



**TURUN
YLIOPISTO**

Luonnontieteiden ja
tekniikan tiedekunta

Merikotkan (*Haliaeetus albicilla*) ja
merimetson (*Phalacrocorax carbo*)
peto-saalissuhde Suomen rannikolla

Turun yliopisto

Pro gradu -tutkielma

Biologian laitos

Huhtikuu 2020

Ekologia ja evoluutiobiologia

Omar Badawieh

Ohjaaja: Toni Laaksonen

Turun yliopiston laatujärjestelmän

mukaisesti tämän julkaisun

alkuperäisyys on tarkistettu

Turnitin Originality Check

-järjestelmällä

TURUN YLIOPISTO

Biologian laitos

BADAWIEH, OMAR: Merikotkan (*Haliaeetus albicilla*) ja merimetson (*Phalacrocorax carbo*) peto-saalissuhde Suomen rannikolla

Pro gradu -tutkielma, 47 s., 1 liites.

Ekologia ja evoluutiobiologia

Huhtikuu 2020

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkistettu Turnitin Originality Check -järjestelmällä

Merimetson ja merikotkan välinen peto-saalissuhde on monisyinen. Merikotkan tiedetään saalistavan merimetsoja, mutta kattava ja syvälinen tutkimustieto aiheesta uupuu vielä. Tutkielman tarkoituksena on tuottaa kvantitatiivisin menetelmin perustutkimusta, joka on itseisarvoisesti tärkeää, mutta myös hyödyllistä petolintujen suojelutyössä ja ympäristöpolitiikkaa muotoiltaessa. Käsittelen lajien välistä dynamiikkaa selvittämällä merikotkien käyntitiheyttä merimetsoyhdyskunnissa sekä merimetson osuutta merikotkan ravinnosta.

Ainestoni koostuu itse kerätystä havaintoaineistosta, satelliittiseurattujen merikotkien havaintopisteaineistosta, pesivien merikotkien saalisaineistosta, merimetsojen pesimätiedoista sekä Tiira-lintuhavaintopalvelusta kerätystä aineistosta. Merimetson osuutta merikotkan ravinnosta tutkin käyttämällä korrelaatioanalyysia. Merikotkien käyntitiheyttä merimetsokolonioissa selvitän käyttämällä lineaarista regressioanalyysia sekä erilaisia paikkatietomenetelmiä. Tarkastelen myös eri muuttujien vaikutusta käyntitiheyteen sekä sitä, kuinka suurissa ryhmissä merikotkat käyvät kolonioissa.

Merikotkien käynnit merimetsoluodoilla eivät ole tyypillisiä: 13:sta tutkitusta merikotkasta vain yksi viettää paljon aikaa merimetsokolonioissa. Niiden merimetsokolonioiden, joissa vierailee merikotkia, osuus on noin 10–16 % kaikista kolonioista. Osuus näyttää lisääntyvän vuosittain, vaikkakin hitaasti. Havainnot isoista merikotkaryhmistä merimetsokolonioissa eivät ole erityisen harvinaisia. Merimetson osuus pesivien merikotkien ravinnosta on noin 2 %.

Tulosteni mukaan merikotkan saalistuspaine merimetsoa kohtaan olisi heikohkoa, mutta kasvamassa. Nuoret merikotkat käyvät merimetsokolonioissa aktiivisemmin kuin vanhemmat yksilöt. Merikotkan kanta kasvaa ja laji levittäytyy yhä laajemmalle. Jos merikotkat ryhtyvät saalistamaan merimetsoa yhä yleisemmin, vaikutus merimetsokantaan lisääntyy. Merimetson kanta on hyvinvoiva, mutta jos saalistuspaine kasvaa ja ihmisen vaino jatkuu, tilanne voi muuttua.

Asiasanat: merimetsa, *Phalacrocorax carbo*, merikotka, *Haliaeetus albicilla*, linnut, saalistus, paikkatiedot

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Peto-saalissuhde populaatiotasolla	1
1.2	Pedon saalistuskäyttäytyminen	2
1.3	Saaliin vaikutus saalistukseen	3
1.4	Paikkatietojärjestelmät	4
1.5	Aikaisempi tutkimus	4
1.6	Tutkimuksen tavoitteet	5
2	Tutkittavat lajit	8
2.1	Merimetso (<i>Phalacrocorax carbo</i>)	8
2.2	Merikotka (<i>Haliaeetus albicilla</i>)	10
2.3	Merikotkan ja merimetson välinen peto-saalissuhde	12
3	Aineisto ja menetelmät	14
3.1	Itse kerätty havaintoaineisto	14
3.2	Satelliittiseurattujen merikotkien paikannushavainnot	15
3.3	Merimetsoyhdyskuntien pesimätiedot	17
3.4	Pesivien merikotkien saalisaineisto	20
3.5	Tiira-lintuhavaintopalvelun aineisto	21
4	Tulokset	23
4.1	Omat kenttähavainnot	23
4.2	Satelliittiseurattujen merikotkien käynnit merimetsoyhdyskunnissa	23
4.2.1	Käyntien jakautuminen yksilöittäin	23
4.2.2	Käyntien jakautuminen vuorokausittain	24
4.2.3	Käyntien jakautuminen vuorokaudenajan mukaan	26
4.2.4	Käyntien jakautuminen iän mukaan	28
4.2.5	Käyntien määrä merimetsoyhdyskuntaa kohden	30
4.3	Merimetson osuus pesivien merikotkien saalistähteistä	31
4.4	Merikotkien käynnit merimetsoyhdyskunnissa Tiira-aineiston perusteella	32
5	Tulosten tarkastelu ja pohdinta	35
5.1	Merikotkien käyntitiheys merimetsoyhdyskunnissa	35
5.1.1	Yksilöiden väliset erot	37
5.1.2	Iän vaikutus käyntitiheyteen	38
5.1.3	Käyntitiheyden vaihtelu ajan mukaan	39
5.2	Merimetso merikotkien ravintona	39
5.3	Virhelähteet	40
6	Johtopäätökset	42

7 Kiitokset	44
8 Lähteet	45
Liitteet	48

1 Johdanto

1.1 Peto-saalissuhde populaatiotasolla

Pedon ja saaliin välillä vallitsee kaksisuuntainen populaatiodynamiikka: pedon kannan koko vaikuttaa saaliin kannan kokoon ja toisinpäin. Saalistuspaineen muutos voi heilauttaa saalispopulaation kokoa suuntaan tai toiseen, ja voimakkaasti lisääntynyt saalistus voi joissain tapauksissa jopa hävittää koko saaliskannan. Toisaalta saaliskannan muutokset voivat vaikuttaa myös petokannan kokoon. Erityisesti specialistipedoilla eli eläimillä, jotka käyttävät ravintonaan pääasiallisesti vain muutamia lajia, saaliskannan koko voi vaikuttaa merkittävästi saatavilla olevan ravinnon määrään. Sen sijaan generalistipedot, jotka käyttävät ravintonaan useampaa eri lajia, voivat vaihtaa saalista tarpeen vaatiessa eivätkä näin ole yhtä riippuvaisia tietyn lajin esiintyvyydestä. (Fryxell ym. 2014, s. 164–179; Rockwood 2015, s. 239–258.)

Vakiintuneiden populaatioiden kanta on yleensä pitkällä aikavälillä pysyvä. Kannan koko voi toki vaihdella lyhyellä aikavälillä esimerkiksi vuodenaikojen mukaan, mutta populaation tiheydestä riippuvien säätelytekijöiden avulla kanta pysyy keskiarvoltaan samansuuruisena ja tasapainossa. Näitä säätelytekijöitä ovat esimerkiksi ravinnon saatavuus ja lajiin kohdistuva saalistus: mitä tiheämpi populaatio, sitä vähemmän ravintoa ja enemmän saalistusta jokainen yksilö kohtaa. Suuret ja pitkäaikaiset muutokset elinympäristössä voivat kuitenkin vaikuttaa populaation tasapainotilaan ja kannan kokoon. Toisin kuin vakiintuneiden lajien, uuteen elinympäristöön vastatulle lajin kanta voi aluksi kasvaa voimakkaasti. Laji on silloin onnistunut asettumaan ympäristöön, jossa pienellä populaatiolla on ravintoa yli tarpeidensa, ja lisäksi luontaisia vihollisia ei välttämättä ole. Tällöin populaation syntyvyys on suurta ja kuolleisuus pientä. Kun populaatio jatkaa kasvamistaan, tiheydestä riippuvien säätelytekijöiden vaikutus kuitenkin voimistuu ja kasvu hidastuu. Lajin sisäinen kilpailu kasvattaa lopulta kuolleisuutta ja pienentää syntyvyyttä, jolloin kanta asettuu hiljalleen tasapainoon. (Fryxell ym. 2014, s. 89, 109–116; Rockwood 2015, s. 69–71, 204.)

Ympäristöön saapuva uusi laji vaikuttaa usein merkittävästi muihin uuden elinympäristönsä populaatioihin. Alkuperäisille alueilleen palaavien huippupetojen on havaittu pienentävän alempien trofiatasojen petojen ja saaliseläinten populaatioita. Vaikutus perustuu niin suoraan saalistukseen kuin syntyvyyden alenemiseen, joka seuraa muun muassa muutoksista saaliin pesäpaikan valinnassa, käyttäytymisessä ja saalisvalinnassa. (Terraube & Bretagnolle 2018.) Esimerkiksi merikotkan (*Haliaeetus albicilla*) kannan palautumisen Norjan rannikolle on havaittu vaikuttaneen haitallisesti etelänkiislan (*Uria aalge*), pikkukajavan (*Rissa tridactyla*) ja suulan (*Morus bassanus*) kantoihin (Hipfner ym. 2012). Tietyn lajin populaation muutokset voivat

vaikuttaa sekä tämän lajin saaliin että sen saalistajan kantaan, mutta vaikutukset voivat ulottua myös useammalle trofiatasolle. Huippupedolla on lisäksi koko ekosysteemin kannalta merkittävä asema, ja sen populaation muutoksilla voi olla ekosysteemille suuriakin seurauksia alkaen maaperän ravinnekoostumuksesta ja ilmaan vapautuvan hiilen määrästä ja ulottuen aina vieraslajien asettumisen mahdollisuuteen sekä biodiversiteetin hyvinvointiin asti (Beschta & Ripple 2009; Estes ym. 2011; Rudman ym. 2016).

1.2 Pedon saalistuskäyttäytyminen

Siihen, miten ja mitä peto saalistaa, vaikuttaa moni tekijä. Jokaisella petolajilla on tietyt lajit, joita se käyttää ravintonaan. Spesialisteilla on vain muutama eri saalislaji, kun taas generalistilla saalislajeja voi olla jopa useita kymmeniä. Jako ei ole kuitenkaan selvärajainen, ja spesialisti–generalisti-jatkumolla on vaihtelua jopa saman lajin eri yksilöiden välillä (Nadjafzadeh ym. 2016). Optimaalisen ravintomallin (*optimal diet model*) teorian mukaan jokaisella pedolla on mieluisin saalislajinsa, josta se siirtyy pois vasta kun tämän lajin saatavuus heikkenee tarpeeksi. Eläin asettaa saatavilla olevat saalislajit järjestykseen, ja arvokkaimmaksi määrittyy laji, josta saatavan energian ja saalistukseen kuluvan ajan suhde on suurin. Peto siirtyy järjestyksessä seuraavaan saaliseen vain, jos ensisijaisen saaliin kanta heikkenee ja saaliin etsimiseen kuluva aika kasvaa niin paljon, että energiasuhde laskee alle seuraavan saalislajin energiasuhteen. Malli siis olettaa eläimen käyttävän yhtä saalislajia kerrallaan. (Stephens & Krebs 1986; Fryxell ym. 2014, s. 60–63.)

Optimaalinen ravintomalli on kuitenkin yksinkertaistettu näkemys, ja käytännössä saalisvalinnan prosessi on monimutkaisempi (Stephens & Krebs 1986; Fryxell ym. 2014, s. 60–63). Toissijaisen saalislajin käyttö yleistyy asteittain ensisijaisen saaliin vähetessä (Krebs ym. 1977; Křivan & Eisner 2003), ja saaliin vaihtamisen kynnyks vaihtelee yksilöittäin (Okuyama 2011). Saalislaikit eroavat toisistaan energiamääränsä lisäksi myös sisältämiensä ravintoaineiden mukaan, ja tämä vaikuttaa myös pedon saalisvalintaan. Peto siis valitsee ne saaliit ja syö ne saaliin ruumiinosat, joiden ravintoainekoostumus on pedolle hyödyllisin (Fryxell & Lundberg 1997, s. 24–51; Kohl ym. 2015). Kun peto siirtyy käyttämään jotain muuta lajia kuin ensisijaisia saalislajeja, pedon saalistustehokkuus pienenee. Generalistipedolla tehokkuus heikkenee vähemmän kuin spesialistipedolla. Spesialistit ovat sopeutuneet nimenomaisesti tiettyjen lajien saalistamiseen, kun taas generalistien evolutiivinen sopeutuminen on muokannut ne saalistamaan laajasti uusia ja erilaisia lajeja. (Terraube ym. 2011.)

Peto voi myös oppia saalistamaan kokonaan uusia, sille entuudestaan tuntemattomia lajeja. Alun vierastamisen jälkeen saalis tulee tutummaksi, jolloin sitä voi alkaa saalistaa. Uuden asian oppimisen kestossa ja uuden asian pelossa (*neophobia*) on

havaittu eroja niin lajeittain (Curio 1976, s.103–109) kuin yksilöittäinkin (Exnerová ym. 2010; Guido ym. 2017). Yksilöiden väliset erot uuden pelossa ja halukkuudessa ottaa riskejä voivat johtua esimerkiksi poikasena saadusta ravinnosta (Arnold ym. 2007). Arnoldin ym. tutkimuksen mukaan sinitiaiset (*Cyanistes caeruleus*), joille on poikasena syötetty paljon hämähäkkejä, ottavat saaliin sisältämän tauriinin seurauksena herkemmin riskejä kuin yksilöt, joille ei ole syötetty hämähäkkejä.

Uuden saalislajin oppimisen lisäksi peto voi kasvattaa saalistuskykyään olemassa olevaa saalislajeja kohtaan havainnoimalla toisen yksilön toimintaa ja oppimalla siitä. Tällöin on kyse mallioppimisesta (Alcock 2008). Muun muassa Templeton ja Giraldeau (1995) sekä Thiebault ym. (2014) ovat tutkimuksissaan havainneet lintujen osaavan tulkita saalistavia lajikumppaneitaan ja käyttävän tätä tietoa hyödykseen omassa saalistuksessaan. Lisäksi peto voi hyödyntää toisen yksilön liikkumista tietona saaliin sijainnista. Esimerkiksi eräät mereisissä elinympäristöissä elävät linnut ymmärtävät tietyn paikan yllä kiertelevän lintuparven tarkoittavan, että alueella on kalaparvi, jota linnut ovat saalistamassa. (Davoren ym. 2003.)

1.3 Saaliin vaikutus saalistukseen

Pedon saalisvalintaan vaikuttaa toisaalta myös saaliin saalistettavuus. Peto valitsee mieluiten mahdollisimman helposti saalistettavan lajin ja yksilön. Rytönen ym. (1998) sekä Quinn ja Cresswell (2004) havaitsivat, että siihen, mitä yksilöitä varpushaukka (*Accipiter nisus*) saalistaa, vaikuttavat muun muassa saaliin valppaus, höyhenpuvun värikyvyys ja etäisyys varpushaukan vaanimispaikasta. Helpommin havaittavat ja saalistettavat yksilöt olivat saalismäärissä yliedustettuina runsauteensa nähden. Toisin sanoen saalislajin runsaus ei yksistään vaikuta saaliin valintaan. Peto voi myös itse vahingoittua saalistustilanteessa, minkä takia saaliin valintaan voi vaikuttaa myös saaliin tai sen ympäristön vaarallisuus (Mukherjee & Heithaus 2013; Elbroch ym. 2017).

Saalislajeille on myös kehittynyt saalistustilanteeseen näitä auttavia populaatiota-son puolustuskeinoja. Saalislaji voi esimerkiksi esiintyä suurina laumoina tai parvina tai synnyttää poikasensa samanaikaisesti, jolloin yksittäisen eläimen riski joutua saaliiksi pienenee (Fryxell ym. 2014, s. 176–177). Saaliiksi päätymistä voi vältellä myös asettumalla pesimään toisen, aggressiivisen lajin läheisyyteen (Quinn & Ueta 2008). Hipfnerin ym. (2011) tutkimuksen mukaan muuttohaukan (*Falco peregrinus*) läheisyys lisäsi etelänkiislan (*Uria aalge*) sekä ulappamerimetson (*Phalacrocorax pelagicus*) lisääntymismenestystä. Valkopäämerikotka (*Haliaeetus leucocephalus*) käyttää molempia lajeja ravintonaan, mutta muuttohaukkaparin pesintä saalislajien läheisyydessä esti valkopäämerikotkan saalistuksen alueella kokonaan.

1.4 Paikkatietojärjestelmät

Paikkatietojärjestelmä (*geographic information system*, GIS) on tietokonepohjainen järjestelmä, jonka tarkoitus on helpottaa laajojen paikkaan liittyvien aineistojen keräämistä, käsittelyä ja analysointia. Aineiston pohjana on useimmiten maantieteellinen piste, linja tai alue, jonka tarkka paikka pystytään määrittämään ja esittämään kartalla. Tähän maantieteelliseen tietoon liitetään kerättyä tietoa esimerkiksi esiintyvien lajien yksilömääristä. Tällöin paikka ja siihen liittyvä muu tieto ovat sidoksissa toisiinsa, mikä mahdollistaa aineiston monipuolisen analyysin (Tian 2017, s. 1–9.)

Liikuteltavat GPS-paikannuslaitteet (*global positioning system*, maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä) ovat mahdollistaneet nopean, tehokkaan ja tarkan paikkatietoaineiston keräämisen (Tian 2017, s. 60). Sen sijaan, että tarkkailija merkitsisi karttaan, missä on nähnyt esimerkiksi tutkittavan eläimen, voidaan eläimeen kiinnittää paikannuslaite, joka mittaa sijaintinsa automaattisesti ja lähettää sen tutkijan saataville (Wilson ym. 2002). Eläinmaailmassa vaikeasti seurattavat linnut ovat olleet yleisiä kohteita paikannusta käyttäville tutkimuksille. Paikannuslaitteen avulla linnun liikkeitä pystytään seuraamaan tarkasti, vaikka lintu liikkuisi suuria etäisyyksiä lyhyessä ajassa. Laitteet voivat yksinkertaisen sijainnin lisäksi lähettää muun muassa korkeuden, suunnan, nopeuden ja vedessä syvyyden. Kerätty aineisto mahdollistaa paitsi linnun ympäristön tarkkailun ja tutkimisen myös eläimen itsensä tutkimisen sen normaalissa olotilassa, sillä laitteet eivät juurikaan häiritse eläimen tavanomaista elämää. (Ropert-Coudert & Wilson 2005.)

1.5 Aikaisempi tutkimus

Merikotkat saalistavat merimetsoluodoilla ja saalistus onkin merkittävä merimetsokantaa rajoittava tekijä (Suomen ympäristökeskus 2019). Saalistuksesta on paljon yleisohavaintoja ja mediakin on kiinnostunut aiheesta (esim. Ekblad ym. 2016; Kaita-aho 2017; Varjonen 2019a; Varjonen 2019b). Vaikka lajien peto-saalissuhde on mielenkiintoinen ja tärkeä aihe, sitä ei ole tutkittu kvantitatiivisesti Euroopassa.

Pohjois-Amerikassa sen sijaan on tehty tutkimuksia valkopäämerikotkan (*Haliaeetus leucocephalus*) vaikutuksesta ulappamerimetson (*Phalacrocorax pelagicus*), amerikanmerimetson (*Phalacrocorax auritus*) ja amerikanharmaahaikaran (*Ardea herodias*) yhdyskuntiin (Norman ym. 1989; Van Damme & Colonel 2007; Clyde ym. 2012). Lajien lähisukuisuuden takia nämä tutkimukset ovat vertailukelpoisia, kun tarkastellaan merikotkan ja merimetson välistä suhdetta.

Normanin ym. (1989) tutkimuksessa laskettiin valkopäämerikotkan hyökkäyksiä amerikanharmaahaikaran yhdyskuntiin. Keskimäärin hyökkäyksiä oli noin yksi jo-

kaista kymmentä tuntia kohden. Harrastajahavaintojen perusteella kirjoittajat epäilevät saalistusta vielä tätäkin laajamittaisemmaksi. Van Damme ja Colonel (2007) taas laskivat valkopäämerikotkan hyökkäyksiä paitsi amerikanharmaahaikaran myös amerikanmerimetson yhdyskuntiin. Hyökkäystiheys oli likimain sama, noin yksi kymmentä tuntia kohden. Artikkelin mukaan hyökkäävät valkopäämerikotkat ovat selvästi useammin nuoria kuin aikuisia. Lisäksi vain pieni osa hyökkäyksistä johti lopulta saalistukseen. Silti tutkimuksen kirjoittajat uskovat jo valkopäämerikotkan läsnäolon vaikuttavan negatiivisesti näiden lajien pesintämenestykseen. Clyde ym. (2012) havaitsivat, että ulappamerimetsot poistuvat yhdyskunnastaan ja saapuvat sinne harvemmin valkopäämerikotkan ollessa läsnä. Lisäksi tutkimuksessa pidetään mahdollisena, että valkopäämerikotkan läsnäolo vähentää ulappamerimetson syntyvyyttä.

Merikotkan ravinnon koostumuksesta on tehty useita tutkimuksia niin Suomessa kuin muuallakin (mm. Wille & Kampp 1983; Sulkava ym. 1997; Watson ym. 2008; Sándor ym. 2015; Ekblad ym. 2016; Nadjafzadeh ym. 2016), joita käsittelem tarkemmin luvussa 2.2. Ekbladin ym. (2016) tutkimuksessa selvitetään muun muassa merikotkan ravinnon koostumuksen muutosta vuosina 1985–2010. Nadjafzadehin ym. (2016) tutkimuksessa puolestaan käsitellään yksilöiden välistä eroa merikotkan ravinnossa.

