilevat esimerkiksi muutoaikoina ja talvisin. Näitä lajiryhmiä ovat esimerkiksi tilhet, peipot, varpuset, kottaraiset ja rastaat. Joten

minun ja Sabo ym. (2016) tutkimuksen perusteella parvissa esiintyvät lajit eivät pysty välttämään ikkunatörmäyksiä yksittäin liikkuvia lintuja paremmin (Kuva 5).

Yksi erityisen huomionarvoinen laji, jonka törmäysalttius on varsin korkea, on valkoselkätikka (*Dendrocopos leucotos*), joka on tällä hetkellä luokiteltu Suomessa vaarantuneeksi (VU) lajiksi. Niitä arvioitiin olevan Suomessa vuonna 2015 noin 380 yksilöä (Tiainen ym. 2016). Rengaslöytöjen perusteella joka kahdeksaskymmenes rengastettu valkoselkätikka kuolee ikkunatörmäyksessä. Lisäksi on huomioitava kyseessä olevan aliarvio, sillä läheskään kaikkia rengastettuja ikkunatörmäyksessä kuolleita valkoselkätikkoja ei löydetä. Todellinen valkoselkätikkojen ikkunatörmäyskuolevuus on siis tässä tutkimuksessa esitettyä suurempi, joten ikkunatörmäyskuolemien voidaan todeta olevan merkittävä kuolleisuustekijä tälle uhanalaiselle lintulajille.

5.2 Lajiryhmäkohtaiset tulokset

5.2.1 Haukat, jalohaukat ja pöllöt

Hager (2009) raportoi tutkimuksessaan haukkojen ja jalohaukkojen olevan muita petolintuja alttiimpia ikkunatörmäyksille, johtuen todennäköisesti näiden lajiryhmien tiettyjen lajien saalistustavasta, jolla ne saalistavat toisia lintuja. Sen sijaan Arnoldin & Zinkin (2011) tutkimustuloksen mukaan haukkojen riski törmätä kuolettavasti rakennuksiin oli hyvin alhainen, vasta sijalla 10 tarkasteltavien lajiryhmien määrän ollessa 13 kappaletta. Loss ym. (2014) tutkimustuloksen mukaan päiväpetolinnuilla oli 33 lajiryhmästä 11:nneksi suurin riski törmätä kuolettavasti rakennuksiin. Omat, yli 300 000 päiväpetolinnun otokseen (Liite 2) perustuvat tulokseni eivät ole yhteneväiset Arnoldin & Zinkin (2011) ja Loss ym. (2014) tulosten kanssa, sillä tutkimukseni mukaan haukoilla on selvästi muita tarkastelussa olleita lajiryhmiä suurempi törmäysalttius (Kuva 5).

Lisäksi Hager (2009) havaitsi tutkimuksessaan, etteivät petolintujen ikkunatörmäysonnettomuuksien osuudet vaihdelleet urbaanien ja ei-urbaanien alueiden välillä. Hager ehdottaakin tämän havainnon viittaavan siihen, että urbaanit petolinnut eivät ole niin taipuvaisia ikkunatörmäyskuolemiin. Esimerkkinä tällaisesta urbaanista lajiryhmästä hän mainitsee pöllöt. Pöllöjen kuolettavan rakennustörmäämisen riski on päiväpetolintuja pienempi myös Lossin ym. (2014) tutkimustuloksen mukaan, mutta sitä vastoin Arnold & Zink (2011) raportoivat pöllöjen törmäysriskin olevan hieman haukkoja suurempi. Pöllöjen törmäysalttius on omassa tutkimuksessani lajiryhmien viidenneksi korkein eli tulokseni eivät ole yhteneväiset Hagerin (2009) päätelmien kanssa pöllöjen osalta. Tulokseni eroavat myös Arnoldin & Zinkin

(2011) tuloksista, sillä tuloksieni mukaan haukoilla on selvästi pöllöjä suurempi törmäysalttius (Kuva 5).

5.2.2 Tilhet

Tilhien osalta kuolettavat ikkunatörmäykset on huomattu myös muissa lintuja ja ikkunatörmäyksiä käsittelevissä tutkimuksissa. Loss ym. (2014) listasivat tutkimuksessaan 33 lintulajiryhmää sen mukaan, kuinka alttiita nämä lajiryhmät ovat törmäämään rakennuksiin. Tilhet ovat heidän tutkimuksessaan viidenneksi alttein ryhmä. Kuitenkaan Hager & Craig (2014) eivät omassa lintujen ikkunatörmäyksiin keskittyneessä tutkimuksessaan löytäneet ainoatakaan ikkunatörmäyksessä kuollutta amerikantilheä (*Bombycilla cedrorum*). Ocampo-Peñuela ym. (2016) suorittivat tutkimuksen, jossa he etsivät 21 päivän aikana erään Pohjois-Carolinan yliopiston rakennuksien läheisyydestä ikkunatörmäyksessä kuolleita lintuja ja heidän löytämästään 31 ruumiista yhteensä 17 % oli tilhiä. Lisäksi he löysivät samalla kertaa aina muutaman kuolleen tilhiyksilön.

Tutkimukseni tuloksena tilhillä on huomattavan korkea törmäysalttius (Kuva 5). Tulos on yhteneväinen Lossin ym. (2014) sekä Ocampo-Peñuelan ym. (2016) havaintojen kanssa, mutta eroaa Hagerin & Craigin (2014) tuloksesta. Toisaalta Hager & Craig (2014) keskittyivät tarkastelemaan tutkimuksessaan vain lintujen kesän lisääntymiskautta, mikä saattaa vaikuttaa tilhien puuttumiseen törmäyshavainnoista. Tilhien ikkunatörmäyskuolemien määrään voi nimittäin vaikuttaa pesimäajan ulkopuolella muuton ja talven aikaan asutusten lähellä kypsyvät pensaiden ja puiden marjat, jotka houkuttelevat tilhiä ikkunoiden läheisyyteen. Lisäksi talvisin runsas pihlajanmarjojen syöminen ja siitä aiheutuva humaltuminen voivat olla yksi syy tilhien korkeaan törmäysalttuteen. Kinde ym. (2012) raportoivatkin tutkimuksessaan, että Suomessa esiintyvää tilheä (*Bombycilla garrulus*) pienemmät amerikantilhet olivat kuolleet traumaan, joka aiheutui kiinteään esteeseen, kuten pleksilasiin, törmäämisestä. Törmääminen sen sijaan aiheutui amerikantilhien lentäessä etanolin vaikutuksen alaisena. Näiltä törmänneiltä amerikantilhiltä oli määritetty maksan etanoliarvoksi 260 – 1 000 ppm ja niiden ruuansulatuselimistöstä löytyi ylikypsiä brasilianroseepippurin (*Schinus terebinthifolius*) siemeniä. Amerikantilhiä tarkasteli tutkimuksessaan myös Fitzgerald ym. (1990) ja he tekivät havainnon, että käyneiden marjojen syöminen vuoksi etanolimyrkytyksen alaisena lentäessään kyseinen laji voi olla erityisen altis törmäyksille ja kuolla törmäyksen aiheuttaman verenvuodon seurauksena. Fitzgeraldin ym. (1990) raportissa myös mainitaan, että etanolimyrkytys voi vaikuttaa heikentävästi linnun lentämiseen ja suuntaaistoon.

Toisaalta Eriksson & Nummi (1982) tekivät kokeen luonnosta pyydystetyillä ja ulkohäkissä ruokittavilla tilhillä (*Bombycilla garrulus*) selvittääkseen kertyykö lintuihin haitallisia alkoholipitoisuuksia, kun niille syötettiin pihlajanmarjoja. Heidän tutkimuksensa mukaan tilhet eivät syöneet määrällisesti tarpeeksi käyneitä pihlajanmarjoja, jotta niiden elimistöön olisi kertynyt lentämiseen vaikuttavia alkoholipitoisuuksia. Tutkijat eivät kuitenkaan pystyneet ottamaan verinäytteitä luonnollisessa elinympäristössään ruokailevista tilhistä ja heidän mukaansa teoreettisten laskelmien perusteella voisikin olla mahdollista, että luonnossa tilhet syövät niin paljon käyneitä pihlajanmarjoja, että niiden veren etanolipitoisuus olisi tarpeeksi suuri vaikuttamaan lintujen lentämiskykyyn. Onkin raportoitu siitä, että linnuilla on taipumus syödä enemmän parvissa kuin ruokailemaan yksinään (Dennis 1987).

Tilhillä on tutkimukseni mukaan siis toiseksi korkein törmäysalttius tarkasteltaessa eri lajiryhmien törmäysalttius (Kuva 5). Tarkasteltaessa lintulajien keskimääräisiä törmäysalttius on tilhen törmäysalttius 17:nneksi suurin kaikista lajeista (Kuva 2). Tilhien voidaankin siis todeta olevan kuolettaville ikkunatörmäyksille varsin altis laji.

