

**Poroaitojen aiheuttamat metsäkanalintuvahingot – törmäyksiä vähentävien
menetelmien testausta**

Matti Puljujärvi
Maisterin tutkielma
Helsingin yliopisto
Metsätieteiden laitos
Riistaeläintiede
helmikuu 2021

Tiedekunta – Fakultet – Faculty Maatalous- metsätieteellinen tiedekunta		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Metsäekologia	
Tekijä – Författare – Author Matti Puljujärvi			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Poroaitojen aiheuttamat metsäkanalintuvahingot- törmäyksiä vähentävien menetelmien testausta			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Riistaeläintiede			
Työn laji – Arbetets art – Level Maisterintutkielma		Aika – Datum – Month and year Helmikuu 2021	
		Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 44	
Tiivistelmä – Referat – Abstract <p>Poroaitojen aiheuttamat riistavahingot ovat tunnettu, mutta vähän tutkittu aihe. Tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa poroaitojen aiheuttamista riistavahingoista ja aitojen aiheuttamasta kuolleisuudesta metsäkanalinnuilla, riekolla, metsolla ja teerellä. Tutkimusta varten valittiin 139 kilometriä poroaitaa, kuudesta eri kohteesta Rovaniemeltä, Sodankylästä, Utsjoelta, Inarista ja Savukoskelta. Kahdella kohteella kokeiltiin harusvaijerimerkintää keltaisella ja mustalla harusvaijerimerkillä ja neljällä kohteella 50 millimetriä korkeaa LDPE -nauhamerkintää neljällä eri värillä, keltaisella, sinisellä, oranssilla ja heijastavalla alumiinilla. Poroaitojen riistaturvallisuushankeen aineistonkeruu suoritettiin 5/2014- 6/2015 välisenä aikana, siten että aidat kuljettiin läpi kerran kuukaudessa ja havainnot riistaeläinten törmäyksistä kirjattiin muistiin. Havainnot olivat kuolleina aidasta, tai sen välittömästä läheisyydestä löytyneitä lintuja, tai epäsuoria merkkejä törmäyksestä, kuten aidassa kiinni olevia sulkia tai höyheniä.</p> <p>Vuoden seurannan aikana saatiin kirjattua 330 metsäkanalinnun törmäystä. Kahden ensimmäisen kuukauden havainnot tarkastelusta poistettiin, koska niiden ajoittumisesta ei voitu olla varmoja. Inarin toinen asetelma poistettiin koska, aidan seuranta oli epäsäännöllistä. Tutkimus koostui näin 154 törmäyshavainnosta.</p> <p>Koeasetelmat sisälsivät käsittelemättömiä kontrolliosuuksia. Kohteesta riippuen kontrolliaidat tuottivat 0,3-1,9 törmäystä kilometrille vuodessa. Tutkimuksen aikana aidoilta löydettiin 73 aitaan kuollutta metsäkanalintua. 81 törmäysjäljen kohdalla ei voida varmasti sanoa mitä törmäyksen linnulle tapahtui, koska itse lintua ei löydetty. Nauha- ja harusvaijerimerkkauksella ei varianssianalyysin perusteella ollut vaikutusta törmäyksiin.</p> <p>Paikkatiedolla varustettujen törmäyshavaintojen lisäksi haettiin Luonnonvarakeskuksen avoimista aineistoista eri alueille kasvupaikkatyyppi, puuston pituus ja DTW-kosteusindeksi. Maanmittauslaitoksen avoimista aineistoista haettiin maaston korkeusmalli. QGIS- ja R-ohjelmistoilla tutkittiin maaston ominaisuuksien ja törmäysten välistä suhdetta. Maaston ominaisuuksia tutkittiin havaintopisteen ympärillä kolmella eri säteellä, jotka olivat 50, 100 ja 300 metriä. R- ohjelmiston ja Bayes- tilastomenetelmillä tutkittiin, onko joillakin muuttujilla törmäystodennäköisyyttä lisäävä tai vähentävä vaikutus.</p> <p>Kasvupaikkatyyppien vaikutus törmäysvarmuutta selittävänä tekijänä ei tullut esille niin voimakkaasti mitä olisi odottanut. Maaston kuivuus puolestaan ennusti osalla kohteita kasvavaa törmäysvarmuutta. Bayes-mallinnus antoi nauhakokeista keltaiselle värille suurimman todennäköisyyden vähentää törmäyksiä ja haruskokeista tiheä harusmerkkkaus puolestaan ehkäisi törmäyksiä paremmin kuin harva merkkkaus.</p> <p>Tämän tutkimuksen perusteella poroaidat ovat kuolleisuustekijä metsäkanalinnuille ja erityisesti paikallisesti poroaidoilla voi olla suurikin vaikutus metsäkanalintujen kuolleisuuteen. Mahdollisen laajaan käyttöön otettavan merkintämenetelmän tulisi olla edullinen, sääolosuhteita kestävä ja todistetusti törmäyksiä vähentävä. Harusvaijerimerkkauksen kehittämisen edelleen voisi olla ratkaisu käsillä olevaan ongelmaan. Vuoden seurannalla ei ollut mahdollista saada tietoa metsäkanalintujen kannanvaihteluiden vaikutuksista törmäystiheuteen, joten pidempiaikaisia tutkimuksia aiheesta tarvitaan lisää.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Poroaita, kasvupaikkatyyppi, metso, riekko, teeri, törmäys, Bayes-mallinnus			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Yliopistonlehtori Veli-Matti Väänänen, tutkija Henri Wallen			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopiston kirjasto – Helda / E-thesis (opinnäytteet) thesis.helsinki.fi			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Tiedekunta – Fakultet – Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Forest ecology	
Tekijä – Författare – Author Matti Puljujärvi			
Työn nimi – Arbetets titel – Title The effects of reindeer fences on grouses – testing methods to reduce collision risk			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Wildlife management			
Työn laji – Arbetets art – Level Master's thesis		Aika – Datum – Month and year February 2021	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 44
Tiivistelmä – Referat – Abstract The effects of reindeer fences on wildlife is known, but less studied phenomenon. The aim of this study was to gather information about collision rate and mortality of grouses, more closely on willow grouse, capercaillie and black grouse, due to reindeer fences. In the study there were 139 kilometres of reindeer fence in six different locations in Lapland, Finland. In two of these locations there were marking treatment of fences with yellow and black plastic tubes with two different densities. In four locations, fences were marked with 50 mm of LPDE plastic stripes in yellow, blue, orange and reflecting aluminium. The study was conducted between May/2014 – June/2015. The fences were patrolled once a month. The observations included dead grouses hanging in the fence or corpses nearby the fence. Also, indirect collision evidence, such as feathers in the fence was included to observations. During the study year 330 collisions were observed. The first two months of observations were removed from the analysis due to uncertainty of the timing of collisions. Also, one of the locations were removed because of unregular patrolling. Therefore, the study consists total of 154 observations. The study included untreated fences as control parts. Depending on the location, 0,3-1,9 collisions per kilometres per year in the control part were observed. Corpses of 73 grouses were found. In 81 cases, collision evidence was found but the grouses were disappeared, and therefore survival or injuries of the grouses could not be confirmed. Based on variance analysis, marking of fences did not reduce collisions. By using QGIS and R, GPS-information of collision points were combined and studied with parameters of site classification, forest height, DTW-moisture index and elevation model, available from open data sources of Natural Resources Institute Finland and National Land Survey of Finland. The effects of the parameters to the collision points were studied within radiuses of 50, 100 and 300 metres. Statistical methods of R and Bayes were used to study interactions of the parameters to the collision risk. The effect of site classification on the collision risk was not as strong as expected. On the other hand, DWT-moisture index predicted increasing collision risk depending on location. Based on Bayes statistics, yellow stripe marking had the greatest likelihood to reduce collision risk and more dense tube marking was more effective to reduce collision than less dense marking. Based on results of this study, reindeer fences are mortality factor for grouses and especially locally reindeer fences can be significant mortality factor. Marking method should be inexpensive, durable to weather conditions, and provably reducing collisions, if applied widely. Advancing tube marking development could be a solution. Based on one-year study it is not possible to get information about year to year fluctuations of grouse population densities and its significance and influence in collision density. Therefore, more long-term studies are required.			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Reindeer fence, site classification, black grouse, willow grouse, capercaillie, collision, Bayes statistics			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors University lecturer Veli-Matti Väänänen, researcher Henri Wallen			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsinki University Library– Helda / E-thesis (Theses) ethesis.helsinki.fi/en			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Sisälllys

1. Johdanto.....	7
2. Kirjallisuuskatsaus	7
3. tutkimuksen tavoitteet	14
3.1 Käsitteet.....	14
3.2 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit	15
3.3 Tutkimuskysymykset	15
4. Aineisto ja menetelmät.....	16
4.1. Nauhamerkkauskoheet	16
4.2 Harusvajerikoheet.....	17
4.3 Kohteet	18
4.4 Törmäysten havainnointi	19
4.5 Seurannan apumenetelmiä menetelmän kehittämiseksi ja opin lisäämiseksi	20
4.6 Riistakamerakoe	21
4.7 Maaston ominaisuudet, kasvupaikkatyypit ja puuston pituus	21
4.8. Tilastolliset menetelmät ja mallinnus	22
5. Tulokset.....	26
5.1 Törmäykset.....	26
5.2 Puuston pituus.....	29
5.3 Bayes-mallinnus.....	30
5.3.1 Metso nauhakoeasetelma	30
5.3.2 Riekko nauhakoeasetelma	31
5.3.3 Metso harus	32
5.3.4 Riekko harus.....	35
5.4 Riistakamerakoe	36

6. Tulosten tarkastelu	37
7. Johtopäätökset.....	39
8. Kiitokset.....	40
9. Lähteet	41

1. Johdanto

Suomen poronhoitoalueella on tietävästi noin 10 000 kilometriä poroaitaa. Paliskunta on poronhoidon hallinnollinen yksikkö, jolle on säädetty omat tehtävänsä ja niiden poroluku on ennalta määrätty (Poronhoitolaki 1990). Aitarakenteiden käyttötarkoituksia ovat paliskuntien alueiden rajaaminen, porojen (*Rangifer tarandus tarandus*) vuodenaikaislaidunkierroon säätely, ohjaaminen erotusaitoihin ja ruokinta-aitojen rakenteisiin liittyvät aidat. Aitoja on myös viljelysten suoja-aitoina, sekä valtakuntien rajoilla poroesteaitoina.

Riistaeläinten vahingoittuminen aitarakenteisiin on tunnettu ilmiö maastossa ja poroaitojen varsilla liikkuvien keskuudessa. Hirven (*Alces alces*) osalta tunnetaan tapauksia, joissa hirvi on vahingoittunut aitaan törmäämisen seurauksena. Myös kuolleista hirvistä aitaan tarttumisen seurauksena on raportoitu. Metsäkanalintujen kohtaamiset aidan kanssa tapahtuvat tilanteessa, jossa lentävä lintu ei havaitse aitaa ajoissa ja törmää siihen.

Kokemusta ja raportoimatonta tietoa poroaitojen haittavaikutuksista siis on, mutta tutkimusjärjestelyin kerättyä tietoa poroaitojen riistavaikutuksista Suomen olosuhteissa ei ole kerätty ennen tätä tutkimusta. Aiheesta on tehty 2-3 AMK-opinnäytetyötä, mutta niiden perusteella voidaan vain todeta ilmiön olevan olemassa. Skotlannissa paikallisista riista-aidoista on tehty tutkimusta, jossa selvitettiin aitojen vaikutuksia paikallisille metsäkanalinnuille ja Norjassa kerättiin tietoa riekkojen (*Lagopus lagopus*) törmäämisestä poroaitoihin. Myös Yhdysvalloissa on tehty tutkimuksia paikallisten karja-aitojen riistavaikutuksista.

2. Kirjallisuuskatsaus

Riistaesteaitojen vaikutuksista riistaeläimille on olemassa varsin vähän tutkimuksella saatua tietoa (Hovick, 2014) Lintujen törmäyksiä tapahtuu erilaisiin ihmisen tekemiin rakennelmiin, kuten tuulivoimaloihin, ilmassa oleviin sähkölinjoihin, rakennuksiin, ajoneuvoihin ja aitarakennelmiin. Erilaisia esteaitoja on olemassa monia eri tyyppisiä eri käyttötarkoituksiin (Jakes, 2018). Flesch (2009) toteaa riistaesteaitojen olevan aliedustettuna tutkimuksissa, joissa selvitetään ihmisen infrastruktuurin vaikutuksia eläimiin. Tutkimuksia aitarakennelmien vaikutuksista sorkkaeläimiin on tehty Yhdysvalloissa (Harrington, 2006, Jakes, 2018), joissa selvitettiin aitojen vaikutusta paikallisten sorkkaeläinten liikkumiseen eri elinympäristöjen välillä ja aitarakennelmien vaikutuksia

elinympäristöjen valintaan. Yhdysvalloissa aitarakennelmia on rakennettu karjan laidunnusta varten.

Lintujen ja poroesteaitojen välistä yhteyttä puolestaan on tutkinut Bevanger ja Brøseth (2000) Pohjois-Norjassa, Baines ja Summers (1997) sekä Baines ja Andrew (2003) peura-aitojen ja teeren (*Lyrurus tetrrix*) välistä yhteyttä Skotlannissa. Aitojen haittavaikutusten vähentämistä erilaisilla aidan näkyvyyttä maastossa parantavilla menetelmillä on tutkittu Yhdysvalloissa (Wolfe, 2009) ja Suomessa Vierelä (2015). Aiheuttavatko aidat haittaa linnuille ja millaisia haitta voisi olla? Stevens (2013) selvitti tutkimuksessaan aitalinjan ja elinympäristön välistä suhdetta marunakanan (*Centrocercus urophasianus*) riskiin törmätä aitarakennelmaan. Työn tarkoituksena oli löytää sellaisia ympäristötekijöitä, jotka lisäävät linnun riskiä törmätä aitarakennelmaan ja ymmärtää paremmin aitatörmäysten vaikutusta laajemmin lajin populaatioihin. Stevensin koeasetelmassa seurattavat kohteet valittiin marunakanan tunnettujen soidinalueiden joukosta. Stevensin tutkimuksessa paino oli aidan ja soidinalueen välisessä vaikutuksessa. Hän halusi selvittää soidinalueen-aidan- ja aitaan törmäämisen välistä suhdetta. Aitaan törmäämisen todennäköisyys kasvaa, mikäli soidin on lähellä aitarakennelmaa. Merkkaamalla aita hän totesi törmäysten vähenevän 83% kontrolliin verrattuna. Koeaika oli lyhyt, noin kaksi kuukautta, tarkastusväli tiheä ja se suoritettiin keväällä soidinaikaan. Stevensin (2011) tutkimuksessa selvitettiin aitatutkimukseen liittyviä virhelähteitä, kuten kasvillisuuden vaikutusta kuolleiden lintujen havaitsemiseen, sekä haaskansyöjäeläinten vaikutusta kerättävän aineiston määrään. Myös elinympäristön ominaisuuksien ja aitaan törmäämistodennäköisyyden välinen yhteys tuli esille.

Bevanger ja Brøseth (2000) selvittivät tutkimuksessaan 1991–1994 Pohjois-Norjasta kerätyn aineiston avulla kiirunan (*Lagopus muta*) ja riekon (*Lagopus lagopus*) kuolleisuutta aitoihin. He toivat myös esille ne monet eri virhelähteet, jotka tämän tyyppisen tutkimuksen teon yhteydessä tulisi huomioida. Populaatiotasolla poroaitojen aiheuttama kuolleisuus voi olla yksi kuolleisuustekijä muiden joukossa eikä sillä ole suoraa vaikutusta populaatioiden menestymiseen. Toisaalta Norjan Finnmarkissa on tutkimuksen mukaan poroesteaitojen aiheuttamaa kuolleisuutta vaikea määrittää, sillä aitojen määrästä ei ole varmaa tietoa ja lintutiheydet vaihtelevat vuosittain. Eriytyneissä populaatioissa ja paikallisesti tilanne voi olla toinen. Aitalinjan sijoittumisella maastoon oli merkitystä törmäysten kertymiseen. Törmäysten vähentämiseksi tutkimuksessa ehdotettiin tarpeettomien aitarakenteiden purkamista ja olemassa olevien aitarakenteiden linjausten korjaamista.