1.6 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkielmani tavoitteena on avata merimetson ja merikotkan välistä peto-saalissuhdetta. Tutkin sitä, kuinka usein merikotka vierailee merimetsoluodoilla ja mikä on merimetson osuus merikotkan ravinnossa. Analysoin kvantitatiivisin menetelmin merikotkien hyökkäystiheyttä merimetsoyhdyskuntiin, hyökkäystiheyden vaihteluun vaikuttavia muuttujia ja merimetson osuutta pesivien merikotkien ravinnossa Suomen rannikkoalueella. Aineistoni koostuu itse kerätystä havaintoaineistosta, merikotkien pesiltä kerätystä saalistähdeaineistosta, lintuharrastajien keräämästä havaintoaineistosta, merikotkien ja merimetsojen pesimätiedoista sekä satelliittilähettimillä varustettujen merikotkien paikannusaineistosta.

Tutkimuskysymykseni ovat seuraavat:

1. Merikotkien käynnit merimetsoyhdyskunnissa
 - (a) Kuinka usein merikotkat vierailevat merimetsoyhdyskunnissa ja onko yhdyskuntien välillä tässä suhteessa eroja?
 - (b) Onko merikotkien välillä yksilöllisiä eroja käyntitiheydessä?
 - (c) Vaikuttavatko merikotkan ikä sekä vuodenaika ja vuorokaudenaika käyntitiheyteen?

(d) Kuinka suurissa ryhmissä merikotkat käyvät yhdyskunnissa?

2. Merimetson osuus merikotkan ravinnosta

(a) Kuinka paljon pesivät merikotkat käyttävät merimetsoa ravintonaan?

(b) Vaikuttaako näiden lajien pesimäpaikkojen välinen etäisyys merimetson osuuteen merikotkan ravinnosta?

Odotan merimetsoyhdyskuntiin kohdistuvan hyökkäystiheyden olevan samaa luokkaa kuin Pohjois-Amerikassa lähilajeilla tehdyissä tutkimuksissa, noin yksi hyökkäys kymmentä tuntia kohden. Ekbladin ym. (2016) tutkimuksessa mainitaan harrastajahavainnoista, joiden mukaan Suomessakin olisi merimetson saalistamiseen erikoistuneita merikotkia, nimenomaisesti Turun saaristossa ja Pohjanlahden alueella. Jos tarkkailtavaksi valikoituu yhdyskunta, jossa käy merimetsoihin erikoistunut merikotka, voi hyökkäystiheys nousta korkeammaksi. Satelliittiseuranta-aineistosta voi tulla ilmi yksilöiden välisiä eroavuuksia, erityisesti, jos aineistoon osuu merimetson saalistamiseen erikoistunut merikotka. Merikotkayksilön iän vaikutuksesta merimetson saalistukseen on viitteitä kahteen suuntaan. Suomalaiset lähteet (Kaita-aho 2017; Suomen ympäristökeskus 2018; Varjonen 2019b) antaisivat ymmärtää nuorten merikotkien saalistavan merimetsoja muita innokkaammin, kun taas Nadjafzadeh ym. (2016) mainitsevat päinvastoin vanhempien merikotkien olevan tähän kykenevämpiä. Merikotkat saalistavat erityisesti lentokyvottomia merimetson poikasia, joten oletan saalistuksen painottuvan kesäkuukausiin, jolloin poikaset ovat vielä pesässä.

Odotan, että merimetson osuus merikotkan saalistähteistä nousee noin prosentin suuruiseksi, kuten aiemmissakin tutkimuksissa. Toisaalta merimetson kanta on kasvanut viime vuosiin asti ja on viitteitä sen osuuden kasvamisesta merikotkan ravinnossa, joten osuus voi olla korkeampikin. Merimetsojen saatavuus ravinnoksi on suurempaa niillä merikotkien reviiereillä, joilla merimetson pesiä on useita. Siten on mahdollista, että merimetsoluotojen lähellä pesivät merikotkat syövät merimetsoja useammin kuin muut merikotkat. Toisaalta merimetsojen saalistaminen on merikotkien keskuudessa harvinaista ja merkittävä saalistus vaatii luultavasti merikotkalta erikoistumista. On myös mahdollista, että merimetsojen käyttäminen ravinnoksi on yleistynyt ainoastaan yksittäisillä merikotkilla. Tällöin ei välttämättä voida havaita kokonaisvaltaista yhteyttä merikotkan pesien ja merimetsoyhdyskuntien välisen etäisyyden sekä ravinnon osuuden välillä.

Aikaisemmissa merikotkien ravintoa ja saalistuskäyttäytymistä tarkastelleissa tutkimuksissa kohteena ei ole ollut tietty saalislaji, eikä niissä ole käytetty saaliseläimen paikkatietoja. Tutkielmani luo siis tässä suhteessa uuden näkökulman aiheeseen. Käytän laajasti erilaisia aineistoja luodakseni mahdollisimman kattavan kuvan me-

rikotkan ja merimetson välisestä peto-saalissuhteesta. Paikkatietomenetelmät mahdollistavat mittavien aineistojen käsittelyn ja ristiinanalysoinnin.

Isoina, näkyvinä ja lähiympäristöön vaikuttavina lajeina merimetso ja merikotka kiinnostavat myös kansaa ja mediakin on kirjoittanut niistä paljon. Lajit ovat olleet myös ympäristöpoliittisen kiistelyn kohteena. Merimetsoa pidetään ongelmallisena eläimenä sen ulosteiden hajuhaittojen ja linnun aikaansaaman maiseman muuttumisen takia, eritoten asuttujen rantojen läheisyydessä (Merimetsotyöryhmä 2016). Lisäksi pelko siitä, että merimetso vaarantaa kalakantoja, on johtanut ympäri Eurooppaa vaatimuksiin linnun kannan rajoittamisesta ja jopa sen vainoamiseen (Rusanen ym. 1998). Osaltaan voimakkaita reaktioita lietsoo aihetta koskevan uutisoinnin vastakkainasettelu (Merimetsotyöryhmä 2016). Vainoaminen onkin suurin syy merimetsoyhdyskuntien autioitumiseen, ja vuonna 2009 sen vuoksi Suomessa tuhoutui jopa noin viidennes pesistä (Rusanen ym. 2012).

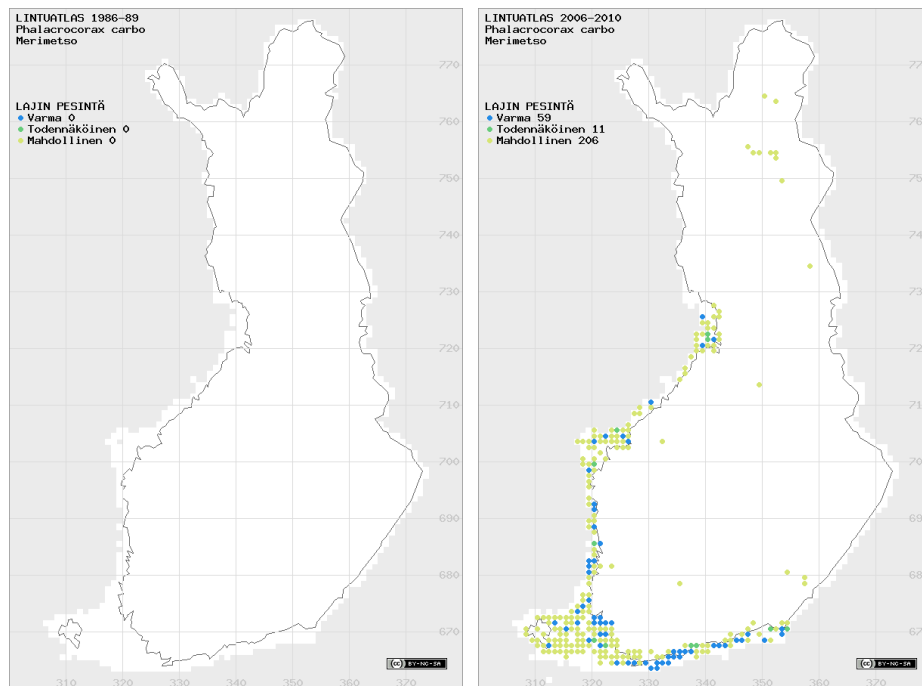
Aiheesta saatava tutkimustieto muodostaa välttämättömän perustan ympäristöpoliittisille toimille, kuten suojelupäätöksille ja kantojen kestävän koon määrittämiselle. Merimetsokannan kehityksen seuraaminen ja kannan muutosten vaikutusten arviointi onkin arvioitu tärkeäksi niin ekologisesti kuin yhteiskunnallisestikin (Marzano ym. 2013; Klimaszyk & Rzymiski 2016). Myös tieto merikotkan ravinnosta ja saalistuskäyttäytymisestä lisää ymmärrystä paitsi kyseisestä lajista myös ylipäänsä petolintujen suojelutyössä tarvittavista tiedoista (Nadjafzadeh ym. 2016). Ei sovi myöskään unohtaa luonnon tutkimisen itseisarvoa.

2 Tutkittavat lajit

2.1 Merimetso (*Phalacrocorax carbo*)

Merimetso on kalaa syövä, suurissa yhdyskunnissa pesivä, pelikaanilintujen lahkoon (*Pelecaniformes*) kuuluva vesilintulaji. Merimetsoja tavataan ympäri maailmaa yli 30 eri lajia, joista Euroopassa pesii kolme: *P. carbo*, *P. aristotelis* ja *P. pygmeus*. *Phalacrocorax carbo* jakautuu edelleen kahteen alalajiin: *carbo*-alalajiin, joka pesii Pohjois-Atlantin ja Pohjanmeren lintuvuorilla ja *sinensis*-alalajiin, joka pesii muualla Euroopassa (Suomen ympäristökeskus 2018). Jatkossa viitataan tutkielmassani merimetsolla *Phalacrocorax carbo sinensis* -alalajiin.

Merimetso muodostaa suuria, jopa tuhansia pesiä käsittäviä yhdyskuntia eli kolonioita. Yhdyskunnat muodostuvat joko luodolle tai muuten rauhalliselle paikalle, ja lintu rakentaa pesänsä puuhun, rakennukseen, kalliojyrkänteeseen tai suoraan maahan (Rusanen ym. 1998). Suomessa koloniat sijaitsevat ulko- ja sisäsaariston pienillä ja puuttomilla luodoilla ja saarilla (Kuva 1). Yksi yhdyskunta voi koostua useammasta eri luodosta (Rusanen ym. 2012). Puupesiminen on kuitenkin yleistynyt 2010-luvulla. (Ympäristöministeriö 2017.) Merimetsoyhdyskunta kasvaa nopeasti, ja ilman rajoittavia tekijöitä se voi laajeta useita vuosia eksponentiaalisesti. Yhdyskunnan saavuttaessa enimmäiskokoaan kasvu kuitenkin hidastuu ja sen jäsenet alkavat perustaa uusia kolonioita (Rusanen ym. 1998). Joissain Euroopan maissa merimetso pesii sisämaan vesistöissä ja Suomessakin lintua tavataan järvillä, mutta vain muuttoaikoina (Rusanen ym. 1998; Suomen ympäristökeskus 2018). Pesimäaika kestää yli 100 vuorokautta. Parinmuodostuksen jälkeen lintu munii huhti–toukokuussa ja molemmat emot hautovat poikasia vaihtelevasti 10–40 vuorokautta. Poikaset ovat lentokykyisiä noin kahden kuukauden ikäisinä ja palaavat vielä pesään yöpymään jopa 90 vuorokauden ikään saakka. (Ympäristöministeriö 2017).



(a) Merimetson pesintä vuosina 1986–1989 (b) Merimetson pesintä vuosina 2006–2010

Kuva 1: Merimetson pesintä vuosina 1986–1989 ja 2006–2010. Pisteet näyttävät pesinnän todennäköisyyden vuosittain kyseisellä paikalla: sininen=varma, vihreä=todennäköinen, keltainen=mahdollinen. (Luonnontieteellinen keskusmuseo 2011b.)

Eteläisiin populaatioihin lukeutuvat merimetsot ovat osittaismuuttajia tai paikallintuja, mutta Itämeren populaatiot ovat lähes tyystin muuttolintuja. Talvehtimisalueet keskittyvät Etelä-Eurooppaan ja Välimeren alueelle. Merimetson ravinto koostuu lähes kokonaan kalasta ja keskittyy alueensa runsaimpina esiintyviin lajeihin. Lintu on hyvä liikkumaan veden alla, ja se saalistaakin paljon pohjan lähettyvillä olevia kaloja. Merimetso saalista korkeintaan 20–30 kilometrin päässä pesästään riippuen saaliin saatavuudesta. (Rusanen ym. 1998.)

Sinensis-alalaji pesi Itämerellä ainakin keskiajalta asti, mutta voimakkaiden väinojen vuoksi laji koki paikallisen sukupuuton 1900-luvun ensimmäisillä vuosikymmenillä (Beike 2014; Gagnon 2016). Vuosisadan loppuun mennessä suojelutoimien ja ympäristömyrky DDT:n käyttökiellon ansiosta laji kuitenkin palasi Itämeren alueelle ja myös Suomeen. Merimetsoa ei pidetä nykytiedon valossa vierasperäisenä lajina, vaikka vastakkaisia väitteitä on esitetty, tosin vailla tieteellistä näyttöä. (Beike 2014.) Vuonna 1996 merimetso pesi Suomessa ensimmäistä kertaa hävittämissensä jälkeen, ja vuonna 2002 kanta ulottui jo itäiseltä Suomenlahdelta Perämerelle asti. Kanta on paluusta asti ollut voimakkaassa kasvussa aivan viime vuosia lukuun ottamatta (Merimetsotyöryhmä 2016). Vuonna 2019 Suomen merimetsokanta kuitenkin pieneni neljällä prosentilla ja sen oletetaan nyt olevan lähellä suurinta kantokykyään (Suomen ympäristökeskus 2019).

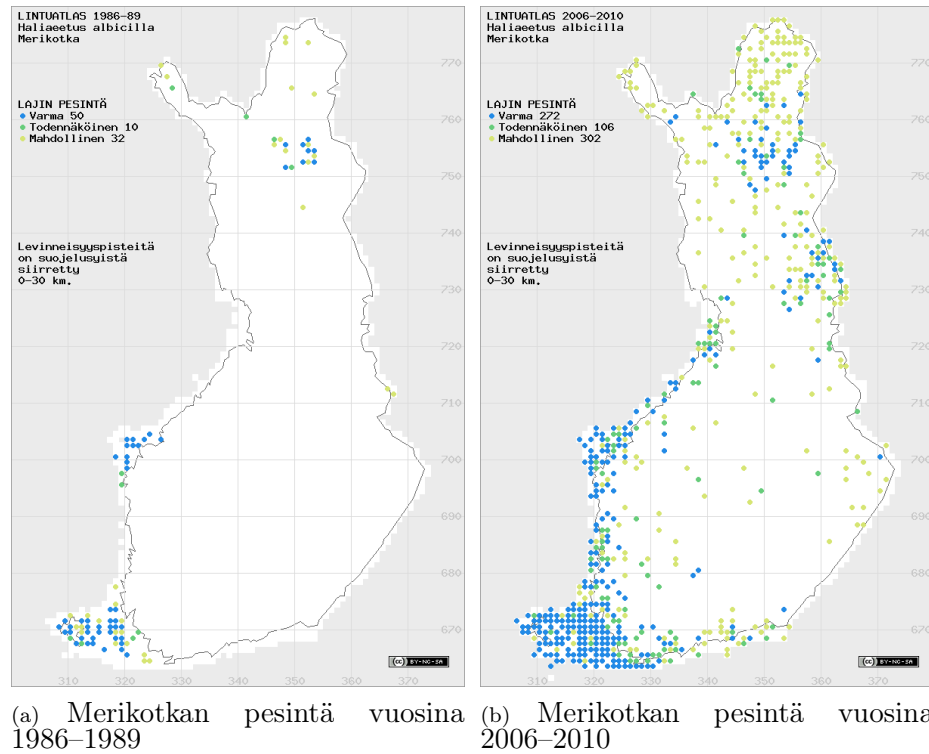
Merimetsokannan kasvu aiheuttaa monitahoisia muutoksia muun muassa maaperässä, vesistöjen ravinnekuormassa ja kalastossa (Klimaszyk & Rzymiski 2016). Lintujen kotiluodolla ja sen lähistöllä suuri ulosteen määrä sekä lintujen ja kalojen raadot muuttavat maaperän ja karikkeen kemiallista koostumusta, mikä vuorostaan muuttaa kasvistoa ja eläimistöä (Kolb ym. 2015; Gagnon 2016). Vaikutus jää joka tapauksessa suurelta osin hyvin paikalliseksi, eikä merimetsokolonia kata yleensä koko luodon pinta-alaa (Suomen ympäristökeskus 2018). Lisäksi seurauksia hillitsee se, että saariston vähäpuisten ja puuttomien luotojen kasvistoon kuuluu vain muutamia valtakunnallisesti uhanalaisia kasvilajeja ja nekin yleensä sijoittuvat rantavyöhykkeelle (Rusanen 1999). Merimetson ulosteista päätyy ravinteita mereen, mutta pyytämällä kalaa merimetsä myös siirtää ravinteita vedestä maalle, ja osa jää huuhtoutumatta takaisin. Näin ollen lajin kokonaisvaikutus Itämeren ravinnekuormaan voi olla myönteinenkin (Gagnon 2016). Merimetson aiheuttamat muutokset kalastoon ovat yleisesti ottaen heikkoja, lukuun ottamatta ahventa (*Perca fluviatilis*), joka taantui merimetsöyhdyksunnan koon kasvaessa Östmanin ym. (2012) tutkimuksessa. Kaiken kaikkiaan merimetsokolonian vaikutus luodon ja lähialueen ekosysteemiin on mutkikas ja moniulotteinen, eikä asiasta olekaan lopullista selvyyttä (Kolb ym. 2015; Gagnon 2016).

2.2 Merikotka (*Haliaeetus albicilla*)

Euroopan suurin lintu, merikotka, on huippupeto, jonka levinneisyys ulottuu Islannista ja Grönlannista aina Koillis-Siperiaan asti (Suomen ympäristökeskus 2008). Suomessa lintu pesii hyvin kookkaissa risupesissä suuren puun latvassa vesistöjen lähistöllä, muualla pesintä voi sijoittua myös jyrkän teelle tai maahan. Merikotka munii maaliskuusta huhtikuussa (Suomen ympäristökeskus 2008). Haudonta-aika on 34–42 päivää, ja 90 päivän kuluttua kuoriutumisen poikaset ovat lentokykyisiä mutta vielä riippuvaisia vanhemmistaan ja pysyvät synnyinreviirillään muutaman kuuksen ajan (Balotari-Chiebao ym. 2016). Suurimmassa osassa esiintymisalueella merikotka pesii paikkalintuna, vain Pohjois-Venäjällä ja Lapissa lintu muuttaa talveksi sulien vesien äärelle. Erityisesti nuoret yksilöt voivat kuitenkin vaeltaa pitkiäkin matkoja, yleensä seuraten muuttavia vesilintuja. Norjan ja Itämeren alueen linnut muodostavat noin 70 prosenttia koko maailman kannasta. (Génsbøl 2008, s. 63–70.)

Vainoaminen, alkuperäisten elinympäristöjen siirtyminen maatalouskäyttöön ja ympäristömyrkyt, kuten PCB ja DDT, ajoivat merikotkan sukupuuton partaalle 1900-luvulla (Hipfner ym. 2012). Kuten merimetson, myös merikotkan kanta kuitenkin palautui elinvoimaiseksi vuosisadan loppupuolella, ja talviruokinnan, suojelutyön sekä edellä mainittujen ympäristömyrkkien käyttökiellon ansiosta kanta on kasvanut nopeasti koko Itämeren alueella (Génsbøl 2008; Suomen ympäristökeskus 2008; Herrmann ym. 2011). Myös Suomessa kasvu on ollut varsin voimakasta: vuonna

1994 täällä pesi 100 paria ja 20 vuotta myöhemmin jo 453 paria (Stjernberg ym. 2016). Vuonna 2019 syntyi 558 poikasta eli enemmän kuin koskaan aiemmin, ja lajin kanta on nyt niin suuri, ettei sitä luokitella enää uhanalaiseksi (WWF 2019). Merikotka on Suomessa levittäytynyt laajalle alalle, muttei ole vielä kyennyt palaamaan kaikille vanhoille pesimäalueilleen, esimerkiksi Itä-Suomeen (Kuva 2) (Lyytikäinen 2017).



Kuva 2: Merikotkan pesintä vuosina 1986-1989 ja 2006-2010. Levinneisyyspisteitä on suojelusyistä siirretty 0-30 kilometriä. Pisteet näyttävät pesinnän todennäköisyyden vuosittain kyseisellä paikalla: sininen=varma, vihreä=todennäköinen, keltainen=mahdollinen. (Luonnontieteellinen keskusmuseo 2011a.)

Merikotka on generalistipeto, jonka varsin laaja saalisvalikoima sisältää pääosin kalaa ja lintuja mutta myös nisäkkäitä (esim. Sulkava ym. 1997; Sándor ym. 2015). Nadjafzadeh ym. (2016) toteavat kuitenkin yksittäisten merikotkien voivan käyttäytyä specialistin tavoin. Myös Ekblad ym. (2016) havaitsivat linnun ravinnonhankinnassa mahdollista erikoistumista: heidän aineistossaan lokkien osuus merikotkan ruokavaliosta oli keskimäärin noin 7 prosenttia, mutta joillakin pareilla osuus nousi jopa 25 prosenttiin.

Merikotkan ravinnon koostumus vaihtelee myös alueittain: Suomen Lapissa kalojen osuus on 67 prosenttia ravinnosta ja lintujen 29 prosenttia, Ahvenanmaalla taas samat osuudet ovat 27 ja 65 prosenttia eli lähes päinvastaiset (Sulkava ym. 1997). Selvästi suurin osa saalislajeista elää samoilla alueilla kuin merikotkakin eli vesistöjen lähetyvillä (Sándor ym. 2015). Talvisin myös haaskoilla on merkittävä osuus merikotkan ravinnossa (Génsbøl 2008). Ekblad ym. (2016) havaitsivat, että useimpien

vesilintujen osuus merikotkan ravinnosta on korkeampi niillä reviireillä, joiden maa-ala on muita pienempi. Ahvenanmaalla merikotkan tärkein yksittäinen saalislaji on haahka (*Somateria mollissima*), joka on myös Itämeren yleisin vesilintu. Haahkojen osuus merikotkan ravinnosta on lisääntynyt 1990-luvulta lähtien, mikä on ilmeisesti seurausta hauen (*Esox lucius*) saatavuuden vähentymisestä. Alueellisen vaihtelun lisäksi merikotkan ravinto vaihtelee siis ajallisesti.