5.2.3 Tikat

Kolmessa aikaisemmassa lintujen ikkuna- tai rakennustörmäyksiä käsittelevässä tutkimuksessa tikkojen törmäysprosentuaalisuus kaikista löydetyistä törmäystapauksista on ollut hyvin pientä (enintään 3,7 % kaikista törmäyksistä) (Dunn 1993, Borden ym. 2010, Sabo ym. 2016). Myös Loss ym. (2014) totesivat tutkimuksessaan, että tikkojen todennäköisyys törmätä rakennuksiin oli varsin pieni. Tikat olivatkin törmäysriskiä kuvaavalla listalla vasta sijalla 17, kun lajiryhmiä kaiken kaikkiaan oli 33 kappaletta.

Suomen tikat, käenpiikaa lukuunottamatta, ovat yleisesti ottaen paikkalintuja, jotka saattavat lähteä vaeltamaan ravinnon perässä. Kahle ym. (2016) esittävät tutkimuksensa tulosten perusteella teorian, että paikkalinnut ovat vähemmän alttiita ikkunatörmäyksille kuin muuttavat linnut. Myös Sabo ym. (2016) päätyivät tutkimuksessaan samanlaiseen päätelmään ehdottaen, että ensisijainen lintujen törmäysalttiuteen vaikuttava tekijä voisi olla se, miten hyvin linnut tuntevat elinympäristönsä. Paikkalinnut oppisivat siis muuttavia lintuja paremmin välttämään ikkunatörmäyksiä. Tutkimukseni tulokset tikkojen osalta eivät siis ole täysin yhteneviä Kahle ym. (2016) ja Sabo ym. (2016) tutkimusten tulosten kanssa, mutta tämän saattaa selittää se, että toisinaan tikat lähtevät vaeltamaan huonon ravinnon saatavuuden vuoksi paremmille ruokapaikoille. Mahdollisesti tikkojen törmäykset tapahtuvatkin tälläisinä aikoina, kun tikat ovat

liikkeellä ravintoa etsimässä. Suomessa tikat myös tulevat usein ruokintapaikoille, eli lähelle ikkunoita, mikä altistaa ne suuremmalle riskille törmätä ikkunoihin.

5.2.4 Muita huomioita

Yksi huomionarvoinen havainto on, että peippolintujen riski törmätä kuolettavasti rakennuksiin on kolmanneksi pienin Arnoldin & Zinkin (2011) tutkimuksessa, mutta omassa tutkimuksessani peippolintujen törmäysalttius on tarkastelemieni lajiryhmien neljänneksi suurin (Kuva 5). Sen sijaan sirkuilla on lajiryhmistä toiseksi suurin riski törmätä rakennuksiin Arnoldin & Zinkin (2011) tutkimuksessa, kun oman tutkimustulokseni mukaan sirkkujen törmäysalttius on suuruusjärjestyksessä vasta sijalla 13. Lisäksi tulokseni eroavat Lossin ym. (2014) tuloksista muun muassa sieppojen osalta, sillä he saivat tulokseksi, että sieppojen riski törmätä kuolettavasti rakennuksiin oli suhteellisen pieni ja oman tutkimustulokseni mukaan sieppojen törmäysalttius on jopa kymmenenneksi suurin. Myöskään lокkien ja tiirojen osalta tulokseni eivät ole yhtenevät Lossin ym. (2014) tulosten kanssa. Loss ym. (2014) sijoittivat lokit ja tiirat törmäysriskin suuruuden mukaan seitsemänneksi, kun omassa tutkimuksessani lokeilla ja tiiroilla on lajiryhmistä kaikista pienin törmäysalttius.

Tutkimuksessani myös sorsien törmäysalttius on lокkien ja tiirojen lisäksi hyvin pieni, aineiston toiseksi pienin. Tähän voisi olla syynä sorsien sekä lокkien ja tiirojen elinympäristö, sillä kyseiset lajiryhmät viettävät suurimman osan elämästään vesialueilla ja näin ollen näiden lajiryhmien riski kuolla ikkunatörmäyksessä on pienempi kuin monen muun lajiryhmän.

5.3 Lintulajien painoluokittelu

Kahle ym. (2016) saivat tutkimuksessaan tulokseksi, että pienemmät lintulajit olivat paljon alttiimpia törmäämään ikkunoihin kuolettavasti kuin suuret lintulajit. Heidän datassaan ($n = 308$) vain yksi isompi lintu oli törmännyt ikkunaan kuolettavasti. Oman tutkimukseni tulokset osoittavat, että lintulajin aikuispainon ja törmäysalttiuden välille ei löytynyt selvää selityskerrointa eli datan mukaan painon ja törmäysalttiuksien välillä ei ole merkitsevää riippuvuutta (Kuva 6). Vaikka ikkunaan törmännyt suurikokoinen lintu löytyy oletettavasti helpommin kuin pienikokoinen lintu, niin muut tekijät kuin linnun paino vaikuttavat enemmän törmäysalttiuteen.

5.4 Lintulajien uhanalaisuusluokittelu

Ei-uhanalaisia lintuja oli aineistossa yhteensä 92 kappaletta ja uhanalaisia vain 21 kappaletta (Kuva 7, Liite 2). Ei-uhanalaisia oli siis yli nelinkertainen määrä uhanalaisiin verrattuna. Näin ollen myös ei-uhanalaisista linnuista oli törmäyshavaintoja myös huomattavasti enemmän kuin

uhanalaisista linnuista. Kuitenkin analysoitaessa uhanalaisia lintuja kävi ilmi, että uhanalaisten lintulajien törmäysalttius on 1,9 kertaa suurempi kuin ei-uhanalaisten lintulajien (Kuva 9).

Kuolettavat ikkunatörmäykset tuskin ovat pääsyy siihen miksi kyseiset uhanalaiset lintulajit ovat uhanalaisia, mutta ikkunatörmäyskuolemat ovat yksi rasite lisää jo valmiiksi harvinaistuneille uhanalaisille lintulajeille. Tähän pohdintaan päätyivät tutkimuksessaan myös Arnold & Zink (2011). Lisäksi Drewitt & Langston (2008) toteavat, että jo muilla tavoin ihmisen toiminnasta johtuen harvinaistuneiden ja vaarantuneiden lajien populaatiot ovat suurimmassa riskissä törmäysten aiheuttaman lisäävän kuolleisuuden vuoksi.

5.5 Lintulajien elinympäristöluokittelu

Cusa ym. (2015) päätyivät multivariaattien analyysien perusteella tutkimustulokseen, jonka mukaan tavanomaisesti metsäisissä elinympäristöissä elävät lintulajit törmäsivät rakennuksiin, joita ympäröi urbaani kasvillisuus. Vastaavasti korkeasti kaupungistuneilla alueilla sijaitseviin rakennuksiin törmäsi aukean metsämaan lintulajeja. Näitä Cusan ym. (2015) tutkimustuloksia voisi selittää lajinomaiset käytösmallit. Omassa tutkimuksessani en tarkastellut lintujen ikkunatörmäämistä tästä näkökulmasta, että minkälaisissa ympäristössä eri elinympäristöryhmän linnut törmäsivät ikkunoihin, vaan eri elinympäristöryhmien lintulajien törmäysalttiuksien eroja. Voikin olla mahdollista, että tutkimusaineistoni linnut eivät törmänneet ikkunoihin omissa tavanomaisissa elinympäristöissään, elinympäristöluokituksen perustuessa lintulajien pesimäympäristöön. On myös huomioitava, että teos, jonka perusteella tein elinympäristöluokittelut (Väisänen ym. 1998), on lähes kahden vuosikymmenen takainen.

Oletus, jonka mukaan linnut eivät törmänneet ikkunoihin omissa tavanomaisissa elinympäristöissään, voisi selittää esimerkiksi vanhojen metsien lintujen suuren törmäysalttiuden, joka onkin elinympäristöryhmien törmäysalttiuksista suurin (Kuva 12). Nimittäin Etelä-Suomessa vain 5 % metsistä on yli 120 vuotiasta ja Pohjois-Suomessa vastaava luku on hieman alle 20 % (Korhonen ym. 2016). Vanhoja metsiä on Suomessa siis hyvin vähän ja hyvin todennäköisesti vanhoissa metsissä on hyvin vähän rakennuksia ja näin ikkunapinta-alaa verrattuna esimerkiksi taajama-alueisiin. Mahdollisesti vanhojen metsien lintulajien siirtyminen lähemmäs ihmisasutusta selittää kyseisen habitaatin lintulajien törmäysalttiuden suuruutta, eli linnut eivät ole törmänneet rakennuksiin omassa elinympäristössään, joka on tässä tapauksessa vanha metsä. Toisaalta monet kaupunkien puistot Suomessa muistuttavat jo vanhaa metsää ja voivat houkutella vanhan metsän lajeja lähemmäs rakennuksia. Vanhan metsän lintulajit ovat voineet törmätä rakennuksiin myös esimerkiksi vaellusten yhteydessä.

