

**Riistakameroihin perustuvan etäisyyslaskennan käyttö  
valkohäntäkauriiden (*Odocoileus virginianus*) tiheyksien arvioinnissa**

Maija Jortikka

Pro gradu -tutkielma

Turun yliopisto  
Biologian laitos  
5.3.2020

Linja: Ekologian linja  
Erikoistumisala: Ympäristöekologia

Laajuus: 30 op

Tarkastajat:

1:

2:

Hyväksytty:

Arvolause:

## Tiivistelmä

TURUN YLIOPISTO

Biologian laitos

MAIJA JORTIKKA: Riistakameroihin perustuvan etäisyyslaskennan käyttö valkohäntäkauriiden (*Odocoileus virginianus*) tiheyksien arvioinnissa.

Pro gradu, 26 s.

Ekologia ja evoluutiobiologia

3/2020

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

---

Tutkielmani tavoitteena on selvittää riistakameroihin perustuvan etäisyyslaskennan käytön soveltuvuutta valkohäntäkauriin (*Odocoileus virginianus*) tiheysarvioinnissa, sekä vertailla kannantiheyden vaikutusta arviointimenetelmän toimivuuteen. Tiheysarviointien avulla pystytään laskemaan kannantiheyksien jakautumista alueellisesti, jolla on suuri merkitys kannanhoidollisen metsästyksen suunnittelussa.

Tutkielmassani käytän samoja tai vastaavia menetelmiä, kuin Pfeffer ym. vuonna 2017 vastaavassa tutkimuksessaan Ruotsissa. Tärkeimpänä menetelmänä käytän Rowcliffen ym. vuonna 2008 julkaisemaa tiheydenarviointikaavaa nimeltään random encounter model (REM). Tutkimusalueenani toimii kaksi metsäsaarekettä Loimaan kunnassa, joihin sijoitettiin yhteensä kahdeksan riistakameraa neliön muotoisiin muodostelmiin noin 300 metrin etäisyydelle toisistaan. Riistakamerakuvista mitattujen arvojen avulla saadaan REM-kaavalla alueen valkohäntäkauriiden tiheysarvio. Selvitän kannantiheyden vaikutusta ja menetelmän toimivuutta vertailemalla saman alueen valkohäntäkauriiden tiheysarvioita sekä syksyltä 2017 ennen metsästyskautta että sen jälkeen keväältä 2018.

Syksyn 2017 tiheysarvioksi saatiin 6,8 yksilöä/km<sup>2</sup> (n=202) ja kevään 2018 tiheydeksi 0,4 yksilöä/ km<sup>2</sup> (n=21). Luonnonvarakeskus arvioi tutkimusalueen valkohäntäkauriiden tiheydeksi keväällä 2017 3 yksilöä/km<sup>2</sup> ja keväällä 2018 hieman yli 3 yksilöä/km<sup>2</sup>. Valkohäntäkauriin vasan-tuottoprosentin (62,9%) perusteella saamani tiheysarvio syksyllä 2017 on uskottava. Kevään 2018 hyvin alhaista tiheysarviota saattaa selittää pieni otoskoko, vuodenaikaisvaihtelut populaatiossa ja pohjoisen metsäsaarekkeen hakkuun aiheuttama häiriö. Tutkimukseni perusteella suosittelen menetelmän testaamista vielä laajemmassa tutkimuksessa mahdollisesti vapaaehtoisien metsästäjien avustuksella.

Asiasanat: valkohäntäkauris, populaatiodynamiikka, kannanvaihtelut, riistanhoito

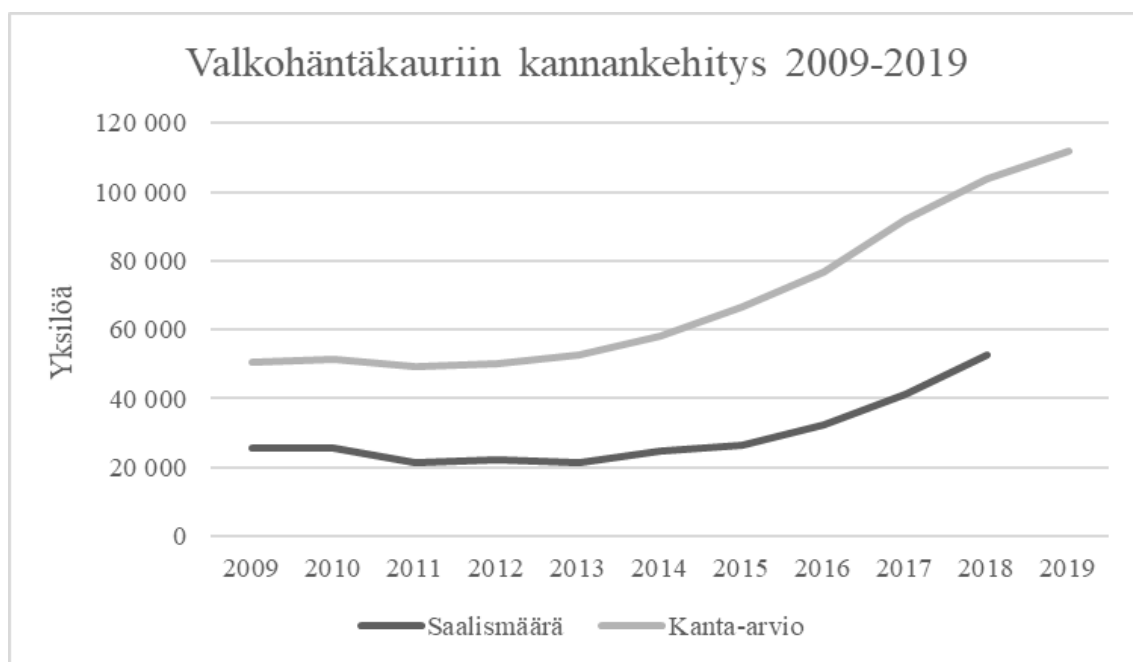
## Sisällysluettelo

1. Johdanto .....	4
1.1. Valkohäntäkauris .....	4
1.1.1. Valkohäntäkauriin biologia .....	4
1.1.2. Valkohäntäkauris riistaeläimenä Suomessa .....	5
1.1.3. Valkohäntäkauriin aiheuttamat vahingot .....	6
1.2. Kanta- ja tiheysarviot .....	6
1.2.1. Valkohäntäkauriin kannanarviointi Suomessa .....	7
1.3. Kameran kannantiheyden arvioinnissa ja REM .....	8
1.3.1. Riistakamerat apuna kannanarvioinnissa .....	8
1.4. Tutkielman tavoite .....	9
2. Aineisto ja menetelmät .....	10
2.1. Riistakamerat .....	10
2.2. Tutkimusalue .....	10
2.3. Etäisyyslaskenta ja REM .....	11
3. Tulokset .....	14
3.1. Syyskokeen tulokset .....	14
3.2. Kevätkokeen tulokset .....	16
4. Tulosten tarkastelu .....	18
4.1. Tiheysarvio .....	18
4.2. Etäisyyksien, kulmien ja liikkuvuuksien vertailu .....	18
4.3. Sukupuoli- ja ikäjakauma .....	19
4.4. Virhelähteet .....	20
4.5. Tulevaisuuden näkymiä .....	21
5. Kiitokset .....	22
6. Lähteet .....	23