2.3 Merikotkan ja merimetson välinen peto-saalissuhde

Sekä merikotkan että merimetson kannat ovat olleet voimakkaassa kasvussa sen jälkeen, kun lajit ovat palanneet Suomeen (Suomen ympäristökeskus 2008; Merimetso-työryhmä 2016). Runsastuneen merikotkan on havaittu saalistavan entistä useammin merimetsoluodoilla, ja sama on todettu myös merimetsoseurannassa (Ekblad ym. 2016; Suomen ympäristökeskus 2018). Kvantitatiivista analyysia asiasta ei ole kuitenkaan tehty. Ihmistä (Rusanen ym. 1998) ja merikotkaa lukuun ottamatta merimetsolla ei ole juurikaan vihollisia.

Merimetson osuus merikotkan koko ravinnosta on suhteellisen pieni ja jää alle yhden prosentin tai sen tuntumaan (Sulkava ym. 1997; Watson ym. 2008; Sándor ym. 2015; Yurko 2016). Sulkavan mukaan osuus on Ahvenanmaalla ja Merenkurkussa 0,1 prosenttia. Tutkimus on tosin julkaistu vuonna 1997 eli vain vuosi sen jälkeen, kun merimetso palasi Suomeen. Sándorin ym. (2015) ja Yurkon (2016) tutkimuksissa Romaniasta ja Valko-Venäjältä vastaavat osuudet ovat 0,77 ja 0,8 prosenttia. Watsonin ym. (2008) mukaan Skotlannissa merimetsojen sukuun kuuluvan karimetson (*Phalacrocorax aristotelis*) osuus merikotkien saalistähteistä on 1,14 prosenttia. Ekbladin ym. (2016) Ahvenanmaalla kerätystä aineistosta tehdyn tutkimuksen mukaan merimetson osuus merikotkan ravinnosta lisääntyi vuosina 1985–2010, vaikka merimetso on ollut harvalukuinen alueella. Kotkat siis ovat alkaneet saalistaa uutta tulokasta, ja myös merimetsoon erikoistuvista merikotkista on jo harrastajahavaintoja Turun saaristosta ja Pohjanlahdelta (Ekblad ym. 2016).

Merikotkan ja merimetson välinen suhde voi kuitenkin myös poiketa täysin peto-saalissuhteesta. Siinä missä jotkin merikotkat näyttävät erikoistuvan merimetson saalistamiseen, on myös olemassa havaintoja lajien välisestä yhteiselosta. On havaittu jopa niinkin tiivistä yhteiseloa, että merikotka pesii merimetsoluodolla saalistamatta tai mitenkään muuten häiritsemättä tätä (Bregnballe ym. valmisteilla).

Merimetsokoloniat ovat siirtyneet 2000-luvun aikana ulkosaaristosta lähemmäksi rannikkoa, ja samalla niiden pesiminen puissa on yleistynyt (Suomen ympäristökeskus 2018). Tämän arvellaan olevan populaatiotason seurausta merikotkan aiheuttamasta saalistuspaineesta. Lisäksi tiedetään, että merikotkan voimistunut saalistus heikentää merimetson poikastuottoa. Pesimäkäisiä merimetsoja palaakin Suomesa kotiseuduilleen joka kevät yhä vähemmän. (Suomen ympäristökeskus 2019.) Me-

rikotkan saalistuksen oletetaan olevan Itämeren talviolosuhteiden ohella täkäläistä merimetsokantaa säätelevä tekijä, mistä ei tosin ole vielä tutkimustietoa (BirdLife Suomi ry 2019; Suomen ympäristökeskus 2019). Kannan säätelyn on esitetty toimivan myös toiseen suuntaan, ja merimetsoilla saattaakin olla osansa merikotkien kannan palautumisessa Itämeren alueella (Gagnon 2016).

Yksittäiselle merimetsokolonialle saalistavat merikotkat voivat aiheuttaa hyvinkin merkittäviä tuhoja: yhdyskuntien pienenemistä, heikentynyttä poikastuotantoa ja pesinnän kokonaisvaltaista epäonnistumista. Merikotka häiritsee merimetsojen pesintää pelottelemalla lintuja ennen munintaa sekä syömällä munia ja poikasia. (Suomen ympäristökeskus 2018.) Häirintä on ajoittain varsin suurta ja voi aiheuttaa huomattaviakin pesätappioita, jopa satojen pesien tuhoutumista yhdestä yhdyskunnasta (Rusanen ym. 2012; Suomen ympäristökeskus 2018). Lisäksi merikotkat voivat estää uusien merimetsoyhdyskuntien muodostumista, rajoittaa jo olemassa olevien kasvua ja vaikuttaa merimetsokolonioiden sijoittumiseen (Rusanen ym. 2012; Bregnballe ym. valmisteilla). Merikotkan hyökätessä merimetsoyhdyskuntaan emot pakenevat ja jättävät poikasensa vartioimatta, jolloin erityisesti poikaset ovat hyvin helppoa ravintoa (Van Damme & Colonel 2007; Ikävalko 2017). Merikotkan on myös todettu käyttävän merimetsoja ”ruoka-automaatteina”: ne uhkailevat merimetsoja, jolloin nämä oksentavat sulamattomat kalat merikotkien käytettäväksi (Klimaszyk & Rzymiski 2016).

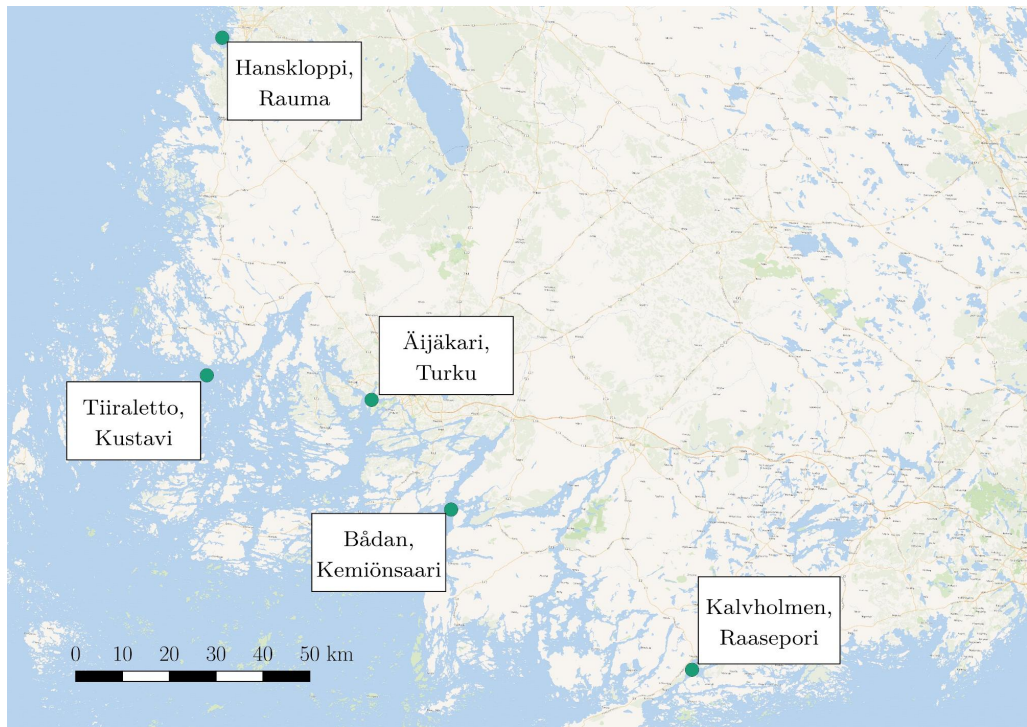
3 Aineisto ja menetelmät

Tutkielmassa käyttämäni aineisto koostuu sekä itse kerätystä havaintoaineistosta että harrastajien keräämästä, vuosien seurantatyön tuloksena syntyneestä aineistosta. Suomessa on pitkät perinteet merikotkien ja merimetsojen seurannasta, ja tietoa kerätäänkin vuosittain sekä merikotkien (Stjernberg ym. 2016) ja merimetsojen pesinnästä (Suomen ympäristökeskus 2018) että merikotkien käyttämästä ravinnosta. Merikotkan saalisaineiston sain käyttööni ohjaajanani toimivan ekologian ja evoluutiobiologian professori Toni Laaksosen kautta. Hänen avulla olen myös saanut käyttööni WWF Suomen Merikotkatyöryhmän ja Luonnontieteellisen museon keräämän satelliittiseurattujen merikotkien havaintoaineiston (Saurola 2017). Lisäksi hyödynnän Tiira-lintutietopalvelun havaintoja, joiden käyttöön sain luvan alueellisilta lintuyhdistyksiltä.

Aineiston käsittelyyn ja analyysien toteuttamiseen käytin QGIS-paikkatieto-ohjelmistoa (QGIS Development Team 2020) sekä tilastollisen laskennan ja grafiikan tuottamisen R-ohjelmistokieltä ja -ympäristöä (R Core Team 2020). R-ohjelmointikieltä työstin käyttämällä graafista käyttöliittymää RStudiota (RStudio Team 2019) ja sen työkaluja, eritoten ggplot2-pakettia (Wickham 2016).

3.1 Itse kerätty havaintoaineisto

Ensimmäinen tutkimuskysymykseni koskee merikotkien saalistusta merimetsojen pesimäluodoilla. Tätä kysymystä varten keräsin itse osan tutkimusaineistosta. Vuonna 2017 tarkkailin toukokuun puolivälistä kesäkuun loppuun viiden eri merimetsoluodon lähettyvillä saalistavia merikotkia. Koska käytössäni ei ollut venettä, valittiin luodot sen mukaan, että havainnointi onnistuisi ilman venettä ja niin, että havainnointipisteelle ajamiseen ei kuluisi liian suurta osaa päivästä. Näin otokseksi valikoitui viisi merimetsan pesimäluotoa Lounais-Suomesta (Kuva 3).



Kuva 3: Kenttähavainnoissa mukana olleet merimetsojen pesimäluodot.

Havaintojakson aikana laskin merikotkien hyökkäykset pesimäluodolle tuntia kohden. Kesä oli sateinen, joten joinakin päivinä jouduin keskeyttämään havainnoinnin tai jättämään sen kokonaan väliin liian huonon näkyvyyden takia. Havaintoaika vaihteli: se alkoi varhaisimmillaan kello 7.00 ja päättyi viimeistään 17.30, mutta painottui aamuun. Havainnoin luotoa ja sen ympäristöä kiikareilla ja kaukoputkella kunkin luodon vastarannalla, lähimmillään noin 800 metrin ja korkeintaan noin 2000 metrin päässä koloniasta. Merkitsin ylös luodolle kohdistuvien hyökkäysten määrän tuntia kohden sekä muut merkittävät havainnot.

3.2 Satelliittiseurattujen merikotkien paikannushavainnot

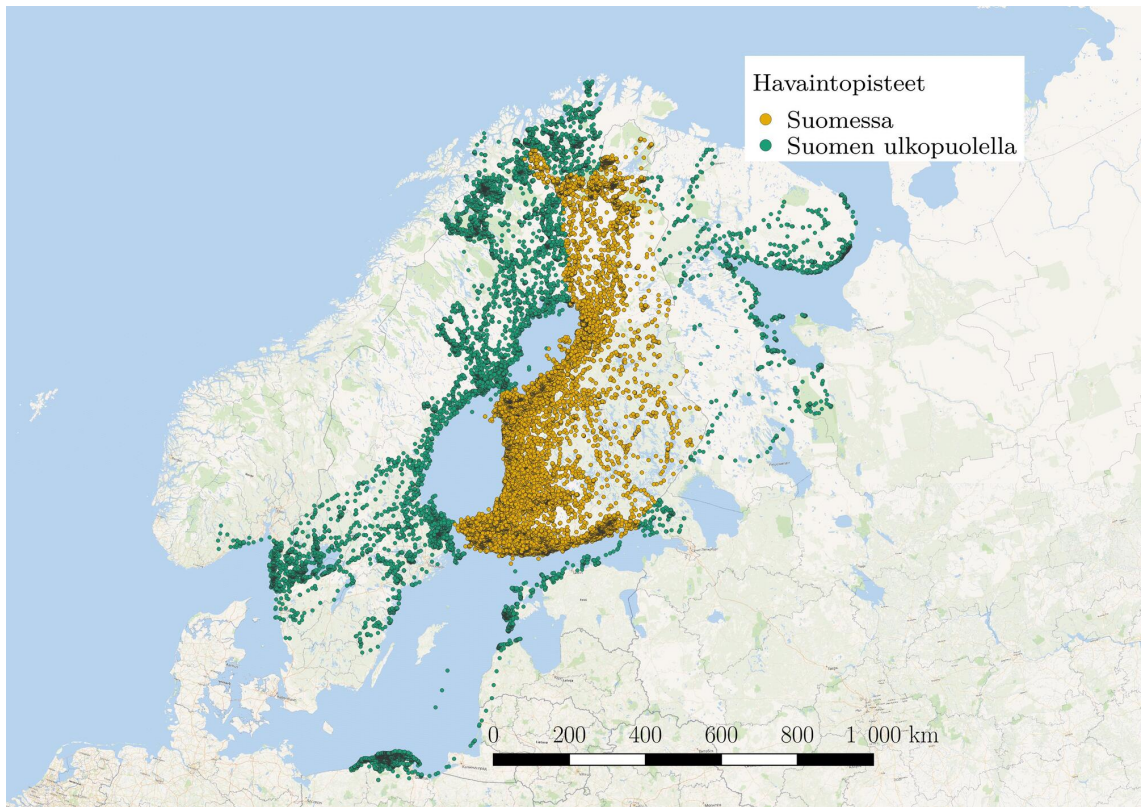
Käytössäni oli lisäksi satelliittiseurannassa olevien merikotkien havaintopisteaineisto, jonka avulla pystyin tutkimaan merikotkien käyntejä merimetsoluodoilla omaa havaintoaineistoani laajemmin. Paikannustiedot keräävä satelliittilähetin (Microwave Telemetry, 70g Argos/GPS Solar PTT) kiinnitetään valjailta merikotkan selkään sen ollessa poikana (Kuva 4). Lähetin tallentaa koordinaatin, suunnan ja korkeuden tunnin välein ja lähettää tiedon kolmen vuorokauden välein palveluntarjoajan (Argos) keskustietokoneelle, josta tiedot saadaan lopulta käyttöön. Seurattuja kotkia on yhteensä 17, ja niille kaikille on annettu nimi. Paikantimet on asennettu vuosina 2009–2017 ja käytän paikannustietoja vuosilta 2009–2018. Luonnontieteellisen keskusmuseon internetsivuilla on satelliittimerikotkien tarkemmat kuvaukset, kuten tiedot kotipaikasta ja paikantimen asennusajankohdasta (Luonnontieteellinen kes-

kusmuseo 2020). Paikannuspisteitä on koko aineistossa yhteensä 149 703 kappaletta, ja ne sijoittuvat pääosin Fennoskandian alueelle (Kuva 5). GPS-aineisto käsittää siis havaintopisteiden koko perusjoukon Suomen osalta. Valitut merikotkat muodostavat taas melko hyvän satunnaisotoksen kaikista Suomen rannikolla syntyneistä merikotkista (Balotari-Chiebao ym. 2018).



Kuva 4: Tyyni-merikotkan selkään asennettu satelliittilähetin. Kuva: Teemu Honkanen

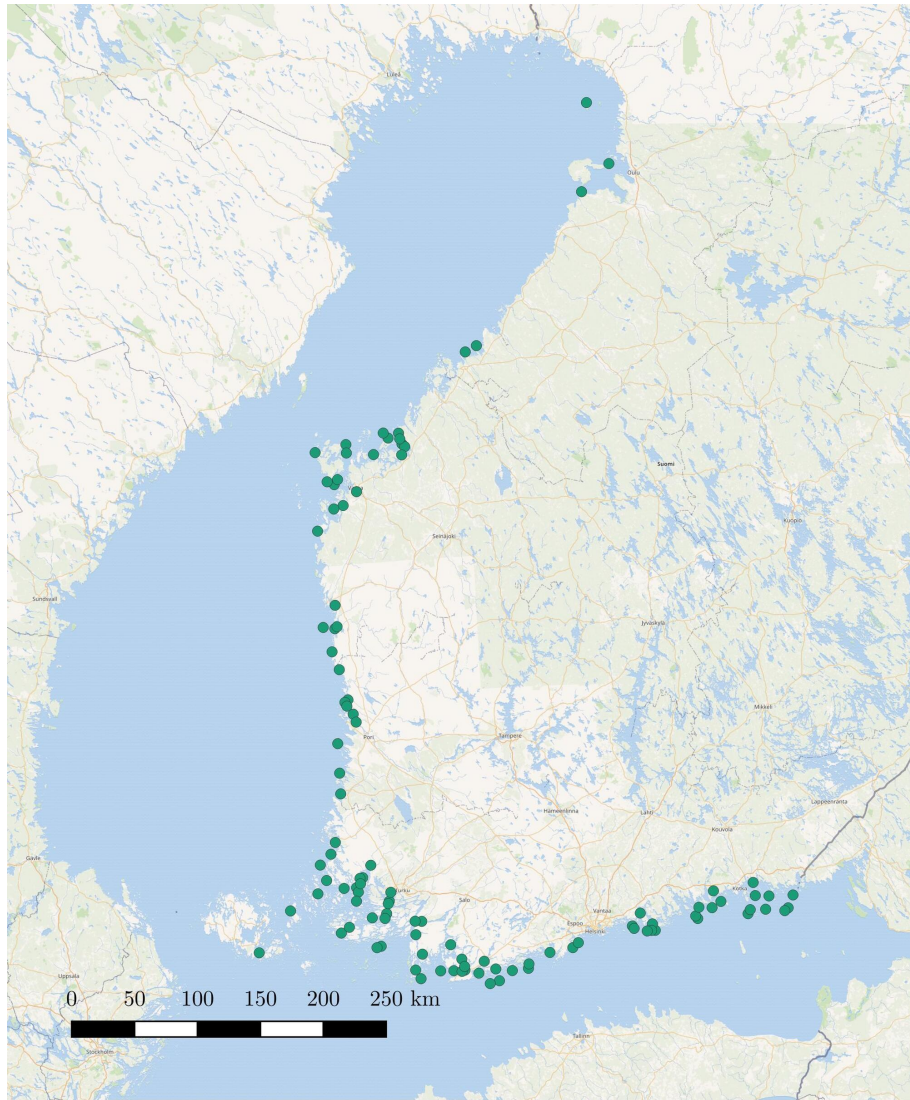
Paikannuspisteistä valitsin vain Suomen alueelle osuvat pisteet (Kuva 5). Koska paikantimien lähettämän paikannuksen aikaväli vaihteli päivämäärän ja linnun mukaan, supistin otosta edelleen niin, että paikannusten aikaväli oli koko aineistossa sama, eli yksi tunti (Liite A.1). Näin paikannuspisteistä valikoituivat ne, jotka sijoittuivat aikavälille 16.2.–15.11. kello 8–16. Lisäksi jätin aineiston ulkopuolelle muutaman linnun, joiden lähettimet tallensivat jatkuvasti paikan kahden tunnin välein. Näin aineistoon jäi 13 merikotkaa ja siihen valikoitui relevantti pistejoukko, jonka jakautumisen tutkiminen on tieteellisesti validia. Tutkimukseen valittujen paikannuspisteiden kokonaislukumääräksi tuli 65 718.



Kuva 5: Satelliittimerikotkien paikannuspisteet.

3.3 Merimetsöyhdyskuntien pesimätiedot

Merimetsöjen pesimätiedot kerätään vuosittain kaikista Suomen alueella olevista merimetsöyhdyskunnista, jolloin on kyse koko perusjoukosta eikä otannasta. Aineistoni käsittää vuodet 2009–2018 ja yhteensä 111 koloniaa, jotka ulottuvat pohjoisesta Iin Pohjanletosta itään Virolahden Ryslätiin, ja se sisältää yhdyskuntien koordinaatit sekä luotojen ja pesien vuotuiset lukumäärät (Kuva 6).



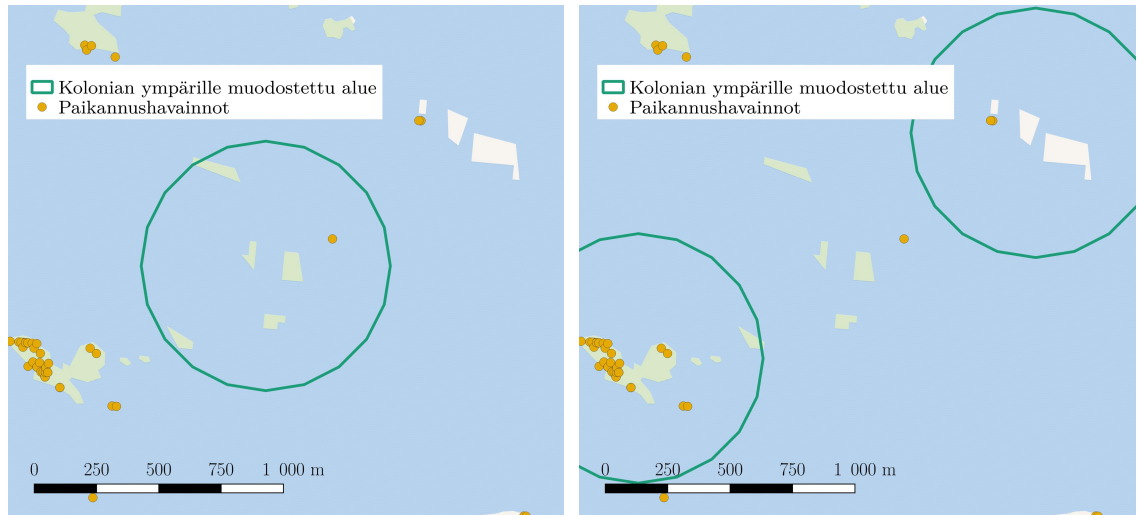
Kuva 6: Aineistossani esiintyvien merimetsokolonioiden sijainti Suomen rannikolla.