Elinympäristöön vanhan metsän linnut kuuluvat seuraavat lintulajit: metso (*Tetrao urogallus*), puukiipijä (*Certhia familiaris*), kulorastas (*Turdus viscivorus*), lapintiainen (*Poecile cinctus*), kuukkeli (*Perisoreus infaustus*), taviokuurna (*Pinicola enucleator*), pohjantikka (*Picoides tridactylus*), palokärki (*Dryocopus martius*), varpuspöllö (*Glaucidium passerinum*), kanahaukka (*Accipiter gentilis*) ja maakotka (*Aquila chrysaetos*) (Liite 2). Näistä lajeista varsin suuri törmäysalttius on kanahaukalla ja taviokuurnalla (Kuva 2). Vanhan metsän lintulajeista 27 % on petolintuja mikä myös voinee selittää osittain kyseisen elinympäristöluokan korkeaa törmäysalttiuslukua. Kuten aiemmin todettiin, petolintujen saalistustapa saattaa vaikuttaa suuresti petolinnun törmäysalttiuteen (Hager 2009). Lisäksi lapintiainen ja kuukkeli hakeutuvat talvisin ruokintapaikoille, mikä saattaa nostaa kyseisten lajien ja näin ollen vanhojen metsien lintulajien törmäysalttiutta. Vanhan metsän lajeista metso lienee ainoa, joka pysyttelee ympäri vuoden pääosin vanhoissa metsissä.

Suomi on hyvin harvaan asuttu maa ja monet rakennukset sijaitsevat metsissä tai peltojen reunoilla tai puoliavoimella maalla. Siksi onkin loogista, että seuraavien elinympäristöjen linnuilla on kohtalaisen suuret törmäysalttiudet: havumetsälinnut, pellon ja rakennetun maan linnut, lehtimetsälinnut, metsän yleislinnut sekä pensaikon ja puoliavoimen maan linnut. Sen sijaan pieni törmäysalttius on tulosten mukaan seuraavilla elinympäristöryhmillä: tunturilinnut, suolinnut, kosteikkolinnut, saaristolinnut ja karujen sisävesien linnut (Kuva 12). Tulos on ymmärrettävä, sillä kyseisissä elinympäristöissä on rakennuksia hyvin vähän, jos ollenkaan, eikä näin ollen kuolettavia ikkunatörmäyksiä juurikaan tapahdu. Lisäksi näiden elinympäristöjen linnut eivät viihdy asutuksen lähellä pesimääjan ulkopuolellakaan.

5.6 Kartat rengastus- ja törmäyspaikoista

Ikkunatörmäysten lukumääriä suhteessa alueen kaupungistuneisuuden tasoon tarkasteli tutkimuksessaan Bracey ym. (2016), jonka he suorittivat Yhdysvalloissa Lake Superiorin rannoilla urbaanissa maisemassa sijaitsevilla 42:lla asuinrakennuksella. Heidän tuloksensa puhuvat sen puolesta, että lintujen ikkunatörmäyskuolemat lisääntyivät sitä mukaa, mitä kauemmas siirrytään kaupungin keskustasta. Lisäksi ikkunatörmäysten lukumäärät olivat korkeampia tutkimusalueen järvenpuoleisella sivulla ja ikkunoilla, jotka olivat kohti tutkimusalueella olevaa järveä. Myös Cusa ym. (2015) tulivat tutkimuksessaan siihen johtopäätökseen, että lintujen kuolettavat ikkunatörmäykset vähenevät sitä mukaan kun ympäristön kaupungistuneisuuden taso kasvaa, liittyen lintuja houkuttelevien vihreiden alueiden määrän vähenemiseen. Tähän johtopäätökseen he päätyivät muun muassa havainnon tukemana,

jonka mukaan lintujen ikkunatörmäyskuolemia oli vähemmän mikäli rakennuksen lähellä oli rakennelmia ja teitä. Eli näiden tekijöiden välillä oli negatiivinen yhteys.

Omien tuloksieni mukaan törmäystiheydet keskimäärin vähenevät sitä mukaa kun siirrytään kaupungeista ja taajamista kohti maaseutua eli pieni väestötiheys näkyy ikkunatörmäyksien vähenemisenä (Kuva 17). Vastaavasti suuri väestötiheys eli suuri rakennusten määrä lisää ikkunatörmäyksiä. Toisaalta Braceyn ym. (2016) tutkimus käsittelee yksinomaan kaupunkimaista maisemaa, kun omassa tutkimuksessani aihetta käsitellään karttojen osalta koko Suomen mittakaavassa eli paljon laajemmasta näkökulmasta.

Sen sijaan Machtans ym. (2013) arvioivat tutkimuksessaan, että Kanadassa asuinrakennukset, muun muassa omakotitalot ja rivitalot, aiheuttavat 90 % lintujen kuolettavista rakennustörmäyksistä. Seuraavaksi eniten heidän arvioidensa mukaan kuolettavia törmäyksiä aiheuttaa korkeudeltaan alle 12 kerroksen kaupalliset ja institutionaaliset rakennukset, hieman alle 10 % törmäyksistä. Kaikista vähiten, noin 1 % törmäyksistä, aiheuttaa korkeat rakennukset. Machtansin ym. (2013) tutkimuksen mukaan maaseudulla sijaitseviin asuinrakennuksiin lintuja törmää kuolettavasti enemmän kuin urbaanin ympäristön asuinrakennuksiin. On kuitenkin huomioitava tarkastellaanko törmäysten määrää yhtä rakennusta kohden vai törmäysten määrää kokonaisuudessaan. Törmäysten kokonaismäärä nimittäin riippuu törmäysten määrästä rakennusta kohden sekä rakennusten lukumäärästä, joka on kaupungeissa korkeampi kuin maaseudulla.

Oman tutkimukseni mukaan lintujen kuolettavia ikkunatörmäyksiä tapahtuukin etenkin Suomen suurissa kaupungeissa (Kuva 13). Tämä on ymmärrettävää, sillä kaupungeissa on enemmän rakennuksia ja ikkunapinta-alaa kuin harvemmin asutuilla alueilla. Törmäysten keskittyminen tiheempään asutuille alueille käy ilmi myös kuvasta 17, jossa on kartat kunnittain törmäystiheydestä (törmäyksiä/km²) sekä väestötiheys (asukasta/km²). Törmäystiheys on suurinta tummemmilla alueilla esimerkiksi pääkaupunkiseudulla, Tampereen alueella ja sen lähikunnissa sekä Turussa. Sen sijaan monilla harvemmin asutuilla seuduilla myös törmäystiheys on pieni. Lintujen kuolettavia ikkunatörmäyksiä tapahtuu siis siellä, missä asuu paljon ihmisiä eli missä on paljon rakennuksia ja ikkunapinta-alaa. Sama havaitaan myös kuvasta 19, jossa nouseva lineaarinen suora kertoo törmäystiheyden ja väestötiheyden positiivisesta korrelaatiosta. Vuoden 2014 lopussa Suomen väkiluku oli 5 471 753 ja Suomen pinta-ala on 338 424 km² joten keskimäärin Suomen väestötiheys oli 16,17 asukasta/km² (Tilastokeskus 2015). Näin ollen rengastettujen lintujen törmäyksiä tutkimusajanjaksona (1974 – 2014) oli kuvan 19 suoran

yhtälön $y = 0,0011x + 0,0049$ mukaisesti keskimäärin 0,023 törmäystä/km². Toisaalta monen kunnan törmäystiheydet ovat pieniä, vaikka samoissa kunnissa osalla kunnista väestötiheydet ovat suhteellisen isoja. Tätä voisi selittää mahdollisesti lintujen muuttoreitit, mutta asia vaatisi tarkempaa tutkimusta.

Suomen kaupunkien ja taajama-alueiden korkeita törmäystiheyksiä voi selittää se, että Suomessa myös kaupungeissa on yleensä hyvin paljon kasvillisuutta ja puistoja. Monessa aikaisemmin tehdyssä tutkimuksessa (Dunn 1993, Klem ym. 2009, Borden ym. 2010, Cusa ym. 2015) mainitaan, että rakennusten lähellä oleva runsas kasvillisuus lisää lintujen ikkunatörmäämisen riskiä. Borden ym. (2010) selvittivät, että lintujen ikkunatörmäysriski kasvaa mikäli rakennuksen lähetyvillä maksimissaan 5 metrin säteellä ikkunasta on puita. Heidän mukaansa törmäysriskiä kasvattaa myös mikäli puiden kuva heijastui ikkunasta. Toisaalta heidän datansa mukaan puiden läheisyydellä ei ollut tilastollista merkitystä kuolettavien ikkunatörmäysten määrään rakennuksen lasipeittävyuden ollessa alle 47 %. Klem ym. (2009) ehdottavatkin, että maanpinnan peittävyuden vähentäminen voi pienentää ikkunatörmäyksistä aiheutuvaa lintujen kuolleisuutta. Peittävyyttä voidaan vähentää esimerkiksi kasvillisuuden korkeutta mataloittamalla sekä poistamalla pensaita ja puita rakennusten vierestä.