# 1. Johdanto

## 1.1. Valkohäntäkauris

Valkohäntäkauris (*Odocoileus virginianus*), josta käytettiin aiemmin nimeä valkohäntäpeura, on Pohjois-Amerikasta vuonna 1934 Suomeen riistaeläimeksi tuotu hirvieläinlaji (Kekkonen ym. 2016). Vuonna 2019 Suomen valkohäntäkauriskanta on yli kaksinkertaistunut vuoden 2009 kannasta (kuva 1).



**Kuva 1.** Valkohäntäkauriin kannankehitys sekä vuosittainen saalismäärä Suomessa 2009–2019 (Luonnonvarakeskuksen tilastotietokanta (2019) ja riistakolmiot.fi (2019)).

### 1.1.1. Valkohäntäkauriin biologia

Valkohäntäkauris on keskikokoinen hirvieläin, jonka korkeus vaihtelee 0,8–1 metrin välillä, pituus hännästä päähän on noin 1,5–2 metriä ja paino 57–137 kilon välillä. Urokset ovat hieman suurempia kuin naaraat ja ne kasvattavat vuosittain sarvet kiimaajaksi, joka on loka-joulukuussa, ja pudottavat ne tammi-maaliskuussa. Naaraan mahdollisuus hedelmöitymiselle kestää vain noin 24 tuntia, mutta saattaa tulla uudestaan kiimaan 25–30 päivän kuluttua, mikäli ei tullut ensimmäisellä kerralla kantavaksi. Valkohäntäkauriin kantoaika on noin 6,5 kuukautta ja vasat syntyvät keväällä noin touko-kesäkuussa. Aikuinen naaras tuottaa useimmiten 2 vasaa kerrallaan (Dewey 2003).

Urosvasat lähtevät emänsä seurasta noin vuoden ikäisinä, kun taas naarasvasat voivat seurata emäänsä jopa kaksivuotiaiksi asti. Valkohäntäkauris voi siten muodostaa isojakin laumoja, jossa edellisvuoden vasat seuraavat yhä emäänsä, jolla saattaa olla jo uusia vasoja. Myös edellisvuoden naarasvasat ovat saattaneet saada jo omia jälkeläisiä (Dewey 2003).

Valkohäntäkauriin elinalueeksi kelpaavat Suomessa sellaiset metsäiset alueet, joilla on tarpeeksi aluskasvillisuutta ravinnoksi ja tiheää metsäistä kasvillisuutta piilopaikoiksi. Valkohäntäkauriit ruokailevat mielellään metsienreunoilla tai aukiolla, ja niitä voi nähdäkin syysaamuisin runsain määrin pelloilla ruokailemassa. Talvisin lumensyvyys ei saa olla liian suuri, jotta leutoihin talviin totunut laji pääsee käsiksi ravintoon. Runsaslumisina talvina valkohäntäkauriiden kuolleisuus ja talviruokinnan merkitys kasvavat (Wikström 2018).

Vuodenaikaisvaellukset, eli normaalin elinpiirin ulkopuolelle ulottuva liikehdintä vuodenaikojen välillä ravinnon tai muun resurssin perässä, ovat yleisiä hirvieläimillä ja muilla laumoissa liikkuvilla eläimillä (Sinclair ym. 2006). Myös valkohäntäkauriilla ilmenee jonkinasteista vaeltamista talvi- ja kesälaitumien välillä. Vuodenaikaisvaellus tapahtuu keväällä ennen vasojen syntymistä ja syksyllä ennen kiimaa. Valkohäntäkauriin keskimääräinen elinpiiri on noin neliökilometrin kokoinen, mutta uroksien elinpiiri on useimmiten kaksi kertaa niin suuri kuin naaraiden. Naaraiden talvinen elinpiiri on myös suurempi kuin niiden kesäinen elinpiiri, mikä selittyy sillä, että alkukesästä syntyneet vasat rajoittavat naaraiden liikkumista (Honzová 2013).

### ***1.1.2. Valkohäntäkauris riistaeläimenä Suomessa***

Valkohäntäkauris on Suomen toiseksi tärkein riistaeläin ja vuotuinen saalis Suomessa on noin 50 000 yksilöä, koko kanta on tällä hetkellä noin 110 000 yksilöä, mutta se vaihtelee suuresti (Suomen Riistakeskus 2019; Luonnonvarakeskus 2019). Tämän tutkielman data kerättiin 2017, jolloin valkohäntäkauriin kannankooksi arvioitiin 70 000 yksilöä (Ramstadius 2017). Suomen valkohäntäkauriskanta keskittyy voimakkaasti Varsinais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan sekä Etelä- ja Pohjois-Hämeen riistakeskusalueille, mutta leviää yhä pohjoisemmas ja idemmäs talvien lauhtumisen myötä (Luonnonvarakeskus 2020).

Kannanhoidollinen metsästys on valkohäntäkauriin yleisin kuolinsyy, joten sen säätelyllä on suuri merkitys kannan rakenteeseen. Liiallisella tai väärin painotetulla metsästyksellä voi olla kauaskantoisia vaikutuksia kannan tilaan (Wikström 2018). Metsästys tulee painottaa sellaisiin yksilöihin, joiden luonnollinen kuolevuus olisi muutenkin korkea, tällaisia ovat vasat ja vanhat yksilöt, nuorien aikuisten (eli 1½–3½ -vuotiaiden) kuolleisuus on alhaisin. Niinpä noin 60 % saaliista tulisi olla vassoja. Sellaiset vanhat yksilöt, joiden ikä on yli 4½ vuotta, ovat myös sallittua riistaa, huomioiden, että naaras, jota vasa seuraa, on aina rauhoitettu. Jos kannassa on vinoutunut ikä- tai sukupuolijakauma, voidaan sitä korjata panostamalla tietyn ikäryhmän tai sukupuolen metsästykseseen (Wikström 2018).