Laskeakseni satelliittilähettimillä varustettujen merikotkien käynnit merimetsoyhdyskunnissa minun piti valikoida ne merikotkien paikannuspisteet, jotka liittyvät vierailuihin merimetsoluodoilla. Tätä tarkoitusta varten laskin yhdyskuntien koordinaateille QGIS-paikkatieto-ohjelmiston avulla ympyränmuotoisen alueen 500 metrin säteellä koloniasta. Oletin, että tämän alueen sisälle jäävät merikotkan paikannuspisteet joko sijaitsevat itse merimetsoyhdyskunnassa tai liittyvät muuten yhdyskunnassa käymiseen. Poistin yli 50 metrin korkeudelle paikannetut havaintopisteet, sillä oletin näiden olevan ylilentoja tai muuten merimetsoyhdyskuntiin liittymättömiä havaintopisteitä.

Merimetsojen pesimäaineistossa on merkattu jokaiselle riville yksi piste, vaikka kyseiseen yhdyskuntaan kuuluisi useampi luoto. Usean luodon kolonioille on aineistossa annettu yksi keskikoordinaatti. Tällöin virheellisesti muodostetulle alueelle ei yleensä osu luotoja (Kuva 7a). Näin käytettynä analyysiin päätyisi havaintopisteitä, jotka eivät osu merimetsokolonioiden alueelle, ja toisaalta laskematta jäisi sellaisia havain-

topisteitä, jotka osuvat kolonoihin. Virheen estämiseksi kävin nämä usean luodon yhdyskunnat läpi yksitellen ja korjasin oikeat luodot aineistoon (Kuva 7b).

Tiedossani oli vain luotojen keskikoordinaatti ja lukumäärä, joten käytin apunani Maanmittauslaitoksen satelliittikuvia (Maanmittauslaitos 2020), joista pystyin arvioimaan luotojen sijainnit. Merimetsoluodot erottuvat kuvista selkeästi, sillä ne hohtavat valkoisina merimetsojen jätösten suuren määrän vuoksi. Tämä tapa ei määritä luotojen sijaintia täysin varmasti, minkä takia kävin vielä käsin läpi kaikki luodoille osuvat paikannuspisteet tarkistaakseni niiden oikeellisuuden.



(a) Useamman luodon keskikoordinaatista muodostettu virheellinen alue.

(b) Useamman luodon käsittävä yhdyskunta korjattuna karttaan.

Kuva 7: Merimetsokolonioiden paikkatietoja piti korjata käsin. Kuvan havaintopisteet ovat havainnollistavia, eivätkä kuvaa oikeaa tilannetta.

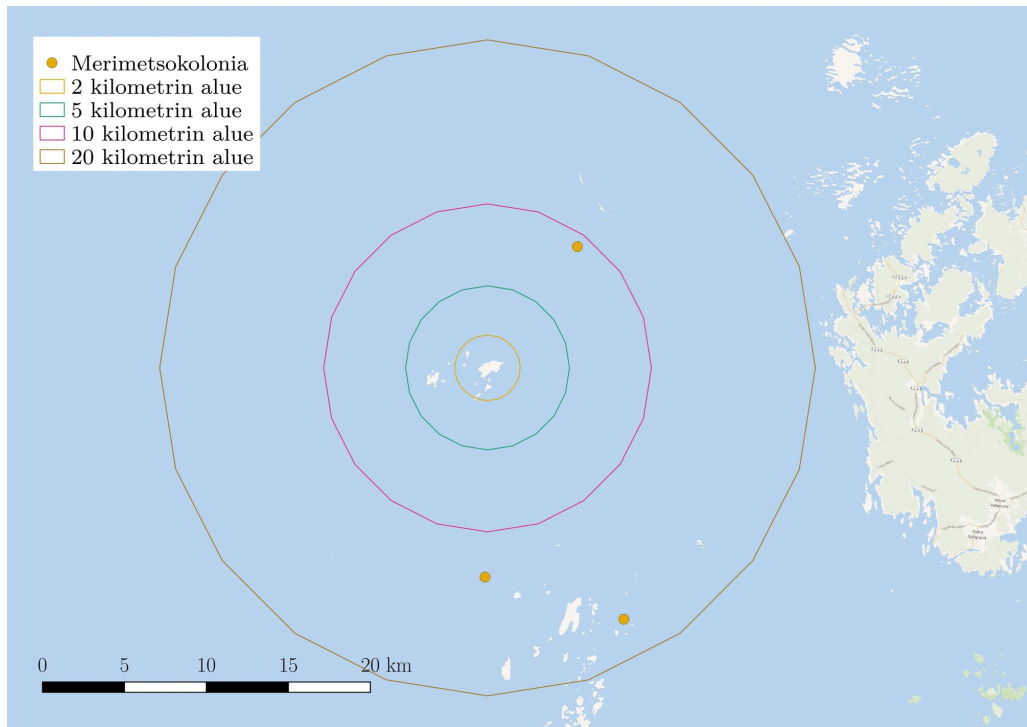
Merimetsoyhdyskuntien pesimätietoihin yhdistin aiemmassa alaluvussa esiteltyt satelliittimerikotkien havaintopisteet. QGIS-paikkatieto-ohjelmaa ja R-ohjelmointiympäristöä käyttäen muodostin kaksi eri havaintopistejoukkoa: koko Suomen havaintopisteet ja merimetsoyhdyskunnissa käyntiin liittyvät havaintopisteet. Tutkin pistejoukkojen välisiä eroavaisuuksia näiden jakautumisessa ajan (päivämäärä ja kellonaika), merikotkayksilön sekä merikotkan iän mukaan. Lopuksi analysoin joukkojen välisten erojen tilastollisen eroavaisuuden visuaalisella tarkastelulla ja khiin neliö -testillä.

Visuaalista tarkastelua varten muodostin kahdesta havaintopistejoukosta R-ohjelmointiympäristöllä kuvaajat edellä mainituille muuttujille käyttäen ggplot2-pakettia. Osalle muuttujista muodostin palkkikuvaajat käyttäen geom_bar-funktiota ja osalle viivakuvaajat käyttäen geom_smooth-funktiota ja gam-asetusta (Wickham 2016). Viivakuvaajiin lisätään 95 prosentin luottamusvälit. Mikäli luottamusvälit ovat erillään toisistaan, voidaan joukkojen eroa pitää tilastollisesti merkitseväenä.

3.4 Pesivien merikotkien saalisaineisto

Tutkin myös kuinka suuri osa pesivien merikotkien saaliista koostuu merimetsosta. Lisäksi selvitän, kuinka merikotkan pesien ja merimetson pesimäluotojen välinen etäisyys vaikuttaa merimetsojen osuuteen merikotkan ravinnossa. Tähän vastatakseni käytän edellä mainittujen merimetson pesimätietojen lisäksi pesivien merikotkien saalisaineistoa. Saalisaineistoa kootaan keräämällä tietoa merikotkan pesille jääneistä saalistähteistä. Kyse on tällöin nimenomaan pesivistä merikotkista, sillä nuoret, pesästä pois muuttaneet merikotkat eivät käy enää kotipesällään, vaan syövät saaliinsa muualla (Brown 1976, s. 165–172). Jäännökset kerätään pesän alta ja pesäpaikan ympäristöstä kerran vuodessa, yleensä poikasajan loppupuolella. Ne koostuvat eläinten luista ja muista osista, kuten suomuista ja höyhenistä (Sulkava ym. 1997). Näiden perusteella eläintieteen emeritusprofessori Seppo Sulkava arvioi eri saaliiden vähimmäismäärät kussakin pesässä. Käyttämäni aineisto on kerätty vuosina 2013–2018 ja pääosin Lounais-Suomesta WWF Suomen merikotkatyöryhmän vuotuisten pesätarkastusten yhteydessä. Osallistuin myös itse aineiston keruuseen osana tutkielmaani. Aineistosta käy ilmi pesän sijainti ja syötyjen eläinlajien vähimmäislukumäärä vuosittain. Aineisto käsittää kaikkiaan 244 pesintää 149:lta merikotkan pesältä. Yhteensä aineistossa on 2627 saalisyksilöä, joista 74 prosenttia lintuja, 24 prosenttia kaloja ja 2 prosenttia nisäkkäitä.

Määritin merimetson osuuden koko aineistossa laskemalla merimetsosyksilöiden suhteen koko aineiston saalisyksilöihin. Käyttäen saalisaineiston paikkatietoja muodostin QGIS-ohjelmalla merikotkien pesien ympärille ympyränmuotoiset alueet. Muodostin tutkimusalueet 2, 5, 10 ja 20 kilometrin säteillä merikotkan pesästä (Kuva 8) ja laskin kunkin alueen sisälle jäävien merimetson pesien sekä pesimäluotojen lukumäärän.



Kuva 8: Merikotkien pesien ympärille luodut alueet. Kuva on havainnollistava, sijainnit eivät ole todenmukaisia.

Lopuksi tein aineistolle korrelaatiotestit. Laskin merimetsan osuuden saalistähteistä jokaiselle pesinnälle. Tutkin merimetsan pesien määrän sekä pesimäluotojen määrän eri säteillä merikotkan pesästä ja merimetsan osuuden merikotkan saalistähteissä välisiä yhteyksiä. Käytin Spearmanin ei-parametristä korrelaatiotestiä, sillä ravinnon määrä -muuttuja on hyvin heterogeeninen: hyvin suuri osa pesinnöistä sisältää 0% merimetsan saalistähteistä. Analyysit suoritin R-ohjelmointiympäristössä käyttäen `cor.test`-funktioita ja tulosten visualisoinnin vuorostaan `ggplot2`-pakettia käyttäen.

3.5 Tiira-lintuhavaintopalvelun aineisto

Tiira-lintutietopalvelu on BirdLife Suomi ry:n ylläpitämä tietokanta, jossa kuka tahansa voi pitää omaa havaintopäiväkirjaa sekä selata muiden lintuhavaintoja (BirdLife Suomi ry 2017). Aineiston omistajia ovat alueelliset lintuyhdistykset. Havaintopäiväkirjaa pitävä käyttäjä merkitsee Tiira-palveluun vähintään havainnon päivämäärän, havaitun linnun lajin ja lukumäärän sekä havainnoijan nimen ja havaintopaikan. Lisäksi voi kirjata muun muassa linnun paikan, linnun iänmäärittelyksen sekä mahdollisia lisätietoja. Havainto salataan, jos kyse on esimerkiksi uhanalaisesta lajista tai petolinnun pesimähavainnosta. Salattuihin havaintoihin on pääsy ilmoittajan lisäksi järjestelmän ylläpitäjillä ja yhdistyskäyttäjillä (BirdLife Suomi ry 2017). Lisäksi myös salaamattomien havaintojen käyttäminen on luvanvaraista. Sain yhdistyskäyttäjän oikeudet havaintoaineiston käyttöön Ahvenanmaan ja Helsingin aluei-

ta lukuun ottamatta kaikilta lintuyhdistyksiltä, joiden alueella merimetsokolonioita sijaitsee.

Keräsin havainnot käyttäen Tiiran karttapalvelua. Kävin yksitellen läpi aineistoni merimetsokoloniat ja rajasin jokaisen kolonian ympärille alueen, jonka sisälle osuvat merikotkahavainnot valitsin aineistoon. Tein rajauksen siten, että alue on suurempi kuin merimetsoyhdyskunta, sillä havainnosta ilmoitettaessa paikantaminen ei välttämättä ole kovin tarkkaa ja koloniassa havaittu merikotka voi aineistossa saada pisteen kolonian vierestä. Palvelussa ei ole mahdollista muodostaa tarkkarajaisia aluetta, joten jouduin arvioimaan alueiden samankokoisuuden silmämääräisesti. Laskin aineistosta niiden merimetsoyhdyskuntien lukumäärän, joissa on havaittu merikotkia. Lisäksi laskin keskimääräiset kyseisissä kolonioissa nähtyjien merikotkaryhmien koot ja havaintokerrat. Laskin vielä vuosittaisen osuuden niille kolonioille, joissa on tehty merikotkahavaintoja. Lopuksi tein aineistolle lineaariset regressioanalyysit. Selittäväksi muuttujaksi asetin vuoden ja selitettäväksi muuttujaksi niiden kolonioiden osuuden, joissa on havaittu merikotkia. Analyysit suoritin jälleen R-ohjelmointiympäristössä käyttäen `lm()`-funktioita, ja visualisoin tulokset taas `ggplot2`-paketin avulla.

Koska aineisto on koottu harrastajien lintuhavainnoista, se ei ole vakioitu laskenta, vaan kyse on vinoutuneesta otoksesta. Aineistoa voi kuitenkin tulkita suuntaa antavana viitteenä merikotkien käynneistä merimetsokolonioissa. Käytän Tiira-aineistoa erityisesti dokumentoidakseni suurimpia varmasti havaittuja merikotkien yksilömääriä merimetsokolonioissa, ja huomioin päätelmiä tehdessäni aineiston rajoitukset. Käsittelen aineiston mahdollisia vinoumia tarkemmin luvussa 5.3.

4 Tulokset

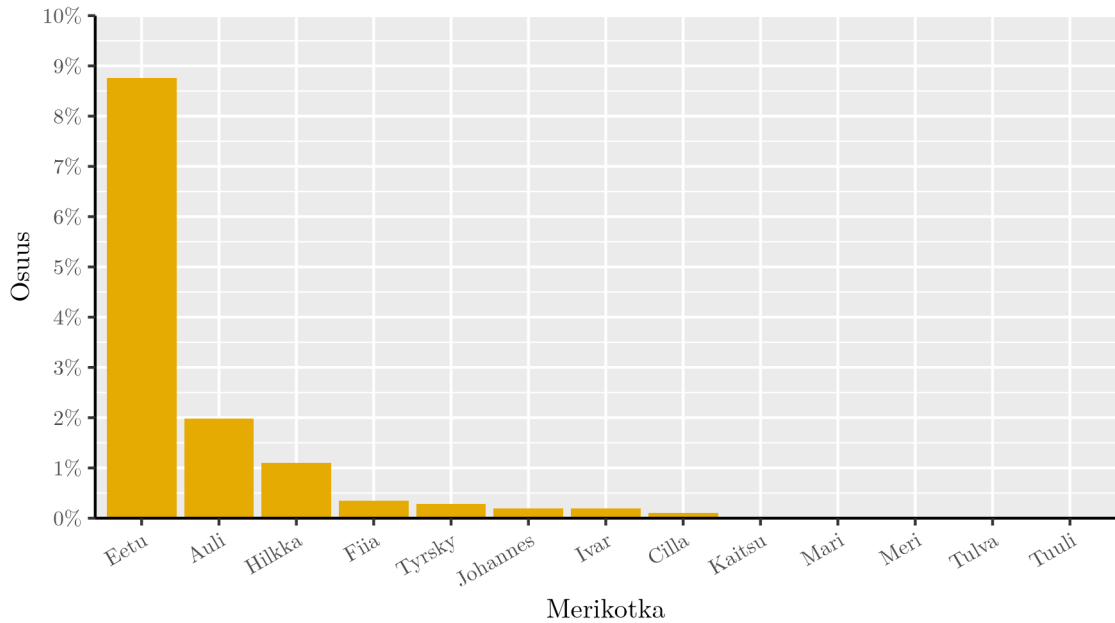
4.1 Omat kenttähavainnot

Itse keräämäni havaintoaineisto ei sisältänyt koko havainnoinnin ajalta yhtään hyökäystä. Yhdelläkään luodolla ei siis käynyt yhtäkään merikotkaa koko havaintojakson aikana. Havaintopäiviä kertyi yhteensä 25 ja havaintotunteja 126 tuntia ja 33 minuuttia. Keskimääräinen havaintoaika oli 5,06 tuntia päivässä. Havaintopäiviä kertyi joka luodolle viisi. Raaseporin Kalvholmenin havaintoluodon lähistöllä liikuskeloi merikotkia jokaisena havaintopäivänä lähes koko paikalloloni ajan, mutta nekään eivät hyökänneet merimetsoyhdyskuntaan. Kotkat istuskelivat merimetsoluodon vieressä olevan saaren puiden oksilla ja välillä lentelivät pois näkökentästä. Enintään kolme kotkaa oli näkyvillä samanaikaisesti, joista kaksi määritin aikuiseksi ja yhden nuoreksi.

4.2 Satelliittiseurattujen merikotkien käynnit merimetsoyhdyskunnissa

4.2.1 Käyntien jakautuminen yksilöittäin

Kaikkiaan 65 718:sta satelliittiseurattujen merikotkien havaintopisteestä merimetsoyhdyskuntiin osui 704. Merimetsoluodoille osuneiden paikannuspisteiden osuus kaikista paikannuspisteistä vaihteli merikotkayksilöittäin nollostä lähes yhdeksään prosenttiin. Suurimmaksi osaksi paikannuksia kolonioissa oli kuitenkin hyvin vähän. Yhdellä merikotkalla, Eetulla, havaintopisteitä merimetsokolonioissa oli selvästi enemmän kuin muilla, 8,76 prosenttia. Eetun lisäksi kahdella muulla merikotkalla (Auli ja Hilikka) 13:sta yli prosentti havaintopisteistä sijaitsi merimetsokolonioissa, ja viidellä merikotkalla paikannuksia kolonioissa ei ollut ainuttakaan (Kuva 9 ja Taulukko 1). Kutsun merimetsokolonoihin osuvia merikotkien paikannuspisteitä jatkossa koloniapisteiksi.



Kuva 9: Koloniatuulten osuus linnun kaikista paikannuspisteistä yksilöittäin. N=13 havaintopisteistä laskettua summaa.

Taulukko 1: Havaintopisteet yksilöittäin.

Nimi	Koko aineisto	Koloniassa	Osuus	Synnyinvuosi
Auli	6304	125	1,98%	2013
Cilla	2775	3	0,11%	2011
Eetu	4853	425	8,76%	2011
Fiia	6815	24	0,35%	2013
Hilikka	8262	91	1,10%	2010
Ivar	14701	28	0,19%	2009
Johannes	3552	7	0,20%	2011
Kaitsu	1014	0	0,00%	2018
Mari	1312	0	0,00%	2017
Meri	7867	0	0,00%	2009
Tulva	1396	0	0,00%	2013
Tuuli	6522	0	0,00%	2009
Tyrsky	345	1	0,29%	2013
Yhteensä	65718	704	1,07%	-

Suoritin koloniatuulten jakaumalle khiin neliö -testin. Testin p-arvo on alle $2 \cdot 2e^{-16}$. Voin siis hylätä testin nollahypoteesin, jonka mukaan kaikilla yksilöillä olisi yhtä suuri todennäköisyys osua merimetsokolonian alueelle. Koloniatuulten jakautuminen yksilöittäin ei siis ole sattumanvaraista.

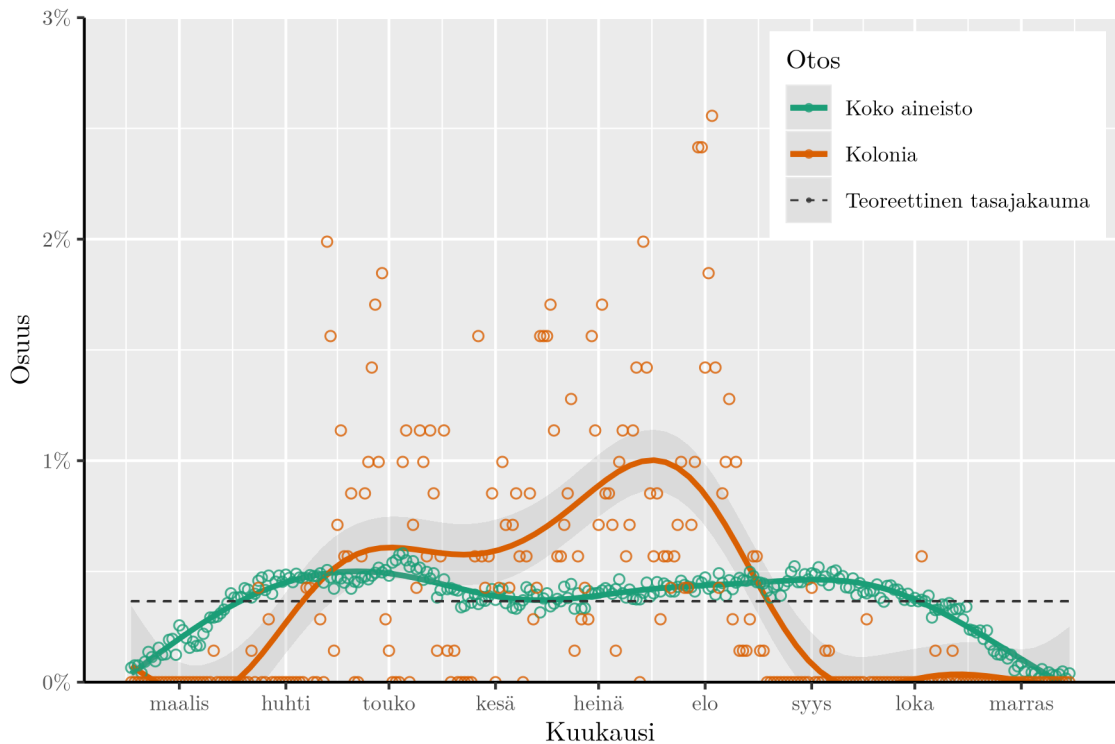
4.2.2 Käyntien jakautuminen vuorokausittain

Kuvassa 10 esitellään kunkin havaintopistejoukon (koko aineiston pisteet ja koloniatuulten pisteet) jakautuminen 16.2. ja 15.11. väliselle ajalle siten, että jokainen piste kuvaa yhdelle päivämäärälle (kello 8–16) osuvien havaintopisteiden osuutta kaikista kyseisen joukon havaintopisteistä. Viivan alle jäävän alueen koko on siis molemmissa

otoksissa yhteensä 100 prosenttia. Kuvaajaan lisätty katkoviiva kuvaa sitä tasoa, jolla pisteet olisivat, jos jakauma olisi täysin tasainen.