Tikkojen rengastus- ja törmäyspaikat Suomessa myötäilevät hyvin toisiaan (Kuva 16). Tämän voi selittää se, että tikat ovat tavallisesti suurimman osan vuodesta paikkalintuja käenpiikaa lukuunottamatta. Toisinaan tikat saattavat lähteä vaeltamaan huonon ravinnon saatavuuden vuoksi, jolloin todennäköisesti suurin osa törmäyksistä tapahtuu. Lisäksi tikat hakeutuvat ruokintapaikoille, jolloin niiden törmäysriski kasvaa.

5.7 Tutkimuksen epävarmuustekijät

Käyttämäni törmäysalttius ei ole täysin harhaton estimaatti arvioitaessa lintulajien alttiutta törmätä ikkunoihin kuolettavasti. Epävarmuutta liittyy etenkin siihen, kuinka hyvin ikkunaan törmänneet menehtyneet linnut löydetään ja missä määrin niistä tehdään löytöilmoituksia Rengastustoimistolle. Myös ikkunatörmäyksessä kuolleiden lintujen löytymiseen vaikuttaa varmasti moni tekijä. Esimerkiksi raadonsyöjät voivat partioida ikkunoiden äärellä ja kuljettaa kuolleen linnun pois ennen kuin ihminen löytää linnun raadon. Lisäksi ikkunaan törmännyt lintu ei välttämättä kuole heti törmäyksessä, vaan saattaa siirtyä kauemmaksi ikkunoista ja kuolla myöhemmin törmäyksestä aiheutuneisiin vammoihin. Tällöin raatoa ei löydetä joko ollenkaan tai jos löydetään niin raatoa ei voi varmasti tulkita ikkunatörmäykseksi.

Ikkunaan törmänneiden lintujen löytymiseen vaikuttaa myös ympäristö, johon kuollut lintu tipahtaa. Esimerkiksi tiheään kasvillisuuteen tai pehmeään lumihankeen tippunut lintu voi jäädä helposti löytymättä. Raato löytyy helpommin, jos ikkunoiden edustalla on betonia, asfalttia tai vaikka lyhyeksi leikattu nurmikko. Myös ikkunallisten rakennusten käyttöaste ja -tapa voi vaikuttaa löytymistodennäköisyyteen. Esimerkiksi kesämökin ikkunaan törmänneet linnut löydetään parhaiten kesäiseen aikaan jolloin mökillä on asukkaita, mutta talvella törmänneet linnut jäänevät löytymättä. Myös ihmisten kiinnostus ikkunaan törmänneihin lintuihin vaihtelee varmaan suuresti, esimerkiksi luonnosta kiinnostunut henkilö kiinnittää mahdollisesti tarkempaa huomiota ikkunatörmäyksessä kuolleeseen lintuun ja linnun jalassa mahdollisesti oleviin tunnistetietoihin. Sen sijaan vähemmän luonnosta kiinnostunut henkilö ei välttämättä kiinnitä huomiota rakennuksen lähetyvillä olevaan linnun raatoon ja rengastetut lintuyksilötkin jäävät huomioimatta. Onkin vaikea arvioida kuinka moni ikkunaan törmänneistä linnuista lopulta löydetään.

Tässä gradussa oletetaan törmäysalttiuden olevan yhteinen mittari kaikille lintulajeille. Tämä ei kuitenkaan todennäköisesti ole aivan näin, nimittäin esimerkiksi lajien välillä on mahdollisesti eroja siinä miten niitä löydetään. Suurikokoisen linnun raato löydetään todennäköisimmin kuin pienikokoisen linnun raato. Onkin mahdollista, että jotkin suurikokoiset linnut, esimerkiksi kanahaukka tai metso, jopa rikkovat ikkunalasin siihen törmätessään jolloin ikkunatörmäystä on lähes mahdoton jättää huomioimatta. Toisaalta pienikokoiset vaatimattoman näköiset tai hyvin yleiset ja tutut linnut, esimerkiksi pajulintu ja sinitiainen, jäävät helposti löytymättä tai pienemmän huomion kohteeksi. Siispä todennäköisesti suurten lintulajien todelliset törmäysalttiudet ovat tässä tutkimuksessa ilmoitettuja pienempiä ja pienten lintulajien törmäysalttiudet vastaavasti suurempia. Lisäksi erikoisen näköisiin lintuihin, kuten nokkavarpuseen, kiinnitetään mahdollisesti enemmän huomiota kuin vastaavan kokoisiin vaatimattoman näköisiin lajeihin. Lisäksi ehkä ne henkilöt, jotka pystyvät tunnistamaan uhanalaisen valkoselkätikan, ilmoittavat törmäyshavainnot erityisen suurella huolellisuudella Rengastustoimistoon.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa käsiteltiin hyvin suuri otos lintuja, yli 8 miljoonaa rengastettua lintuyksilöä Suomessa vuosien 1974 – 2014 aikana (Liite 2). Vastaavasti samojen vuosien aikana tavattiin yhteensä yli 6 000 rengastettujen lintujen kuolettavaa ikkunatörmäystapausta. Näihin lukuihin pohjautuvien analyysien perusteella lintulajien välillä on todella suuriakin eroja törmäysalttiudessa. Luokitelluista 22 lajiryhmästä haukoilla on selvästi suurin alttius törmätä ikkunoihin kuolettavasti (Kuva 5). Haukkojen suuri törmäysalttius voi johtua kyseisen lajiryhmän haukkalajien saalistustavoista, etenkin lintuja saalistavien haukkojen törmäysalttiudet ovat suurempia kuin muuta ravintoa saalistavien haukkojen. Sama trendi havaitaan myös jalohaukkojen osalta. Yhdistetyn ryhmän lokit ja tiirat törmäysalttius sen sijaan oli tutkimuksen pienin ja ero haukkoihin nähden on 134 kertainen. Tikkojen törmäysalttius on kolmanneksi suurin.

Tutkin törmäävätkö aineiston mukaan isommat linnut pieniä lintuja enemmän ikkunoihin kuolettavasti eli onko isojen lintujen törmäysalttiudet suurempia kuin pienten lintujen. Tekemäni lintujen aikuispainoon perustuvan vertailun perusteella voidaan todeta, että tässä aineistossa linnun aikuispaino ei ole vaikuttanut isojen lintujen törmäysalttiuden suuruuteen (Kuva 6). Eli esimerkiksi haukkojen suuri törmäysalttius lajien välisessä vertailussa ei johtune pääasiassa siitä, että ikkunatörmäyksessä kuolleita haukkoja löydetäisiin haukkojen koon vuoksi helpommin kuin vastaavalla tavalla kuolleita pienempiä lintulajeja.

Ei-uhanalaisten lintujen kuolettavia ikkunatörmäyshavaintoja on käsittelemässäni aineistossa yli nelinkertainen määrä verrattuna uhanalaisiin lintuihin (Kuva 8). Kuitenkin tarkasteltaessa törmäysalttiutta on uhanalaisten lintulajien törmäysalttius 1,9 kertaa suurempi kuin ei-uhanalaisten lintulajien (Kuva 9). Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta ikkunatörmäyskuolemien olevan lisärasite jo valmiiksi harvinaistuneille uhanalaisille lintulajeille.

Tarkasteltaessa elinympäristöluokkiin jaoteltujen lintulajien törmäysalttiutta paljastui, että vanhan metsän lintujen törmäysalttius on jopa 3,09 kertainen verrattuna seuraavaksi törmäysalttiudeltaan suurimpaan ryhmään havumetsälinnut (Kuva 12). Lisäksi vanhan metsän lintujen törmäysalttius eroaa tilastollisesti merkitsevästi ($\rho < 0,001$) kaikista muista elinympäristöluokista. Tämä tulos mahdollisesti osoittaa sitä, että vanhojen metsien lintulajit ovat siirtyneet lähemmäs ihmisasutusta. Seuraavaksi suurimmat törmäysalttiudet ovat sellaisten

elinympäristöjen linnuilla, jotka elävät enemmän tai vähemmän ihmisten asuttamissa ympäristöissä esimerkiksi pellon ja rakennetun maan linnut sekä lehtimetsälinnut. Pienin törmäysalttius on seuraavilla habitaattiryhmillä: tunturilinnut, suolinnut, kosteikkolinnut, saaristolinnut ja karujen sisävesien linnut. Eli näihin elinympäristöluokkiin kuuluville lintulajeille ikkunatörmäykset eivät ole erityisen yleinen kuolevuutta aiheuttava tekijä. Tulos on ymmärrettävä, sillä kyseisissä elinympäristöissä on rakennuksia hyvin vähän, jos ollenkaan, eikä näin ollen kuolettavia ikkunatörmäyksiä tapahdu niin paljon.