Bevanger ja Brøseth (2000) tutkivat Norjan Finnmarkin tunturialueella riekon ja kiirunan törmäämistä aitoihin. Tutkimusaineisto oli kerätty vuosina 1991–1994, käsittäen 71 kilometriä poroaitaa. Osa aidasta sijoittui myös mäntymetsiin. Bevangerin ja Brøsethin tutkimuksessa aidat havainnoitiin aidasta riippuen kerran tai kaksi kertaa vuodessa. Seuranta suoritettiin keväällä ennen kasvillisuuden nousua. Aineiston keruu tapahtui aidan vierellä kulkien ja havainnot koostuivat aidasta tai sen läheisyydestä löytyneistä lintujen jäänteistä. Tutkimuksen osakokeessa selvitettiin raadonsyöjien vaikutusta aitaan kuolleiden metsäkanalintujen häviämisessä. Talvella aidan varsille jätettiin kuolleita riekkoja ja jätöpaikka kirjattiin merkein maastoon. Aitojen kevätlaskennan yhteydessä laskettiin myös, kuinka moni jätetyistä koeriekoista oli hävinnyt raadonsyöjän vaikutuksesta. Koejärjestelyn tarkoituksena oli saada tietoa paljonko törmäyshavaintoja jää havaitsematta vuosittaisissa seurannoissa. Osalla aidoista järjestettiin myös seuranta siten että aidat tarkastettiin viikoittain. Syynä tähän oli saada lisää tietoa havainnoista, jotka muuten olisivat jääneet saamatta. Lopputuloksena he päätyivät minimiarvioon, että tutkituilla aidoilla kuolee vähintään 1,4 metsäkanalintua yhdellä aitakilometrillä vuodessa. Tutkimuksessa todettiin myös huomattavia virhelähteitä. Vuosien väliset vaihtelut havaituissa törmäyksissä olivat huomattavia, mutta aidan tyypillä ja aidan korkeudella ei puolestaan ollut vaikutusta havaittuihin törmäyksiin.

Baines ja Summers (1997) suorittivat vuonna 1993–1994 Skotlannissa kokeen, jolla he arvioivat kanalintujen törmäysmääriä peura-aitoihin. Kokeeseen valittiin 135 kilometriä peura-aitaa 27 eri kohteelta. Tutkimuskohteita valittiin eri kehitysluokkaisista metsistä ja kasvupaikkatyypeistä. Kohteet olivat erilaisia mäntymetsiä sekä puuttomia nummia. Aidat tarkistettiin vuoden ajan kuukausittain ja havainnot kirjattiin ylös. Havainnointi tapahtui jalkaisin. Tutkimuksen aikana tehtiin havainto, että törmäystapahtuman aiheuttamaa vaikutusta linnulle ei voi päätellä paikalle jääneiden höyhenten määrästä. Muutama höyhen voi tarkoittaa vain pientä kontaktia aitaan tai tappavaa törmäystä. Seurannan aikana Skotlannissa saatiin kirjattua 281 linnun ja aidan välistä kontaktia. Tutkimuksen aikana havaittiin 14 eri lintulajin törmäys aitaan. Kuitenkin 93 % havaitusta törmäyksistä tapahtui metsäkanalinnuille, joista 2/3 kirjattiin nummiriekon (*Lagopus lagopus scoticus*) törmäykseksi ja 13 % jakautui teeren ja metson (*Tetrao urogallus*) törmäyksiksi. Metsäkanalintujen törmäykset aitaan vaihtelivat vuodenajan mukaan, eroja törmäysajankohdassa havaittiin myös eri lajien välillä. Nummiriekköjen aitaan törmäämisiä sattui vuoden jokaisena kuukautena, törmäyshuipun ollessa helmi-toukokuussa, ja vastaavasti metsötörmäyksiä kirjattiin eniten syyskuussa. Mustikkatyypin kasvupaikka korreloi positiivisesti metson törmäyshavaintojen

kanssa. Metsotörmäykset tapahtuivat verrattuna nummiriekon törmäyksiin nähden vanhempipuustoisissa metsissä, kun teeritörmäyksiä havaittiin sekä taimikoissa, että varttuneissa metsissä. Teeren törmäyksillä ja kenttäkerroksen kanervilla ja heinillä oli puolestaan negatiivinen korrelaatio havaittuihin teeritörmäyksiin. Koeasetelmassa tutkittiin myös raadonsyöjien potentiaalia hyödyntää aitaan kuolleita kanalintuja. Asetelma toteutettiin siten, että aitajaksoille asetettiin 20 kuollutta nummiriekkoa. Kuukauden kuluttua 18 lintua oli kadonnut. Tulokset viittaavat vahvasti siihen, että Skotlannin peura-aidat aiheuttavat metsäkanalinnuille kuolleisuutta. Tutkimusmenetelmän sisältämät virhelähteet aiheuttavat kuitenkin sen, että peura-aitojen aiheuttamaa todellista kuolleisuutta on vaikea mitata ja Baines ja Summers (1997) toteavatkin, että kaikista havaituista törmäyksistä 16 % voidaan todeta varmuudella olleen linnulle tappavia. Virhe aiheutuu tilanteesta, jossa havaitaan törmäisjälki aidassa, jonka vaikutusta linnulle ei voida tietää ja lisäksi raadonsyöjä voi hyödyntää linnun ennen seuraavaa havainnointikierrosta.

Skotlannin peura-aitojen käyttötarkoituksena on suojata mäntymetsiä ja erityisesti perustettuja mäntytaimikoita peurojen ravinnonkäytöltä (Catt, 1994). Skotlannin metsopopulaatio oli kertaalleen hävinnyt, mutta sittemmin metso saatiin palautettua takaisin Skotlannin mäntymetsiin. Catin (1994) tutkimuksen pohjana oli tieto eri lähteistä raportoiduista metsäkanalinnun ja peura-aidan välisistä törmäyksistä. Tutkimukseen valittiin kaksi aidattua aluetta, aitojen pituuksien ollessa 6,8 kilometriä ja 1,9 kilometriä. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko metsäkanalintujen elinympäristössä piirteitä, jotka toistuvat havaituissa metsäkanalintujen aitaan törmäyksissä, ja löytyykö joitakin selittäviä tekijöitä törmäyspaikkojen välillä. Aitarakennelmien aiheuttamaa kuolleisuuden tasoa metsolle arvioitiin myös radiolähttimin varustettujen lintujen seuraamisella. Toisessa menetelmässä aidat tarkistettiin kuukausittain aidan vierellä kävellen ja havainnot ja elinympäristömuuttujat kirjattiin muistiin. Eri menetelmien avulla oli tarkoitus saada selville tutkimusaitojen aiheuttamien vahinkojen määrä metsäkanalinnuille, sekä mahdollisia maiseman piirteitä, jotka altistavat törmäyksille. Törmäyskohdan ympäriltä kirjattiin rinteiden kallistuma, varpujen (mustikka, puolukka, kanerva) suhteellinen peittävyys, puuston pituus, ikä ja läpimitta. Puustot oli jaettu luokkiin mänty, kataja ja lehtipuut. Törmäyshavaintojen ja elinympäristön välillä havaittiin yhteyksiä. Puuston pituudella oli merkitys havaittuihin törmäyksiin siten, että mikäli puusto oli aidan korkeutta matalampi, törmäyksiä tapahtui tilastollisesti vähemmän. Aitaa korkeammalla oleva latvuspeitto puolestaan nosti törmäysriskiä, kuten myös kasvava runkoluku per hehtaari. Rinteiden kaltevuus myös ennusti suurempaa törmäysmäärää tasamaahan verrattuna.

Radiomerkatuista metsoista 32 % menehtyi peura-aidan vaikutuksesta kokonaiskuolleisuuden ollessa 55 %. Seurannan aikana havaittiin 35 metsäkanalinnun kuolemaan johtanutta törmäystä, joista 12 oli urosmetsoa, 17 naarasmetsoa ja 6 teertä. Catt (1994) arvioi tuloksissaan, että noin 3 metsoa ja 0,4 teertä kuolee vuosittain yhdelle aitakilometrille.

Baines ja Andrew (2003) testasivat menetelmää Skotlannin peura-aitojen aiheuttamien metsäkanalintukuolemien vähentämiseksi. Kaksivuotisessa seurannassa ensimmäisenä vuotena seurattiin kuukausittain kertyneitä havaintoja. Toisena vuotena valittiin kilometrin pituisia aitajaksoja, jotka merkattiin oranssilla verkolla aidan yläosasta ja puolivälistä. Merkintäverkon korkeus oli 25cm, tutkimusaitojen korkeuden ollessa 180 cm. Kontrolliosuuksille ei annettu mitään käsittelyä. Toisen vuoden seuranta suoritettiin samalla tavalla kuin ensimmäisen vuoden seuranta. Tutkimuksen aikana kirjattiin 437 linnun ja aidan välistä törmäystä, 13 eri lintulajia, ja metsäkanalintujen osuus törmäyksistä 92 %. Nummiriekon osuus oli 42 %, teeren 29 %, ja metson 20 %. Aitojen merkkäminen puolestaan vähensi metson törmäyksiä 64 %, teeren törmäyksiä 91 % ja nummiriekon havaittuja törmäyksiä 49 %.

Kontrolliosuuksien ja käsittelyjen välille jätettiin aina 100 metrin osuus, johon sattuneita törmäyksiä ei otettu mukaan aineiston käsittelyyn. Tällä pyrittiin välttämään tilanne, jossa lintu väistää aidan käsiteltyä osuutta törmäten sitten käsitellyn osuuden viereen, eli pyrittiin poistamaan käsittelyn vaikutusta kontrolliosuuksien tulokseen. Ennen kokeen järjestämistä keskimääräiseksi törmäystiheudeksi havaintojen perusteella laskettiin 2,7 linnun törmäystä aitaan kilometrille vuodessa. vuodenaikaisvaihtelua törmäysten kertymisessä. Sukupuolten väliset erot ja kuolleisuusriski vaihtelivat lajeittain. Teerien kohdalla 75 % törmäyksistä tapahtui koiraille. Kesäkuukausina havaittiin vähemmän törmäyksiä kuin muina vuodenaikoina. Osakokeessa Baines ja Andrew (2003) selvittivät raadonsyöjien tehokkuutta hyödyntää aitaan kuolleita kanalintuja. Selvisi että raadonsyöjien tehokkuus hyödyntää kuolleita lintuja vaihtelee paikallisesti ja raadonsyöjillä voi olla taipumusta suosia tietyn lajin raatoja.

Yhdysvaltojen Idahon osavaltiossa tutkittiin aitojen läheisyyden vaikutusta marunakanan kuolleisuuteen ja selvitettiin menetelmiä, miten törmäysriskiä voitaisiin vähentää (Stevens, 2013). Tutkimuksen pääpaino oli etsiä yhteyksiä marunakanan soidin- ja lisääntymisalueiden aitarakennelmien vaikutuksesta lintujen kuolleisuuteen (Stevens, 2013). Esiselvityksen perusteella tutkimukseen valittiin aitaosuuksia, joilla havaittiin kaksi tai yli kaksi törmäystä aitakilometrille.

Aidat valittiin alueilta, jotka tiedettiin olevan marunakanan soidin- ja lisääntymisalueiden läheisyydessä. Kokeeseen valitulla kolmen kilometrin aidalla havaittiin 60 törmäystä, joista 56 tapahtui marunakanalle. Aitaa seurattiin marunakanan lisääntymiskaudella maaliskuusta toukokuulle. Tutkimuksessa havaittiin, että soidinpaikan etäisyys vaikuttaa positiivisesti riskiin törmätä aitaan ja koiraita havaittiin törmänneen enemmän.

Kokeessa aidat merkattiin muovisilla merkeillä ja heijastavalla teipillä (Wolfe, 2009). Merkit asennettiin aidan yläpään lankaan, metrin välein, aitatolppia ei merkattu. Aidan merkintä vähensi havaittuja törmäyksiä 83 %. Ennen merkintää tapahtui 3,5 törmäystä per aitakilometri. Aidan merkintä laski havaittujen törmäysten määrän 0,6 törmäykseen per aitakilometri. Tutkimuksessa havaittiin yhteys soidinpaikan koon, etäisyyden aitaan ja lintutiheyden välillä.

Marunakanan kuolleisuustekijöitä selvittäneessä viisivuotistutkimuksessa Yhdysvaltojen Oklahoman ja New Mexicon osavaltioiden alueella merkattiin radiolähettimin 719 vuoden ikäistä lintua (Wolfe, 2007). Lintujen häviämistä seurattiin kahden viikon välein. Huhtikuun 1999 ja syyskuun 2004 välisenä aikana saatiin paikannettua 322 kuollutta lintua, joista 266 kuolinsyy pystyttiin arvioimaan. Lintujen kuolinsyyt jaettiin kolmeen luokkaan: Nisäkäspedon tappama, petolinnun tappama ja törmäys ihmisen tekemään rakenteeseen. Aitatörmäykset aiheuttivat 86 linnun kuoleman, eli 32 % löydetyistä kuolleista linnuista oli menehtynyt aitoihin.

Tutkimuksessa (Wolfe, 2007) havaittiin myös aiemmin esille tullut, ja vaikeasti havaittava ilmiö aitojen aiheuttaman kuolleisuuden toteamiseksi. Linnun törmäminen aitaan ei läheskään aina tarkoita sitä, että lintu kuolisi välittömästi törmäyksen seurauksena. Aitaan törmännyt lintu saattaa liikkua kauaskin törmäyskohdasta ja menehtyä vammoihinsa myöhemmin. Tutkimuksen aikana löydettiin kuolleita lintuja yli 200 metrin päästä aidasta, ja niissä havaittiin vammoja rintalihaksissa, niskan ja kaulan alueella. Lisäksi pedot hyödyntävät kuolleita lintuja. Bradley ja Fagre (1988) arvioivat että maapedot hyödyntävät erilaisia maastossa olevia uria ja polkuja liikkumisessaan. On luultavaa, että pedot ovat oppineet hyödyntämään myös aitalinjoja ja aitoja ravinnonhankinnassaan, tämän vuoksi on oletettavaa, että osa törmäyksistä jää kokonaan havaitsematta (Wolfe, 2007).

Edellä kuvatut tutkimukset osoittavat aitojen aiheuttavan haittaa linnuille. Tutkimusten eräs ominaisuus on kuitenkin se, että ne kuvaavat ainoastaan tietyssä paikassa olevan aidan vaikutusta ainoastaan paikallisesti. Tutkimuksissa saatiin esille paikallisesti lintujen törmäysalittiuteen

vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksissa todettiin esimerkiksi puuston, kasvillisuuden, ja soidinpaikan välinen merkitys linnun riskiin törmätä paikalliseen aitaan. Tehdyt tutkimukset eivät siis kerro laajemmin lintujen törmäysriskistä tutkittua aitalinjaa laajemmalla alueella. Yhdistelemällä eri lähteistä saatuja tietoja ja aitojen varrelta aikaisemmin kerättyjä tietoja lintujen törmäyksistä on mahdollista rakentaa laajempaa aluetta koskeva malli. Stevens (2013) yhdisti aikaisemman tutkimuksensa tietoja törmäysriskiä kuvaavaksi malliksi. Mallin tavoitteena on kuvata marunakanan alueellista aitaan törmäämisen riskiä Yhdysvaltojen Idahon osavaltiossa. Mallin pohjana olivat tiedot marunakanan soidinpaikoista ja niitä ympäröivistä pesimisympäristöistä, tiedot aitaan törmäämisistä, arviot raadonsyöjien vaikutuksista, sekä TRI-maastomalli. TRI-malli on maastomalli, joka kuvaa maaston korkeuden vaihteluita tietyllä alueella eri pisteiden välillä (Riley, 1999). Näillä tiedoilla luotiin Idahon osavaltion alueelle riskiä kuvaava kartta. Laskennallinen tieto korkean törmäysriskin alueista mahdollistaa tehokkaan aitarakennelmiin vaikuttamisen. Esimerkiksi aitojen merkkaukseen käytettävät resurssit voidaan kohdentaa tärkeimpiin elinympäristöihin ja tietoa voidaan myös hyödyntää uusien aitojen linjauksia suunniteltaessa ja vanhoja siirrettäessä. Stevens (2013) toteaaakin riskimallin olevan hyödyllinen työkalu muidenkin Yhdysvaltojen osavaltioiden riistahallintojen käyttöön.

Maastonmuotoja ja puustotunnuksia törmäyksiä selittävänä tekijöinä metsäkanalintujen törmäyksiin sähkölinjoihin selvitettiin Keski-Norjassa (Bevanger, 1990). Tutkimuksessa oli mukana 39,4 kilometriä sähkölinjoja, jotka käytiin läpi 30 kertaa ja linjan läheisyydestä etsittiin kuolleita lintuja. Tutkimuksen aikana havaittiin 16 kuollutta teertä, 23 metsoa, ja 29 riekkoa. Metsätyypit jaettiin seitsemään eri luokkaan, pääluokkien ollessa lehtipuumetsä, havupuumetsä ja sekametsä. Lisäksi metsät jaettiin tiheyden mukaan 10 eri luokkaan, pääluokkien ollessa puuton, harva, keskitiheä ja tiheä. Lisäksi mitattiin etäisyys metsän reunaan, sekä rinteiden kaltevuus havaintopaikalla. Tutkimuksessa todetaan, että törmäykset eivät ole sattumanvaraisia, vaan törmäyspaikkojen olosuhteet ovat vaikuttamassa törmäysten syntymiseen. Aitarakennelmiin sovellettuna työn tulos rinteiden kaltevuuden vaikutuksesta törmäyksiin ei ole suoraan sovellettavissa. Puustotunnukset puolestaan kertoivat, että riistavahinkoja sattui eniten keskimääräisen tiheyden puustoissa ja erityisesti mikäli ne olivat havupuustoja, tai havupuulehtipuu sekoituksia. Metsän reunan etäisyydellä oli selkeä vaikutus, sillä suurin osa kuolleista linnuista löydettiin paikoista, joissa metsän reuna oli lähellä sähkölinjaa. Puuston pituuden vaikutus törmäyksiin selittyy sillä, että linnut lentävät pääasiassa latvuserroksen alapuolella. Mikäli latvusto

on johtimien kanssa samalla tasolla tai ylempänä lisää tämä törmäysriskiä. Tutkimuksen pohdinnoissa todettiin lopuksi, että perimmäinen syy lintujen törmäämisille sähköjohtoihin ja yleisestikin eri rakenteisiin on luultavasti se, että ne eivät näe esteitä riittävän aikaisin. Morkill ja Anderson (1991) puolestaan totesivat merkkauksen vähentävän lintujen törmäyksiä sähkölinjoihin.