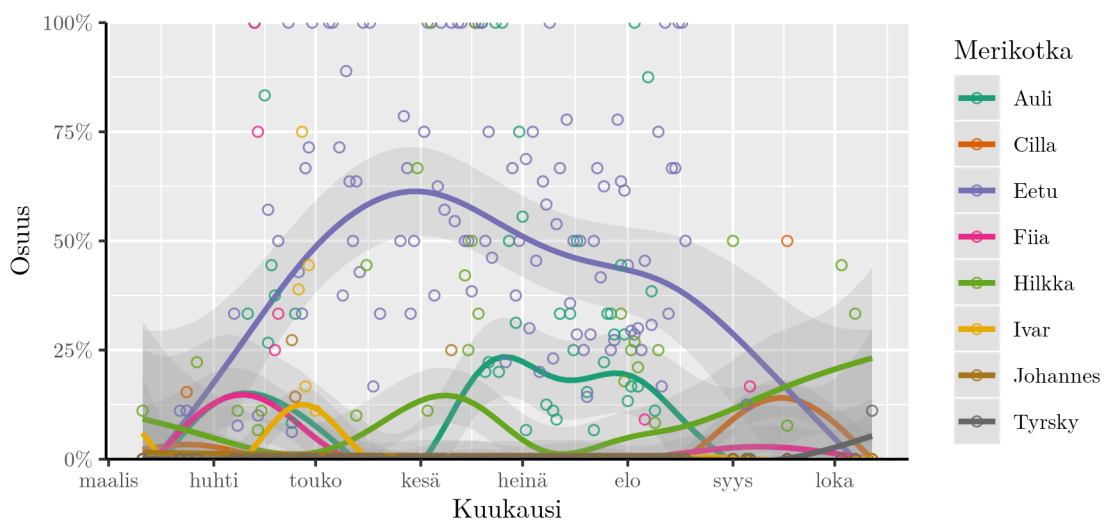
Koko aineiston havaintopisteet jakautuivat suhteellisen tasaisesti koko tutkimusajalle, kuitenkin niin, että ajanjakson alku- ja loppupäässä havaintopisteitä oli vähemmän. Koloniapisteiden jakautuminen painottuu heinäkuulle. Huhtikuun puolivälistä elokuun puoliväliin koloniapisteitä on suhteessa merkittävästi enemmän kuin koko aineiston havaintopisteitä. Koloniapisteitä ei juurikaan ole ennen huhtikuuta tai elokuun puolivälin jälkeen. Jakaumien 95 prosentin luottamusvälit eroavat toisistaan, joten ero on tilastollisesti merkitsevä lähes koko ajanjaksolla.

Tein kahden pistejoukon jakauman välille päivittäin jaoteltuna khiin neliö -testin asettaen oletusjakaumaksi koko aineiston havaintopisteiden jakauman ja havaituksi jakaumaksi koloniapisteiden jakauman. Havaintojakson kuuden viimeisimmän viikon aikana oli päiviä, jolloin koko aineiston havaintopisteitä ei ollut lainkaan. Khiin neliö -testissä ei kuitenkaan voi käyttää oletettuna arvona lukua 0, joten poistin testistä kyseiset päivät. Testin p-arvoksi tuli 0,0005, joten testin nollahypoteesi hylätään. Tulos tukee visuaalista analyysia (Kuva 10), ja joukkojen välinen ero ei ole sattumanvarainen.



Kuva 10: Koko aineiston havaintopisteiden ja merimetsokolonioihin osuvien havaintopisteiden jakautuminen vuoden mittaan. Jokainen piste kuvaa yhden päivämäärän havaintopisteiden osuutta kaikista kyseisen joukon havaintopisteistä. Harmaa alue osoittaa 95 prosentin luottamusvälin. Katkoviiva kuvaa sitä tasoa, jolla pisteet olisivat, jos jakauma olisi täysin tasainen. N=548 havaintopisteistä laskettua summaa.

Kuvaajassa 11 on laskettu kolonipisteiden osuus kaikista havaintopisteistä siten, että jokainen piste kuvaa yhden päivämäärän kolonipisteiden osuutta sen päivämäärän kaikista pisteistä yksilöittäin. Kuvaajaan on sisällytetty ne kahdeksan merikotkaa, joilla on havaintopisteitä merimetsöyhdyskunnissa. Osuus jakautuu eri tavoin yksilöstä riippuen. Touko–kesäkuun ajan yli 50 prosenttia Eetun päivittäisistä havaintopisteistä osuu merimetsökolonioihin, ja linnun kolonipisteiden osuus pysyy lopunkin havaintojakson ajan korkeana. Muilla kotkilla osuudet ovat lähtökohtaisesti pienempiä, vaikka suuriakin osuuksia on. Isolla osalla linnuista luottamusvälit ovat lähes koko havaintojakson ajan päällekkäin, joten eroa ei näiltä osin tilastollisesti ole. Eetun luottamusväli puolestaan on lähes koko havaintojakson ajan erillään muista, joten sen jakauma on tilastollisesti eroava.



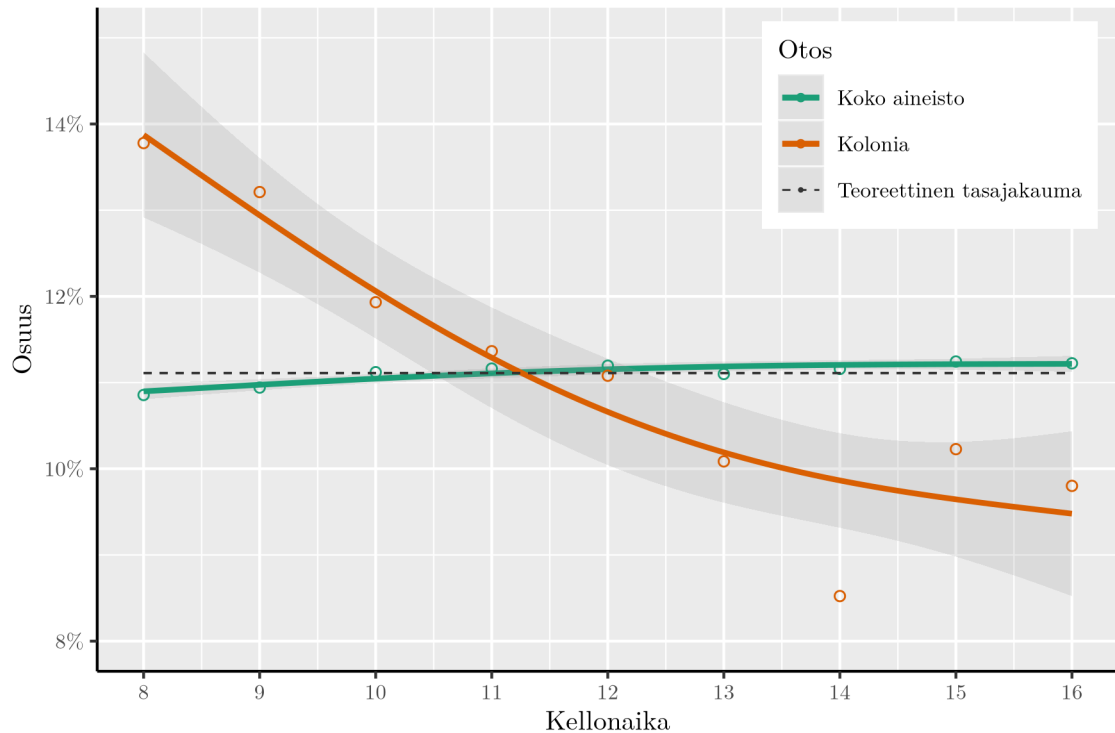
Kuva 11: Kolonipisteiden osuus koko aineiston havaintopisteistä. Jokainen piste kuvaa yhden päivämäärän kolonipisteiden osuutta sen päivämäärän kaikista pisteistä yksilöittäin. Harmaa alue osoittaa 95 prosentin luottamusvälin. N=1016 havaintopisteistä laskettua summaa.

4.2.3 Käyntien jakautuminen vuorokaudenajan mukaan

Kuvaaja 12 kuvaa kunkin havaintopistejoukon jakautumisen kello 8–16 siten, että jokainen piste kuvaa yhden tunnin havaintopisteiden osuutta kaikista kyseisen pistejoukon havaintopisteistä. Viivan alle jäävän alueen koko on molemmissa otoksissa jälleen 100 prosenttia ja katkoviiva kuvaa sitä tasoa, jolla pisteet olisivat, jos jakauma olisi täysin tasainen.

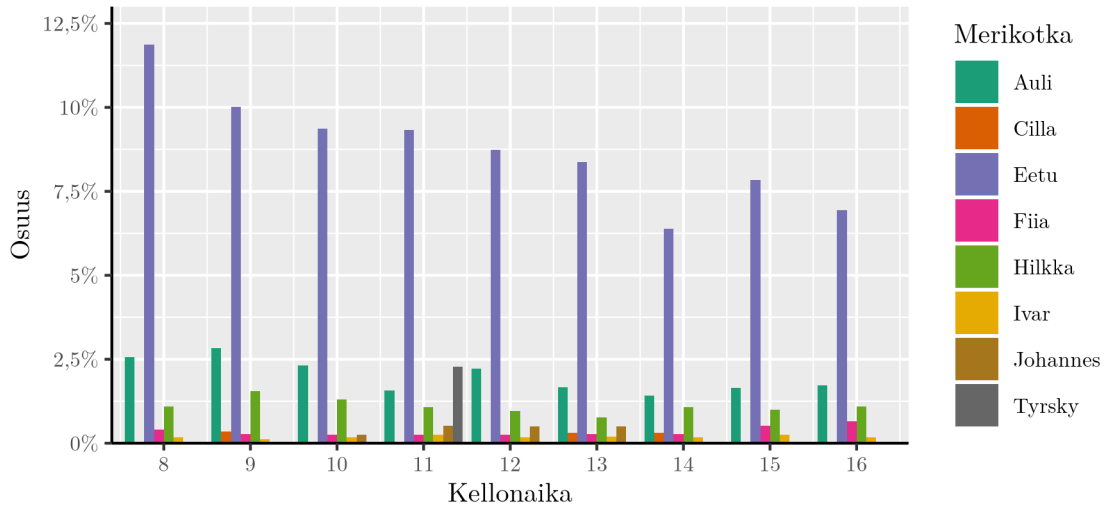
Koko aineiston havaintopisteet jakautuvat hyvin tasaisesti koko ajalle. Kolonipisteet sen sijaan painottuvat aamuun. Kello 8–10 kolonipisteitä on suhteessa enemmän kuin koko aineiston havaintopisteitä. Kello 13–16 kolonipisteitä on taas suhteessa vähemmän kuin koko aineiston havaintopisteitä. Erot ovat tilastollisesti merkitseviä, sillä luottamusvälit eivät ole päällekkäin kellonaikoja 10.30–12.30 lukuun ottamatta.

Tein aineistolle khiin neliö -testin asettaen oletusjakaumaksi koko aineiston havaintopisteiden jakauman ja havaituksi jakaumaksi koloniapisteiden jakauman. Testin p-arvoksi tuli 0,03891, joten testin nollahypoteesi hylätään. Tulos tukee visuaalista analyysia (Kuva 12), eikä joukkojen välinen ero ole sattumanvarainen.



Kuva 12: Koko aineiston havaintopisteiden ja merimetsokolonioihin osuvien havaintopisteiden jakautuminen tunneittain. Jokainen piste kuvaa yhden tunnin havaintopisteiden osuutta kaikista kyseisen joukon havaintopisteistä. Harmaa alue osoittaa 95 prosentin luottamusvälin. Katkoviiva kuvaa sitä tasoa, jolla pisteet olisivat, jos jakauma olisi täysin tasainen. N=18 havaintopisteistä laskettua summaa.

Kuvan 13 kuvaajassa on laskettu yksilöittäin koloniapisteiden osuus saman kellonajan kaikista pisteistä. Jokainen palkki kuvaa yhden tunnin koloniapisteiden osuutta saman tunnin kaikista havaintopisteistä yksilöittäin. Kuvaajassa ovat jälleen mukana ne kahdeksan merikotkaa, joilla on koloniapisteitä aineistossa. Koloniapisteiden osuus vaihtelee eri merikotkien välillä huomattavasti. Aamulla kello 8–9 Eetun havaintopisteistä yli 10 prosenttia sijaitsee merimetsoluodoilla. Eetun osalta myöhemmät kellonajat saavat pienempiä lukuja, mutta kuitenkin jatkuvasti yli 5 prosenttia. Muilla merikotkilla osuudet ovat selvästi pienempiä.



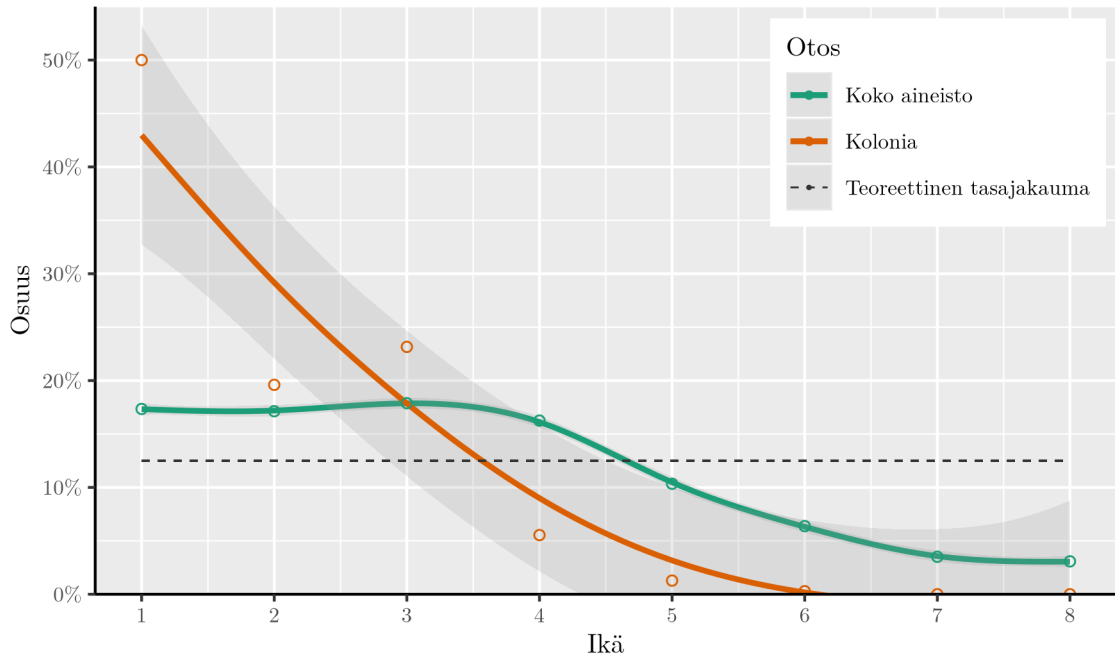
Kuva 13: Koloniapisteiden osuus koko aineiston havaintopisteistä yksilöittäin. Jokainen palkki kuvaa yhden tunnin koloniapisteiden osuutta saman tunnin kaikista havaintopisteistä yksilöittäin. $N=72$ havaintopisteistä laskettua summaa.

4.2.4 Käyntien jakautuminen iän mukaan

Kuvaaja 14 esittää kunkin havaintopistejoukon jakautumisen merikotkayksilön iän mukaan. Jokainen piste kuvaa yhden ikävuoden havaintopisteiden osuutta kaikista kyseisen joukon havaintopisteistä. Kuten edellä, viivan alle jäävän alueen koko on molemmissa otoksissa yhteensä 100 prosenttia ja poikkiviiva kuvaa tasoa, jolla pisteet olisivat, jos jakauma olisi tasainen. Synnyinvuosi eli ikä 0 on jätetty pois, sillä merikotkan poikaset ovat silloin vielä emojensa ruokinnan varassa suurimman osan merimetsojen pesimäajasta.

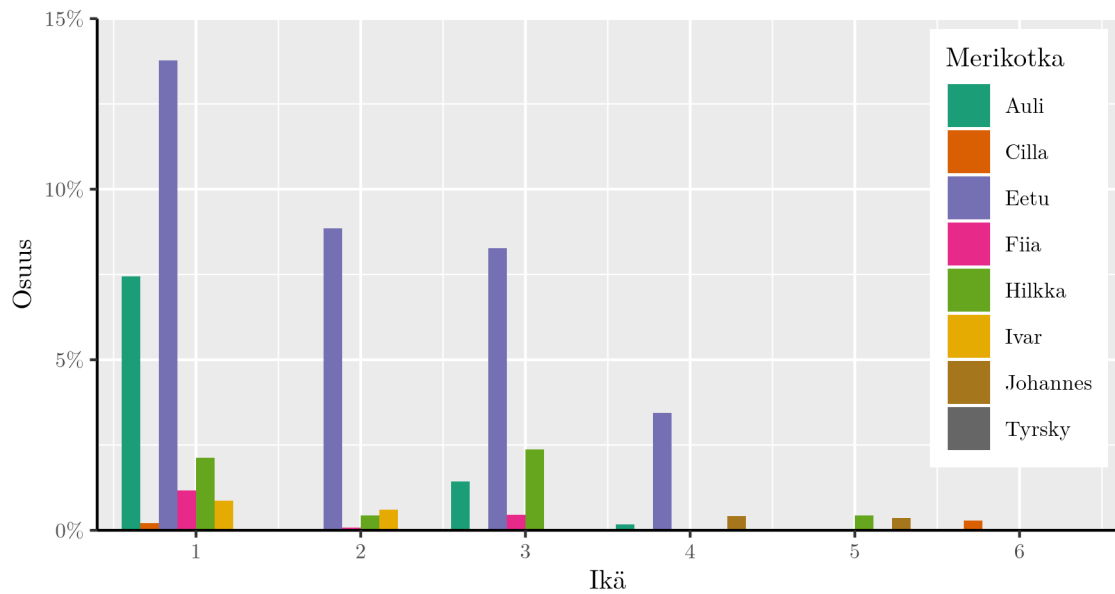
Koko aineiston havaintopisteiden määrä vähenee merikotkien neljännen ikävuoden jälkeen. Ikävuodet 6–8 saavat enää hyvin vähän havaintopisteitä. Merimetsoyhdyskuntiin osuvat havaintopisteet puolestaan painottuvat hyvin vahvasti merikotkien ensimmäiseen ikävuoteen, johon osuu yli puolet kaikista koloniapisteistä. Tämän jälkeen osuus laskee nopeasti. Neljänteen ikävuoteen mennessä koloniapisteiden osuus on vain noin 5 prosenttia kaikista pisteistä, ja seuraavina ikävuosina koloniapisteitä ei enää juurikaan ole. Joukkojen 95 prosentin luottamusvälit ovat erillään toisistaan ikävuosina 1–2, eli näiden ikävuosien aikana pistejoukot ovat tilastollisesti erilaisia.

Tein aineistolle khiin neliö -testin asettaen oletusjakaumaksi koko aineiston havaintopisteiden jakauman iän mukaan ja havaituksi jakaumaksi koloniapisteiden jakauman iän mukaan. Jätin vuoden 0 eli syntymävuoden pois testistä. Testin p-arvoksi tuli alle $2,2e^{-16}$, joten testin nollahypoteesi hylätään. Tulos tukee visuaalista analyysia (Kuva 14), ja joukkojen välinen ero ei ole sattumanvarainen.



Kuva 14: Koko aineiston havaintopisteiden ja merimetsokolonioihin osuvien havaintopisteiden jakautuminen ikävuosittain. Jokainen piste kuvaa yhden ikävuoden havaintopisteiden osuutta kaikista kyseisen joukon havaintopisteistä. Katkoviiva kuvaa sitä tasoa, jolla pisteet olisivat, jos jakauma olisi täysin tasainen. Harmaa alue osoittaa 95 prosentin luottamusvälin. $N=20$ havaintopisteistä laskettua summaa.

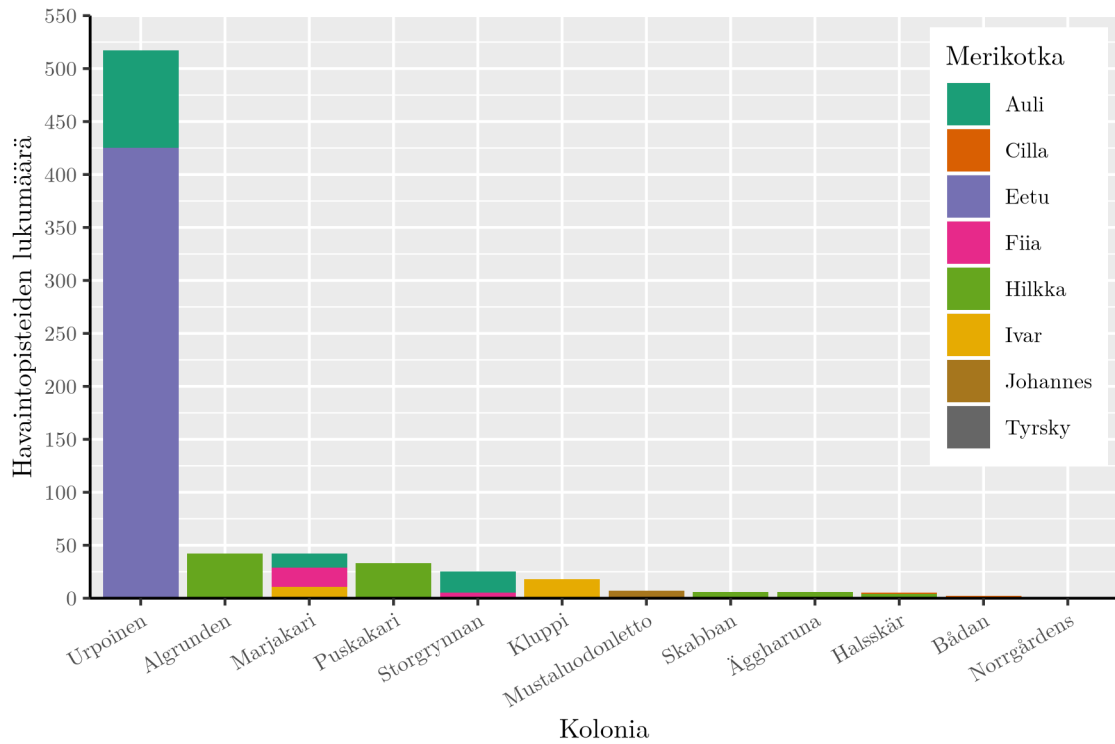
Kuvaaja 15 esittää koloniapisteiden osuuden saman ikävuoden kaikista pisteistä. Jokainen palkki kuvaa kunkin merikotkayksilön yhden ikävuoden koloniapisteiden osuutta saman ikävuoden kaikista havaintopisteistä. Kuvaajassa ovat taas mukana ne kahdeksan merikotkaa, joilla on koloniapisteitä aineistossa. Koloniapisteiden osuus vaihtelee yksilöittäin. Eetu ja Auli vierailevat ensimmäisenä vuotenaan hyvin ahkerasti merimetsöyhdyskunnissa: ne viettävät siellä noin 13 prosenttia ja 7,5 prosenttia ajastaan. Eetu jatkaa seuraavinakin vuosina kolonioissa käymistä, vaikka koloniapisteiden osuus pienenee vähitellen linnun vanhetessa. Neljäntenä ikävuotena koloniapisteitä on vain noin 3 prosenttia Eetun kaikista pisteistä, ja viidennen ikävuoden jälkeen niitä ei ole enää lainkaan.