Metsästystä säädellään myös ajallisesti. Vuonna 2017 valkohäntäkauriin metsästyksen sai aloittaa 1.9. alkaen vahtimalla ja 30.9.2017–31.1.2018 muilla menetelmillä, kuten koiran avulla. Vaikka metsästys onkin silloin sallittua, usein kuitenkin suositellaan rauhoittamaan metsästyksiä kiima-aikaan loka-joulukuussa, jotta valkohäntäkauriit voivat rauhassa paritella ja siten varmistaa populaation jatkuvuuden (Wikström 2018).

### ***1.1.3. Valkohäntäkauriin aiheuttamat vahingot***

Sen lisäksi, että valkohäntäkauriit aiheuttavat vahinkoja viljelyksille ja taimikoille, ne aiheuttavat myös paljon kolareita (Ryypö & Nuotio 2016; Niemi ym. 2015). Vuosittain Suomessa tapahtuu yli 3000 valkohäntäkauriskolaria (Ramstadius 2017). Valkohäntäkauris on kaikista Suomen hirvieläinlajeista todennäköisin kolarin aiheuttaja suhteessa kannankokoon – 8/100 yksilöstä aiheuttaa kolarin. Vuonna 2015 kolarin aiheuttaneista yksilöistä 80% kuoli itse kolariin tai lopetettiin jäljityksen jälkeen (Niemi ym. 2015). Valkohäntäkauriit levittävät myös tehokkaasti puutiaisia ja vaikuttavat siten välillisesti myös borreliosisin ja puutiasaivokuumeen leviämiseen (Luonnonvarakeskus 2020; Madhav ym. 2004).

## **1.2. Kanta- ja tiheysarviot**

Lajikohtaiset kanta- ja tiheysarviot ovat tärkeitä, sillä niiden perusteella lajia pystytään suojelemaan ja kantaa säätämään kestävästi myös paikallisella tasolla (Noon ym. 2012; Caravaggi ym. 2016). Hirvieläinten kannankokoja voidaan arvioida monin eri tavoin, kuten ilma- ja ulostelaskennoilla (Camargo-Sanabria & Mandujano 2011). Ilmalaskenta on kuitenkin hyvin vaikeaa tiheän kasvillisuuden alueilla ja silloin kun maassa ei ole lunta, sillä tummia eläimiä voi olla vaikea havaita tummaa maata vasten.

Ulostelaskennassa saadaan paljon tietoa yksilöiden kunnosta ja populaation geneettisestä vaihtelusta ulosteesta eristettävän DNA:n avulla. Ulostelaskenta on kuitenkin hyvin työläs kannanarviointimenetelmä, joka soveltuu paremmin harvan populaation tarkkailuun ja muiden menetelmien tueksi (Amos ym. 2014).

Suomessa yleisin tapa on kuitenkin riistakolmiolaskennat, joissa metsästysseurojen vapaaehtoiset kiertävät 12 km mittaisen tasasivuisen kolmion samalla laskien eläinten jälkiä (riistakolmiot.fi 2020). Riistakolmiolaskennat ovat toimineet vielä hyvin, mutta ilmastonmuutoksen aiheuttama talvien lumettomuus vaikeuttaa laskentaa yhä useammin, etenkin Etelä-Suomessa, joka on juurikin valkohäntäkauriin levinneisyysaluetta (riistakolmiot.fi 2019).

Populaation tiheys vaikuttaa moneen asiaan. Kun kannan koko alkaa lähentyä alueen kantokyvyn ylärajaa, kilpailu resursseista kasvaa. Kilpailu lisää huonokuntoisten yksilöiden määrää, jotka ovat alttiita sairauksille ja loisille, jotka puolestaan leviävät tiheässä kannassa tehokkaasti. Suuri saalispopulaatio houkuttaa myös petoja alueelle (Gaillard ym. 2000). Harvassa kannassa vaikeuksia saattaa tuottaa parittelukumppanin löytyminen ja sukusiitoksen aiheuttamat sairaudet (Wikström 2018).

### ***1.2.1. Valkohäntäkauriin kannanarviointi Suomessa***

Valkohäntäkauriin kannanarvioinnille ei ole vielä kehitetty täsmällistä kannanarviointimallia, vaikka se on toiseksi tärkein riistalajimme. Syynä on lajin uutuus ja kannan nopea kasvu viimeisen 10 vuoden aikana. Nykyinen valkohäntäkauriin kannanarviointimalli on sovellettu hirven kannanarviointimallista, joka on bayesilainen tilastotieteeseen perustuva populaatiomalli. Riistakolmiolaskentojen lisäksi nykyisessä kanta-arviomallissa otetaan huomioon vasatuottoarviot, metsästäjien ilmoittamat saalismäärät ja muut havainnot, kolaritilastot sekä suurpetojen lukumäärät (Luonnonvarakeskus 2019).

Vuonna 2017 Kukko ja Pusenius (Luonnonvarakeskus) julkaisivat metsästyskauden jälkeen ensimmäisen tiheysarvion valkohäntäkauriille Suomessa. Tiheysarvio laskettiin riistanhoitoyhdistysten ilmoittamien jäävän kannan koon mukaan siten, että niiden riistanhoitoyhdistysten alueilla, joilla arvioitiin suurin jäävä kanta suhteessa pinta-alaan, arvioitiin myös suurin tiheys (ilmoitetaan muodossa ”yksilöä / 1000 ha”). Satakunnan, Pohjois- ja Etelä-Hämeen sekä Varsinais-Suomen riistakeskuksien raja-alueella

ilmoitettiin suurimmat tiheydet (yli 50 valkohäntäkaurista / 1000 ha). Uudenmaan riistakeskuksen länsiosissa tiheys oli myös suhteellisen suuri (yli 30 yksilöä / 1000 ha). Pienimmät tiheysarviot annettiin tiheimmän esiintymisalueen koillispuolelle, jossa tiheys on vain noin 3 yksilöä / 1000 ha.

### **1.3. Kamerat kannantiheyden arvioinnissa ja REM**

Kannanarviontiin on jo jonkin aikaa käytetty muiden menetelmien ohella myös pyyntimerkitse-uudelleenpyynti -menetelmää, jossa yksilö pitää tunnistaa kuvista (Lebreton ym. 1992; Jacobson ym. 1997). Menetelmä on siitä hyvä, että se toimii yleensä sellaisissakin ympäristöissä, joissa muut menetelmät eivät toimi tai ovat hankalia. Menetelmän huono puoli on se, että se ei toimi sellaisilla lajeilla, joiden yksilöillä ei ole sellaisia yksilöllisiä piirteitä, jotka pystyttäisiin kuvista erottamaan. Menetelmää käytetäänkin useimmiten sellaisten eläinten kannanarvioinnissa, joiden turkin kuviointi on usein yksilöllinen, kuten kissaeläimillä (Rowcliffe 2008). Hirvieläimillä sarvien ulkomuodosta kyetään tunnistamaan yksilöitä, mutta useimpien hirvieläinten kohdalla vain uroksilla on sarvet ja nekin vaihtuvat vuosittain kiima-ajan jälkeen, joten myös vuodenaika täytyy ottaa huomioon tutkimusajan valinnassa (Rowcliffe ym. 2008).