Paikkatietojen avulla tekemäni analyysi paljasti, että lintujen kuolettavat ikkunatörmäykset keskittyvät tiheämpään asutuille alueille (Kuva 13 ja 17). Törmäystiheys on suurinta esimerkiksi pääkaupunkiseudulla sekä Tampereen alueella ja sen lähikunnissa. Sen sijaan monilla harvemmin asutuilla seuduilla, joilla väestötiheys on pienempi, myös törmäystiheys on pieni. Suomen kaupunkien ja taajama-alueiden korkeita törmäystiheyyksiä voi selittää se, että Suomessa myös kaupungeissa on yleensä hyvin paljon kasvillisuutta ja puistoja, jotka houkuttelevat lintuja. Tässä tutkimuksessa pystyttiin Suomen osalta kumoamaan aiempia uskomuksia maaseudun rakennusten tärkeydestä tarkasteltaessa lintujen ikkunatörmäyksiä (Machtans ym. 2013, Cusa ym. 2015, Bracey ym. 2016).

Lintujen ikkunatörmäyskuolemat ovatkin suuri lisäys lintujen luonnollisiin kuolematapauksiin, jotka johtuvat taudeista, predaatiosta, nälkiintymisestä ynnä muista. Tämä tutkimus osoittaa, että ikkunatörmäyskuolemien merkitys kuolinsyynä ja potentiaalisena uhkana lintulajin populaatiolle vaihtelee merkittävästi lajista toiseen. Tutkimukseni mukaan esimerkiksi vesilinnuille sekä saariston ja soiden lintulajeille ikkunatörmäyksistä ei ole juuri vaaraa. Toisaalta esimerkiksi lintuja saalistavat haukat ovat alttiimpia ikkunatörmäyskuolemille, mutta monet näistä lajeista ovat elinvoimaisia, joten ikkunatörmäyskuolemista aiheutuva uhka ei liene kovin merkittävä näille elinvoimaisille lintuja saalistaville haukkalajeille. Sen sijaan uhanalaisten lintujen osalta esimerkiksi valkoselkätikkojen ikkunatörmäyskuolemat eivät ole pelkkiä yksittäistapahtumia, vaan törmäyksistä aiheutuvat kuolemat voivat vaikuttaa koko kannan elinvoimaisuuteen.

KIITOKSET

Kiitos kaikille jotka ovat auttaneet minua tämän Pro gradu-tutkielman tekemisen aikana.

Kiitos ohjaajalleni Anssi Vähätalolle monista tunteista, joita vietit pohdiskellen kanssani graduun liittyviä asioita.

Kiitos myös Anssi Lensulle selkeistä ohjeista ja neuvoista liittyen tilastollisiin testeihin ja paikkatietoanalyysiin.

Tämä tutkimus on saanut rahoitusta seuralta Societas pro Fauna et Flora Fennica, jonka tarkoituksena on edistää Suomen eläin- ja kasvimailman tuntemusta, eläin- ja kasvitieteellistä tutkimusta sekä luonnonsuojelua. Paljon kiitoksia.

Kiitokset myös Timolle ja muille läheisilleni kun jaksoitte kuunnella erinäisiä huoliani gradun tekemisen aikana.

Lisäksi haluaisin kiittää Jari Valkamaa ja Kalle Melleriä tutkielmani tarkistamisesta sekä kattavasta lausunnosta.

KIRJALLISUUS

Arnold, T.W. & Zink, R.M. 2011: Collision Mortality Has No Discernible Effect on Population Trends of North American Birds. –*PLoS ONE* 6(9): e24708, doi:10.1371/journal.pone.0024708.

Borden, W.C., Lockhart, O.M., Jones, A.W. & Lyons, M.S. 2010: Seasonal, Taxonomic, and Local Habitat Components of Bird-Window Collisions on an Urban University Campus in Cleveland, OH. –*The Ohio Journal of Science* 110:44 – 52.

Bracey, A.M., Etterson, M.A., Niemi, G.J. & Green, R.F. 2016: Variation in Bird-Window Collision Mortality and Scavenging Rates Within an Urban Landscape. –*The Wilson Journal of Ornithology* 128(2):355 – 367.

Cusa, M., Jackson, D.A. & Mesure, M. 2015: Window Collisions by Migratory Bird Species: Urban Geographical Patterns and Habitat Associations. –*Urban Ecosystems* 18:1427 – 1446.

Crochet, P.A., Barthel, P.H., Bauer, H.G., Van Den Berg, A.B., Bezzel, E., Collinson, J.M., Dubois, P.J., Fromholtz, J., Helbig, A.J., Jiguet, F., Jirle, E., Knox, A.G., Kirwan, G., Lagerqvist, M., Le Maréchal, P., Van Loon, A.J., Packer, M., Parkin, D.T., Pons, J.M., Raty, L., Roselaar, C.S., Sangster, G., Steinheimer, F.D., Svensson, L., Tyrberg, T., Votier, S.C., Yésou, P. 2015: AERC TAC's Taxonomic Recommendations: 2015 report. Saatavilla [www:stä osoitteesta: http://www.aerc.eu/tac.html](http://www.aerc.eu/tac.html).

Cuthill, I.C., Partridge, J.C., Bennet, A.T.D., Church, S.C., Hart, N.S. & Hunt, S. 2000: Ultraviolet Vision in Birds. –*Adv Stud Behav* 29:159 – 214.

Dennis, J.V. 1987: If You Drink, Don't Fly. –*Birder's World* 1:15 – 19.

- Drewitt, A.L. & Langston, R.H.W. 2008: Collision Effects of Wind-Power Generators and Other Obstacles on Birds. –*Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1134:233 – 266, doi: 10.1196/annals.1439.015.
- Dunn, E. 1993: Bird Mortality From Striking Residential Windows in Winter. –*J. Field Ornithol.*, 64(3):302 – 309.
- Erickson, W.P., Johnson, G.D. & Young Jr., D.P. 2005: A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with and Emphasis on Collisions. –*USDA Forest Service General Technical Report*, PSW-GTR-191:1029 – 1042.
- Eriksson, K. & Nummi, H. 1982: Alcohol Accumulation from Ingested Berries and Alcohol Metabolism in Passerine Birds. –*Ornis Fennica* 60:2 – 9.
- Fitzgerald, S.D., Sullivan, J.M. & Everson, R.J. 1990: Suspected Ethanol Toxicosis in Two Wild Cedar Waxwings. –*Avian Diseases* 34:488 – 490.
- Gelb, Y. & Delacretaz, N. 2006: Avian Window Strike Mortality at an Urban Office Building. –*The Kingbird* 56(3):190 – 198.
- Hager, S.B. 2009: Human-Related Threats to Urban Raptors. –*J. Raptor Res.* 43:210 – 226.
- Hager, S.B., Consentino, B.J., McKay, K.J., Monson, C., Zuurdeeg, W. & Blevins, B. 2013: Window Area and Development Drive Spatial Variation in Bird-Window Collisions in an Urban Landscape. –*PLoS ONE* 8(1):e53371, doi: 10.1371/journal.pone.0053371.
- Hager, S.B. & Craig, M. 2014: Bird-Window Collisions in the Summer Breeding Season. –*PeerJ* 2:e460, doi: 10.7717/peerj.460.
- Hager, S.B., Trudell, H., McKay, K.J., Crandall, S.M. & Mayer, L. 2008: Bird Density and Mortality at Windows. – *The Wilson Journal of Ornithology* 120(3):550 – 564.
- Helsingin yliopisto 2009: Tiedot haettu 20.2.2016 osoitteesta: <https://rengastus.helsinki.fi/tuloksia>.
- Helsingin yliopisto 2015: Tiedot haettu 25.01.2017 osoitteesta: <http://www.luomus.fi/fi/lintujen-rengastus>.
- Håstad, O. & Ödeen, A. 2014: A Vision Physiological Estimation of Ultraviolet Window Marking Visibility to Birds. –*PeerJ* 2:e621, doi:10.7717/peerj.621.
- Kahle, L., Flannery, E. & Dumbacher, J. 2016: Bird-Window Collisions at a West-Coast Urban Park Museum: Analyses of Bird Biology and Window Attributes from Golden Gate Park, San Francisco. –*PLoS ONE* 11(1): e0144600, doi:10.1371/journal.pone.0144600.
- Kinde, H., Foate, E., Beeler, E., Uzal, F., Moore, J. & Poppenga, R. 2012: Strong Circumstantial Evidence for Ethanol Toxicosis in Cedar Waxwings (*Bombycilla cedrorum*). –*Journal of Ornithology* 153:995 – 998.
- Klem, D. 1989: Bird-Window Collisions. –*Wilson Bull.* 101(4):606 – 620.