Kuva 15: Koloniapisteiden osuus koko aineiston havaintopisteistä yksilöittäin. Jokainen palkki kuvaa kyseisellä yksilöllä yhden ikävuoden koloniapisteiden osuutta saman ikävuoden kaikista havaintopisteistä. N=56 havaintopisteistä laskettua summaa.

4.2.5 Käyntien määrä merimetsöyhdyskuntaa kohden

Merikotkien paikannuspisteiden määrä merimetsöyhdyskunnittain vaihtelee huomattavasti. Urpoisten kolonia Uudessakaupungissa erottuu voimakkaasti muista yli 500 havaintopisteellään (Kuva 16). Havaintopisteitä on myös 11:ssä muussa merimetsöyhdyskunnassa, mutta vain alle 50 kussakin. Koko tutkimusjakson aikana eri yhdyskuntia oli yhteensä 111 kappaletta ja havaintopisteitä osui niistä 9,9 prosenttiin. Vuosittain niiden kolonioiden osuus, joissa oli merikotkien paikannuspisteitä, vaihteli 2,94 ja 10,81 prosentin välillä.



Kuva 16: Satelliittilähettimeillä varustettujen merikotkien paikannuspisteiden määrä merimetsokolonioissa yksilöittäin. N=18 havaintopisteistä laskettua summaa.

4.3 Merimetsan osuus pesivien merikotkien saalistähteistä

Merikotkien saalistähdeaineisto sisälsi yhteensä 244 pesintää 149:lta eri pesältä. Saalisyksilöitä oli 2504, joista 52 oli merimetsoja. Näin merimetsan osuus merikotkan pesiltä kerätyistä saalistähteistä oli koko aineistossa 2,08 prosenttia. Suurimmillaan osuus pesässä oli 25 prosenttia ja pienimmillään 0 prosenttia. 95% prosenttiilit ovat 0 ja 10,94 prosenttiyksikköä. Saalistähteiden lukumäärä pesinnöissä vaihteli 1 ja 60 kappaleen värillä. Merimetsan korkeimmat osuudet ovat pesinnöiltä, joissa on vain neljä saalisyksilöä.

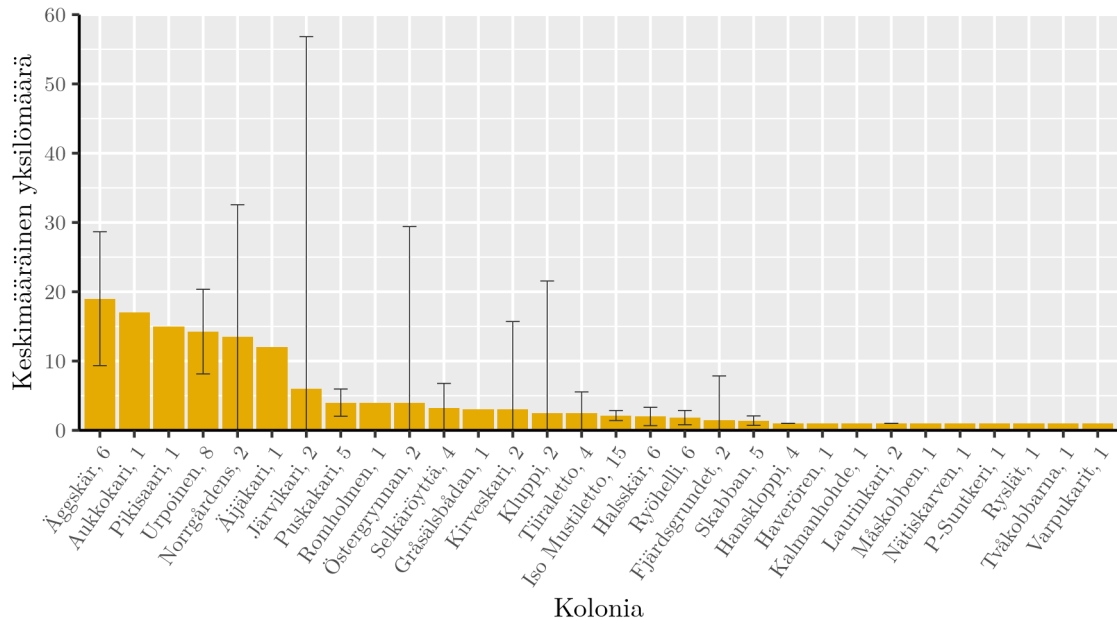
Tein aineistolle korrelaatioanalyysit käyttäen Spearmanin ei-parametristä korrelaatiotestiä. Toiseksi muuttujaksi asetin merimetsan osuuden merikotkan pesässä ja toiseksi merimetsan pesien tai merimetsoluotojen lukumäärän tutkimusalueen sisällä. Testien tulokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä (Taulukko 2). Merimetsojen pesien ja merimetsoluotojen määrällä ei siis ole yhteyttä merimetsan osuuteen merikotkan saalistähteistä.

Taulukko 2: Spearmanin ei-parametristen korrelaatiotestien tulos. Toisena tekijänä merimetson pesien tai pesimäluotojen lukumäärä tutkimusalueella ja toisena tekijänä merimetson osuus merikotkien saalistähteistä. $N=242$ pesintää.

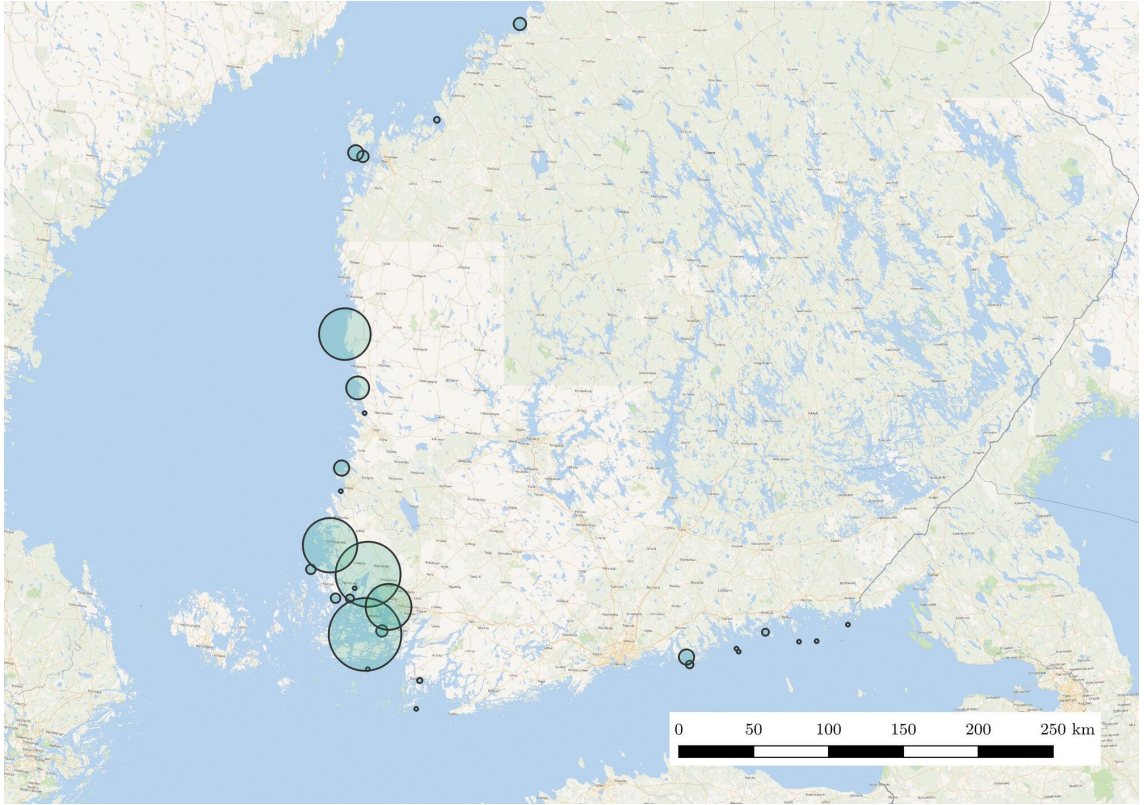
Merimetson pesien määrä tutkimusalueella			
Tutkimusalueen säde	2 km	5 km	10 km
ρ	0.059	0.047	-0.049
p	0.364	0.465	0.444
Merimetson luotojen määrä tutkimusalueella			
Tutkimusalueen säde	2 km	5 km	10 km
ρ	0.059	0.049	-0.048
p	0.364	0.447	0.459

4.4 Merikotkien käynnit merimetsoyhdyskunnissa Tiira-aineiston perusteella

Tiira-palvelusta kerättyyn aineistoon kuului 111 havaintoa merimetsoluodoilla käyvästä merikotkista. Havainnot jakautuivat 30:een eri merimetsoyhdyskuntaan ja ajoittuivat vuosille 2006–2019. Tuona aikana Suomessa oli yhteensä 118 eri merimetsokoloniaa, joiden määrä vaihteli vuosittain 23:n ja 51:n välillä. 111 havainnosta 16:ssa, eli 14,4 prosentissa, merikotkia nähtiin 10 tai enemmän. Laskin kolonioittain keskimääräisen havaittujen merikotkien lukumäärän ja ilmoitettujen havaintojen määrän (Kuva 17). Asetin koloniat myös kartalle, jolla keskimääräinen havaittu ryhmäkoko esitetään ympyrän kokona (Kuva 18).



Kuva 17: Lintuharrastajien Tiira-aineistoon ilmoittamien merimetsokoloniassa havaittujen merikotkien keskimääräinen yksilömäärä kolonioittain. Yhdyskunnan nimen perässä on havaintojen lukumäärä ja pystyviivat kuvaavat keskihajontaa. $N=111$ Tiira-palvelun havaintoa.

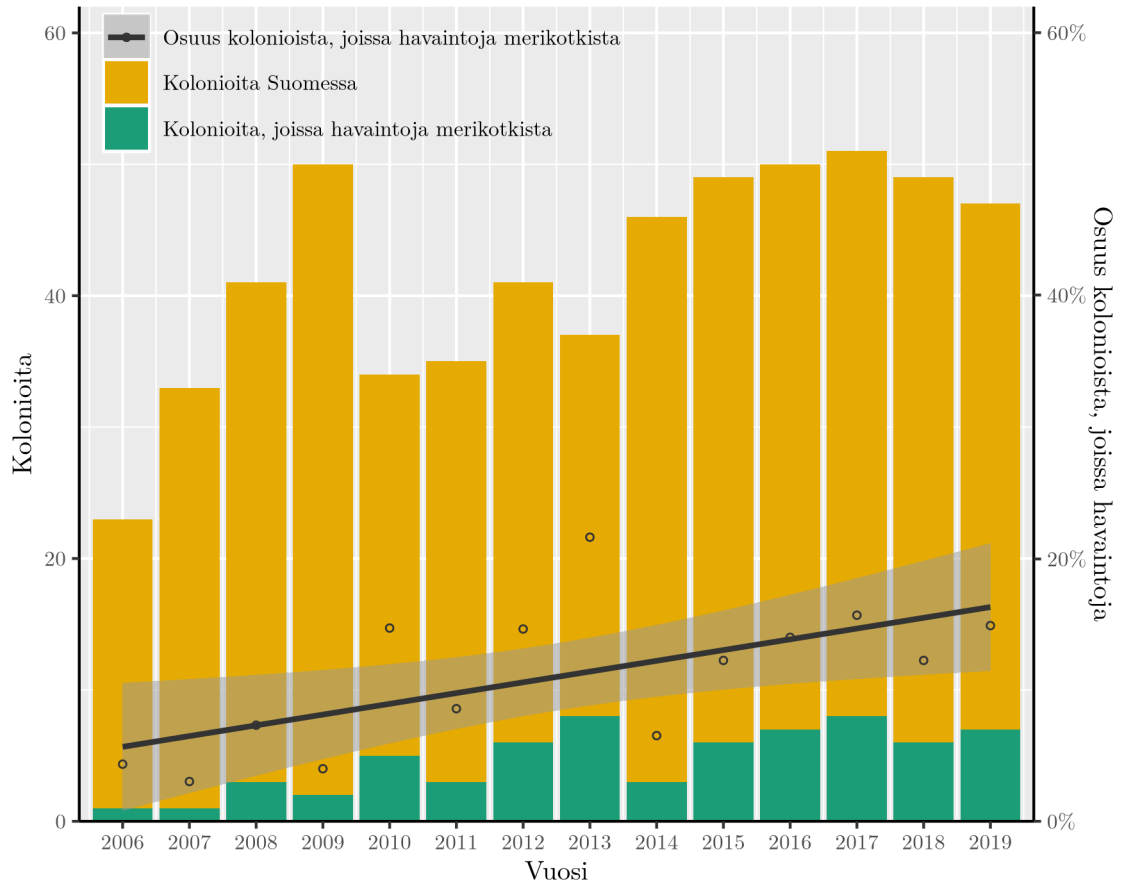


Kuva 18: Lintuharrastajien Tiira-aineistoon ilmoittamien merimetsokoloniassa havaittujen merikotkien keskimääräinen yksilömäärä kolonioittain. Suurempi ympyrä osoittaa suurempaa keskimääräistä havaittua merikotkaryhmää. N=111 Tiira-palvelun havaintoa.

Laskin kaikkien merimetsokolonioiden lukumäärän vuosina 2006–2019 ja niiden kolonioiden lukumäärän, joista on kirjattu merikotkahavaintoja Tiira-palveluun. Tämän avulla laskin, kuinka suuressa osassa kaikista merimetsoyhdyskunnista on havaittu merikotkia. Vuosittaiset osuudet vaihtelivat 3,03 ja 21,62 prosentin välillä. Keskiarvoksi tuli 10,99 prosenttia ja keskihajonnaksi 5,44 prosenttiyksikköä. Lopuksi tein lineaarisen regressioanalyysin, jossa selittävänä muuttujana oli havaintovuosi ja selitettävänä muuttujana niiden merimetsokolonioiden prosenttiosuus, joissa on havaittu merikotkia. Testin tuloksen mukaan muuttujien välinen riippuvuussuhde on tilastollisesti merkitsevä (Taulukko 3). Niiden kolonioiden, joissa on havaittu merikotkia, osuus kaikista kolonioista kasvaa keskimäärin noin $0,48 \pm 0,17$ prosenttiyksikköä vuosittain. Vuoden vaihtuminen selittää 39,5 prosenttia niiden kolonioiden, joissa on havaittu merikotkia, osuuden vaihtelusta (Kuva 19).

Taulukko 3: Lineaarisen regressioanalyysin tulos. Selittävänä tekijänä vuosi. Selitettävänä tekijänä niiden kolonioiden osuus, joissa on havaittu merikotkia. N=111 Tiira-palvelun havaintoa

Muuttuja	estimaatti	keskivirhe	R^2	p
Vuosi	0,4832	0,1725	39,5%	0,016



Kuva 19: Kaikkien merimetsokolonioiden lukumäärä Suomessa ja niiden kolonioiden lukumäärä, joista on merikotkahavaintoja Tiira-palvelussa vuosittain. Pisteet näyttävät niiden kolonioiden, joista on merikotkahavaintoja, vuosittaisen osuuden kaikista kolonioista. Musta viiva osoittaa regressiosuoran, harmaa alue 95 prosentin todennäköisyysvälin. N=111 Tiira-palvelun havaintoa.

5 Tulosten tarkastelu ja pohdinta

Tutkielmassani olen selvittänyt merikotkien vierailuja merimetsoyhdyskunnissa sekä merimetsän osuutta merikotkan ravinnosta. Olen paneutunut merikotkan ja merimetsän väliseen peto-saalissuhteeseen useasta eri näkökulmasta ja käyttämällä useaa eri aineistoa saadakseni vastaukset tutkimuskysymyksiin. Kysymykseen merikotkien käyntitiheydestä merimetsokolonioissa en saanut täysin tyhjentävää vastausta. Omaan havaintoaineistooni ei osunut merikotkien käynnejä tarkkailemillani merimetsoluodoilla. Satelliittiseurattujen merikotkien paikannuspisteiden analyysistä kävi kuitenkin ilmi, että kotkien käyntitiheys luodoilla vaihtelee usean eri tekijän perusteella. Vaihtelua on erityisen paljon yksilöittäin ja ikävuosittain. Tietyt merikotkayksilöt vierailevat merimetsokolonioissa hyvin aktiivisesti, kun taas iso osa merikotkista ei käy merimetsoluodoilla lainkaan. Käynnit painottuvat vahvasti merikotkien ensimmäiseen ja toiseen ikävuoteen.

Havaittavissa on myös ajallista vaihtelua. Merikotkien käynnit merimetsoyhdyskunnissa kasautuvat merkittävältä osin merimetsojen pesimäaikaan eli touko–elokuulle. Lisäksi merikotkat tekevät vierailujaan ahkerammin ennen kello 11 kuin myöhemmin päivällä. Tiira-palveluun kirjattujen havaintojen perusteella näyttää siltä, että suuren, yli kymmenen yksilön merikotkaryhmän käynti merimetsokoloniassa ei ole harvinainen ilmiö. Yli 14 prosentissa havainnoista keskimääräinen havaittu merikotkan ryhmäkokoo oli nimittäin yli 10. Lisäksi kävi ilmi, että niiden merimetsokolonioiden, joissa vierailee merikotkia, osuus kaikista kolonioista on noin 11 prosenttia ja kasvaa vuosittain.

Aineistoni perusteella merimetsän osuus pesivien merikotkien ravinnosta on noin 2 prosenttia. Merimetsän osuus merikotkan saalistähteistä on yhteydessä merimetsojen pesien ja merimetsoluotojen määrään 20 kilometrin säteellä merikotkan pesästä.

5.1 Merikotkien käyntitiheys merimetsoyhdyskunnissa

Omaan havaintoaineistooni ei siis osunut ainuttakaan merikotkan vierailua tarkkailemillani merimetsoluodoilla. Tulos on mielenkiintoinen ja yllättävä, sillä harrastajahavaintojen mukaan merikotkien käynnit merimetsokolonioissa eivät ole erityisen harvinaisia (Ikävalko 2017). Omien tutkimustulosteni perusteella merikotkien käynnit painottuvat kuitenkin suhteellisen pieneen joukkoon merimetsoyhdyskuntia. Tiira-palvelusta kerätyn aineiston perusteella vuonna 2017, jolloin tein omat kenttähavaintoni, kaikista merimetsokolonioista 15,7 prosentissa tehtiin havaintoja merikotkista. Satelliittiseurattujen merikotkien paikannuspisteitä vuorostaan löytyi 9,9 prosentissa tutkimusjakson kolonioista. Tiira-palvelun aineistosta muodostetun

karttakuvan perusteella näyttäisi siltä, että suuria merikotkaryhmiä on havaittu erityisesti Lounais-Suomen merimetsöyhdyskunnissa.

Omissa kenttähavainnoissani merkittävää on se, että Raaseporin Kalvholmenin yhdyskunnan lähetyvillä näkyi lähes koko paikallaoloni ajan yksi tai useampi merikotka merimetsöluodon viereisellä saarella. Havaitsemiini kotkiin kuului sekä nuoria että aikuisia yksilöitä. Etäisyys saaresta luodolle on lyhyimmillään vain 390 metriä, mutta kotkat eivät silti kertaakaan käyneet siellä. Tätä havaintoa tukee GPS-havaintoaineistossa huomaamani samansuuntainen ilmiö, jossa merikotka liikkuu usein merimetsöyhdyskunnan lähetyvillä muttei kuitenkaan vieraile koloniassa. Esimerkiksi vuonna 2012 Kalvholmenin yhdyskunnan lähistöllä liikkui satelliittiseurannassa oleva merikotka Hilikka. Linnun havaintopisteitä on alueella runsaasti koko kesän ajan, mutta itse merimetsökolonian alueella vain muutama.

Omasta havaintoaineistostani välittynyt kuva ei kuitenkaan toistu muualla aineistossa. Seuraamani satelliittimerikotkat kävivät Urpoisten merimetsökoloniassa Uudessakaupungissa parhaimmillaan yli 20 päivänä kuukaudessa. Aineistoni ahkerin koloniavieras, Eetu, vietti merimetsöluodoilla hyvin pitkiä aikoja. Useana päivänä jopa jokainen Eetun havaintopiste kello 8–16 sijoittuu koloniaan. Se, että yli 50 prosenttia yhden päivän kaikista havaintopisteistä sijoittuu merimetsökoloniaan, ei ole harvinaista muillakaan niistä merikotkayksilöistä, jotka ylipäänsä kävivät kolonioissa. Toisin sanoen aineistoni perusteella on suhteellisen yleistä, että merikotkat viettävät paikoitellen ison osan ajastaan merimetsöyhdyskunnissa.