3. tutkimuksen tavoitteet

Poroaitojen riistaturvallisuus-hankkeen ja siitä tehtävän tutkimuksen tavoitteena oli tutkimuksen keinoin selvittää poroaitojen aiheuttamia riistavahinkoja valituilla kohteilla, sekä kokeilla eri menetelmien soveltuvuutta ja tehokkuutta riistavahinkojen vähentämiseksi. Suomen poronhoitoalueen olosuhteissa ei aikaisemmin ole kerätty vastaavaa aineistoa, jolla voidaan arvioida poroaitojen riistavaikutusten tasoa. Tutkimuksen ennako-oletuksena ja maastohavaintojen perusteella poroaitojen vaikutus riistaeläimiin, varsinkin metsäkanalintuihin lienee negatiivinen. Työn osatavoitteena oli myös selvittää suurriistan aiheuttamien poroaitavahinkojen ilmenemistä.

Tutkimuksen tarkoituksena oli saada tietoa poroaitojen ja riistaeläinten välisistä kohtaamisista, eli törmäämisestä aitaan. Tavoitteita asetettaessa oli huomioitava, että tuloksia saadaan vain ja ainoastaan tutkimukselle alistetuista poroaidoista, joten koko poronhoitoalueen kattavaa tulosta ei ole mahdollista tällä tutkimuksella saavuttaa.

3.1 Käsitteet

Poroaita, kasvupaikkatyyppi, teeri, metso, riekko, törmäys, Bayes-mallinnus

Poroaita: aitarakennelma, jolla estetään ja/tai ohjataan porojen liikkumista maastossa. Paliskuntien väliset aidat ja valtakuntien väliset aidat edustavat esteaitoja. Ohjaavia aitoja ovat laidunkierto ja porojen kokoamiseen tarkoitettut aidat.

Aitatyypit: verkkoaita: yleisin käytössä oleva, muodostuu tiheydeltään vaihtelevasta verkosta. Lanka-aita: muodostuu vaakatasoon tolpasta tolppaan pingotetusta rautalangasta.

Törmäysfrekvenssi: Kuinka usein riistaeläin joutuu kontaktiin poroaidan kanssa esim. törmäyksiä per kilometri per vuosi tutkittavilla kohteilla.

Kuolleisuus: Kuinka usein törmäys johtaa riistaeläimen kuolemaan, joko välittömästi taikka ajan kuluessa vakavasta vammautumisesta johtuen.

Maisema: Miten aita sijoittuu maisemaan. Onko aitalinja suolla, metsämaalla, avotunturissa, millä kasvupaikkatyypillä.

Merkintämenetelmä: sininen, hopea, keltainen, oranssi LPDE nauha, joka on kiinnitetty aidan ylimpään kohtaan. Menetelmänä myös harusvaijerimerkintä, mustalla ja keltaisella merkillä.

3.2 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

Onko poroaita kuolleisuutta aiheuttava tekijä metsäkanalinnuille? Voiko riistan ja poroaidan välisiä aitakontakteja vähentää tekemällä aidat paremmin riistalle havaittaviksi maastossa? Kuinka paljon havaintoja menetetään, esimerkiksi pienpetojen saalistuksen seurauksena? Kuinka vuodenaika ja maisema näkyvät havaituissa törmäyksissä, eli missä ja milloin vahinkoja tapahtuu? Mikäli aineistoon saadaan kokonaisia riistalintuja, tai löydetään siipiä, on mahdollista pohtia myös törmänneen linnun lajia, ikää ja sukupuolta.

3.3 Tutkimuskysymykset

- Poroaidat aiheuttavat kuolleisuutta riistalle, ja varsinkin metsäkanalinnuille.

- Läheskään kaikki törmäykset eivät tapa välittömästi, tai välttämättä ollenkaan riistaeläintä.

- Aidan yläosaan kiinnitettävä LPDE- nauha ja harusvaijerimerkintä vähentää törmäysfrekvenssiä ja näin kuolleisuutta, verrattuna merkitsemättömiin kontrolliporoaitoihin.

- Osa törmäyksissä kuolleista metsäkanalinnuista jää löytymättä koska raadonsyöjät hyödyntävät aitaan kuolleen linnun ennen kuin se ehditään havaita seurannoissa.

- Vuodenaika vaikuttaa törmäystiheyteen, siten että vähäisen aktiivisuuden jaksoilla, kuten talvella havaintoja törmäyksistä saadaan vähemmän kuin muina vuodenaikoina.

- Kasvupaikoista luultavasti löytyy törmäyksiä selittäviä ominaisuuksia. Suurelta avosuolta havaitaan vähemmän törmäyksiä kuin esimerkiksi MT-tyyppin sekametsästä.

Tutkimuskysymyksistä voidaan luoda hypoteeseja, joiden paikkaansa pitävyyttä on mahdollista testata.

- Riistaeläimiä törmää poroaitarakennelmiin/ei törmää poroaitarakennelmiin

- Törmäykset ovat tappavia/eivät ole tappavia

- Aitarakennelmien käsittelyt vaikuttavat törmäystiheyteen/käsittelyillä ei ole vaikutusta

-Menetelmien välillä havaitaan eroa/ei havaita eroa

-Pienpetojen raatojen hyödyntämisen vuoksi menetetään havaintoja/ei menetä havaintoja

4. Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaitojen valinta perustui Lapin maakunnan riistahoitopiireille tehtyyn ennakkokyselyyn, jolla haluttiin selvittää riistatörmäyksille potentiaalisia poroaitoja. Riistanhoitopiirien ehdotusten pohjalta ja kulkuyhteydet huomioon ottaen tutkimusaidat valittiin valtatie 4 varrelta. Tutkimusaidat sijaitsivat Rovaniemen ja Sodankylän rajalla, Kittilän ja Sodankylän rajalla, Inarin ja Utsjoen rajalla (kuva 1). Poikkeuksena tähän mukaan valittiin Kemihaaran alueella Savukoskella sijaitseva poroaita, joka oli Kemin-Sompion paliskunnan toimesta merkattu harusvaijerimerkinnöin jo vuonna 2013. Metsähallitus velvoittaa uusiin vuokrasopimuksiin, tai uuteen aitarakennelmaan lisättäväksi aidan riistaturvallisuutta parantavia rakenteita, käytännössä harusvaijerimerkintää. Inarista mukaan otettiin myös Suomen ja Venäjän rajalla kulkeva poroesteaita, jonka seurannasta vastasi Lapin rajavartiolaitoksen henkilökunta muiden tehtäviensä ohessa.

4.1. Nauhamerkkaukset

Poroaitojen merkkauksessa käytettiin kahta eri menetelmää ja niiden variaatioita. Nauhakokeessa (kuva 2) poroaidan yläpuolelle lankaan kiinnitettiin 50 millimetriä korkea LDPE-muovista valmistettua nauhaa. Nauha kiinnitettiin aitaan ulkokäyttöön suunnitelluilla nippusiteillä. Tutkimuksessa nauhan väreiksi valikoituivat oranssi, sininen, keltainen, sekä alumiini. Koeasetelmaan kuului myös käsittelemätön kontrolliosuus. Yksi nauhakoeasetelmajakso muodostui siten, että aita käsiteltiin kullakin värillä 500 metrin osuus. Nauhakoeasetelmajaksoon kuului aina myös yksi 500 metrin mittainen käsittelemätön kontrolliosuus, sekä värin vaihtuessa 50 metriä nauhoittamatonta osuutta koejäsenten keskinäisen riippuvuuden vähentämiseksi. Yhden kokonaisen nauhakoeasetelmajakson kokonaispituus oli siis 2 750 metriä, eli 5x500 m + 5x50 m. Nauhakoeasetelman satunnaisuus varmistettiin arpomalla ennen koeasetelman rakentamista maastoon.



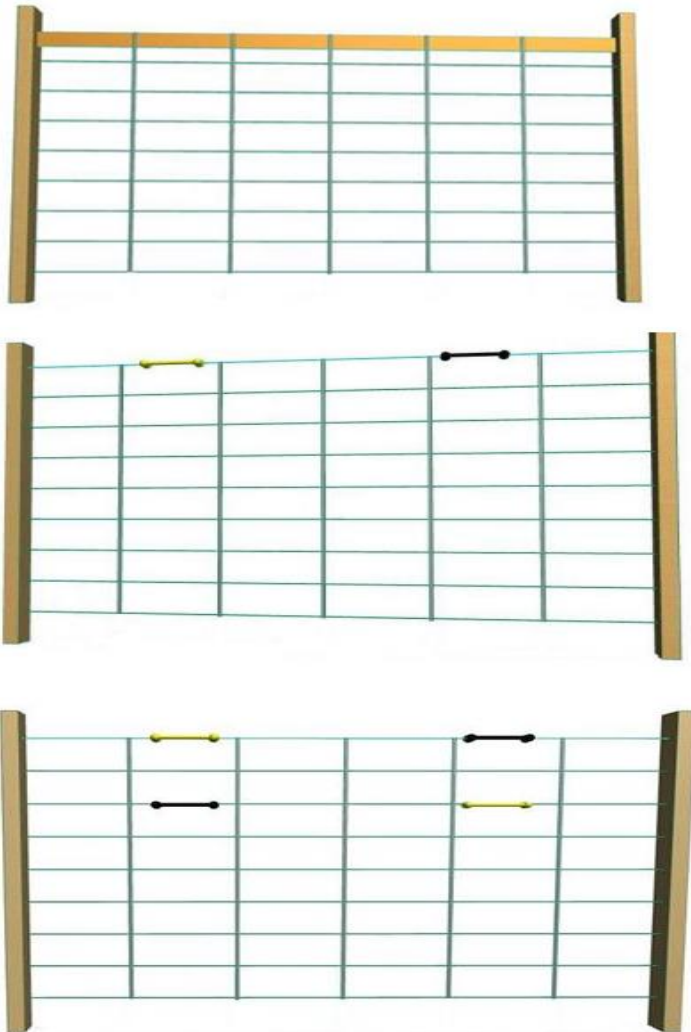
1. Käyrämö: 5,5 km nauhakoeasetelma + 5,5 km seurannassa ollut, ei merkitty
2. Unari: 16,5 km nauhakoeasetelma
3. Pomokaira: 27,5 km nauhakoeasetelma + 8,5 km seurannassa ollut, ei merkitty
4. Kemihaara: 42 km harusmerkkikoeasetelmat
5. Petsikko: 27,5 km nauhakoeasetelma
6. Virtaniemi: 6 km nauha- ja harusmerkkikoeasetelma

Kuva 1. Aitakoeasetelmien sijainti kartalla (Lähde: Vierelä, 2015).

4.2 Harusvaijerikokeet

Harusvaijerikokeessa aita merkittiin käyttäen kahta eriväristä harusvaijerimerkkiä, keltaista sekä mustaa (kuva 2). Harusvaijerimerkki on muoviputki, jossa on pituussuuntainen halkileikkaus. Harusvaijerimerkin asentaminen aitaan tapahtui painamalla merkki halkileikkauskohdasta kiinni aitaan. Jo tutkimuksen alkuvaiheessa huomattiin harusvaijerimerkinnän olevan nopea asennettava, sekä huoltotarpeeltaan käytännössä huoltovapaa verrattuna nauhakoeasetelmaan. Harusvaijerikoe toteutettiin kahdella eri menetelmällä. Harvan merkkauksen menetelmässä ylimpään aitalankaan kiinnitettiin yhteen aitaloppaväliin vuorotellen keltainen ja musta harusvaijerimerkki. Tihennytyssä harusvaijerimerkkikokeessa ylimmän langan lisäksi harusvaijerimerkit lisättiin ylhäältä lukien kolmanteen lankaan, siten että eriväriset

harusvaijerimerkit menivät ristiin. Näin tihennytyssä harusvaijerimerkkikokeessa yhdellä aitatolppavälillä oli aina neljä kappaletta harusvaijerimerkkejä.



Kuva 2. aitamerkintätavat. Ylinnä nauhamerkintä, keskellä harva harusvaijerimerkintä ja alinna tiheä harusvaijerimerkintä (Lähde: Aikio ja Neuvonen, 2015).

Eteläisimmät tutkimusalueet olivat eri kehitysluokissa olevia metsätalousmaita, pohjoisin Petsikon alue oli kasvillisuudeltaan tunturikoivikkoa ja Kemihaaran alueella osa tutkimusaidasta sijaitsi Urho Kekkosen- kansallispuiston ja Kemihaaran erämaa-alueen sisällä. Urho Kekkosen- kansallispuiston metsät olivat vanhoja ja vähän, tai ei ollenkaan, käsiteltyjä.

4.3 Kohteet

Rovaniemi, Käyrämö. Kaksi nauha-asetelmajaksoa, yhteensä 5,5 kilometriä ja lisäksi 5,5 kilometriä käsittelemätöntä kontrollijaksoa. Aitatyypiltään verkkoaitaa, jonka korkeus maanpinnasta välillä 1,5-2,1 metriä.

Rovaniemi, Unari. Kuusi nauha-asetelmajaksoa, yhteensä 16,5 km ja lisäksi 3 km käsittelemätöntä kontrollijaksoa. Aitatyypiltään verkkoaitaa, jonka korkeus maanpinnasta 1,5-2,1 m.

Sodankylä, Pomokaira. Kymmenen nauha-asetelmajaksoa, 27,5 kilometriä, ja lisäksi 4 kilometriä käsittelemätöntä verkkoaitaa ja 5 kilometriä käsittelemätöntä aaltolanka-aitaa kontrollijaksoina. Kokonaispituus 36,5 kilometriä. Aitatyyppeinä verkkoaita sekä aaltolanka-aitaa, joiden korkeus maanpinnasta välillä 1,8-2,2 m.

Inari, Virtaniemi. Kaksi nauha-asetelmajaksoa, sekä kaksi harvaa harusvaijerimerkintäjaksoa, kaikkiaan 6 kilometriä. Aitatyypiltään aaltolanka-aitaa, josta ensimmäinen metri maanpinnan tasosta on verkkoaitaa. Aidan korkeus maanpinnasta on välillä 2,2-2,5 m. Aita toimii valtakuntien välisenä poroesteaitana. Virtaniemen seurannasta vastasi Lapin rajavartiolaitoksen henkilökunta muiden tehtäviensä ohessa.

Inari ja Utsjoki. Petsikko. Kymmenen nauha-asetelmajaksoa, 27,5 kilometriä. Aitatyypiltään aaltolanka-aitaa, jonka korkeus maanpinnasta on välillä 1,6-2,1 m.

Savukoski-Sodankylä. Kemihaara itäinen, 23 kilometrin osuus, joka oli jo vuonna 2013 Kemin-Sompion paliskunnan työnä merkattu harvalla harusvaijerimerkinnällä. Tutkimusta varten aidan merkkausta muokattiin siten että aina 500 metrin osuus jätettiin harvalle merkinnälle ja seuraava 500 metrin osuus käsiteltiin tihennetyllä harusvaijerimerkkauksella. Kokeeseen muodostui näin 18 kappaletta 500 metriä pitkiä tihennettyjä osuuksia.

Savukoski-Sodankylä. Kemihaara, läntinen. 20 kilometrin osuus, jossa vuorottelivat 500 metrin harvalla harusvaijerimerkinnällä merkattu osuus ja 500 metrin käsittelemätön kontrolliosuus.