Vuonna 2008 Rowcliffe ym. kehittivät populaatioiden tiheydenarvointimenetelmän nimeltään random encounter model (REM), jossa yksilöä ei tarvitse tunnistaa kuvista, vaan jokainen yksittäinen kuvatapahtuma lasketaan yhdeksi toistoksi. Kuvatapahtumalla tarkoitetaan riistakameran ottamaa kuvasarjaa, jossa kuvattu yksilö kulkee kameran ohitse. Kaavan, jolla kannantiheys lasketaan, toimintaan ei vaikuta se, että sama yksilö saattaa kulkea kameran ohitse useaan otteeseen, vaan jokainen yksittäiseksi toistoksi määriteltävä kameran ottama kuvasarja lasketaan yhdeksi toistoksi. REM-kaavan toimivuutta on jo tutkittu usean hirvieläinlajin tiheyksien arvioinnissa onnistuneesti (Gray 2018; Pfeffer ym. 2017; Soofi ym. 2017; Rahman ym. 2017).

#### **1.3.1. Riistakamerat apuna kannanarvioinnissa**

Riistakameroiden käytöllä populaation kannanarvioinnissa on monia positiivisia puolia. Se on ei-invasiivinen, tarkoittaen, että populaation yksilöihin ei kohdistu suoraa häirintää. Tarvittavan datan pystyy keräämään suhteellisen lyhyeltä ajalta ja vuodenaikasta riippumatta, myös kustannukset ovat alhaisemmat verrattuna moniin muihin kannanarvointimenetelmiin (Soria-Díaz ja Monroy-Vilchis 2015).

#### **1.4. Tutkielman tavoite**

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, pystyisikö metsästäjien omien riistakameroiden avulla tuottamaan kannanarvointimenetelmän, jolla pystyisi arvioimaan valkohäntäkauriin kannantiheyttä luotettavasti. Etäisyyslaskennassa (distance sampling) on pitkään käytetty pyynti-merkintä-uudelleenpyynti -menetelmää, jossa sama yksilö pitää tunnistaa eri kuvatapahtumista, jotta kannan tiheys voidaan laskea (Rovero ym. 2013). Käyttämällä Rowcliffen edellä mainittua REM-menetelmää, yksilöitä ei tarvitse tunnistaa. Uudella tiheydenarvointimenetelmällä voitaisiin tuottaa lisäinformaatiota valkohäntäkauriskannan tilasta paikallisella tasolla ja soveltaa tietoa entistä tarkempaan kannanarvointiin sekä riistanhoidollisten toimenpiteiden suunnitteluun. Tarkastelen myös kannantiheyden vaikutusta menetelmän toimivuuteen.

## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1. Riistakamerat

Tutkimuksessa käytettiin kahdeksaa riistakameraa (numeroituna 37–44), jotka oli asetettu Loimaalle osana Jenni Poutasen väitöskirjatutkimusta, jossa kamerat kuvasivat ajalla 8.–30.8.2017 (taulukko 1). Kamerat asetettiin kahdessa ryhmässä, 37–40 ja 41–44, kahteen metsäsaarekkeeseen neliönmuotoisiin muodostelmiin, joissa kameroiden etäisyydet toisistaan olivat noin 300 metriä ja muodostelmien välinen etäisyys noin 1 kilometri (kuva 2).

Riistakamerat olivat Uovision-merkkisiä infrapunakameroita, jotka tunnistavat edessä olevan kohteen sen tuottaman liikkeen ja lämmön avulla. Kamerat asetettiin puihin noin metrin korkeudelle ja suunnattiin riistapolkujen suuntaan sekä asennettiin ottamaan kolme peräkkäistä kuvaa ja uudelleen 5 sekunnin viiveellä kolmen kuvan sarja, mikäli kameran edessä on vielä liikettä. Yksi kameroista (41) oli vahingossa asennettu ottamaan viiden sekunnin videopätkiä, joten kyseinen kamera jätettiin pois analysoinnista.