- Klem, D.Jr. 1990a: Collisions Between Birds and Windows: Mortality and Prevention. –*Journal of Field Ornithology* 61(1):120 – 128.
- Klem, D.Jr. 1990b: Bird Injuries, Cause of Death, and Recuperation from Collisions With Windows. –*Journal of Field Ornithology* 61(1):115 – 119.
- Klem, D.Jr. 2006: Glass: a Deadly Conservation Issue for Birds. –*Bird Observer* 34:73 – 81.
- Klem, D.Jr. 2009: Avian Mortality at Windows: The Second Largest Human Source of Bird Mortality on Earth. –Proceedings Fourth International Partners in Flight Conference 2008, McAllen, Texas, USA. ASDA, –*Forest Service Technical Report*: In press.
- Klem, D.Jr. 2014: Landscape, Legal, and Biodiversity Threats that Windows Pose to Birds: A Review of an Important Conservation Issue. –*Land* 2014, 3, 351 – 361.
- Klem, D.Jr., Farmer, C.J., Delacretaz, N., Gelb, Y. & Saenger, P.G. 2009: Architectural and Landscape Risk Factors Associated With Bird-Glass Collisions in an Urban Environment. –*The Wilson Journal of Ornithology* 121(1):126 – 134.
- Klem, D.Jr., Keck, D.C., Marty, K.L., Miller-Ball, A.J., Niciu, E.E. & Platt, C.T. 2004: Effects of Window Angling, Feeder Placement, and Scavengers on Avian Mortality at Plate Glass. –*Wilson Bulletin* 116(1):69 – 73.
- Klem, D.Jr. & Saenger, P.G. 2013: Evaluating the Effectiveness of Select Visual Signals to Prevent Bird-Window Collisions. –*The Wilson Journal of Ornithology* 125:406 – 411.
- Korhonen, K., Auvinen A-P., Kuusela, S., Punttila, P., Salminen, O., Siitonen, J., Ahlroth, P., Jäppinen, J-P. & Kolström, T. 2016: Biotalouskenaarioiden mukaisten hakkuiden vaikutukset metsien monimuotoisuudelle tärkeisiin rakenteisiin. –*Luonnonvarakeskus (Luke)*, Helsinki.
- Kummer, J.A. & Bayne, E.M. 2015: Bird Feeders and Their Effects on Bird-Window Collisions at Residential Houses. –*Avian Conservation and Ecology* 10(2):6.
- Kummer, J.A., Bayne, E.M. & Machtans, C.S. 2016: Comparing the Results of Recall Surveys and Standardized Searches in Understanding Bird-Window Collisions at Houses. –*Avian Conservation and Ecology* 11(1):4, doi: 10.5751/ACE-00820-110104.
- Loss, S.R., Will T., Loss, S.S. & Marra, P.P. 2014: Bird–Building Collisions in the United States: Estimates of Annual Mortality and Species Vulnerability. –*The Condor* 116: 8-23, doi:10.1650/CONDOR-13-090.1.
- Machtans, C.S., Wedeles, C.H.R & Bayne, E.M. 2013: A First Estimate For Canada of the Number of Birds Killed by Colliding With Building Windows. –*Avian Conservation and Ecology* 8(2):6, doi: 10.5751/ACE-00568-080206.
- Ocampo-Peñuela, N., Winton, R., Wu, C., Zambello, E., Wittig, T. & Cagle N. 2016: Patterns of Bird-Window Collisions Inform Mitigation On a University Campus. –*PeerJ* 4:e1652, doi: 10.7717/peerJ.1652.

- Piatt, J.F., Lensink, C.J., Butler, W., Kendziorek, M. & Nysewander, D.R. 1990: Immediate Impact of the 'Exxon Valdez' Oil Spill on Marine Birds. –*The Auk* 107:387 – 397.
- Pimentel, D. 2005: Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States. –*Environment, Development and Sustainability* 7:229 – 252, doi: 10.1007/s10668-005-7314-2.
- Rössler, M., Laube, W. & Weihs, P. 2009: Avoiding Bird Collisions With Glass Surfaces. Experimental Investigations of the Efficacy of Markings on Glass Panes Under Natural Light Conditions in Flight Tunnel II (Final report, March 2007). –*BOKU-Met Report* 10, ISSN 1994-4179 (print), ISSN 1994-4187 (online). Saatavilla [www:stä osoitteesta: http://www.boku.ac.at/met/report/BOKU-Met_Report_10_online.pdf](http://www.sta-osoitteesta.com).
- Rössler, M., Nemeth, E. & Bruckner, A. 2015: Glass Pane Markings to Prevent Bird-Window Collisions: Less Can Be More. –*Biologia* 70(4):535 – 541, doi: 10.1515/biolog-2015-0057.
- Sabo, A.M., Hagemeyer, N.D.G., Lahey, A.S. & Walters, E.L. 2016: Local Avian Density Influences Risk of Mortality From Window Strikes. –*PeerJ* 4:e2170, doi: 10.7717/peerj.2170.
- Saurola, P., Valkama, J., & Velmala, W. 2013: Suomen Rengastusatlas. Osa I. 5 – 67 s. – *Luonnontieteellinen keskusmuseo ja ympäristöministeriö*, Helsinki.
- Snow, D.W. & Pernis, C.M. 1998: The Birds Of Western Palearctic - Concise edition –*Oxford University Press*, New York, NY.
- Tiainen, J., Mikkola-Roos, M., Below, A., Jukarainen, A., Lehikoinen, A., Lehtiniemi, T., Pessa, J., Rajasärkkä, A., Rintala, J., Sirkiä, P. & Valkama, J. 2016: Suomen lintujen uhanalaisuus 2015 –The 2015 Red List of Finnish Bird Species. 49 s. –*Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus*.
- Tilastokeskus 2015: Väestörakenne 2014. Tiedot haettu 9.5.2017 osoitteesta: https://www.stat.fi/til/vaerak/2014/vaerak_2014_2015-03-27_fi.pdf.
- Toomey, M.B., Lind, O., Frederiksen, R., Curley Jr., R.W., Riedl, K.M., Wilby, D., Schwartz, S.J., Witt, C.C., Harrison, E.H., Roberts, N.W., Vorobyev, M., McGraw, K.J., Cornwall, M.C., Kelber, A. & Corbo, J.C. 2016: Complementary Shifts in Photoreceptor Spectral Tuning Unlock the Full Adaptive Potential of Ultraviolet Vision in Birds. –*eLife* 5:e15675, doi:10.7554/eLife.15675.
- Väisänen, A., Lammi, E. & Koskimies, P. 1998: Muuttuva pesimälinnusto. 567 s. –*Otava*. Keuruu.

LIITTEET

Liite 1: ArcGIS-ohjelman käytön kuvaus tutkimuksen eri työvaiheissa

Liite 2: Listaus tutkimuksessa esiintyvistä lintulajeista ja niihin liittyvistä muuttujista

Liite 3: Lajiryhmien väliset parittaiset vertailut 2/2

Liite 4: Elinympäristöluokkien väliset parittaiset vertailut

LIITE 1: ARCGIS-OHJELMAN KÄYTÖN KUVAUS TUTKIMUKSEN ERI TYÖVAIHEISSA

Työvaihe	Kuvaus
Rengastus- ja törmäyspisteiden luominen	Latasin Paituli-paikkatietopalvelusta maanmittauslaitoksen 1:4 500 000 yleiskartta-aineiston vuoden 2015 kuntajaolla. Liitin karttaprojektiin excel-muotoisen datan lintujen rengastus- ja törmäyspisteiden EUREF-FIN-koordinaateista. Tämän suoritin kaikille tarkasteltaville rengastus- ja törmäyspisteille, mutta myös erikseen kolmelle lajiryhmälle: haukat, tilhet ja tikat.
Törmäys- ja väestötiheyskartat	Lisäsin pistemuotoisen törmäys-karttatason ominaisuustietotaulukkoon sarakkeen Count ja määritin sarakkeen arvoksi numero 1. Yhdistin törmäys-karttatason aluemuotoiseen kuntien rajat sisältävään yleiskartta-aineistoon Join-työkalulla perustuen pisteiden spatiaaliseen sijaintiin, Count-sarakkeeseen summutui törmäysten lukumäärät kunnittain. Luotuun karttatason liitin StatFin tilastotietokannasta saamani excel-muotoisen taulukon Suomen kuntien väestötiheystiedoista vuodelta 2015 Join-työkalulla perustuen kuntatunnuksiin. Loin karttatason ominaisuustietotaulukkoon uuden sarakkeen törmäystiheyksille ja laskin törmäystiheydet käyttäen Field Calculator -työkalua. Seuraavaksi loin teemakartan kuntien väestö- ja rengastustiheyksistä.

LIITE 2. LISTAUS TUTKIMUKSESSA ESIINTYVISTÄ LINTULAJEISTA JA NIIHIN LIITTYVISTÄ MUUTTUJISTA

Havainnot ovat vuosilta 1974 – 2014 ja tein lajiryhmittelyn perustuen Association of European Records and Rarities Committees -järjestön taksonomisen komitean (TAC) elokuussa 2015 julkaistuun raporttiin (Crochet ym. 2015). Laskin törmäysalttiudet lintulajeittain jakamalla törmäysten määrä (k) rengastusten määrällä (n). Käyttämäni lintujen uhanalaisuutta kuvaavat uhanalaisuusluokat ovat: arviointiin soveltumaton (NA), elinvoimainen (LC), silmällä pidettävä (NT), vaarantunut (VU), erittäin uhanalainen (EN), äärimmäisen uhanalainen (CR). Lintulajien painot ovat kirjasarjasta The Birds Of Western Palearctic (Snow & Pernis 1998) mahdollisuuksien mukaan suomalaisista tai lähialueiden populaatioista tehdyistä mittaustuloksista. Laskin painot lintulajien koiraiden ja naaraiden painojen keskiarvoina. Lintulajien elinympäristöluokittelun tein teoksen Muuttuva pesimälinnusto (Väisänen ym. 1998) elinympäristöluokittelun mukaan.