4.4 Törmäysten havainnointi

Tutkimukseen valittujen poroaitojen koejärjestelyt rakennettiin 12.3.2014–15.4.2014 välisenä aikana. Aitojen merkkaukset toteutettiin siis lumipeitteen ollessa vielä maassa. Ensimmäiset seurannat huhti-toukokuussa olivat nollausseurantoja, joiden tavoitteena oli saada tietoon riistan aitaan törmäämiset ajalta ennen tutkimuksen aloittamista, jotta ne eivät häiritsisi varsinaisia kuukausittaisia seurantoja. Tutkimuksen alkuvaiheessa havaittiin että, talvella tapahtuneet törmäykset ovat hyvin hankalaa erottaa tuoreemmista törmäyksistä. Tulosten analyysyjä varten jätettiin siis ensimmäiset kaksi kuukautta huomiotta ja näin tulokset lasketaan 7/2014–6/2015 kerätystä aineistosta. Kuukausittaisen seurannan ideana oli havaita ja dokumentoida aidanvarren

tapahtumat aina edelliseltä kuukaudelta. Aineiston keruu tapahtui aidanvartta kulkemalla ja samalla tarkkailla aita ja maastoa aidan välittömässä läheisyydessä. Havainnot riistaeläimen ja aidan välisestä kontaktista kirjattiin ylös heti tapahtumapaikalla. Kirjattavia tietoja olivat:

-KKJ-koordinaatti (GPS-laitteena Garmin 62S)

-laji ja sukupuoli

-paikan karttanimi

-ympäristön, puuston ja metsätyypin kuvaus

-aitatyyppi

-aidan kokonaiskorkeus maanpinnasta

-törmäyskohta aidassa tai törmäyskorkeus maanpinnasta luettuna

-aidan käsittely, koe- vai kontrolliosuus

Soveltuvin osin havainnoitsija keräsi mukaansa sulkanäytteen ja dokumentoi havaintonsa kuvin ja videoin. Mahdollisuuksien mukaan havainnoitsija myös pohti, mitä mahdolliselle raadolle on tapahtunut. Törmäyksen voimakkuutta tai törmäyksen aiheuttamaa kuolettavuutta arvoitiin paikalle jääneiden sulkien ja höyhenten määrän perusteella. Törmäys voitiin vahvistaa tappaneen linnun, mikäli aidasta tai sen läheisyydestä löydettiin linnun raato, tai raadonsyöjän ruokailun jäljiltä runsaasti höyheniä ja sulkia. Pelkäksi törmäämiseksi aitaan merkattiin tilanteet jossa, aidasta löydettiin ainoastaan yksittäisiä höyheniä tai sulkia. Ennen matkan jatkamista havainnoitsija merkitsi törmäyskohdan myös aitaan nippusiteellä, johon oli merkattu tunnistenumero juoksevalla numeroinnilla. Tunniste auttoi jatkossa, mikäli samalta kohdalta löytyi jatkossa uusi havainto.

4.5 Seurannan apumenetelmiä menetelmän kehittämiseksi ja opin lisäämiseksi

Tihennetyn seurannan menetelmässä Rovaniemen tutkimusaidat havainnoitiin kuukausittaisen perusseurannan lisäksi viikon välein. Ensimmäinen tihennetty seurantajakso ajoittui viikoille 29, 30, 31, ja 32. Toinen jakso puolestaan tehtiin viikoilla 11, 12, 13, ja 14. Kokeella haluttiin testata kuinka paljon havaintoja jää löytymättä kuukausittaisessa perusseurannassa. Tihennettyjen seurantojen tuloksia ei suoraan lisätty tuloskirjanpitoon, vaan ne kirjattiin erikseen. Tihennetyn seurannan ja perusseurannan suorittivat eri henkilöt.

Myös koiran käyttöä raatojen etsimisessä testattiin, mutta koira ei järjestetyn kokeen ja syksyllä tehtyjen perusseurantojen perusteella tuonut lisätehoa tutkimuksen toteuttamisen kannalta.

4.6 Riistakamerakoe

Osakokeena tutkimuksessa testattiin raatojen häviämisenopeutta aidan välittömästä läheisyydestä. Koeasetelmassa talvipukuinen kuollut riekko asetettiin aidan läheisyyteen ja riistakamera asetoitiin siten että se kuvaa riekkoa. Verrokiksi toinen talvipukuinen riekko ja kamera asetettiin vähintään kolmensadan metrin etäisyydelle aidasta. Kokeella haluttiin saada tietoa, mitkä raadonsyöjäläimet hyödyntävät raatoja ja miten nopeasti ne löytävät raadot maastosta. Kauempana olevalla kontrolliparilla haluttiin saada tietoa, onko aidalla vaikutusta raadon löytymiseen. Ajatuksena kokeessa oli että, raadonsyöjät ovat mahdollisesti oppineet hyödyntämään aitoihin kuolleita eläimiä omassa ravinnonhankinnassaan. Aineisto kerättiin neljällä kameraparilla. Laitteiden mallit olivat UoVision UV565HD, LTL Acorn 5210A sekä Scout Guard SG560K-8M. Tutkimuksen aikana riekko asetettiin kameran eteen 80 kertaa, eli täydellinen koeasetelma oli maastossa kymmenen kertaa. Kameroiden kuvausjaksot kestivät 7-13 vuorokautta ja niitä käytettiin Rovaniemen ja Sodankylän kuntien välisillä rajaosuuksilla ja ainoastaan Metsähallituksen omistamilla alueilla.

4.7 Maaston ominaisuudet, kasvupaikkatyypit ja puuston pituus

Havaintoaineiston lisäksi tarvittiin tietoa maaston ominaisuuksista. Maanmittauslaitoksen avoimesta tietolähteestä (Maanmittauslaitos, 2020) haettiin maaston korkeusmalli 2x2 metrin tarkkuudella olevana rasteriaineistona. Korkeusmalli koostuu laserkeilausaineistosta. Tätä aineistoa käytettiin analyysissä, jossa selvitettiin maaston kaltevuus ja rinteiden avautumissuunta havaintopisteen kohdalta. Analyysia varten aineisto muokattiin soveltuvaksi avoimella QGIS-ohjelmistolla. Tavoitteena oli saada tietoa, onko törmäyskohtien ja maastonmuotojen välillä yhteyttä. Samalla saadaan tietoa myös mihin ilmansuuntaan rinne avautuu törmäyskohdan ympärillä. Tieto ilmansuunnasta voi auttaa tulevaisuuden aitalinjausten suunnittelussa ja olemassa olevien aitojen merkitsemisen suunnittelussa. Hypoteesina tässä oli ajatus, että kanalinnut hakeutuvat etelän suunaan avautuville rinteille esimerkiksi kevään ensimmäisten pälvipaikkojen houkuttelemana.

Tieto kasvupaikkatyypistä haettiin Luonnonvarakeskuksen ylläpitämästä avoimesta tietokannasta (Luonnonvarakeskus, 2020), joka puolestaan on koostettu valtion metsien inventoinnista saaduista tiedoista. Kasvupaikkatyyppi jakautuu kivennäismaiden osalta 11 luokkaan ja soiden osalta kolmeen

luokkaan. Kasvupaikkatyyppi kertoo suoraan linnun elinympäristön hyödyntämisestä. Oletuksena kasvupaikkatyyppien vaikutus tulee näkymään voimakkaasti tuloksissa. Mustikka on tärkeä ravintokasvi metsäkanalinnuille (Taskinen, 1986), joten on oletettavaa, että myös törmäyshavainnot painottuvat mustikka- ja puolukkatyyppin kangasmetsiin.

Puuston pituus kuvaa metsän puuston keskimääräistä pituutta. Tässä työssä puuston pituuden selvittäminen antaa riittävän kuvan metsän rakenteesta yhdessä kasvupaikkatyyppin kanssa. Puuston pituus ja sitä kautta vallitsevan latvuspeitteen korkeus määrittävät, miten metsäkanalintu hyödyntää maanpinnan ja latvuston väliin jäävää ilmatilaa. Lennossa oleva metsäkanalintu pysyy usein vallitsevan latvuskerroksen alapuolella. Riekko on metsoon ja teereen verrattuna lähes aina maan- tai lumenpinnalla ravintokohteidensa läheisyydessä (Helle, 1982), ja tämä vaikuttanee myös riekon lentokäyttäytymiseen. Näin puuston pituus osaltaan ohjaa metsäkanalintujen käyttäytymistä. Tiedot puuston pituudesta saatiin Luonnonvarakeskuksen avoimista aineistoista (Luonnonvarakeskus, 2020), jotka puolestaan on kerätty valtion metsien inventoinneista. Taimikoissa puuston pituus on ainakin hetkellisesti matalampi kuin aitalinja. On siis mahdollista, että taimikot ovat varttuneempaa puustoa vaarallisempia paikkoja kanalinnuille.

4.8. Tilastolliset menetelmät ja mallinnus

Tilastollinen tarkastelu merkinnän vaikutuksesta törmäyksiin laskettiin kaksisuuntaisella varianssi-analyysillä (ANOVA) käyttäen SPSS-ohjelmistoa (IBM SPSS Statistics 25, SPSS, Inc., Chigaco, IL, USA). Muuttujina oli merkintä, sukupuoli, laji ja koepaikka. Parittaisvertailua tehtiin Tukeyn testillä. Kuvaajien ja taulukoiden laadinnassa käytettiin Microsoft Excel 365 Pro Plus -versiota.

Aineiston käsittely ja yhdistäminen toteutettiin QGIS -ohjelmistoa (QGIS.org, 2020) ja R -ohjelmointiympäristöä (R Core Team, 2020) hyödyntäen. Bayesilainen hierarkkinen mallinnus tehtiin R:n brms -paketin (Bürkner, 2018) avulla, joka on käyttöliittymä bayesilaisten yleistettyjen lineaaristen mallien sovittamiseen Stan -ohjelmistolla (Stan Development Team, 2020). Mallinnusta koskevat kuvaajat tehtiin bayesplot (Gabry ja Mahr, 2020), tidybayes (Kay, 2020) ja tidyverse (Wickham, 2019) -paketeilla. Mallien vertailu toteutettiin loo (Vehtari, 2020) -paketilla.

Menetelmänä tilastollisessa mallintamisessa käytettiin bayesilaista hierarkkista regressiomallia (McElreath, 2020). Havaintoaineisto tutkimuksessa on nollakyllästeinen (Zero-inflated), minkä pe-

rusteella malliksi valittiin nollakyllästeinen Poisson -sekamalli. Tällaisessa mallissa aineiston generoituu kahden rinnakkaisen komponentin tuloksena: Poisson -komponentti estimoii kaikkia lukumääriä (counts) ja nollakyllästeisyys -prosessi nollien lukumääriä (Hilbe, 2007).

Mallin perusrakenne johdettiin alkuperäisestä tutkimusasetelmasta, jossa selittävänä muuttujaa käytettiin aitojen käsittelyä. Mallin kompleksisuutta alettiin kasvattaa vaiheittain lisäämällä selittäviä muuttujia ja lopulta satunnaismuuttujia (random effect). Mallin kompleksisuuden kasvaminen tulisi huomioida tiukentamalla priori -jakaumia, jotka toimivat rajoitteena mallille (Gelman, 2020). Tämän vuoksi malleissa käytettiin informatiivisia, aiempaan tietoon perustuvia prioreita (Gelman ja Vehtari, 2020), joita kiristettiin kompleksisuuden kasvaessa. Mallien vertailu toteutettiin ”yksi-pois” ristiinvalidoinnin avulla (leave-one-out cross-validation), johon käytettiin ”loo-cv” -pakettia (Vehtari ja Gabry 2017).

Mallinnus toteutettiin kaikille kolmelle vyöhykkeelle samalla perusrakenteella. Selittäviksi muuttujiksi valittiin aitojen käsittely, puuston keskipituus, dtw-kosteusindeksi ja kasvupaikkatyypit (KPx). Satunnaismuuttujiksi (random effects) valittiin aitaajakso (yksittäinen aita) ja koeasetelman alue.

Aineiston käsittelyyn otettiin tulokset ajalta 7/2014–6/2015 (ks. menetelmät). Myös tunnistamattomiksi jääneet havainnot (11 kpl), sekä muut kuin kanalinnut (yksi korppi (*Corvus corax*) ja yksi räkättirastas (*Turdus pilaris*)) poistettiin analyyseistä niiden vähäisen määrän vuoksi. Myös Virtaniemen rajaesteaidan tulokset jouduttiin karsimaan rajavartiohenkilökunnan suorittaman epäsäännöllisen seurannan vuoksi. Kanalinnuista pyy (*Tetrastes bonasia*) (5 kpl) myös poistettiin. Näin havaintoaineisto muodostui 154 eri havainnosta. Huomionarvoista on myös talvikuukausien aikana havaittujen törmäysten vähäinen lukumäärä. Luultavia syitä tähän ovat havaintojen peittyminen lumen alle ja metsäkanalintujen aktiivisuus on muutenkin vähäisempää talvikuukausien aikana. Lisäksi metso ja teeri ovat lumiseen aikaan enemmän puissa, kuin riekko, joka viihtyy talvellakin maanpinnalla. Tutkimusaidoille jätettiin myös koe/kontrolliosuuksien lisäksi merkkamattomia aitaosuuksia (ks. kuva 2), joiden avulla haluttiin saada tietoa aitatörmäyksistä koeasetelmien ulkopuolella ja niiden ajateltiin tuovan esiin eroja, jotka liittyisivät alueellisiin eroihin ja näin havaittuihin törmäyksiin (taulukko 1). Kontrolliosuuksien tarkastelu koeasetelmasta irrallaan kertoi, että aluekohtaisia eroja on havaittavissa. Hankkeen ajallinen kesto ei ollut riittävän pitkä, jotta törmäysmäärien eroja eri aidoilla olisi voinut selittää esimerkiksi alueellisista riistakolmiolaskennoista saatavien riistatiheystietojen perusteella.

Työn tavoitteena oli saada tietoa myös elinympäristötekijöiden ja maastonmuotojen merkityksestä törmäyksiä selittävänä tekijänä. Vapaasti saatavilla olevat aineistot ja tutkimuksen aikana kerätty aineisto yhdistettiin R-ohjelmistoa käyttäen. Elinympäristöjen ja merkkeysten vaikutusten selvittämistä varten tutkimusaidat jaksoitettiin käsittelyiden perusteella id- numeroin. Yksi jakso on sama asia kuin yksi käsittely tai kontrolli. Tutkimuksen aitajaksojen kokonaismäärä oli 239. Kasvupaikkatekijöiden, puuston keskipituuden, rinteiden viettosuunnan ja rinteiden avautumissuunnan vaikutuksen merkitystä havaittuihin törmäyksiin arvioitiin Bayes-tilastotieteen menetelmiä käyttäen. Bayes-mallilla saatiin esille muuttujien välisiä suhteita tai eroja. Haluttiin tietää, onko olemassa joitakin sellaisia muuttujia, joiden esiintyvyys aitajaksolla lisää, tai ei lisää varmuutta törmäyksen tapahtumiselle.

Elinympäristömuuttujia tutkittiin kolmella eri säteellä, joista pienin etäisyys oli 50 metriä, toinen 100 metriä ja suurin 300 metriä GPS-pisteen ympäriltä. QGIS-ohjelmistolla muodostettiin aitajaksolle vaikutusvyöhykkeet 50 metriä, 100 metriä ja 300 metriä. Valtakunnan metsien inventointiaineisto (saatavilla Luonnonvarakeskuksen aineistopalvelusta) koostui rasterimuotoisesta tiedosta, eli pikseleistä. Pikseli koostuu kasvupaikkatiedosta ja yhden pikselin koko on 16 m x 16 m, eli 256 neliömetriä. Aitajaksojen eri kasvupaikkapikseleiden aloja laskemalla saatiin laskettua kunkin kasvupaikkatyyppien prosentuaaliset peittävyudet kullekin jaksolle. Valtion metsien inventoinnissa kasvupaikkaluokat ovat: 0. Vedet, tiet, rakennukset, 1. Lehto, 2. Lehtomainen kangas, 3. Tuore kangas, 4. Kuivahko kangas, 5. Kuiva kangas, 6. Karukkokangas, 7. Kalliot ja hietikot, 8. Lakimetsä, 9. Tunturikoivikko, 10. Avotunturi, 32. Korpi, 33. Räme, 34. Avosuo. Tutkimusalueiden olosuhteista ja analyysin yksinkertaistamisesta johtuen luokkia yhdistettiin, jolloin lopullisiksi kasvupaikkaluokiksi tuli: 0. Vedet, tiet, rakennukset, 1. Lehto ja lehtomainen kangas, 2. Tuore kangas, 3. Kuivahko ja kuiva kangas, 4. Karukkokangas ja kalliot/hietikot, 5. Lakimetsä, 6. Tunturikoivikko, 7. Avotunturi, 8. Korpi ja räme, 9. Avosuo. Luokkien peittävyudet laskettiin erikseen jokaiselle vyöhykkeelle.

Puuston keskipituus on valtion metsien inventoinneissa kerättyä tietoa, ja myös se haettiin Luonnonvarakeskuksen avoimen aineiston latauspalvelusta. Puuston keskipituus laskettiin jokaiselle aitajaksolle erikseen ilman luokitusta. Puuston pituuden vaikutuksen toteamista varten pituus jaettiin luokkiin 0-1,3 m, 1,4-7 m, 7,1-8,5 m, 8,6-10,0 m, 10,1-11,5 m, 11,6-13,0 m, 13,1-15,0 m. Rinteiden kaltevuus ja rinteiden viettosuunta-aineisto on Maanmittauslaitoksen keräämää tietoa, joka on vapaasti saatavilla. Korkeusmalliksi valittiin 2 m x 2 m tarkkuudella oleva maastonkorkeusmalli, josta QGIS-ohjelmalla laskettiin kullekin aitajaksolle kaltevuus sekä

viettosuunta 50 metrin matkalta. Vyöhykkeen leventäminen sataan- ja kolmeensataan metriin vaimensi liikaa kaltevuuden ja viettosuunnan vaikutusta, joten niitä ei otettu mukaan. Kaltevuus tarkoittaa keskimääräistä rinteiden jyrkkyyttä kullakin aitagaksolla ja viettosuunta kuvaa ilmansuuntaa johon rinne avautuu. Nämä tiedot yhdistämällä luotiin malli, jonka jakauma kuvaa havaitun törmäystapahtuman mahdollisuutta yhdessä elinympäristömuuttujien kanssa.