*Taulukko 1. Tutkimuksessa käytettyjen riistakameroiden koordinaatit.*

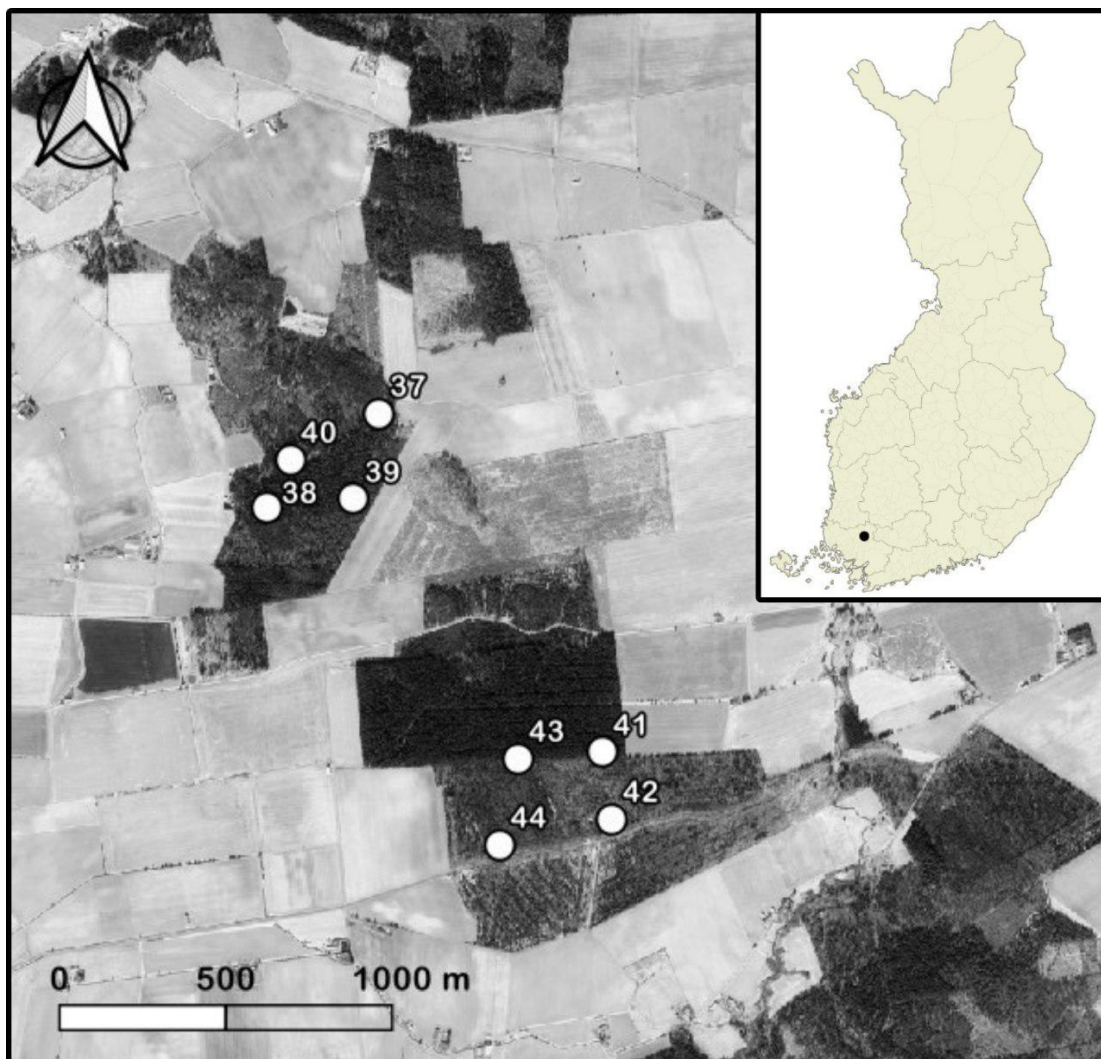
	37	38	39	40	41	42	43	44
N	60°51'02.1"	60°50'52.3"	60°50'53.6"	60°50'57.1"	60°50'30.7"	60°50'24.2"	60°50'29.5"	60°50'21.1"
E	22°49'24.8"	22°49'03.6"	22°49'20.9"	22°49'07.7"	22°50'13.4"	22°50'16.2"	22°49'56.8"	22°49'54.2"

Näiden syyskuussa 2017 kuvanneiden kameroiden lisäksi vein Loimaalle samoille paikoille samat kahdeksan kameraa metsästyskauden jälkeen ajalle 26.2–6.4.2018. Yksi kameroista (41) asetettiin samaan puuhun, mutta suunnattiin toiseen suuntaa eteen kaatuneen puun takia. Kevään kuvilla pyrittiin selvittämään, toimiiko riistakameroihin perustuva tiheysarviointi myös silloin, kun eläinkanta on harvempi metsästyskauden jälkeen.

### 2.2. Tutkimusalue

Tutkimusalue sijaitsee Loimaalla Varsinais-Suomen maakunnassa. Alue on vahvasti maanviljelyskäytössä olevien peltojen pirstomaa seutua, jossa on laikuittain metsäisiä saarekkeita. Tutkimusalueen saarekkeilla metsä oli suurimmaksi osaksi havupuu-

voittoista vanhaa metsää, kameroiden 42 ja 44 alueella puusto oli moni-ikäistä sekametsää.



**Kuva 2.** Tutkimuksessa käytettyjen riistakameroiden sijainnit Loimaalla. Kartta on tehty QGIS-ohjelmalla (versio 3.10) ja Inkscape-kuvanmuokkausohjelmalla (versio 0.92.4). Kartassa on käytetty Maanmittauslaitoksen syksyllä 2017 ottamaa ortokuvaa. Tutkimusalue jakaantuu kahteen metsäsaarekkeeseen, joiden välinen etäisyys on noin 500 metriä.

### 2.3. Etäisyyslaskenta ja REM

Käytin etäisyyslaskentaa (distance sampling) ja REMiä kuvien analysointiin lähes samalla tavalla kuin Pfeffer ym. vuonna 2017. Kannan arvioitu tiheys ( $D = \text{kaurista} / \text{km}^2$ ) saadaan, kun kuvista analysoidut arvot lisätään seuraavaan kaavaan:

$$D = \frac{y}{t} \cdot \frac{\pi}{v \cdot r \cdot (2 + \theta)}$$

$y$  = kuvatapahtumien määrä, eli toistojen määrä;  $t$  = kamerapäivät, eli kuinka monta päivää kamerat olivat kuvaamassa \* kameroiden määrä;  $v$  = kauriiden keskimääräinen liikkumisetäisyys päivässä huomioiden niiden aktiivisuusaika (km/pv);  $r$  = ADD;  $\theta$  = ADA

Kuvatapahtuma on yksittäinen kameran ottama kuvasarja, jossa kauris kulkee kameran ohitse. Yksittäisten kuvasarjojen summa on siis toistojen määrä eli  $y$ . Kamerapäivät, eli  $t$ , laskettiin kertomalla kameroiden lukumäärä niiden päivien määrällä, joina kamerat olivat kuvaamassa. Kauriiden keskimääräinen liikkumisetäisyys päivässä ( $v$ ) laskettiin arvioimalla niiden liikkumisnopeus ( $s$ ) ja liikuttu matka ( $m$ ) kuvasarjan aikaleimojen ja maastosta mitattujen kiintopisteiden avulla. Liikkumisnopeus muunnettiin kilometriä tunnissa muotoon ja kerrottiin luvulla 24, eli tuntien määrällä päivässä. Toistojen keskiarvosta saadaan keskimääräinen kulkusäde päivän aikana (km/pv). Koska kauriit eivät kuitenkaan liiku taukoamatta, laskettiin Rowcliffen vuonna 2016 tekemän *activity* R -pakkauksen (Rowcliffe 2016) avulla aktiivisuusaika  $p$  kuvien aikaleimojen perusteella ja kerrottiin sillä saatu keskimääräinen kulkusäde. Aktiivisuusajan laskentaan käytettiin RStudio Desktop 1.2.5033 -versiota.

$$v = \left( \left( \frac{m}{s} \cdot 3,6 \right) \cdot 24 \right) \cdot p$$

Toisin kuin Pfeffer ym. (2017) tutkimuksessa, jossa maastoon merkattiin 5, 10 ja 15 metrin etäisyydet riistakameran eteen maastosta erottuvilla muovisuikaleilla, tässä tutkimuksessa mitattiin erilaisten kuvassa näkyvien kiintopisteiden, kuten puiden, etäisyydet riistakamerasta. Kiintopisteiden perusteella kuvista pystyttiin arviomaan eläimen vertikaalinen etäisyys kamerasta eli  $z$ . Ensimmäisen havainnon kulma, eli  $\alpha$ , laskettiin kolmioviivaimella, asettamalla se kuvan keskiviivalle (kuva 3).