Laji	Tör- mä- yk- siä (k)	Ren- gas- Tuksia (n)	Lajiryhmä	Tör- mäys- alttius	Uhan- alai- suus- luokka	Paino (kg)	Elinympäristö
Ampuhaukka	20	2429	Jalohaukat	0,00823	LC	0,213	Havumetsälinnut
Fasaani	7	19296	Aitokanat	0,00036	NA	1,000	Pellot ja rakennettu maa
Haarapääsky	77	280089	Pääskyt	0,00027	NT	0,016	Pellot ja rakennettu maa
Harakka	18	18117	Varikset	0,00099	LC	0,227	Pellot ja rakennettu maa
Harmaalokki	7	197347	Lokit ja tiirat	0,00004	LC	1,142	Karujen sisävesien linnut
Harmaapäätikka	9	1454	Tikat	0,00619	LC	0,145	Lehtimetsälinnut
Harmaasieppo	21	53955	Siepot	0,00039	LC	0,017	Metsän yleislinnut
Helmipöllö	90	122614	Pöllöt	0,00073	NT	0,157	Havumetsälinnut
Hemppo	1	2836	Peipot	0,00035	LC	0,015	Pellot ja rakennettu maa
Hernekerttu	13	51245	Kertut	0,00025	LC	0,012	Pensaikko ja puoliavoin
Hiiirihaukka	3	22771	Haukat	0,00013	VU	0,885	Pellot ja rakennettu maa
Hippiäinen	37	384951	Kertut	0,00010	LC	0,006	Havumetsälinnut
Huuhkaja	17	15518	Pöllöt	0,00110	EN	3,018	Havumetsälinnut
Hömötiainen	36	140185	Tiaiset	0,00026	VU	0,011	Metsän yleislinnut
Isolepinkäinen	1	1951	Muut	0,00051	LC	0,068	Suolinnut
Järripeippo	11	39357	Peipot	0,00028	LC	0,024	Metsän yleislinnut
Kalalokki	7	89416	Lokit ja tiirat	0,00008	LC	0,411	Karujen sisävesien linnut
Kalatiira	2	92635	Lokit ja tiirat	0,00002	LC	0,125	Karujen sisävesien linnut
Kanahaukka	641	63274	Haukat	0,01013	NT	1,337	Vanhan metsän linnut
Keltasirkku	66	45985	Sirkut	0,00144	LC	0,031	Pellot ja rakennettu maa
Keltavästäräkki	1	25661	Västäräkit	0,00004	NT	0,018	Suolinnut
Kirjokerttu	1	1726	Kertut	0,00058	VU	0,025	Pensaikko ja puoliavoin
Kirjosieppo	381	510399	Siepot	0,00075	LC	0,013	Metsän yleislinnut
Kivitasku	2	6730	Rastaat	0,00030	NT	0,023	Pellot ja rakennettu maa
Koskikara	10	22025	Muut	0,00045	VU	0,067	Karujen sisävesien linnut
Kottarainen	80	103310	Kottaraiset	0,00077	LC	0,083	Pellot ja rakennettu maa
Kulorastas	1	1898	Rastaat	0,00053	LC	0,114	Vanhan metsän linnut
Kuukkeli	1	6140	Varikset	0,00016	NT	0,087	Vanhan metsän linnut

Kuusitiainen	40	106156	Tiaiset	0,00038	LC	0,009	Havumetsälinnut
Käenpiika	14	21465	Tikat	0,00065	LC	0,037	Metsän yleislinnut
Käki	6	1780	Muut	0,00337	LC	0,115	Metsän yleislinnut
Käpytikka	51	25667	Tikat	0,00199	LC	0,089	Metsän yleislinnut
Lapinpöllö	1	3265	Pöllöt	0,00031	LC	1,280	Havumetsälinnut
Lapintiainen	3	19789	Tiaiset	0,00015	LC	0,013	Vanhan metsän linnut
Laulurastas	40	57805	Rastaat	0,00069	LC	0,068	Havumetsälinnut
Lehtokerttu	34	72225	Kertut	0,00047	LC	0,019	Lehtimetsälinnut
Lehtokurppa	1	2607	Muut	0,00038	LC	0,325	Lehtimetsälinnut
Lehtopöllö	134	45595	Pöllöt	0,00294	LC	0,495	Lehtimetsälinnut
Leppälintu	42	88787	Rastaat	0,00047	LC	0,015	Havumetsälinnut
Luhதாகerttunen	4	9895	Kertut	0,00040	LC	0,013	Pensaikko ja puoliavoin
Luotokirvinen	2	908	Västäräkit	0,00220	LC	0,024	Saaristolinnut
Maakotka	1	3247	Muut	0,00031	VU	4,069	Vanhan metsän linnut
Mehiläishaukka	1	3690	Haukat	0,00027	EN	0,778	Lehtimetsälinnut
Metso	1	704	Aitokanat	0,00142	LC	2,635	Vanhan metsän linnut
Metsäkirvinen	4	27369	Västäräkit	0,00015	LC	0,022	Metsän yleislinnut
Mustapääkerttu	17	28233	Kertut	0,00060	LC	0,021	Lehtimetsälinnut
Mustarastas	121	37453	Rastaat	0,00323	LC	0,103	Lehtimetsälinnut
Muuttohaukka	3	5499	Jalohaukat	0,00055	VU	0,789	Suolinnut
Naakka	37	49777	Varikset	0,00074	LC	0,245	Pellot ja rakennettu maa
Naurulokki	22	188599	Lokit ja tiirat	0,00012	VU	0,283	Kosteikkolinnut
Niittykirvinen	4	13467	Västäräkit	0,00030	NT	0,018	Suolinnut
Nokkavarpuinen	14	1348	Peipot	0,01039	LC	0,058	Lehtimetsälinnut
Nuolihaukka	4	4653	Jalohaukat	0,00086	LC	0,238	Kosteikkolinnut
Närhi	8	10663	Varikset	0,00075	LC	0,162	Havumetsälinnut
Pajulintu	100	497751	Kertut	0,00020	LC	0,008	Metsän yleislinnut
Pajusirkku	41	115763	Sirkut	0,00035	VU	0,021	Kosteikkolinnut
Palokärki	23	11402	Tikat	0,00202	LC	0,300	Vanhan metsän linnut
Peippo	66	102222	Peipot	0,00065	LC	0,022	Metsän yleislinnut
Pensaskerttu	16	43362	Kertut	0,00037	LC	0,016	Pensaikko ja puoliavoin
Pensassirkkalintu	1	3710	Kertut	0,00027	LC	0,014	Pensaikko ja puoliavoin
Pensastasku	6	35640	Rastaat	0,00017	LC	0,017	Pellot ja rakennettu maa
Pikkulepinkäinen	5	28528	Muut	0,00018	LC	0,030	Pensaikko ja puoliavoin
Pikkutikka	1	2099	Tikat	0,00048	LC	0,022	Lehtimetsälinnut
Pikkubarpuinen	23	16826	Varpuset	0,00137	LC	0,024	Pellot ja rakennettu maa
Pilkkasiipi	1	584	Sorsat	0,00171	EN	1,743	Saaristolinnut
Pohjansirkku	1	4564	Sirkut	0,00022	NT	0,020	Havumetsälinnut
Pohjantikka	1	1962	Tikat	0,00051	LC	0,066	Vanhan metsän linnut
Punakylkirastas	99	105392	Rastaat	0,00094	LC	0,061	Metsän yleislinnut
Punarinta	88	312285	Rastaat	0,00028	LC	0,018	Havumetsälinnut
Punatulkku	506	121145	Peipot	0,00418	VU	0,022	Havumetsälinnut
Punavarpuinen	13	21289	Peipot	0,00061	NT	0,023	Pensaikko ja puoliavoin
Puukiipijä	11	69314	Muut	0,00016	LC	0,010	Vanhan metsän linnut
Pyrstötiainen	3	90761	Muut	0,00003	LC	0,008	Lehtimetsälinnut