Viettosuunta aidoilla osoittautui voimakkaasti eteläpainotteiseksi, ja sen kuvaaminen vyöhykkeille osoittautui vaikeaksi. Rinteiden vaikutuksen arvioimista kokeiltiin seuraavaksi maaperän kosteutta kuvaavalla DTW- mallilla. Maaperän kosteusindeksi on saatavilla Luonnonvarakeskuksen avoimesta aineistojen latauspalvelusta (Luonnonvarakeskus, 2020). Maaperän kosteusindeksi on muodostettu Maanmittauslaitoksen tuottamasta 2 m x 2 m korkeusmallista. Kosteusindeksi (twi) on laskettu kaavalla:

$$twi = \ln (A \tan \beta)$$

jossa, twi on topografisen kosteusindeksin arvo rasteripikselissä, A on yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala (m^2m^{-1}) ja β on rinnekaltevuus (asteina). DTW-malli (Murphy, 2011) on tästä muodostettu malli, joka kuvaa maan pintakerroksen kosteusoloja eri syvyyksillä ja sen käytössä on mahdollista huomioida erilaisia sääoloja kynnsarvon pinta-alaa muuttamalla. Malli on tuotettu eri kosteusolosuhteille. Erittäin märissä olosuhteissa pinta-alan kynnsarvona on 0,5 hehtaaria ja kuivissa olosuhteissa kynnsarvo on 10 hehtaaria. Tähän työhön valittiin yhden hehtaarin kynnsarvo. Kynnsarvo on arvo, johon sadevesi kykenee muodostamaan maanpinnalle näkyvän uomien. Malli perustuu korkeusmalliin, eikä se huomioi esimerkiksi maalajia tai sääolosuhteita, ja näiden aiheuttamaa epävarmuutta (Ågren, 2015).

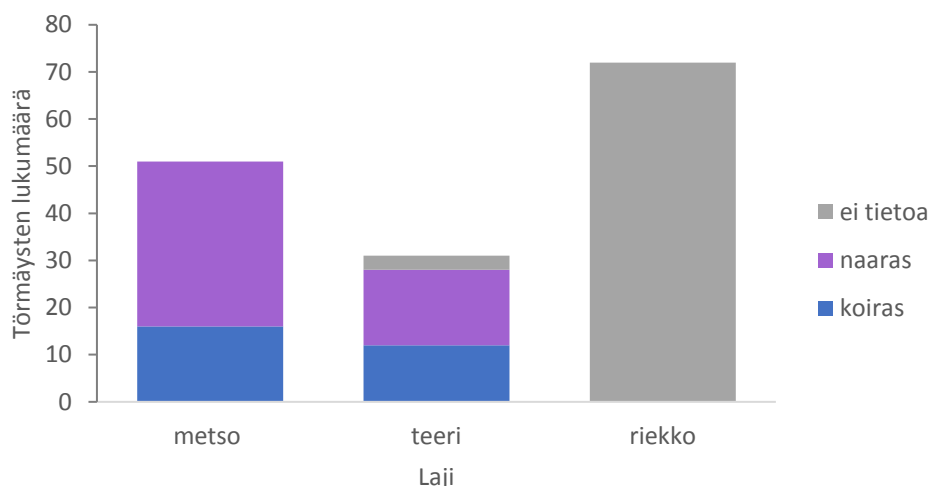
$DTW (m) = \left[\sum \frac{dz_i}{dx_i} \alpha \right] x_c$ jossa, dz_i/dx_i on pikselin kaltevuus, i kuvaa kallistuksen suuntaa, α kuvaa rinteiden muotoa ja x_c on pikselin koko.

Kuvaajissa pienet arvot tulkitaan kosteiksi paikoiksi ja suuret arvot kuiviksi ympäristöiksi.

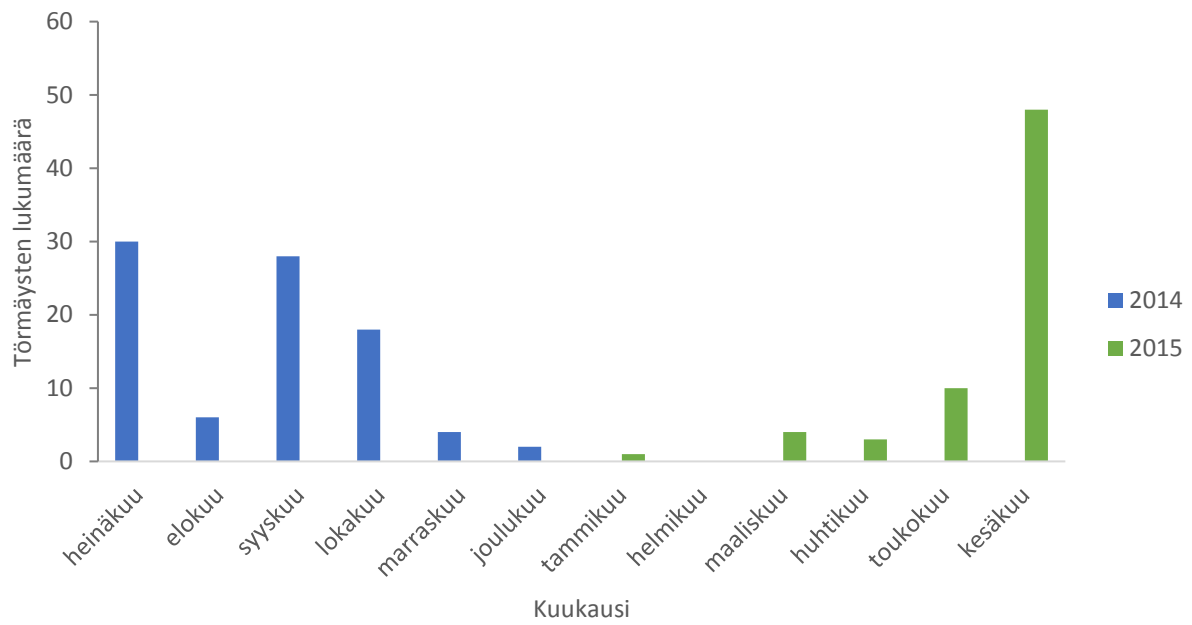
5. Tulokset

5.1 Törmäykset

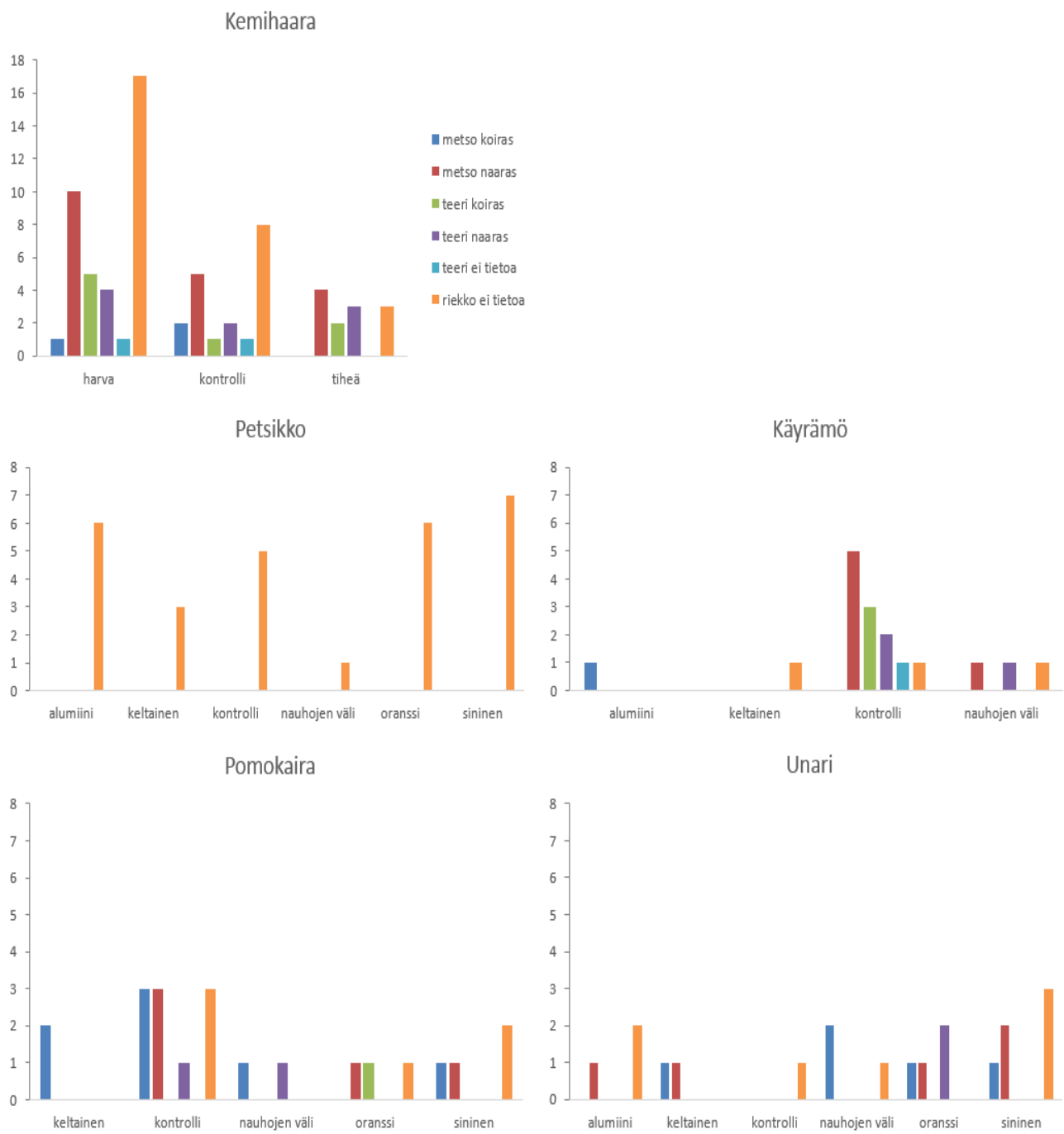
Tutkimusjakson aikana aidoilta saatiin kerättyä 330 tunnistettua metson, teeren, riekon ja pyyn törmäystä. Törmäyksistä 154 oli analyysihin varmuudella tunnistettuja käyttökelpoisia havaintoja: Kemihaarasta 69, Petsikosta 28, Unarista 19, Pomokairasta 21 ja Käyrämöstä 17. Riekon sukupuolta ei määritelty, metson ja teeren kohdalla törmäykset olivat naarasvoittoisia (kuva 3). Kuukaudella oli merkitystä löydettyihin törmäyksiin (kuva 4), esimerkiksi helmikuussa ei löydetty yhtään aidan ja riistalinnun välistä kontaktia. Aitoja ja niiden käsittelyjä katsottaessa voidaan nähdä sinisen värin ehkä yllättäväkin vaikutus. Petsikossa ja Unarissa sininen nauhaosuus keräsi eniten törmäyksiä (kuva 5). Käyrämössä kontrolliosuudelta löytyi eniten törmäyksiä. Kemihaaran harvalta harusmerkinnältä löytyi 17 riekon törmäystä, kun tiheältä merkinnältä löydettiin 3 riekkoa. Harusmerkintöjen kontrolliosuudelta riekkoja löytyi kahdeksan kappaletta (kuva 5). 7/2014-6/2015 välisen aikajakson aineistossa oli 73 kappaletta kuolleena aidan välittömästä läheisyydestä löydettyjä metsäkanalintuja. Lajilla, sukupuolella, merkinnällä tai kuukaudella ei ollut tilastollista merkitsevyyttä törmäyksiin. Paikoista Kemihaarassa oli tilastollista merkitsevyyttä törmäyksiin. Kaikkia käsittelyitä yhdessä tarkasteltaessa riekon osuus törmäyksistä on suurin kaikilla käsittelyillä, paitsi harvalla haruksella, jolta löytyi 4 naarasmetsoa ja kolme riekkoa (kuva 6), kontrolliosuudet keräsivät kaikkiaan 13 metsonaaraan osumaa. Tarkasteltaessa aitojen merkkeamattomia kontrolliosuuksia, törmäystiheyksissä oli paikkakohtaisissa eroja (taulukko 1).



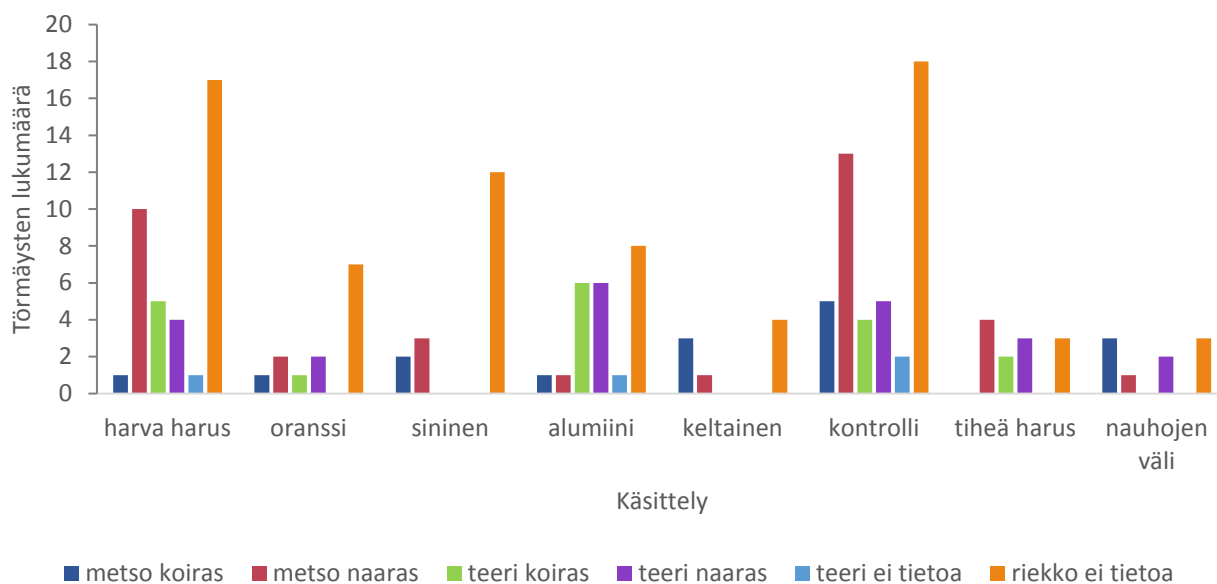
Kuva 3. Tutkimusjakson aikana havaittujen törmäysten määrä ja jakauma lajeittain ja sukupuolittain. Riekon sukupuolta ei ole määritetty.



Kuva 4. Kuukausittaiset törmäykset tutkimusjakson aikana vuosina 2014–2015.



Kuva 5. Törmäysten lukumäärä lajeittain ja sukupuolittain eri käsittelyillä eri tutkimusaidoilla tutkimusjakson 2014–2015 aikana.



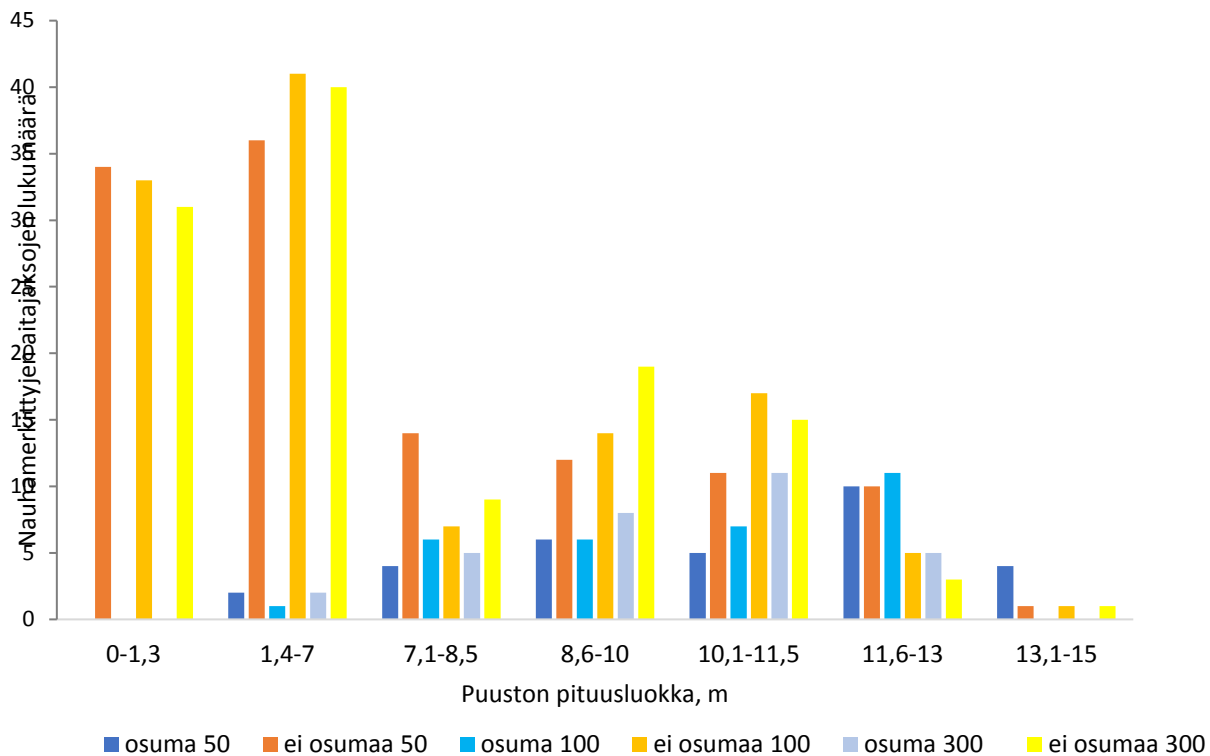
Kuva 6. Törmäykset lajeittain ja sukupuolittain eri käsittelyillä.