Kosinilauseen avulla vertikaalisella etäisyydellä ja havaintokulmalla saadaan laskettua kauriin etäisyys kamerasta eli  $x$ . Laskemalla keskiarvo kaikkien toistojen etäisyyksille kamerasta saadaan ADA (average detection angle), eli  $\theta$ , ja ensimmäisten havaintokulmien keskiarvosta saadaan ADD (average detection distance) eli  $r$ . Lisäämällä kaikki ylläolevat keskimääräiset arvot REM-kaavaan saadaan alueen kauriiden tiheys alueella

(yksilöä / km<sup>2</sup>). Koska valkohäntäkauris liikkuu osittain laumoissa, toistoista laskettiin riistakameran laukaisseen yksilön lisäksi niiden yksilöiden määrä, jotka tulivat kuvaan myöhemmin, tai olivat kuvasarjan taustalla, ja lasketaan keskimääräinen ryhmäkoko. Jotta taustahavainnot tulisi myös huomioitua tiheysarviossa, saadulla keskimääräisellä ryhmäkoolla kerrotaan REM-kaavasta saatu tiheysarvio.



**Kuva 3.** Havaintokuva kamerasta 42 riistakamerakuvien analysoinnista.  $c$  = kauriin etäisyys keskilinjasta,  $x$  = kauriin etäisyys kamerasta,  $z$  = vertikaalinen etäisyys kamerasta,  $\alpha$  = havaintokulma, eli kulma keskilinjasta. Kuvan keskellä olevan ohuen puun etäisyydeksi mitattiin 9,5 metriä. Kuva on muokattu Inkscape-kuvankäsittelyohjelmalla (versio 0.92.4).

### 3. Tulokset

#### 3.1. Syyskokeen tulokset

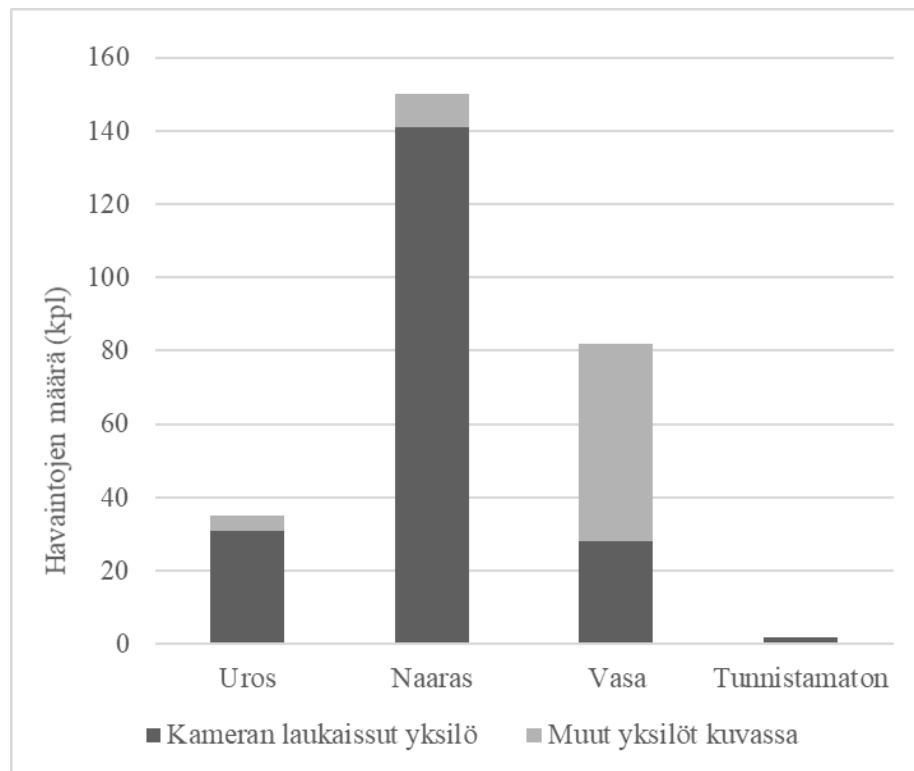
Aikaväliltä 8.–30.8.2017 saatiin erillisiä toistoja yhteensä 202. Erillisellä toistolla tarkoitetaan yksittäisiä kuvasarjoja, joissa kameran laukaissut kauris kulkee kameran ohitse, sama yksilö saattaa kulkea saman tai usean eri kameran ohitse eri aikoina, mutta ne lasketaan kuitenkin erillisiksi toistoiksi. Riistakameran laukaisseiden yksilöiden sukupuoli ja ikä jakautuivat aineistossa seuraavasti: aikuisia uroksia oli 31 (15,3 %), aikuisia naaraista 141 (69,8 %), vasoja 28 (13,9 %) ja aikuisia, joiden sukupuolta ei kyennyt kuvan perusteella varmasti päättelemään oli 2 (1 %). Toistojen määrä jakautui melko epätasaisesti kameroiden välillä (taulukko 2).

150 tapauksessa kuvasarjassa näkyi vain yksi kauris, mutta kameran liiketunnistimen laukaisseiden yksilöiden lisäksi muita yksilöitä tuli myöhemmin kuvaan tai näkyi kuvasarjan taustalla 52 tapauksessa. Taustalla yksilöitä oli yhteensä 67 ja keskimääräinen ryhmäkokoo oli 1,3 yksilöä. Ryhmät koostuivat useimmiten naaraista ja 1-2 vasasta (75,0 %). Muissa tapauksissa ryhmä koostui lähinnä naarasparista, urosparista tai vasaparista, mutta myös muita variaatioita löytyi. Kun myös taustalla olevat kauriit huomioidaan, havainnot kertyi 269 (kuva 4).