Pyy	2	353	Aitokanat	0,00567	LC	0,365	Havumetsälinnut
Pähkinähakki	5	5433	Varikset	0,00092	LC	0,173	Havumetsälinnut
Pähkinänakkeli	2	631	Muut	0,00317	VU	0,024	Lehtimetsälinnut
Rautiainen	72	104987	Rautiaiset	0,00069	LC	0,020	Havumetsälinnut
Ruokki	0	28278	Ruokit	0,00004	LC	0,71	Saaristolinnut
Ruokokerttunen	42	327665	Kertut	0,00013	LC	0,017	Kosteikkolinnut
Rytikerttunen	15	48192	Kertut	0,00031	LC	0,013	Kosteikkolinnut
Räkättirastas	138	86700	Rastaat	0,00159	LC	0,105	Pellot ja rakennettu maa
Räystäspääsky	6	21404	Pääskyt	0,00028	EN	0,015	Pellot ja rakennettu maa
Sarvipöllö	4	13198	Pöllöt	0,00030	LC	0,321	Pellot ja rakennettu maa
Satakieli	16	10992	Rastaat	0,00146	LC	0,027	Pensaikko ja puoliavoin
Selkälokki	2	46459	Lokit ja tiirat	0,00004	EN	0,719	Karujen sisävesien linnut
Sepelkyyhky	1	1938	Kyyhkyt	0,00052	LC	0,490	Pellot ja rakennettu maa
Sinirinta	6	31397	Rastaat	0,00019	LC	0,020	Tunturilinnut
Sinisorsa	1	9112	Sorsat	0,00011	LC	1,082	Karujen sisävesien linnut
Sinitiaainen	284	514571	Tiaiset	0,00055	LC	0,011	Lehtimetsälinnut
Sirittäjä	5	15513	Kertut	0,00032	LC	0,010	Lehtimetsälinnut
Talitiaainen	706	839488	Tiaiset	0,00084	LC	0,019	Metsän yleislinnut
Taviokuurna	30	6524	Peipot	0,00460	LC	0,056	Vanhan metsän linnut
Teeri	2	5941	Aitokanat	0,00034	LC	1,120	Metsän yleislinnut
Telkkä	1	28854	Sorsat	0,00003	LC	0,901	Karujen sisävesien linnut
Tervapääsky	7	32162	Muut	0,00022	VU	0,038	Pellot ja rakennettu maa
Tikli	7	2275	Peipot	0,00308	LC	0,016	Pellot ja rakennettu maa
Tilhi	167	70397	Tilhet	0,00011	LC	0,063	Havumetsälinnut
Tiltalti	4	35189	Kertut	0,00237	LC	0,008	Havumetsälinnut
Tundraurpiainen	2	5513	Peipot	0,00036	LC	0,013	Tunturilinnut
Tuulihaukka	74	170891	Jalohaukat	0,00043	LC	0,203	Pellot ja rakennettu maa
Törmäpääsky	1	70988	Pääskyt	0,00001	VU	0,015	Pellot ja rakennettu maa
Töyhtöhyppä	1	23871	Muut	0,00004	LC	0,219	Pellot ja rakennettu maa
Töyhtötiainen	10	20879	Tiaiset	0,00048	VU	0,012	Havumetsälinnut
Uрпиainen	64	216579	Peipot	0,00030	LC	0,013	Metsän yleislinnut
Uuttukyyhky	2	14187	Kyyhkyt	0,00014	LC	0,295	Pellot ja rakennettu maa
Valkoselkätikka	20	1666	Tikat	0,01200	VU	0,106	Lehtimetsälinnut
Varpunen	32	28746	Varpuset	0,00111	VU	0,031	Pellot ja rakennettu maa
Varpushaukka	681	52032	Haukat	0,01309	LC	0,277	Havumetsälinnut
Varpuspöllö	128	50853	Pöllöt	0,00252	NT	0,059	Vanhan metsän linnut
Viherpeippo	505	195872	Peipot	0,00258	VU	0,028	Pellot ja rakennettu maa
Vihervarpunen	58	104510	Peipot	0,00055	LC	0,014	Havumetsälinnut
Viirupöllö	71	59860	Pöllöt	0,00119	LC	0,736	Havumetsälinnut
Västäräkki	39	50609	Västäräkit	0,00077	LC	0,021	Pellot ja rakennettu maa

LIITE 3. LAJIRYHMIEN VÄLISET PARITTAISET VERTAILUT 1/2

Korostettu luku tarkoittaa, että H_0 (lajiryhmien törmäysalttiudet eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi) hylätään eli eroa on tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$).

	Haukat	Jalohaukat	Sorsat	Aitokanat	Lokit ja tiirat	Kyyhkyt	Pöllöt	Tikat	Pääskyt	Rastaat	Varikset
Jalohaukat	< 0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sorsat	< 0,001	0,016	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aitokanat	< 0,001	1,000	0,351	-	-	-	-	-	-	-	-
Lokit ja tiirat	< 0,001	< 0,001	1,000	< 0,001	-	-	-	-	-	-	-
Kyyhkyt	< 0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	-	-	-	-	-	-
Pöllöt	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,005	< 0,001	0,005	-	-	-	-	-
Tikat	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,000	-	-	-	-
Pääskyt	< 0,001	< 0,001	1,000	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	-	-	-
Rastaat	< 0,001	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
Varikset	< 0,001	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,000	-
Kottaraiset	< 0,001	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,000	1,000
Tilhet	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Kerut	< 0,001	< 0,001	1,000	0,351	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001
Tiaiset	< 0,001	1,000	0,002	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,000	1,000
Västärikit	< 0,001	1,000	0,158	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	0,045	0,031	0,148
Varpuset	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,198	< 0,001	0,045	1,000	1,000	< 0,001	0,031	1,000
Siepot	< 0,001	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,000	1,000
Rautiaiset	< 0,001	1,000	0,002	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,000	1,000
Peipot	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	0,002	1,000	1,000	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Sirkut	< 0,001	1,000	0,003	1,000	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,000	1,000
Muut	< 0,001	< 0,001	1,000	0,314	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001
Ruokit	< 0,001	< 0,001	1,000	0,299	1,000	1,000	< 0,001	< 0,001	1,000	0,003	0,002

LIITE 3. LAJIRYHMIEN VÄLISET PARITTAISET VERTAILUT 2/2

Korostettu luku tarkoittaa, että H_0 (lajiryhmien törmäysalttiudet eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi) hylätään eli eroa on tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$).

	Kottaraiset	Tilhet	Kerut	Tiaiset	Västäräkit	Varpuset	Siepot	Rautaiset	Peipot	Sirkut	Muut
Jalohaukat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sorsat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aitokanat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lokit ja tiirat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kyyhkyt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pöllöt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tikat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paaskyt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rasiaat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Varikset	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kottaraiset	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tilhet	< 0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kerut	< 0,001	< 0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tiaiset	1,000	< 0,001	< 0,001	-	-	-	-	-	-	-	-
Västäräkit	0,083	< 0,001	< 0,001	0,224	-	-	-	-	-	-	-
Varpuset	1,000	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	-	-	-	-	-	-
Siepot	1,000	< 0,001	< 0,001	1,000	0,052	0,028	-	-	-	-	-
Rautaiset	1,000	< 0,001	< 0,001	1,000	0,837	0,167	1,000	-	-	-	-
Peipot	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	-	-	-
Sirkut	1,000	< 0,001	< 0,001	1,000	1,000	0,020	1,000	1,000	< 0,001	-	-
Muut	< 0,001	< 0,001	1,000	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
Ruokit	0,002	< 0,001	1,000	0,007	0,252	< 0,001	0,004	< 0,001	< 0,001	0,010	1,000

LIITE 4. ELINYMPÄRISTÖLUOKKIEN VÄLISET PARITTAISET VERTAILUT

Korostettu luku tarkoittaa, että H_0 (elinympäristöryhmien törmäysalttiudet eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi) hylätään eli eroa on tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$).

Osa 1/2

	Metsän yleislinnut	Havumetsälinnut	Vanhan metsän linnut	Lehtimetsälinnut	Pensaikon ja puoliavoimen maan linnut
Havumetsälinnut	< 0,001	-	-	-	-
Vanhan metsän linnut	< 0,001	< 0,001	-	-	-
Lehtimetsälinnut	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
Pensaikon ja puoliavoimen maan linnut	0,020	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
Pellon ja rakennetun maan linnut	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,613	< 0,001
Suolinnut	0,008	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,464
Tunturilinnut	0,047	< 0,001	< 0,001	0,003	0,976
Saaristolinnut	0,023	< 0,001	< 0,001	0,002	0,406
Karujen sisävesien linnut	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Kosteikkolinnut	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Osa 2/2

	Pellon ja rakennetun maan linnut	Suolinnut	Tunturilinnut	Saaristolinnut	Karujen sisävesien linnut
Havumetsälinnut	-	-	-	-	-
Vanhan metsän linnut	-	-	-	-	-
Lehtimetsälinnut	-	-	-	-	-
Pensaikon ja puoliavoimen maan linnut	-	-	1	-	-
Pellon ja rakennetun maan linnut	-	-	-	-	-
Suolinnut	< 0,001	-	-	-	-
Tunturilinnut	0,001	1,000	-	-	-
Saaristolinnut	0,001	1,000	1,000	-	-
Karujen sisävesien linnut	< 0,001	0,047	0,032	1,000	-
Kosteikkolinnut	< 0,001	1,000	1,000	1,000	< 0,001