Taulukko 1. Törmäykset koasetelmien kontrollikäsittelyissä tutkimusjakson 2014–2015 aikana. Koasetelman kontrollikäsittely ja paikan merkkaamaton aitajakso on yhteenlaskettuna sarakkeessa kontrolli/km.

Paikka	Törmäyksiä kpl	Kontrolli km	Törmäyksiä /km
Käyrämö	12	6,5	1,8
Petsikko	5	5	1
Pomokaira	10	13,5	0,7
Unari	1	3	0,3
Kemihaara	19	10	1,9

5.2 Puuston pituus

Puuston pituuden vaikutusta metson osumiin tehtiin näkyväksi jakamalla aitaosuudet pituusluokkiin ja yhdistämällä kuhunkin pituusluokkaan tieto siitä, onko kyseisellä aitaosuudella osumaa vai ei. Lisäksi tarkastelu suoritettiin vyöhykkeillä 50 m, 100 m ja 300 metriä. Matalimmassa 0-1,3 m luokassa ei ollut yhtään osumaa milläkään vyöhykkeellä. Törmäysten ilmaantuvuus kasvaa, kun puuston pituus on yli seitsemän metriä. Eniten metson osumia löytyi kolmesta pituusluokasta välillä 8,6-13,0 m. Vyöhykkeittäin tehty tarkastelu ei suuresti vaikuttanut törmäysten ilmaantuvuuteen (kuva 7).



Kuva 7. Nauhamerkittyjen aitajaksojen määrät puuston pituusluokittain, joilla havaittiin tai ei havaittu metson osumaa tutkimusjakson 7/2014-6/2015 aikana. Pystyakselilla aitajaksojen lukumäärä. Vaaka-akselilla puuston pituusluokat. Osuma 50, 100 ja 300 pylvääts kuvaavat tarkasteluvyöhykkeittäin, kuinka monella aitajaksolla havaittiin törmäys. Ei osumaa 50, 100 ja 300 pylvääts kuvaavat tarkasteluvyöhykkeittäin, kuinka monella aitajaksolla ei havaittu törmäystä.

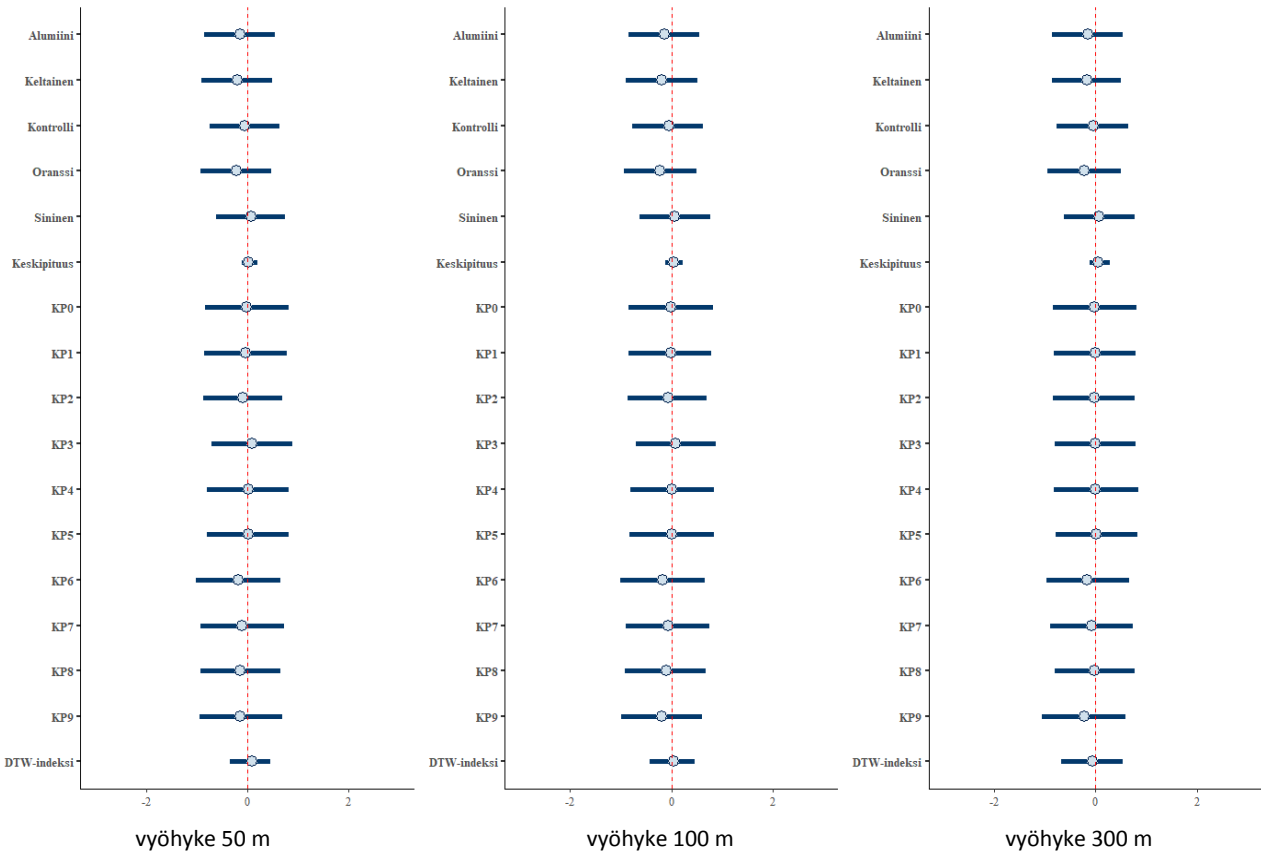
5.3 Bayes-mallinnus

Ympäristömuuttujien ja käsittelyjen vaikutus laskettiin riekolle ja metsolle. Teeren kohdalla saatu havaintomäärä jäi liian pieneksi mallinnuksen luotettavuuden kannalta. Kemihaaran haruskoeasetelmat esitetään kahdessa osassa, itäisenä ja läntisenä, molemmat lajit erikseen. Muiden alueiden nauhakoeasetelmat esitetään lajeittain. Yhteistä metsolle ja riekolle on kasvupaikkatyyppien vaihtelun laaja jakauma, ja jakaumahuipun sijoittuminen lähelle nollaa. Tämä tarkoittaa, että kasvupaikalla ei ole selkeää roolia törmäyksiä selittävänä tekijänä. Joitakin eroja törmäysvarmuudessa kuitenkin havaittiin. Puuston pituuden jakauma on kapea, joten pituuden aiheuttama epävarmuus on pientä ja kasvava puuston pituus näyttäisi pienentävän törmäysvarmuutta.

5.3.1 Metso nauhakoeasetelma

Mielenkiintoinen tulos oli, että puustoisten soiden vaikutus havaittuihin törmäyksiin oli negatiivinen. Avosoiden vaikutus oli myös negatiivinen ja negatiivinen vaikutus kasvoi tarkasteluvyöhykkeen kasvaessa. Kuivan ja kuivahkon kankaan tai tuoreen kankaan määrä

vyöhykkeillä ei puolestaan juuri lisää ennustetta törmäyksen tapahtumiselle. Tarkasteluvyöhykkeen kasvattaminen 300 metrin tasolle tasoittaa edelleen eri elinympäristöjen vaikutusta ennustettaessa törmäyksen tapahtumista. Nauhoista oranssi ja keltainen näyttävät vähentävän törmäysvarmuutta, kun sininen lisää sitä (kuva 8).

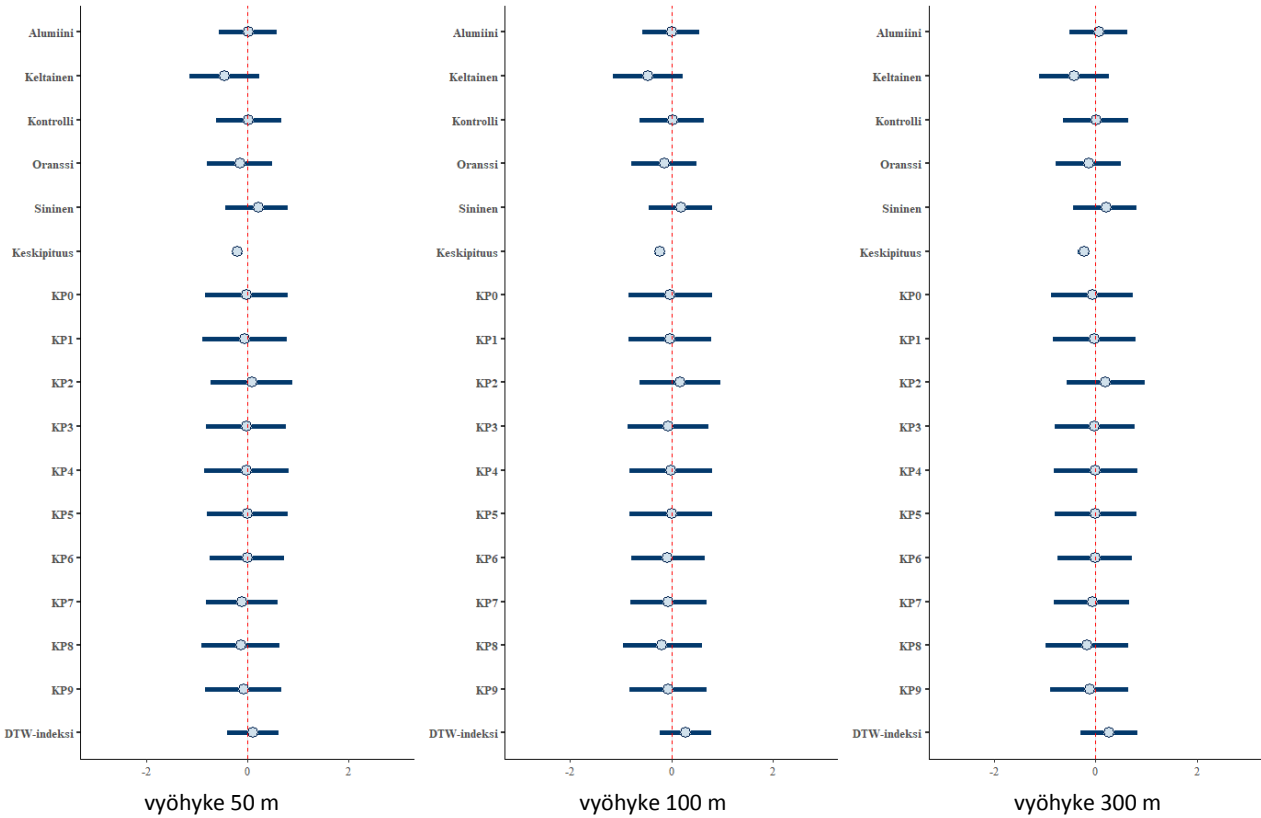


Kuva 8. Metso, nauhakoeasetelman mallinnuksen tulos 50, 100 ja 300 metrin tarkasteluvyöhykkeittäin. Pystyakselilla merkintämenetelmät, puuston keskipituus, kasvupaikkaluokat, sekä DTW- indeksi. Vaaka-akselilla vaikutuksen suunta.

5.3.2 Riekko nauhakoeasetelma

Riekon osalta voidaan havaita kasvupaikkatyyppien välillä mahdollista selitysvoimaa törmäysvarmuuteen. Elinympäristön merkitys näkyy voimakkaimmin kuivan ja kuivahkon kasvupaikan törmäysvarmuutta lisäävänä vaikutuksena. Kolmensadan metrin vyöhykkeen tarkastelussa tuoreen kankaan vaikutus lisää törmäysvarmuutta. Puustoiset suot näyttäisivät vähentävän, mutta avosuot kasvattavan mallin mukaan törmäystodennäköisyyttä 100 metrin vyöhykkeellä, mutta avosoiden selitysvoima vähenee vyöhykkeen kasvaessa. Kasvavan DTW-indeksin vaikutus näyttäisi voimistuvan tarkasteluvyöhykkeen kasvaessa, lisäten näin törmäysvarmuutta ja lisäksi DTW:n vaikutus voimistuu tarkasteluvyöhykkeen kasvaessa. Keltaisella

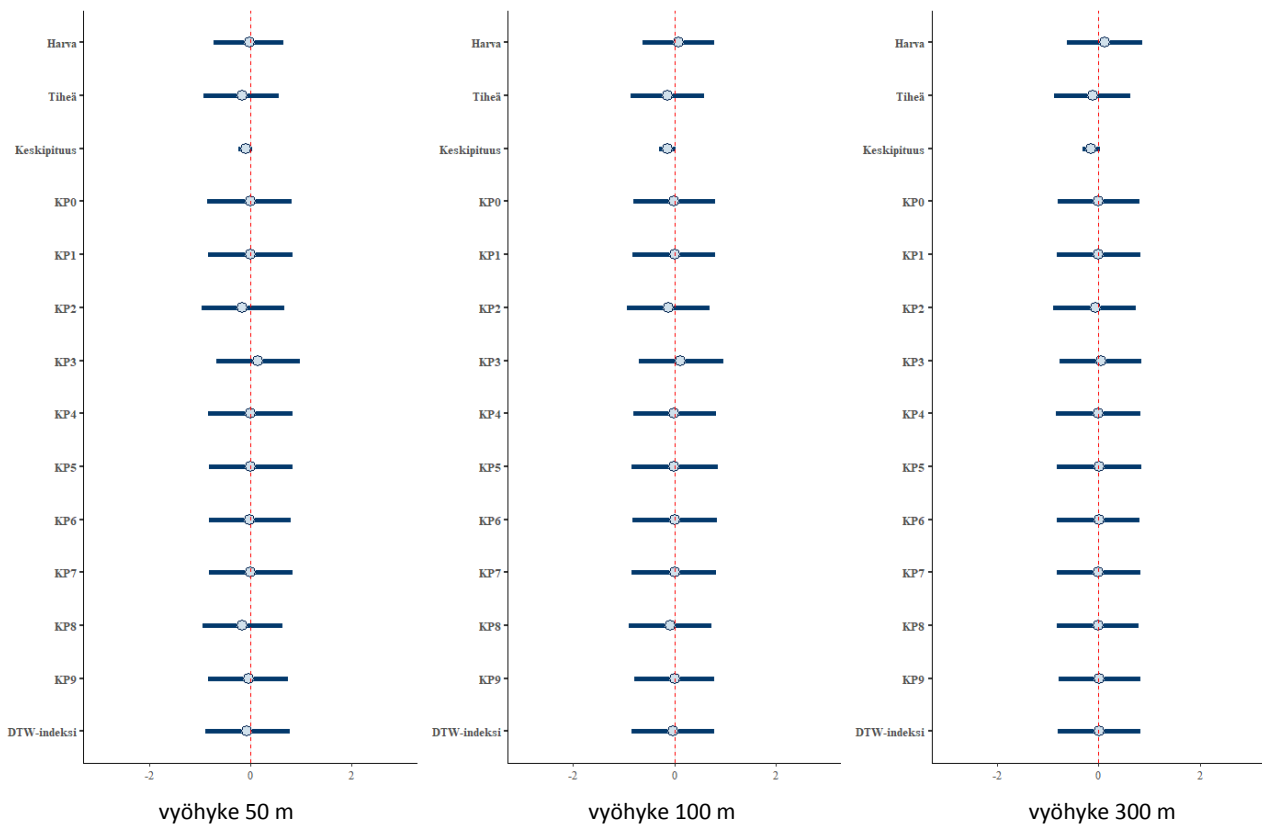
merkinnällä voi olla törmäysvarmuutta vähentävä vaikutus muihin nauhan väreihin verrattuna (kuva 9).



Kuva 9. Riekko, nauhakoeasetelman mallinnuksen tulos 50, 100 ja 300 metrin tarkasteluvyöhykkeittäin. Pystyakselilla merkintämenetelmät, puuston keskipituus, kasvupaikkaluokat, sekä DTW- indeksi. Vaaka-akselilla vaikutuksen suunta.