Tiira-havaintoaineiston ja uutisjuttujen perusteella (esim. Kaita-aho 2017; Varjonen 2019b) merikotkat voivat vieraila merimetsökolonioissa isoissa, yli 20 yksilön ryhmissä. Tiira-aineistossa keskimääräinen kerralla havaittujen merikotkien määrä ylsi tietyissä kolonioissa melkein kahteenkymmeneen, ja 14,4 prosentissa kaikista havainnoista merikotkia nähtiin kymmenen tai useampi kerrallaan. Urpoisten yhdyskunnassa keskimääräinen ilmoitettujen merikotkien määrä on yli 14. On siis todennäköistä, että aineistoni havaintojen aikaan paikalla on ollut samanaikaisesti toistakymmentä merikotkaa. Tällöin voidaan arvioida, että merikotkat saalistavat merimetsöjä varsin huomattavissa määrin. Nuorten merikotkien joukkojen aiheuttamaa heikentynyttä merimetsön poikastuottoa onkin jo ilmoitettu havaitun muun muassa Mustasaarella, Uudessakaupungissa ja Nauvossa (Ikävalko 2017; Suomen ympäristökeskus 2019; Varjonen 2019a).

Seuraamistani satelliittimerikotkista jokainen vieraili korkeintaan muutamassa merimetsökoloniassa ja esimerkiksi Eetu vain yhdessä. Yhteensä tutkimusjakson 111:sta koloniasta vain 12:een osuu satelliittimerikotkien paikannuspisteitä, ja Urpoisia lukuun ottamatta havaintopisteitä on alle 50 kussakin koloniassa. Urpoisiin osuu havaintopisteitä selvästi enemmän kuin muihin yhdyskuntiin, 517 kappaletta, ja siellä kävivät seuraamistani satelliittimerikotkista Eetu ja Auli. Tämä tosin ei tarkoita,

etteikö muissa kolonioissa kävisi ylipäänsä merikotkia. Aineistooni kuuluu vain 13 merikotkaa, mikä on pieni määrä suhteessa siihen, että Suomessa syntyy vuosittain 400–500 merikotkan poikasta (Stjernberg ym. 2016; WWF 2019).

Pohjois-Amerikassa tehdyissä tutkimuksissa valkopäämerikotkan käyntitiheys eri saalislajien kolonioissa oli noin yksi käynti kymmentä tuntia kohden (Norman ym. 1989; Van Damme & Colonel 2007). Van Dammen ja Colonelin raportissa toisaalta lasketaan mukaan kaikki kolonian läheisyydessä tapahtuvat lennot tarkentamatta havainnointietäisyyttä sen enempää. Molemmissa pohjoisamerikkalaisissa tutkimuksissa itse saalistusten määrä on kuitenkin hyvin vähäinen: kaksi saalistusta 56:ttä tai 57:ttä valkopäämerikotkahavaintoa kohti. Koska en itse kenttähavaintoja tehdessäni nähnyt yhtäkään hyökkäystä merimetsoyhdyskuntaan, en saanut tässä suhteessa käyttökelpoista tulosta. Hyökkäysten lukumäärä luultavasti vaihtelee kolonioittain siten, että suurimmassa osassa niistä ei käy juurikaan merikotkia ja muutamassa taas luku voi nousta suureksikin. Oletan, että havainnoimani yhdyskunnat ovat niitä, joissa merikotkia ei juurikaan käy. Käyntitiheyden tarkempaan selvittämiseen tarvittaisiin usean kolonian pitkäaikaista havainnointia.

5.1.1 Yksilöiden väliset erot

Merikotkien saaliskäyttäytymisessä on havaittu yksilöllisiä eroja (Nadjafzadeh ym. 2016; Ekblad ym. 2016), ja tämä näkyy selkeästi myös omissa tutkimustuloksissani. Ahkerin koloniavieras Eetu käytti ajastaan kello 8–16 melkein 9 prosenttia merimetsokolonioissa, mutta seuraavaksi ahkerimmat merikotkat enää 2 ja 1 prosenttia sekä loput kotkista selvästi alle puoli prosenttia. Tätä tulosta tukevat aiemmat tutkimukset, joiden mukaan merikotka saattaa siirtyä painottamaan saalistuksessaan tiettyä lajia ympäristön niin mahdollistaessa tai vaatiessa (Ekblad ym. 2016; Nadjafzadeh ym. 2016). Tulokseni viittaavat siihen, että merimetso on merikotkalle helppo saalis, mutta useimmille lajin edustajille saaliina vielä täysin vieras. Jos taas jokin yksilö tai pari erikoistuu ravinnossaan merimetsoon, se voi viettää aikaa kolonioissa hyvinkin paljon, kuten Eetun tapauksessa nähdään.

Aiemmin mainittu Kalvholmenin tapaus, jossa merikotkia liikkuu usein merimetsokolonian lähistöllä muttei käy itse koloniassa, tukee myös osaltaan näkemystä yksilöiden välisistä eroista. Samantapaisia tapauksia oli aineistossa useita. Kyseisillä merikotkilla ei ole puutetta merimetson saatavuudesta, mutta silti ne eivät saalista sitä. Toiset merikotkat, kuten Eetu, taas näyttävät hakeutuvan nimenomaisesti merimetsoyhdyskuntaan. Bregnballen ym. (valmisteilla) vielä julkaisemattomassa tutkimuksessa mainitaan merikotkista, jotka viettävät aikaa merimetsoyhdyskunnissa saalistamatta tai muuten häiritsemättä niitä. Voi siis olla mahdollista, että kaikki aineistoni paikannuspisteet merimetsokoloniassa eivät liitykään saalistamiseen. Merikotkan monipuolisista saalistustavoista kertoo myös aiemmin mainittu meri-

metsojen käyttäminen ”ruoka-automaatteina”, jolloin merikotkat saavat merimetson luovuttamaan kalasaaliinsa itselleen aggressiivisella käytöksellä. Samasta ilmiöstä löytyi myös mainintoja Tiira-palvelun havaintojen kommentointikentästä.

Kun lintu hyödyntää lajikumppaninsa käyttäytymistä oppiakseen siitä, kyse on mallioppimisesta (kts. luku 1.2). Lajikumppanin käytös voi tällöin viestiä uudeltaisesta saalislajista tai toimia vihjeenä ympäristön tilasta, esimerkiksi oivasta saalispaikasta (Templeton & Giraldeau 1995; Alcock 2008; Thiebault ym. 2014). Saattaa olla, että merikotkat lähtökohtaisesti vierastavat merimetsoa saaliina mutta voivat mallioppimisen kautta alkaa saalistaa tätä. Tutkielmani ei varsinaisesti käsittele mallioppimista, mutta ilmiön mahdollisuudesta merikotkan saaliskäyttäytymisessä vihjaa yksittäinen havainto aineistosta: kun toiseksi ahkerin koloniassa vierailija, Auli, paikantui merimetsoluodolle ensimmäistä kertaa, paikalla oli myös aineiston ahkerin koloniavieras Eetu. On siis mahdollista, että Auli on havainnut Eetun saalistavan merimetsoja ja alkanut tämän jälkeen itsekin saalistaa niitä. Jatkossa Auli kävi itsenäisesti saalistamassa sekä samassa että eräässä toisessa yhdyskunnassa.

5.1.2 Iän vaikutus käyntitiheyteen

Suomalaisissa medioissa (Kaita-aho 2017; Varjonen 2019a) ja raporteissa (Suomen ympäristökeskus 2018) on todettu nimenomaan nuorten merikotkien käyvän ahkerasti merimetsokolonioissa. Nadjafzadeh ym. (2016) tulkitsevat aikuisten merikotkien olevan kykenevämpiä saalistamaan vaikeasti saalistettavia kalaa syöviä lintuja, kuten aikuisia merimetsoja, kun taas nuoret yksilöt etsisivät mieluummin haaskoja ja helposti saalistettavia kasvinsyöjiä. Tutkimustulosteni mukaan kuitenkin yli puolet satelliittimerikotkien käynneistä merimetsoluodoilla kasautuu vuoden ja kahden vuoden ikäisille merikotkille. Merikotkat saattavat kokea tuntemattoman lajin epäilyttävänä ja suuren merimetsokolonian vaarallisena. Onkin mahdollista, että tiettyt uhkarohkeat ja kokeilunhaluiset nuoret yksilöt kokeilevat hyökätä merimetsokoloniaan ja havaitessaan merimetson lähes vaarattomaksi jatkavat sen käyttämistä ravintonaan. Vanhemmat merikotkat saattavat sen sijaan suosia vaarattomampina pitämiään saalislajeja, kuten kaloja ja haahkaa.

Nuoret merikotkat muuttavat ja liikkuvat laajalla alueella, kun taas vanhemmat yksilöt ovat paikkauskollisia ja pysyvät reviirinsä lähistöllä, erityisesti pesinnän aikana. Nuoret lajin edustajat voisivat näin ollen löytää helpommin uusia merimetsoyhdyskuntia saalistettavakseen. On myös mahdollista, että pesivät yksilöt painottavat saalistuksensa lajeihin, jotka kelpaavat myös poikasille. Tähän voisivat viitata aineistossa näkyvät alhaiset koloniapisteiden osuudet neljännen ikävuoden jälkeen, sillä merikotka tulee sukukypsäksi 5–6 vuoden ikäisenä. Jotkin lajit saalistavat poikasilleen nimenomaisesti tiettyjä lajeja siksi, että kyseisen saaliin sisältämät ravintoaineet ovat poikasen kehitykselle tärkeitä (Arnold ym. 2007).

5.1.3 Käyntitiheyden vaihtelu ajan mukaan

Merimetsojen munintakausi ulottuu huhtikuun puolivälistä kesäkuuhun ja painottuu toukokuuhun. Haudonta kestää kuukauden, ja lentokykyisiksi poikaset varttuvat noin kahden kuukauden ikäisinä (Ympäristöministeriö 2017.) Tutkimukseni mukaan merikotkien vierailut merimetsoyhdyskunnissa painottuvat kesä–heinäkuuhun eli aikaan, jolloin merimetson poikaset ovat jo kuoriutuneet mutta eivät vielä ole lentokykyisiä. Käynneissä näkyy toisaalta selvä pudotus elokuussa, jolloin poikaset ovat juuri oppineet lentämään. Toisaalta käyntejä on jo huhtikuun puolivälistä alkaen, jolloin poikasia oletettavasti ei vielä ole. Suomen ympäristökeskuksen raportin mukaan (2018) merikotkat häiritsevät merimetsokolonioita jo ennen munintaa sekä syövät munia ja poikasia. Tulokseni tukevat edellä mainittua näkemystä. Merikotkien tiedetään saalistavan myös aikuisia merimetsoja, joten merimetsojen saalistaminen voisi tämän tiedon valossa alkaa jo ennen niiden pesintää ja jatkua sitä pidemmälle. Lentokyvyttömiä poikasten saalistaminen on kuitenkin niin paljon helpompaa, että luultavasti tämän takia nuorten merikotkien käynnit painottuvat nimenomaan kesä–heinäkuuhun.

Tutkimuksessani tarkastelin myös sitä, kuinka havainnot merimetsoluodoilla vieraillevista merikotkista jakautuvat vuorokaudenajan mukaan kello 8–16. Ajanjakson kolme ensimmäistä tuntia, kello 8–10, osoittautuivat yleisimmiksi vierailuajoiksi. Myöhempinä kellonaikoina käyntejä oli vähemmän. Tulos on yhdenmukainen Normanin (1989) sekä Van Dammen ja Colonelin (2007) tutkimusten kanssa. Yleisesti kotkat, kuten myös monet muut päivälinnut, saalistavat aktiivisesti heti valoisan tultua ja tämän jälkeen vaihtelevissa määrin pitkin päivää (Brown 1976, s. 68–74, Watson ym. 1991, Halle 1993).

5.2 Merimetsa merikotkien ravintona

Käyttämäni saalistähdeaineiston perusteella merimetson osuus Lounais-Suomen alueella pesivien merikotkien ravinnosta on 2,08 prosenttia. Osuus on korkeampi kuin aikaisemmissa tutkimuksissa, joissa se on jäänyt alle prosentin (Sulkava ym. 1997; Sándor ym. 2015; Yurko 2016). Toisaalta edelliset tutkimukset eivät pääosin ole sijoittuneet omani kanssa samalle maantieteelliselle alueelle ja Suomessa tehty Sulkavan (1997) tutkimus on yli 20 vuoden takaa, jolloin merimetsot olivat vasta palanneet Suomeen. Merimetson kanta on Suomessa sittemmin kasvanut, joten on johdonmukaista, että sen osuus merikotkan ravinnosta lisääntyy. Ekbladin ym. (2016) tutkimuksessa ei mainita merimetson osuutta merikotkan ravinnosta prosentteina, mutta siinäkin havaittiin merimetson osuuden kasvaneen vuosina 1985–2010.

Tiedossa on, että hauen määrän supistuminen Itämerellä on saanut merikotkan käyttämään enemmän haahkaa ravintonaan (Ekblad ym. 2016) Voi olla, että hauen väheneminen on yhtä lailla vaikuttanut siihen, että merimetsosta on tullut houkutte-

levampi saalis merikotkalle. Viime vuosina myös haahka on vähentynyt Itämerellä (Ekroos ym. 2012), joten merikotka saattaa korvata edelleen haahkasaaliin hupenemista saalistamalla enemmän merimetsoa.

Korrelaatiotestien tulosten mukaan merimetson osuus merikotkan ravinnosta ei ole yhteydessä merimetson pesien ja merimetsoluotojen määrään merikotkan pesän lähetyvillä. Tulos tukee optimaalisen saalistusmallin teoriaa, jonka mukaan toissijaisen saaliin, tässä tapauksessa siis merimetson, saatavuudella ei ole vaikutusta kyseisen saaliin osuuteen saalistajan ravinnosta.

5.3 Virhelähteet

Oman havaintoaineistoni osalta tulos oli odottamaton ja ristiriitainen muiden tulosten kanssa. Tämä selittyy joko kolonioiden valinnalla tai pienellä otannalla suhteessa tapahtumien frekvenssiin. Merimetsokolonioita on Suomessa vuosittain noin 50. Ei ole tietoa, kuinka monessa koloniassa merikotkat vierailevat ja kuinka usein, mutta tulokseni viittaavat siihen, että isossa osassa kolonioista merikotkat käyvät hyvin harvoin. Lisäksi käytettävissäni olevan ajan ja kulkuvälineiden johdosta valitsemieni kolonioiden sijainti rajoittui enintään kahden tunnin automatkan päähän Turusta. Siten otanta painottui mantereiseksi. Otannan suurentaminen ja ulottaminen laajemmalle alueelle vähentäisi vääristymää.

GPS-paikantimien toimintavarmuudesta ei ole tietoa. Toisin sanoen en pysty varmistamaan, onko havaintopiste rekisteröitynyt joka tunti vai onko joitain tunteja jäänyt välistä. Kuvien 10 ja 12 koko aineiston jakaumasta näkee kuitenkin, että koko aineisto jakautuu suhteellisen tasaisesti tutkimusajalle, jolloin voidaan sanoa, että ainakaan suurta virhettä aineistossa ei ole. Havaintopisteitä on lisäksi niin mittava määrä, että pieni vaihtelu ei merkittävästi muuta tuloksia.

Aineistoa käsiteltäessä koloniapisteisiin on saattanut tulla mukaan pisteitä, jotka eivät liity käynteihin kolonioissa. Asetettu säde on kuitenkin pieni ja yli 50 metrin korkeudella olevat havaintopisteet on jätetty aineistosta pois, joten aineistoon kuulumattomia havaintopisteitä ei mitä luultavimmin ole aineistossa ainakaan merkittävässä määrin.

Saalisaineiston kokoamisessa mahdollinen virhelähde on saaliiden vinoutunut esiintyminen. Pienempien eläinten osat ovat helpommin nieltävissä, ne maatuivat nopeammin ja tutkijan on vaikeampi löytää niitä kerätessään aineistoa. Lisäksi kaloissa on vain muutamia liian isoja, syömäkelvottomia osia. Merikotka syö tyypillisesti varsinkin pienten kalojen luut, ja ne sulavat täysin linnun suolistossa. Näistä syistä on mahdollista, että pienet eläimet ja varsinkin kalat ovat aineistossa aliedustettuja. Aihetta on tutkittu vertaamalla saalistähdeaineistoa muihin ravintoaineistoihin, ja

aliedustuksesta on löydetty joitain todisteita. Toisaalta joidenkin tutkimusten mukaan vinoumaa ei esiinny. (Sulkava ym. 1997.)

Myös Tiira-havaintoaineistossa on vinouman mahdollisuus. Merimetsokolonioiden havainnoiteja ei ole vakioitu, joten jotkin koloniat ovat luultavasti yliedustettuja ja toiset aliedustettuja. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että tiettyjen merimetsoluotojen lähellä liikkuu paljon Tiira-palvelun käyttäjiä. Erityisen suuret erot esimerkiksi havaittujen merikotkien lukumäärissä antavat kuitenkin suuntaa todellisesta tilanteesta. Aineisto antaa varmana tietona havaittujen merikotkien yksilömäärät merimetsoluodoilla. Aineiston luonteesta johtuen siinä ei myöskään ole nollahavainnoita, jolloin ei voida tietää, jäävätkö jotkin luodot ilman merikotkahavainnoita siksi, että merikotkat eivät vieraile niillä, vai siksi, ettei niiltä vain ole havainnoita. Tilanne korjautuisi ottamalla aineistoon mukaan merikotkahavainnojen lisäksi kaikki muut lintuhavainnot merimetsokoloniosta. Pro gradu -työhön tämä tapa olisi kuitenkin ollut suhteettoman työläs ja aikaa vievä.

Mainituista rajoitteista huolimatta olen mielestäni saanut aineistojeni avulla vastattua kattavasti tutkimuskysymyksiini. Käytössäni on ollut useita eri aineistoja, joten olen pystynyt täydentämään joidenkin aineistojen puutteita toisilla aineistoilla.

6 Johtopäätökset

Aiempien havaintojen sekä omien tutkimustulosteni perusteella jotkin merikotkat saalistavat merimetsoja paikoin hyvinkin runsaasti. Tämä ei kuitenkaan ole koko merikotkapopulaatiolle tyypillistä, vaan merimetsoa saalistaa vain osa lajin edustajista. Yksittäisetkin merikotkaryhmät voivat silti aiheuttaa suurta tuhoa merimetsokolonioissa (Suomen ympäristökeskus 2018) ja mahdollisesti jopa hävittää kokonaisia yhdyskuntia. Näin on ilmeisesti käynytkin jo muun muassa Nauvossa ja Merikarvialla (Ikävalko 2017). Lisäksi on voimakkaita viitteitä siitä, että merikotkat voivat tulevaisuudessa saalistaa merimetsoja entistäkin enemmän. Tiira-havaintoaineiston perusteella merikotkat vierailevat joka vuosi yhä suuremmissa osassa merimetsoyhdyskuntia. Saalistuksen lisääntymistä uumoillaan myös vielä julkaisemattomassa merimetson ja merikotkan välistä suhdetta Itämerellä käsittelevässä tutkimuksessa (Bregnballe ym. valmisteilla). Jos merikotkan kanta jatkaa kasvamistaan ja se alkaa saalistaa merimetsoja yhä yleisemmin, merimetsoon kohdistuva saalistuspaine lisääntyy. Myös merikotkan levittäytyminen pohjoisemmaksi ja idemmäksi lisäänee tulevaisuudessa saalistuspainetta. Merikotkan runsastuminen on ilmeisesti osaltaan jo nyt rajoittanut merimetsokannan kasvua.

Merimetsokanta on tällä hetkellä voimissaan, joten merikotkasta ei ole sille välitöntä uhkaa edes saalistuksen mahdollisesti yleistyessä. Sen sijaan merimetsoihin kohdistuva vaino on ongelma yhä nykyään, ja sen laajuus on huolestuttavaa. Jos merimetsokolonia autioituu, on syynä useimmiten laitton vaino (Rusanen ym. 2012). Jos sekä ihmisten vaino että merikotkan saalistus yleistyvät, yhdessä ne voivat jo koetella vielä hyvinvoivaa merimetsokantaa. Yhteiskunnallisia toimia tulisikin suunnata vainoa vastaan. Merimetson suojeleminen on tärkeää jo siksi, että merimetsoluodot ovat elinympäristöinä poikkeuksellisia ja luovat ympäristöstään poikkeavia eliöyhteisöjä. Esimerkiksi erittäin uhanalainen etelänkiisla on löytänyt suojapaikan merimetsokolonioista, ja sen kanta on runsastunut itäisellä Suomenlahdella (Suomen ympäristökeskus 2018).

Merimetsokannan koko on nyt ylärajoillaan, mutta jää nähtäväksi, levittäytyykö merimetsa Suomessa yhä uusille alueille. Merimetsot ovat jo tähän mennessä siirtyneet Ahvenanmaalta ja ulkosaaristosta kohti mannerta luultavasti merikotkan saalistuspaineen vuoksi, ja tämä suunta tuskin on muuttumassa. Muualla Euroopassa merimetsoja tavataan sisävesillä ja kalliojyrkänteillä ja ne rakentavat pesiään muun muassa laivanhylkyihin ja majakoihin. Suomessakin havaittiin vuonna 2018 merimetsojen perustaneen yhdyskunnan Kristiinan majakkaan. Tämänkaltaiset pesintäpaikat voivat yleistyä Suomessa, mikäli merimetsa tarvitsee uusia elinalueita merikotkan saalistuspaineen alla. Sen lisäksi, että merikotka oppii saalistamaan merimetsoja, voi oppimista myös tapahtua toiseen suuntaan. Saalistuspaineen kasvu voi ajaa merimetson pesimään paikkoihin ja elinympäristöihin, jotka suojaavat saaliiksi

joutumiselta. Tulevaisuus näyttää, pystyykö merimetso sopeutumaan mahdollisesti lisääntyvään saalistukseen.

Kuten tuloksistani ilmenee, merimetson osuus pesivien merikotkien ravinnosta on pieni. Merimetso ei siis ole merikotkalle tärkeä ravinnonlähde, vaikka niin merimetson osuus merikotkan ravinnosta (Ekblad ym. 2016) kuin niiden merimetsokolonioiden määrä, joissa on havaintoja merikotkista, on kasvussa. Merikotkan ensisijaisten saalislajien, kuten hauen ja haahkan, vähetessä merimetso voi kuitenkin osittain korvata niitä. Tällöin näiden saalislajien heikkenevät kannat eivät välttämättä näy merikotkan kannassa. Merimetsokannan mahdollisilla muutoksilla taas tuskin on merkittävää vaikutusta merikotkakannan kokoon. Saalistähdeaineiston perusteella nimittäin merimetson saatavuudella ei ole vaikutusta merimetson osuuteen merikotkan ravinnosta.