***Taulukko 2.** Riistakameran laukaisseiden valkohäntäkauriiden sukupuoli- ja ikäjakauma. Tunnistamattomat yksilöt ovat sellaisia toistoja, joissa aikuisen yksilön sukupuolta ei kyennyt varmasti päättelemään.*

*\*Kamera 41 kuvasi vahingossa videota, joten sen kuvaamat havainnot jätettiin huomiomatta.*

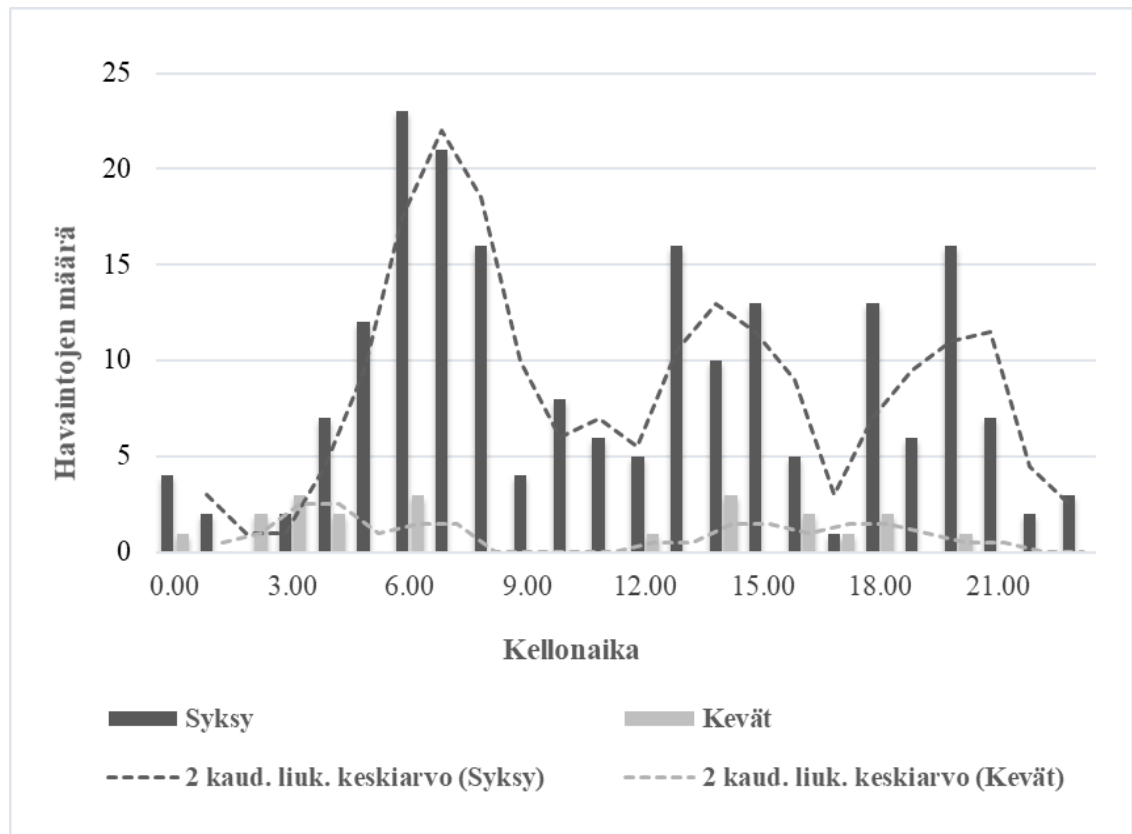
Kamera	Uros	Naaras	Vasa	Tunnistamaton	Yhteensä
37	1	1	0	0	2
38	1	38	7	0	46
39	1	7	0	0	8
40	4	19	3	1	27
41*	0	0	0	0	0
42	13	29	7	0	49
43	8	17	6	1	32
44	3	30	5	0	38
<b>Yhteensä (kpl)</b>	<b>31</b>	<b>141</b>	<b>28</b>	<b>2</b>	<b>202</b>
<b>Yhteensä (%)</b>	<b>15,3</b>	<b>69,8</b>	<b>13,9</b>	<b>1</b>	<b>100</b>



**Kuva 4.** Kaikkien riistakamerakuvista havaittujen valkohäntäkauriiden määrät jaoiteltuna uroksiin, naaraisiin ja vasoihin. Tunnistamattomat yksilöt ovat aikuisia valkohäntäkauriita, joiden sukupuolta ei pystynyt määrittämään riistakamerakuvan perusteella. Harmaan eri sävyillä havainnollistetaan riistakameran laukaissuiden yksilöiden seurassa olleiden yksilöiden määrää verrattuna kameran laukaissuiden yksilöiden määrään.

Keskimääräinen kauriin etäisyys kamerasta (ADD) oli 10,9 metriä ja keskimääräinen ensimmäisen havainnon kulma (ADA) oli 0,73 r (~42°). Keskimääräiseksi kulkunopeudeksi laskettiin 2,7 km/h, jolloin valkohäntäkauriin keskimääräinen potentiaalinen liikkumisetäisyys päivän aikana olisi 65,7 kilometriä päivässä. Kauriit olivat aktiivisimmillaan kello 5.00–8.00 aamulla, mutta aktiivisuudessa oli piikit myös 13.00–15.00 ja 18.00–20.00 aikoihin (kuva 5). *Activity R* -pakkauksen avulla saatiin aktiivisen liikkumisen osuudeksi 0,4, eli noin 40 % päivästä. Kun tämä otetaan huomioon, kauriiden keskimääräiseksi liikkumisetäisyydeksi saadaan 26,2 kilometriä päivässä.

REM kaavalla saadaan syyskokeen kanta-arvioksi 5,1 yksilöä/km<sup>2</sup>. Kun huomioidaan taustalla näkyneet yksilöt, eli kerrotaan saatu kanta-arvio ryhmäkertoimella (1,3), saadaan kannankooksi noin 6,8 yksilöä/ km<sup>2</sup>.



**Kuva 5.** Havaintojen vuorokaudenaikainen vaihtelu syksyn 2017 ja kevään 2018 kokeissa.

### 3.2. Kevätkokeen tulokset

Kevätkokeesta, aikaväliltä 26.2.–6.4.2018, saatiin erillisiä toistoja vain 21 (taulukko 3). Riistakameran laukaisseiden yksilöiden sukupuolta oli mahdoton määrittää sarvien putoamisen jälkeen, koska vain kahdella valkohäntäkauriilla oli kuvissa sarvet. Urokset pudottavat sarvet tammi-maaliskuussa, myös vasat ovat kasvaneet sen kokoisiksi, että niitä on vaikea erottaa aikuisista yksilöistä. Kameran liiketunnistimen laukaisseiden yksilöiden lisäksi muita valkohäntäkauriita näkyi kuvasarjan taustalla 5 tapauksessa, ja niitä oli yhteensä 7. Keskimääräinen ryhmäkoko oli kuitenkin 1,3 yksilöä, eli sama kuin keväälläkin. Kun myös taustalla olevat yksilöt huomioidaan, kuvista tunnistettiin yhteensä vain 29 valkohäntäkaurista.