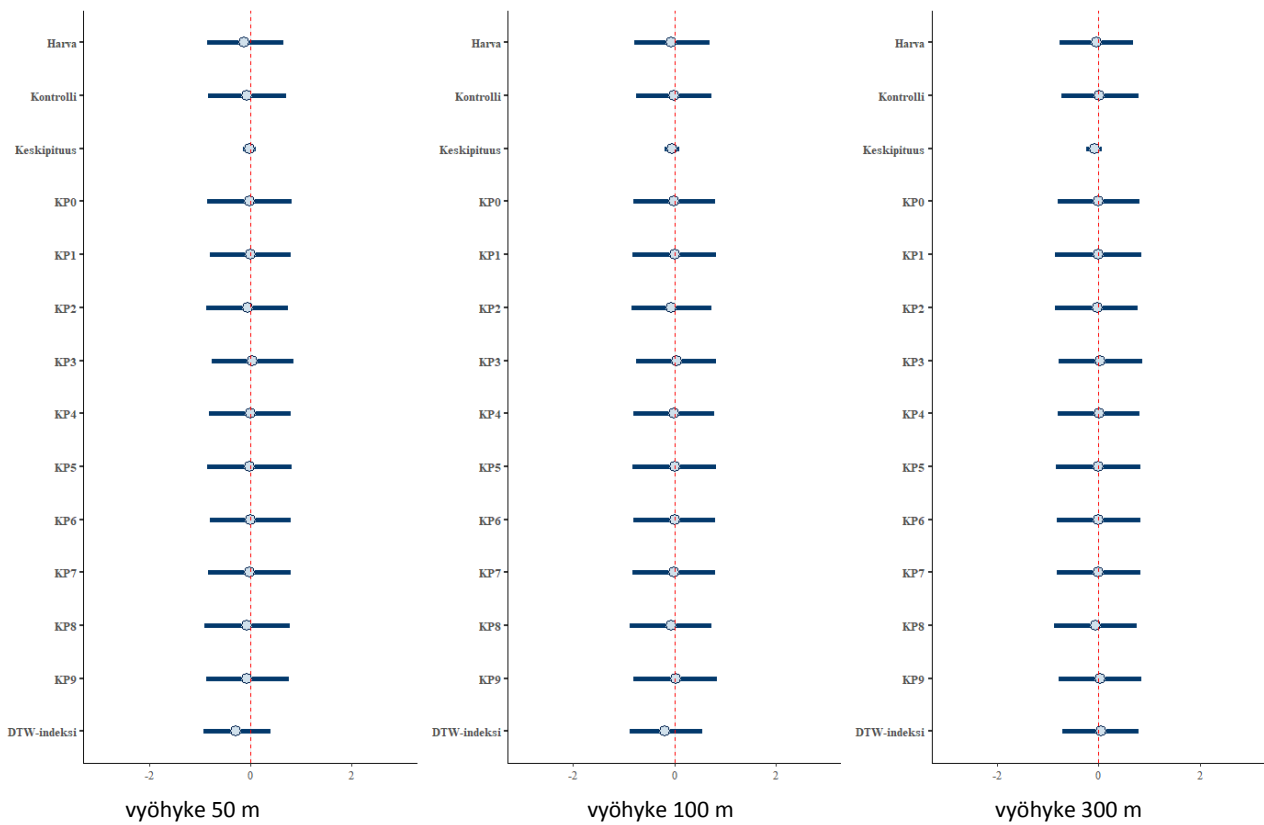
5.3.3 Metso harus

Mallin perusteella kuivahkot ja kuivat kankaat näyttävät aiheuttavan vähemmän törmäysvarmuutta verrattuna tuoreeseen kankaaseen, mutta erot tasoittuvat vyöhykkeen kasvaessa. Puustoiset suot vähentävät hiukan törmäysvarmuutta 50 metrin vyöhykkeellä, mutta suotyyppien ero häviävät vyöhykkeen kasvaessa. Tihennetty harusvaijerimerkintä Kemihaara itäisellä vaikutti vähentävästi törmäysvarmuuteen verrattuna harvaan harusvaijerimerkintään (kuva 10).



Kuva 10. Metso, Kemihaara, itäinen, harusvajerimerkkikokeen mallinnuksen tulos 50, 100, ja 300 metrin tarkasteluvyöhykkeittäin. Pystyakselilla merkintämenetelmät, puuston keskipituus, kasvupaikkaluokat, sekä DTW- indeksi. Vaaka-akselilla vaikutuksen suunta.

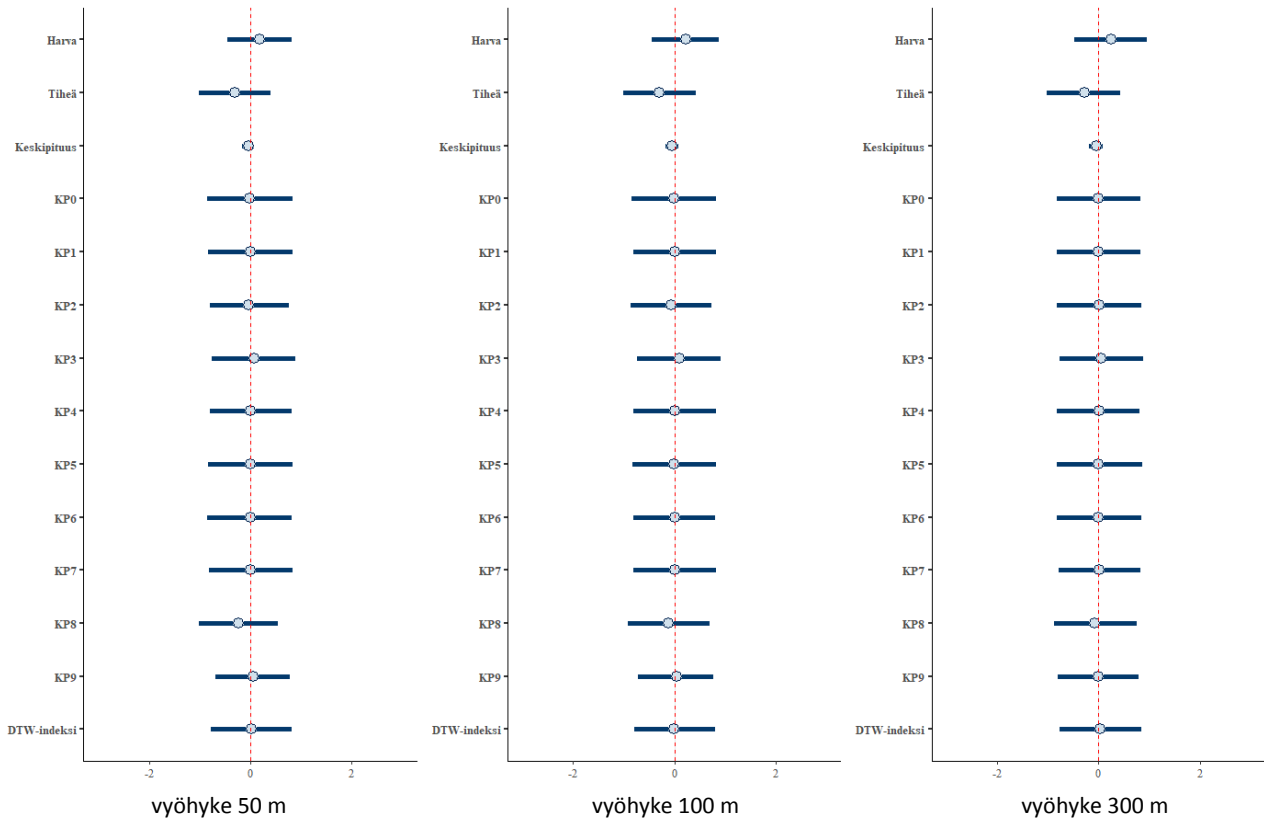
Kemihaaran läntisellä osuudella, joka muodostui kontrolleista ja harvasta merkinnästä, on tulosteiden perusteella nähtävissä törmäyksiä vähentävä vaikutus, joskin erot ovat pieniä. Kasvupaikkojen vaikutusta törmäysvarmuuteen ei juuri ole nähtävissä. DTW- indeksin vaikutus näkyy Kemihaaran läntisellä siten, että 300 metrin vyöhykkeellä lisääntyvä kuivuus lisää DTW- indeksin selitysvoimaa törmäystodennäköisyyteen (kuva 11).



Kuva 11. Metso, Kemihaara, läntinen, harusvajierimerkkikokeen mallinnuksen tulos 50, 100, ja 300 metrin tarkasteluvyöhykkeittäin. Pystyakselilla merkintämenetelmät, puuston keskipituus, kasvupaikkaluokat, sekä DTW- indeksi. Vaaka-akselilla vaikutuksen suunta.

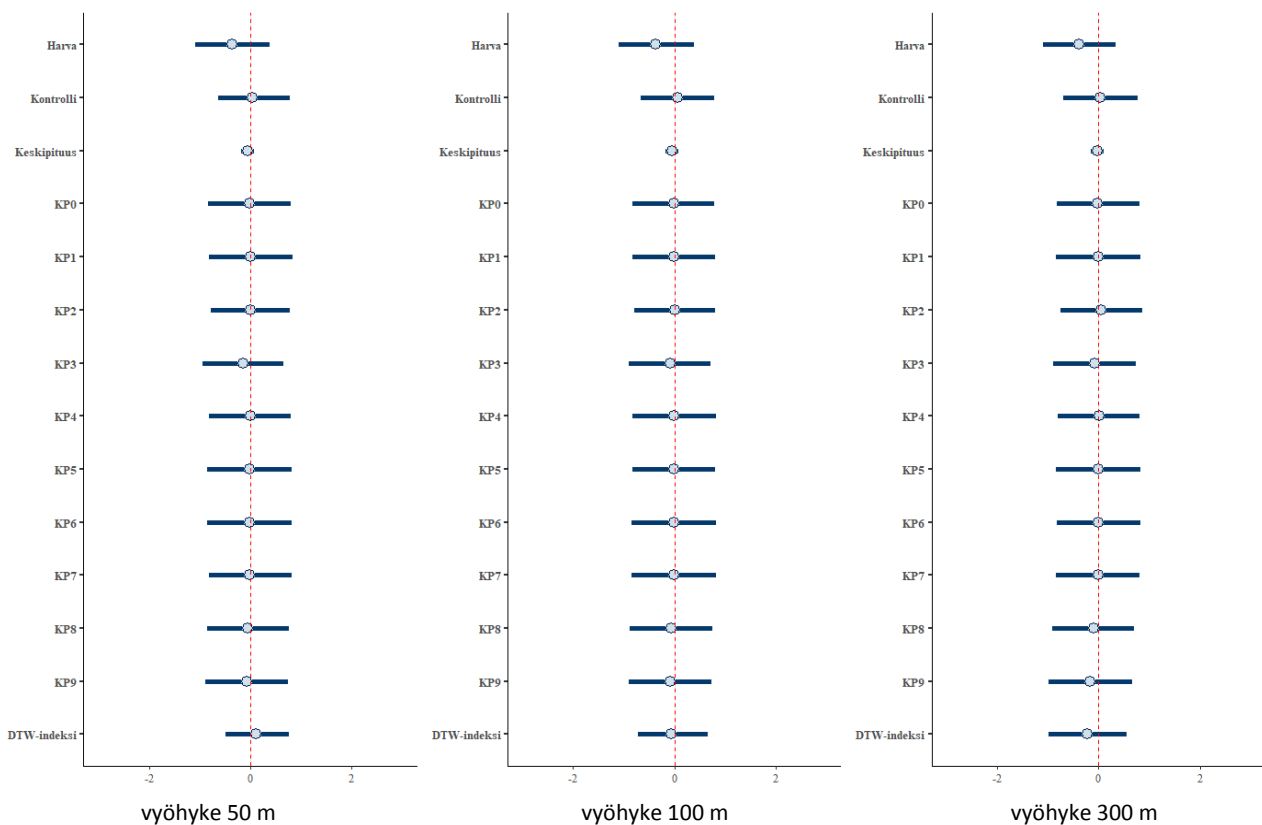
5.3.4 Riekko harus

Kemihaaran itäinen tihennetty merkintä tuottaa mallissa riekolle vähemmän törmäysvarmuutta verrattuna harvaan merkintään. Korvet ja rämeet vaikuttaisivat vähentävän riekon törmäysvarmuutta. Muiden kasvupaikkojen ja DTW- indeksin selitysvaikutus on varsin vähäinen (kuva 12).



Kuva 12. Riekko, Kemihaara, itäinen, harusvajerimerkkikokeen mallinnuksen tulos 50, 100, ja 300 metrin tarkasteluvyöhykkeittäin. Pystyakselilla merkintämenetelmät, puuston keskipituus, kasvupaikkaluokat, sekä DTW- indeksi. Vaaka-akselilla vaikutuksen suunta.

Kemihaaran läntisellä osuudella harva harusmerkintä vähentää riekon törmäysvarmuutta verrattuna merkitsemättömään kontrolliin. Kasvupaikkojen vaikutus on vähäinen, mutta DTW-indeksillä lienee 50 metrin vyöhykkeellä törmäysvarmuutta lisäävä vaikutus. Lisääntyvä kuivuus siis lisää riekon riskiä törmätä aitaan. Vaikutus kuitenkin vähenee tarkasteluvyöhykkeen kasvaessa (kuva 13).



Kuva 13. Riekko, Kemihaara, läntinen, harusvajerimerkkikokeen mallinnuksen tulos 50, 100, ja 300 metrin tarkasteluvyöhykkeittäin. Pystyakselilla merkintämenetelmät, puuston keskipituus, kasvupaikkaluokat, sekä DTW- indeksi. Vaaka-akselilla vaikutuksen suunta.

5.4 Riistakamerakoe

Riistakamerakoe vahvasti käsitystä raadonsyöjien toiminnasta. Tutkimuksen aikana koemateriaalina käytetty riekko hävisi 39 kertaa ja löytyi koskemattomana 41 kertaa. Aitalinjan välittömässä läheisyydessä olleista riekoista hävisi 22 riekkoa kun etäällä aidasta olleet kontrolliriekot hävisivät 17 kertaa. Kuvien purkamisvaiheessa selvitettiin myös aikaa, joka kului kamera-asetelman perustamisesta ensimmäisen raadonsyöjän näyttäytymiseen tai koeriekon häviämiseen kameran näkökentästä. Aidan varrella raadonsyöjä näyttäytyi tai raato katosi keskimäärin 106 tunnin kuluttua asetelman rakentamisesta, kun kontrollikameroilla aika oli 99 tuntia. Tehokkain koeriekkoja löytänyt laji oli korppi, jonka todettiin hyödyntäneen raadon 17 kertaa. Näätä hyödynsi raadon kymmenen kertaa. Näädän aktiivisuus lisääntyi lumipeitteen tultua maahan. Kettujen kohdalla havaittiin, että toisinaan ne välttävät koskemasta kuolleeseen riekoon ja kiertävät sen matkan päästä.

6. Tulosten tarkastelu

Analyyseihin käyttökelpoisten havaintojen perusteella ja R- ohjelmistolla laskettujen jakaumien perusteella on vaikeaa sanoa mitään kasvupaikkamuuttujien vaikutuksesta havaittuihin törmäyksiin. Kasvupaikkojen jakaumat olivat laajalle alalle levinneitä ja suurinta varmuutta osoittavat arvot olivat varsinkin metson tapauksessa usein nollan ympärillä. Nauhakoeasetelmat eivät mallinnuksen perusteella tuottaneet vaikutusta törmäysvarmuuteen. Kuukausittaiset erot varsinkin talven osalta selittyvät aitoihin törmänneiden lintujen jäänteiden ja törmäysjälkien hautautumisesta lumipeitteen alle, jotka löytyvät vasta keväällä lumen sulaessa. Syksyn piikkiä selittää ihmistoiminnan vilkastuminen maastossa ja lintujen luontainen liikkumisen lisääntyminen esimerkiksi metsopoikueiden hajoamisen seurauksena (Helle, 2004) ja riekon liikkussa ravinnon perässä lumipeitteen mukaan (Helle, 1982)

Ainoastaan keltaisella värillä voitiin havaita mahdollinen törmäyksiä vähentävä vaikutus. Keltainen väri yhdistettynä tiheään harusvaijerimerkintään voisi olla toimiva menetelmä. Metsolla harusvaijerimerkkaus ei näyttänyt toimivan niin tehokkaasti kuin riekon kohdalla. Mahdollisuuksien mukaan menetelmää voisi edelleen tehostaa lisäämällä edelleen merkintämateriaalin määrää aidassa. Kaltevuuden ja viettosuunnan korvannut maaperän kosteusoloja kuvaava DTW-indeksi osoittautui selitysvoimaiseksi muuttujaksi. DTW-indeksin painottuminen positiiviselle puolelle mallin tulosteissa tarkoittaa että, kuivan maapohjan, siis kuivien kasvupaikkojen määrä tarkasteluvyöhykkeellä vaikuttaa törmäyksiä lisäävästi. Naarasmetson osalta tähän voisi liittyä myös pälvien, eli aikaisin lumen alta paljastuvien kohteiden houkuttavuus keväällä (Helle, 2004) sekä riekon liikkuminen ravinnon perässä kosteissa ympäristöissä (Pulliainen, 1982). Arvoitukseksi kuitenkin jäi korpien ja rämeiden vaikutuksen negatiivinen vaikutus tuloksiin. Kyseiset kasvupaikat kuitenkin ovat metsolle ja metsopoikueille merkityksellisiä ainakin osan vuotta (Helle, 2004.) ja riekolle miltei koko vuoden kierron ajan (Linden, 1996.)