Paikkatietojärjestelmien ja satelliittipaikantimien käyttö ekologian tutkimuksessa on yleistynyt laitteiden teknisten ominaisuuksien kehittyessä. Järjestelmät mahdollistavat suuren aineiston keräämisen ja analysoinnin, mutta toisaalta ne vaativat käyttäjältään tietoteknistä perehtyneisyyttä. Lisäksi aineistojen muokkaaminen sellaiseksi, että analyysit ovat suoritettavissa, on monesti hyvin työlästä. Paikkatietojärjestelmiin voidaan yhdistää tietoa monenlaisista aineistoista laaja-alaisen analysoinnin mahdollistamiseksi. Erityisesti pitkiä matkoja liikkuvilla eläimillä, kuten linnuilla, paikannuslaitteet helpottavat merkittävästi tiedonkeruuta. Tutkielmassani olen käyttänyt paikkatietoja lähinnä makrotasolla liikkuvaan analyysiin lintujen habitatiin käytöstä ja saalisvalinnasta. Hyvin yksityiskohtainenkin tutkimus on kuitenkin mahdollista.

Sekä merimetson että merikotkan kannat ovat olleet viime vuosikymmeninä kasvussa. Merikotkaa ei enää pidetä uhanalaisena, ja merimetson kanta on ilmeisesti saavuttanut jotakuinkin lakipisteensä. Molempien lajien merkitys elinympäristössään on suuri: merikotka vaikuttaa huippupetona voimakkaasti usealle trofiatasolle, ja merimetsoyhdyskuntien vaikutus ympäristöönsä on vähintään paikallisesti huomattava. Lajien välinen peto-saalisdynamiikka on monisyinen ja muuttuu alati. Populaatioiden koot ovat nyt kestäväällä tasolla, mutta muutoksia on varmasti jollain aikavälillä tulossa. Suurin vaikuttava tekijä, kuten koko maapallonkin kannalta, on tällä hetkellä teollisen yhteiskunnan aiheuttama ilmaston lämpeneminen. Siitä ja muista ympäristömuutoksista seuraa monimutkaisia vaikutuksia, joita on hyvin haastavaa ennustaa. Näin ollen myös näiden lajien seuraaminen on tärkeää yhä jatkossakin. Eläinlajien ja ympäristön tutkiminen on toki myös itseisarvoisesti tärkeää, eikä tutkimuksen arvo mielestäni synny sen välineellisestä hyödystä.

7 Kiitokset

Haluan kiittää ekologian professori Toni Laaksosta asiantuntevasta ohjauksesta ja tuesta koko prosessin aikana. Tutkielman kirjoituksen aikana edesmennyttä professori emeritus Seppo Sulkavaa kiitän saalisaineiston määrittämisestä. Tutkija Pekka Rusasta ja Suomen ympäristökeskusta kiitän merimetsokolonia-aineiston luovuttamisesta käyttööni. WWF Suomea ja sen merikotkatyöryhmää kiitän satelliittimerikotkien havaintoaineistosta, ja professori Pertti Saurolaa kyseisen aineiston pitkäjänteisestä keräämisestä. Lisäksi kiitän BirdLife Suomi ry:tä ja sen jäsenyhdistyksiä Tiira-havaintoaineiston luovuttamisesta käyttööni, ja BirdLife ry:n suojelu- ja tutkimusjohtaja Teemu Lehtiniemeä tuesta Tiira-aineiston käytössä. Kiitos myös sille valtavalle vapaaehtoisten joukolle, joka on kerännyt ja tallentanut vuosien varrella tietoa niin lintuhavainnoista, merikotkien saalistähteistä kuin merimetsän ja merikotkan pesinnöistäkin.

8 Lähteet

- Alcock J. (2008) Observational learning in three species of birds. *Ibis* 111, s. 308–321
- Arnold K. E., Ramsay S. L., Donaldson C. & Adam A. (2007) Parental prey selection affects risk-taking behaviour and spatial learning in avian offspring. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274, s. 2563–2569
- Balotari-Chiebao F., Brommer J. E., Saurola P., Ijäs A. & Laaksonen T. (2018) Assessing space use by pre-breeding white-tailed eagles in the context of wind-energy development in Finland. *Landscape and Urban Planning* 177, s. 251–258
- Balotari-Chiebao F., Villers A., Ijäs A., Ovaskainen O., Repka S. & Laaksonen T. (2016) Post-fledging movements of white-tailed eagles: Conservation implications for wind-energy development. *Ambio* 45, s. 831–840
- Beike M. (2014) *Phalacrocorax carbo sinensis* in Europe – indigenous or introduced? *Ornis Fennica* 91, s. 9
- Beschta R. L. & Ripple W. J. (2009) Large predators and trophic cascades in terrestrial ecosystems of the western United States. *Biological Conservation* 142, s. 2401–2414
- BirdLife Suomi ry (2017) Tiira-lintutietopalvelun opas. URL: https://tiedostot.birdlife.fi/ohjeet/tiira_ohje.fi.pdf (viitattu 10.04.2020)
- BirdLife Suomi ry (2019) Merimetso on osa Suomen luontoa. URL: <https://www.birdlife.fi/suojelu/lajit/tulokaslajit/merimetso/> (viitattu 08.10.2019)
- Bregnballe T., Tofft J., Kotzerka J., Lehikoinen A., Rusanen P., Herrmann C., Krone O., Engström H., Rattiste K., Reich J. & Kouzov S. A. (valmisteilla) ”Occurrence and behaviour of white-tailed eagles *Haliaeetus albicilla* in great bormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* colonies in countries around the Baltic Sea”
- Brown L. (1976) *Eagles of the world*. Newton Abbot: David ja Charles
- Clyde N. M. T., Provencher J. F. & Heath J. P. (2012) Responses of Pelagic Cormorants (*Phalacrocorax pelagicus*) to Marine Traffic and Bald Eagles (*Haliaeetus leucocephalus*) in Barkley Sound, British Columbia. *Northwestern Naturalist* 93, s. 237–241
- Curio E. (1976) *The ethology of predation*. Vol. 7. Springer-Verlag
- Davoren G. K., Montevecchi W. A. & Anderson J. T. (2003) Search strategies of a pursuit-diving marine bird and the persistence of prey patches. *Ecological Monographs* 73, s. 463–481
- Ekblad C. M. S., Sulkava S., Stjernberg T. G. & Laaksonen T. K. (2016) Landscape-scale gradients and temporal changes in the prey species of the white-tailed eagle (*Haliaeetus albicilla*). *Annales Zoologici Fennici* 53, s. 228–241
- Ekroos J., Fox A. D., Christensen T. K., Petersen I. K., Kilpi M., Jónsson J. E., Green M., Laursen K., Cervencel A., Boer P. de, Nilsson L., Meissner W., Garthe S. & Öst M. (2012) Declines amongst breeding eider *Somateria mollissima* numbers in the Baltic/Wadden Sea flyway. *Ornis Fennica* 89, s. 11
- Elbroch L. M., Feltner J. & Quigley H. B. (2017) Stage-dependent puma predation on dangerous prey. *Journal of Zoology* 302, s. 164–170
- Estes J. A., Terborgh J., Brashares J. S., Power M. E., Berger J., Bond W. J., Carpenter S. R., Essington T. E., Holt R. D., Jackson J. B. C., Marquis R. J., Oksanen L., Oksanen T., Paine R. T., Pickett E. K., Ripple W. J., Sandin S. A., Scheffer M., Schoener T. W., Shurin J. B., Sinclair A. R. E., Soulé M. E., Virtanen R. & Wardle D. A. (2011) Trophic downgrading of planet Earth. *Science* 333, s. 301–306
- Exnerová A., Svádová K. H., Fučíková E., Drent P. & Štys P. (2010) Personality matters: individual variation in reactions of naive bird predators to aposematic prey. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277, s. 723–728
- Fryxell J. M. & Lundberg P. (1997) *Individual Behavior and Community Dynamics*. Boston, MA: Springer US
- Fryxell J. M., Sinclair A. R. & Caughley G. (2014) *Wild-life ecology, conservation, and management*. John Wiley & Sons
- Gagnon K. (2016) Top-down and bottom-up impacts of the great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) on coastal benthic communities in the Baltic Sea. *Annales Universitatis Turkuensis A II*, s. 38
- Génsbøl B. (2008) *Birds of prey*. London: Collins
- Guido J. M., Biondi L. M., Vasallo A. I. & Muzio R. N. (2017) Neophobia is negatively related to reversal learning ability in females of a generalist bird of prey, the Chimango caracara, *Milvago chimango*. *Animal Cognition* 20, s. 591–602
- Halle S. (1993) Diel Pattern of predation risk in *Microtine rodents*. *Oikos* 68, s. 510
- Herrmann C., Krone O., Stjernberg T. & Helander B. (2011) Population development of Baltic bird species: white-tailed sea eagle (*Haliaeetus albicilla*). URL: <http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-factsheets/biodiversity/population-development-of-white-tailed-sea-eagle> (viitattu 04.10.2019)
- Hipfner J. M., Blight L. K., Lowe R. W., Wilhelm S. I., Robertson G. J., Barrett R. T., Anker-Nilssen T. & Good T. P. (2012) Unintended consequences: How the recovery of sea eagle *Haliaeetus* spp. populations in the northern hemisphere is affecting seabirds, s. 14
- Hipfner J. M., Morrison K. W. & Darvill R. (2011) Peregrine Falcons Enable Two Species of Colonial Seabirds to Breed Successfully by Excluding Other Aerial Predators. *Waterbirds* 34, s. 82–88
- Ikävalko K. (2017) Luonto näyttää kynsiänsä merimetsöille – Helppo merimetsöateria on merikotkien poikamiesunelma. *Yle uutiset*
- Kaita-aho J. (2017) Kotkat olivat jo hävittämässä merimetsot Porista – Merikarvalta häädetyt merimetsot tulivat tilalle. *Satakunnan Kansan*
- Klimaszuk P. & Rzymiski P. (2016) The complexity of ecological impacts induced by great cormorants. *Hydrobiologia* 771, s. 13–30
- Kohl K. D., Coogan S. C. P. & Raubenheimer D. (2015) Do wild carnivores forage for prey or for nutrients?: Evidence for nutrient-specific foraging in vertebrate predators. *BioEssays* 37, s. 701–709
- Kolb G. S., Palmberg C., Taylor A. R., Bääth E. & Hambäck P. A. (2015) Effects of nesting vormorants (*Phalacrocorax carbo*) on soil chemistry, microbial communities and soil fauna. *Ecosystems* 18, s. 643–657
- Krebs J. R., Erichsen J. T., Webber M. I. & Charnov E. L. (1977) Optimal prey selection in the great tit (*Parus major*). *Animal Behaviour* 25, s. 30–38
- Křivan V. & Eisner J. (2003) Optimal foraging and predator-prey dynamics III. *Theoretical Population Biology* 63, s. 269–279

- Luonnontieteellinen keskusmuseo (2011a) Merikotka - levinneisyys Suomessa. Lintuatlas. Suomen 1., 2. ja 3. lintuatlaksen tulokset. Luonnontieteellinen keskusmuseo Luomus, Helsingin yliopisto. Käyttö Creative Commons Nimeä 4.0 -lisenssillä. URL: <http://atlas3.lintuatlas.fi/tulokset/laji/Merikotka> (viitattu 22. 10. 2019)
- Luonnontieteellinen keskusmuseo (2011b) Merimetso - levinneisyys Suomessa. Lintuatlas. Suomen 1., 2. ja 3. lintuatlaksen tulokset. Luonnontieteellinen keskusmuseo Luomus, Helsingin yliopisto. Käyttö Creative Commons Nimeä 4.0 -lisenssillä. URL: <http://atlas3.lintuatlas.fi/tulokset/laji/merimetso> (viitattu 22. 10. 2019)
- Luonnontieteellinen keskusmuseo (2020) Satelliittimerikotkat. URL: <https://www.luomus.fi/fi/satelliittimerikotkat> (viitattu 16. 04. 2020)
- Lyytikäinen A. (2017) ”Itä-Suomen ja Karjalan merikotkat – paluu länteen vasta aluillaan?” Teoksessa: *Merikotkien puolesta : WWF:n merikotkatyöryhmän vuosikymmenten taival*. Toim. I. Nuuja. Helsinki: WWF Suomi, s. 56–61
- Maanmittauslaitos (2020) Maanmittauslaitoksen avoimien kartta-aineistojen latauspalvelu. CC BY 4.0. URL: <https://kartat.kapsi.fi/> (viitattu 25. 03. 2020)
- Marzano M., Carss D. N. & Cheyne I. (2013) Managing European cormorant-fisheries conflicts: problems, practicalities and policy. *Fisheries Management and Ecology* 20, s. 401–413
- Merimetsötyöryhmä (2016) Työryhmän raportti 6.4.2016. URL: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Lajit/Lajien_seuranta/Merimetsöseuranta/Merimetsötyöryhmän_raportti_642016\(38762\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Lajit/Lajien_seuranta/Merimetsöseuranta/Merimetsötyöryhmän_raportti_642016(38762))
- Mukherjee S. & Heithaus M. R. (2013) Dangerous prey and daring predators: a review: daring predators. *Biological Reviews* 88, s. 550–563
- Nadjafzadeh M., Voigt C. C. & Krone O. (2016) Spatial, seasonal and individual variation in the diet of white-tailed eagles *Haliaeetus albicilla* assessed using stable isotope ratios. *Ibis* 158, s. 1–15
- Norman D. M., Breault A. M. & Moul I. E. (1989) Bald eagle incursions and predation at great blue heron colonies. *Colonial Waterbirds* 12, s. 215
- Okuyama T. (2011) Individual variation in prey choice in a predator-prey community. *Theoretical Population Biology* 79, s. 64–69
- QGIS Development Team (2020) *QGIS Geographic Information System*
- Quinn J. L. & Cresswell W. (2004) Predator hunting behaviour and prey vulnerability. *Journal of Animal Ecology* 73, s. 143–154
- Quinn J. L. & Ueta M. (2008) Protective nesting associations in birds: Protective nesting associations in birds. *Ibis* 150, s. 146–167
- R Core Team (2020) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria
- Rockwood L. L. (2015) *Introduction to population ecology*. John Wiley & Sons
- Ropert-Coudert Y. & Wilson R. P. (2005) Trends and perspectives in animal-attached remote sensing. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3, s. 437–444
- RStudio Team (2019) *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Boston, MA
- Rudman S. M., Heavyside J., Rennison D. J. & Schluter D. (2016) Piscivore addition causes a trophic cascade within and across ecosystem boundaries. *Oikos* 125, s. 1782–1789
- Rusanen P. (1999) *Suomen merimetsot 1998 - merimetsokannan kehitys ja lajin vaikutukset saaristoluontoon*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus
- Rusanen P., Mikkola-Roos M. & Asanti T. (1998) *Merimetso Phalacrocorax carbo - musta viikinki. Merimetsokannan kehitys ja siihen vaikuttavat tekijät Itämeren piirissä ja Euroopassa*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus
- Rusanen P., Mikkola-Roos M. & Rytteri T. (2012) ”Merimetsokannan kehitys ja vaikutuksia”. Teoksessa: *Linnutvuosikirja. 2011*. Toim. K. Ruokolainen. Helsinki: Bird-Life Suomi
- Rytkönen S., Kuokkanen P., Hukkanen M. & Huhtala K. (1998) Prey selection by sparrowhawks *Accipiter nisus* and characteristics of vulnerable prey. *Ornis Fennica* 75, s. 77–78
- Sándor A. D., Alexe V., Marinov M., Dorosencu A., Domşa C. & Kiss B. J. (2015) Nest-site selection, breeding success, and diet of white-tailed eagles (*Haliaeetus albicilla*) in the Danube delta, Romania. *Turkish Journal of Zoology* 39, s. 300–307
- Saurola P. (2017) ”Merikotkien satelliittiseurantaa tuulimyllyjen katveessa”. Teoksessa: *Merikotkien puolesta : WWF:n merikotkatyöryhmän vuosikymmenten taival*. Toim. I. Nuuja. Helsinki: WWF Suomi, s. 90–100
- Stephens D. W. & Krebs J. R. (1986) *Foraging theory*. Vol. 1. Princeton University Press
- Stjernberg T., Nuuja I., Laaksonen T., Koivusaari J., Ollila T., Keränen S., Hannu E., Lokki O. J. & Saurola P. (2016) Suomen merikotkat 2013-2015. *Linnutvuosikirja 2012*. ISBN: 1455-674X Publisher: BirdLife Suomi ja Luonnontieteellisen keskusmuseon eläinmuseo, s. 20–29
- Sulkava S., Tornberg R. & Koivusaari J. (1997) Diet of the white-tailed eagle *Haliaeetus albicilla* in Finland. *Ornis Fennica* 74, s. 65–78
- Suomen ympäristökeskus (2008) The triumphant return of the white-tailed eagle, s. 2
- Suomen ympäristökeskus (2018) Merimetsöseuranta. URL: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Lajit/Lajien_seuranta/Merimetsöseuranta (viitattu 29. 04. 2019)
- Suomen ympäristökeskus (2019) Merimetsökanta pienehieman. URL: [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Merimetsökanta_pienehieman\(51198\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Merimetsökanta_pienehieman(51198)) (viitattu 07. 10. 2019)
- Templeton J. J. & Giraldeau L.-A. (1995) Public information cues affect the scrounging decisions of starlings. *Animal Behaviour* 49, s. 1617–1626
- Terraube J., Arroyo B., Madders M. & Mougeot F. (2011) Diet specialisation and foraging efficiency under fluctuating vole abundance: a comparison between generalist and specialist avian predators. *Oikos* 120, s. 234–244
- Terraube J. & Bretagnolle V. (2018) Top-down limitation of mesopredators by avian top predators: a call for research on cascading effects at the community and ecosystem scale. *Ibis* 160, s. 693–702
- Thiebault A., Mullers R., Pistorius P., Meza-Torres M. A., Dubroca L., Green D. & Tremblay Y. (2014) From colony to first patch: processes of prey searching and social information in Cape Gannets. *The Auk* 131, s. 595–609
- Tian B. (2017) *General Overview of GIS*. Boca Raton, FL: CRC Press
- Van Damme L. M. & Colonel C. (2007) Bald eagle predation and other disturbance factors at double-crested bormorant and great blue heron nesting colonies in the Creston valley. *Wildlife Afield* 4, s. 213–232

- Varjonen T. (2019a) Merikotkat iskivät tuhansien merimetsojen pesimäsaarelle – raatojen määrä poikkeuksellisen suuri. *Yle uutiset*
- Varjonen T. (2019b) Nuoret merikotkat saalistavat merimetsoja Merenkurkussa - "Luodolta lähti 20 merikotkaa". *Yle uutiset*
- Watson J., Leitch A. F. & Broad R. A. (2008) The diet of the sea eagle *Haliaeetus albicilla* and golden eagle *Aquila chrysaetos* in western Scotland. *Ibis* 134, s. 27–31
- Watson J. W., Garrett M. G. & Anthony R. G. (1991) Foraging Ecology of bald eagles in the Columbia river estuary. *The Journal of Wildlife Management* 55, s. 492
- Wickham H. (2016) *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*
- Wille F. & Kampp K. (1983) Food of the white-tailed eagle *Haliaeetus albicilla* in Greenland. *Holarctic Ecology* 6, s. 81–88
- Wilson R., Grémillet D., Syder J., Kierspel M., Garthe S., Weimerskirch H., Schäfer-Neth C., Sclaro J., Bost C., Plötz J. & Nel D. (2002) Remote-sensing systems and seabirds: their use, abuse and potential for measuring marine environmental variables. *Marine Ecology Progress Series* 228, s. 241–261
- WWF (2019) Merikotkan poikasia syntyi ennätysmäärä. WWF. URL: <https://wwf.fi/uutiset/2019/08/merikotkan-poikasia-syntyi-ennatysmaara/> (viitattu 07.10.2019)
- Ympäristöministeriö (2017) Merimetso. URL: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rauhoitettujen_lintujen_aiheuttamat_haitat_mita_voin_tehda/Merimetso (viitattu 29.04.2019)
- Yurko V. V. (2016) Diet of the white-tailed eagle during the breeding season in the Poleski State radiation-Ecological Reserve, Belarus. *Pernatye Hišniki i Ih Ohrana*, s. 21–31
- Östman Ö., Bergenius M., Boström M. K. & Lunneryd S.-G. (2012) Do cormorant colonies affect local fish communities in the Baltic Sea? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69. Toim. W. G. Sprules, s. 1047–1055

Liitteet

Liite A Loggausvälit

Taulukko A.1: GPS.

ID numbers: 92632, 92633, 33210, 33212

Season	Start Date	End Date	Start Hour	End Hour	Step	Duty Cycle
1	16.2.	15.5.	7	18	1	3
2	16.5.	15.7.	0	22	2	3
3	16.7.	15.11.	7	18	1	3
4	16.11.	15.2.	8	17	1	3

ID numbers: 92634, 92635, 33207, 33211

Season	Start Date	End Date	Start Hour	End Hour	Step	Duty Cycle
1	16.2.	15.5.	7	18	1	3
2	16.5.	15.7.	5	19	1	3
3	16.7.	15.11.	7	18	1	3
4	16.11.	15.2.	8	17	1	3

ID numbers: 105680, 105681

Season	Start Date	End Date	Start Hour	End Hour	Step	Duty Cycle
1	16.2.	15.5.	7	18	1	3
2	16.5.	15.7.	5	19	1	3
3	16.7.	15.11.	7	18	1	3
4	16.11.	15.2.	9	16	1	3

ID number: 105682

Season	Start Date	End Date	Start Hour	End Hour	Step	Duty Cycle
1	16.2.	15.5.	7	18	1	3
2	16.5.	15.7.	0	22	1	3
3	16.7.	15.11.	7	18	1	3
4	16.11.	15.2.	9	16	1	3