Puuston pituus suhteessa kanalintujen törmäyksiin aidoilla toimi analyyseissä selitysvoimaisena muuttujana. Syynä tähän voi olla pituuden ja tiheyden korrelaatio, eli puuston pituuden kasvaessa metsikön runkoluku muuttuu pienemmäksi ja näin myös kanalinnuille suotuisammaksi. Aitajaksojen pituusluokkia tarkasteltaessa metson osumat painottuvat yli seitsemän metriä korkeisiin puustoihin. Tulos on linjassa Taskisen (1986) kanssa, jossa naarasmetsojen todetaan suosivat yli

seitsemän metrisiä puustoja talvielinympäristössään. Metsokoiraat puolestaan valitsevat ruokailupuunsa puuyksilön perusteella, joten puuston pituuden vaikutus on luultavasti vaikeampi todeta. Riekko on suurimman osan vuotta maanpinnalla matalakasvuisten ravintokasvien läheisyydessä (Taskinen, 1986 ja Miettunen, 2010). Riekon viihtyminen maanpinnalla aiheuttaa sille luultavasti muita metsäkanalintuja suuremman riskin joutua aitaan törmäyksen uhriksi, kun vastaavasti metso ja teeri viihtyvät enemmän puuston latvuserroksessa.

Kemihaara erosi muista alueista osumien määrän suhteen. Mahdollinen syy tähän voi olla paikallisissa riistatiheyksissä, mutta kokeen keston vuoksi riistakolmioiden laskentatuloksia ei otettu mukaan tarkasteluun. Myös mallinnus havaitsi eroja paikkojen välillä ja yksi syy tähän on Petsikon alue, jonka havainnot muodostuvat ainoastaan riekosta. Koko tutkimuksen aikana saatu havaintoaineisto oli huomattavasti suurempi, kuin mitä itse analyysihin oli mielekästä käyttää, mutta yllättäen tällä ei ollut merkitystä jakaumien muotoon. Sukupuoli ei tässä tutkimuksessa osoittautunut merkittäväksi muuttujaksi, vaikka Skotlannin riistaesteaitatutkimuksissa sukupuolten välisistä eroista saatiinkin viitteitä (Baines ja Andrew, 2003)

Tulokset vahvistavat edelleen käsitystä, että porosteaidat aiheuttavat vahinkoja metsäkanalinnuille. Kontrolliosuuksien seurannat antoivat samansuuntaista tietoa törmäysten määrästä kuin Norjan ja Skotlannin aitatutkimukset (Bevanger, 1994 ja Catt, 1994). Suoraan kysymykseen lintujen varmasta kuolleisuudesta aitoihin ei edelleenkään voi antaa vastausta, koska ei voida tietää aiheuttiko törmäys kuolemaa. Riistakamerakokeella saatiin kuitenkin tietoa raadonsyöjäeläinten liikkeistä aitojen varsilla ja havaittiin, että maastoon jätetyt kuolleet riekot ovat osa raadonsyöjien ravinnosta. Olisi ollut mielenkiintoista asentaa kamera havainnoitsijan löytämälle raadolle ja seurata, mitä sille tapahtuu. Menetelmän toteutus ei luultavasti ollut tarkkavainuista kettua ajatellen paras mahdollinen. Tämän kokeen tuloksia olisi pitänyt hyödyntää myös mallinnuksessa. Kokeessa käytössä olleet merkkkausmenetelmät eivät vähentäneet tilastollisesti osumien määrää. Toisaalta tiheä harusmerkkkaus hierarkkisen lineaarisen regressiomallin menetelmällä mallinnettuna asettui riekon osalta negatiiviselle puolelle, muodostaen näin koko koeasetelman selkeimmän tuloksen.

Kasvupaikkojen osuuksien ilmenemisen aitalinjalla eri vyöhykkeillä odotettiin tuovan esille tekijöitä aitaan osumisen taustalla ja kertovan näin kanalintujen elinympäristöjen ja aitalinjan vuorovaikutuksesta. Vaikka kanalintujen elinympäristövaatimukset tunnetaan hyvin, (Miettinen,

2011) on kuitenkin mahdollista, että rajallisella havaintojoukolla tätä ei saada esille (Helle, 1990). Yksi mahdollisuus lähestyä poroaitojen vaikutuksia metsolle olisi ollut soidinpaikkojen etsiminen aitojen läheisyydestä. Yhdysvalloissa marunakanan ja paikallisten karja-aitojen kohdalla havaittiin törmäysriskin kasvaminen, mikäli aitalinja ja soidin olivat lähellä toisiaan. Tutkimukseen valikoituneilla alueilla ja aidoilla oli riittämättömät tiedot soidinten sijainneista, joten niiden vaikutus jää tuntemattomaksi, mutta vaikutukseltaan mahdolliseksi.

Tämän työn perusteella jatkotutkimustarve kohdistuu poroaitavahinkojen määrän ja vaikutusten tarkempaan selvittämiseen ja edelleen niille yhteisten maaston ominaisuuksien tunnistamiseen. Seurantajakson pidentäminen toisi myös tietoa poroaitojen metsäkanalinnuille aiheuttaman kuolleisuuden luoteesta, eli onko kyseessä additiivinen vai kompensatiivinen kuolleisuustekijä (Dobson, 1988) ja miten riistatiheydet siihen vaikuttavat. Fretwellin ja Lucasin (1969) teorian mukaan harvassa populaatiossa eläimet hakeutuvat parhaisiin kohteisiin ja eläintiheyden kasvaessa myös heikommat ympäristöt asutetaan, joten luultavasti metsäkanalintutiheyksien vaihtelu näkyy myös aitojen aiheuttamissa metsäkanalintuvahingoissa. Nauha-asetelmat saa unohtaa tehottomina ja sääolosuhteita kestävämmän, joten aitarakennelmien riistaturvallisuutta tulee lähestyä harusvaijerimerkintämenetelmän kehittämisen kautta.

7. Johtopäätökset

Työn tarkoituksena oli tuoda esille poronhoitoalueella tunnettu, mutta vähän tutkittu ilmiö poroaitojen aiheuttamista riistavahingoista metsäkanalinnuille. Maailmalla riistaesteaitojen vaikutuksiin on herätty ja tutkimustietoa aitojen vaikutuksista ja riistaturvallisuutta parantavien menetelmien toimivuudesta on jo hieman kertynyt. Näitä tutkimuksia on kuitenkin hankalaa verrata suoraan Pohjois-Suomen olosuhteisiin.

Tutkimuksen aikana kertyneellä aineistolla pystyttiin vastaamaan osaan asetetuista tutkimuskysymyksistä. Poroaidat aiheuttavat riistavahinkoja ja osa törmäysriskistä on kuolettavia, mutta edelleenkin ei voida tietää, mitä muut kuin kuolemaan johtaneet törmäykset aiheuttavat. Kasvupaikkatyyppien vaikutusta ei aineiston analyysin perusteella saatu suoraan esille, mutta maaston kosteusindeksillä oli selitysvoimaa törmäysvarmuutta selittävänä muuttujana. Riistakamerakokeella saatiin esille raadonsyöjien tehokkuus hyödyntää koeriekkoja, joten luultavasti ne hyödyntävät myös aitaan kuolleita, sekä törmäyksen seurauksena haavoittuneita metsäkanalintuja.

Nauhamerkinnät eivät ole ratkaisu, vaikka keltaisen värin toimivuudesta viitteitä saatiinkin. Harusvaijerimerkinnän kehittämällä voitaisiin aitaturvallisuutta parantaa, mutta aihe vaatii pidempiaikaista tutkimusta. Pidempiaikaisella seuranalla saataisiin myös tietoa vuosien välisistä vaihteluista metsäkanalintujen törmäystiheyksissä. Kenttätyön tehostamiseksi ja näppäilyvirheiden vähentämiseksi data tulisi kerätä suoraan maastotietokoneelle. Törmäysalttiutta voimistavien tekijöiden tunnistaminen mahdollistaa merkkauksen keskittämisen suurimman riskin alueisiin. Tarpeettomina maastossa olevat poroaidat tulisi poistaa riistaturvallisuuden nimissä.

8. Kiitokset

Kiitän hankkeen rahoittajia ja yhteistyökumppaneita Euroopan aluekehitysrahastoa, Metsähallitusta, Luonnonvarakeskusta, Paliskuntain yhdistystä, Suomen riistakeskusta, Luonnon- ja riistanhoitosäätiötä, Lapin yliopiston Arktista keskusta ja Rajavartiolaistosta.

E erityiskiitokset Lapin yliopiston tutkija Henri Wallenille mallinnoista ja kommentoinnista, Helsingin yliopiston tutkija Sirke Piiraiselle avusta paikkatiedon kanssa, Lapin yliopiston vararehtorille Osmo Rätille hankkeen päävastuusta ja Metsähallituksen Markku Vierelälle maastotöiden koordinoinnista. Kiitokset Helsingin yliopiston lehtorille Veli-Matti Väänänselle ohjauksesta ja työn kommentoinnista. Kiitokset myös Jaanalle tuesta, kestämisestä ja motivoinnista.

9. Lähteet

- Aikio, H. & Neuvonen, P. 2015. Poroaitojen riistaturvallisuus. Opinnäytetyö Lapin ammattikorkeakoulu. 52 s.
- Baines, D. & Summers, R. W. 1997. Assessment of bird collisions with deer fences in Scottish Forests. *The Journal of Applied Ecology* 34: 941-948.
- Baines, D. & Andrew, M. 2003. Marking of deer fences to reduce frequency of collisions by woodland grouse. *Biological Conservation* 110: 169-176.
- Bevanger, K. 1990. Topographic aspects of transmission wire collision hazard to game birds in the Central Norwegian coniferous forest. *Fauna Norvegica Series C Cinclus* 13: 11-18.
- Bevanger, K. & Brøseth, H. 2000. Reindeer *Rangifer tarandus* fences as a mortality factor for ptarmigan *Lagopus* spp. *Wildlife Biology* 6: 121-127.
- Bradley, L. C. & Fagre, D. B. 1988. Coyote and bobcat responses to integrated ranch management practices in south Texas. *Journal of Range Management* 41: 322-327.
- Bürkner, Paul-Christian. 2017. brms: An R Package for Bayesian Multilevel Models Using Stan. *Journal of Statistical Software*, 80: 1-28.
- Catt, D. C, Dugan, D., Green, R. E., Moncrieff, R., Moss R., Picozzi, N., Summers, R. V. & Tyler, G. A. 1994. Collisions against fences by woodland grouse in Scotland. *Forestry* 67: 105-118.
- Dobson, A. P., Carper, E. R. & Hudson, P. J. 1988. Population biology and life-history variation gamebirds. Teoksessa: Hudson, P. J & Rands, M. R. W. (toim.) *Ecology and management of gamebirds*. Kent, Iso-Britannia: PSB Professional Books. s.48-71
- VN 1990 Poronhoitolaki. FINLEX ajantasainen lainsäädäntö.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1990/19900848>. Viitattu: 7.9.2020
- Fretwell, S. D. & Lucas, H. R. L. 1969. On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheoretica* 19: 16–36.
- Gabry, J. & Mahr, T. 2020. "bayesplot: Plotting for Bayesian Models." R package version 1.7.2.
<https://mc-stan.org/bayesplot>.

- Gelman, A., Hill, J. & Vehtari, A. 2020. Regression and other stories. Cambridge, UK: Cambridge University Press. s.208.
- Gelman, A., Vehtari A., Simpson D., Margossian, C. C., Carpenter, B., Yao, Y., Kennedy, L., Gabry, J., Bürkner, P-C. & Modrák, M. 2020. Bayesian Workflow. Arxiv Preprint.
<https://arxiv.org/abs/2011.01808>. Viitattu: 15.2.2021.
- Harrington, J. L. & Conover, M.R. 2006. Characteristics of ungulate behavior and mortality associated with wire fences. Wildlife Society Bulletin 34: 1295-1305.
- Helle, P., Jokimäki, J. & Linden, H. 1990. Metsokukkojen elinympäristövalinta Pohjois-Suomessa – radiotelemetrinen tutkimus. Suomen Riista 36: 72-81.
- Helle, P. 2004. Metso – salomaiden symboli. Teoksessa: Nummi, P. & Väänänen, V-M. (toim.) Jahtimailla, riistalinnut. Helsinki: Weilin-Göös. s.164-169.
- Hilbe, J. M. 2007. Negative Binomial Regression. 2. painos. Cambridge, UK: Cambridge University Press. s.370-371.
- Hovick, T. J., Elmore, R. D., Dahlgren, D. K., Fuhlendorf, S.D. & Engle, D. M. 2014. Evidence of negative effects of anthropogenic structures on wildlife: a review of grouse survival and behaviour. Journal of Applied Ecology 51: 1680-1689.
- Jakes, A. F., Jones, P. F., Paige, L. C., Seidler, R. G. & Huijser, M. P. 2018. A fence runs through it: A call for greater attention to the influence of fences on wildlife and ecosystems. Biological Conservation 227: 310-318.
- Kay, M. 2020. Tidybayes: Tidy Data and Geoms for Bayesian Models.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.1308151>
- Linden, H. 1996. Riekko. Teoksessa: Linden, H. Hario, M. & Wikman, M. (toim.) Riistan jäljille. Helsinki: Edita s.167-170.
- Luonnonvarakeskus. 2020. Aineistonlatauspalvelu. <http://kartta.luke.fi/opendata/valinta.html>. Viitattu: 20.11.2020.
- Maanmittauslaitos. 2020. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu.
<https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>. Viitattu: 20.11.2020.

- McElreath, Richard. 2020. *Statistical Rethinking*. 2. painos. UK: CRC Press. s. 401
- Miettinen, J. 2011. Metson elinympäristöt talousmetsissä. *Suomen Riista* 57: 18-36.
- Miettunen, J. 2010. Riekon (*Lagopus lagopus*) talviravinnon käyttö ja valinta Suomen eteläisissä populaatioissa. *Suo* 61: 35–48.
- Morkill, E. A. & Anderson, S. H. 1991. Effectiveness of marking powerlines to reduce sandhill crane collisions. *Wildlife Society Bulletin* 19: 442-449
- Murphy, P. N. C., Ogilvie, J., Meng, F-R., White, B., Bhatti, J. S. & Arp, P. A. 2011. Modelling and mapping topographic variations in forest soils at high resolution: A case study. *Ecological Modelling* 222: 2314-2332.
- Pulliainen, E. 1982. Riekon syys- ja talvielinympäristöjen valinnasta Pohjois-Suomessa. *Suomen riista* 29: 46-52.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. R version 4.0.3. <https://www.R-project.org/>
- Riley, S. J., DeGloria, S. D. & Elliot, R. 1999. A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity. *Intermountain journal of sciences* 5: 23-27.
- Stan Development Team. 2020. RStan: The R interface to Stan. R package version 2.21.2. <http://mc-stan.org/>
- Stevens, B. S., Reese, K. P., Connelly, J. W. & Musil, D. D. 2011. Greater sage-grouse and fences: Does marking reduce collisions? *Wildlife Society Bulletin* 36: 297-303.
- Stevens, B. S., Naugle, D. E., Dennis, B., Connelly, J. W., Griffiths, T, & Reese, K. P. 2013. Mapping sage-grouse fence-collision risk: Spatially explicit models for targeting conservation implementation. *Wildlife Society Bulletin* 37: 409-415.
- Taskinen, E. & Työryhmä. 1986. Metsäkanalintujen elinympäristövaatimukset – Kirjallisuuskatsaus. Parkano: Ylä-Satakunnan sanomalehti OY. 56 s.
- Vehtari, A., Gelman, A. & Gabry, J. 2017. Practical Bayesian model evaluation using leave-one-out cross-validation and WAIC. *Statistic and computing*, 27: 1413-1432.

Vehtari, A., Gabry, J., Magnusson, M., Yao, Y., Bürkner, P., Paananen, T. & Gelman, A. 2020 loo: Efficient leave-one-out cross-validation and WAIC for Bayesian models.” R package version 2.3.1. <https://mc-stan.org/loo>

Vierelä, M. 2015. Poroaitojen riistaturvallisuus. Metsähallitus. 46 s.

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., D’Agostino McGowan, L., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., Takahashi, K., Vaughan, D., Wilke, C., Woo, K. & Yutani, H. 2019. Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4: 1-6.

Wolfe, D.H., Patten, M.A., Shochat, E., Pruett, C.L. & Sherrod, S.K. 2007. Causes and patterns of mortality in lesser prairie-chickens *Tympanuchus pallidicinctus* and implications for management. *Wildlife Biology* 13: 95-104

Wolfe, D. H., Patten, M. A., Shochat, E., Pruett, C. L., & Sherrod S.K. 2009. Reducing grouse collision mortality by marking fences (Oklahoma). *Ecological Restoration* 27: 141-143.

Ågren, A. M., Lidberg, W. & Ring, E. 2015. Mapping temporal dynamics in a forest stream network—Implications for riparian forest management. *Forests* 9: 2982-3001.