**Taulukko 3.** Keväällä 2018 riistakameran laukaisseiden valkohäntäkauriiden havainnot kameroittain. Koska keväällä urokset pudottavat sarvensa, sukupuolia oli hyvin vaikea erottaa toisistaan. Myös alle vuoden ikäiset vasat olivat kasvaneet sen kokoisiksi, että niitä oli vaikea erottaa aikuisista yksilöistä. Valtaosa havaitusta yksilöistä merkattiin tunnistamattomiksi.

Kamera	Uros	Naaras	Vasa	Tunnistamaton	Yhteensä
37	0	0	0	0	0
38	1	0	0	5	6
39	0	0	0	3	3
40	0	0	0	3	3
41	0	0	0	6	6
42	0	0	0	0	0
43	0	0	0	3	3
44	0	0	0	0	0
<b>Yhteensä (kpl)</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>21</b>
<b>Yhteensä (%)</b>	<b>4,8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>95,2</b>	<b>100</b>

Keskimääräinen etäisyys kamerasta (ADD) oli 12,6 metriä ja keskimääräinen ensimmäisen havainnon kulma (ADA) oli 0,76 r (~43°). Keskimääräiseksi kulkunopeudeksi laskettiin 3,1 km/h, jolloin vastaavasti keskimääräinen potentiaalinen kulkusäde päivän aikana olisi 75,5 kilometriä päivässä. Keväällä aktiivisimmat kellonajat olivat 2.00–6.00 aamulla ja 14.00–18.00 iltapäivällä (kuva 5). *Activity R* pakkauksesta saatiin aktiivisen liikkumisen osuudeksi 0,3, eli noin 30 % päivästä. Kun tämä otetaan huomioon, kauriiden keskimääräiseksi päivittäiseksi kulkusäteeksi saadaan 22,0 kilometriä. Saatujen arvojen lisäämisen jälkeen

REM-kaavasta saadaan kevätkokeen kanta-arvioksi 0,3 yksilöä/km<sup>2</sup>. Kun huomioidaan taustalla näkyneet yksilöt, eli kerrotaan saatu kanta-arvio ryhmäkertoimella (1,3), saadaan kannankooksi noin 0,4 yksilöä/ km<sup>2</sup>.

## 4. Tulosten tarkastelu

### 4.1. Tiheysarvio

Syksyllä 2017 ennen metsästyskauden alkua kerätyn aineiston ja REM-kaavan perusteella tutkimusalueen tiheysarvioksi saatiin 6,8 yksilöä/km<sup>2</sup>. Luonnonvarakeskus arvioi keväällä 2017 kannan tiheydeksi noin 30 yksilöä/ha eli 3 yksilöä/km<sup>2</sup> ja keväällä 2018 hieman yli 3 yksilöä/km<sup>2</sup>. Kannan arvioitiin kasvaneen noin 12,5% vuosien 2017 ja 2018 kanta-arvioiden välillä. Keväällä 2017 valkohäntäkauriin tuottavuusprosentiksi, eli vasatuotoksi, arvioitiin 62,9%. Kanta siis kasvaisi noin kaksikolmasosaa vuosittain, jos kannassa ei olisi poistumaa (Kukko ja Pusenius, 2017 ja 2018). Saamani tiheysarvio elokuussa 2017 (6,8 yksilöä/km<sup>2</sup>) sopii arvioon hyvin, sillä Luonnonvarakeskuksen kevään 2017 laskennan jälkeen ovat syntyneet uudet vasat, ja kevään 2018 laskentaan mennessä kauriita on poistunut noin puolet populaatiosta muun muassa metsästyksen seurauksena.

Oman tutkimukseni helmi-maaliskuun 2018 tiheysarvio oli vain noin 0,4 yksilöä/km<sup>2</sup>, kun taas Luonnonvarakeskus arvioi kevään 2018 kannantiheydeksi tutkimusalueelle yli 30 yksilöä/km<sup>2</sup>. REM-kaavan antamaa pientä arviota selittää se, että toistoja saatiin vain osasta kameroista. Pohjoisella metsäsaarekkeella (kamerat 37–40) aloitettiin maaliskuun alkupuolella metsähakkuu, jonka jälkeen sen alueen kameroissa ei ollut enää yhtäkään kaurista. Hakkuulla voi olla vaikutusta myös eteläisen metsäsaarekkeen kameroihin. Osa valkohäntäkauriista on saattanut myös poistua alueelta metsästyksen seurauksena, eikä ole vielä palannut alueelle. Valkohäntäkauriilla on myös tavattu vaelluskäyttäytymistä Suomessa kesä- ja talvilaidunten välillä (Honzová 2013). On siis mahdollista, että tutkimusalueen kauriit ovat siirtyneet syyskokeen jälkeen toisaalle.

### 4.2. Etäisyyksien, kulmien ja liikkuvuuksien vertailu

Saadut tulokset keskimääräiseksi havaintoetäisyydeksi (ADD) ja keskimääräiseksi havaintokulmaksi (ADA), eivät juurikaan vaihdelleet syyskokeen (ADD = 10,9 m; ADA = 0,73 r) ja kevätkokeen (ADD = 12,6 m; ADA = 0,76 r) välillä. Suuri ero olisi voinut kertoa siitä, että tutkimusmenetelmää ei pystyisi toistamaan samalla tavalla eri vuodenaikoina. Pfeffer ym. saivat vuonna 2017 tuloksia vastaavassa kokeessa, jossa hirven ADD oli 8,2 m ja ADA 0,5 r ja metsäkauriin ADD 5,6 m ja ADA 0,5 r. Eroa tämän tutkimuksen tuloksiin selittää osittain se, että kyseessä on eri laji, eivätkä ne

välttämättä käyttäytyä samalla tavalla. Kameroiden ominaisuuksissa, liiketunnistimissa tai kuvausasetuksissa voi olla myös eroja, joita ei ole otettu huomioon, jolloin tämän tutkimuksen peurat havaittiin lähempänä riistakamerakuvan reunaa ja kauempana kamerasta kuin Pfeffer ym. (2017) tutkimuksessa.

Pfeffer ym. (2017) tutkimuksessa hirven keskimääräiseksi päivittäiseksi liikkumisetäisyydeksi saatiin 8,6 km ja metsäkauriin 11,9 km. Tutkimuksen ajankohta oli kuitenkin keväällä (maalis-toukokuu), jolloin hirvien ja kauriiden käyttäytyminen ja liikehdintä saattaa olla erilaista. Tästä tutkimuksesta saadut tulokset olivat Pfefferin ym. (2017) ja Honzován (2013) tuloksiin verrattuna vähintään kaksinkertaiset (26,2 ja 22 km/pv). Luonnonvara-keskuksen mukaan telemetrian, eli radiopanta-paikannuksen, avulla saatujen tietojen perusteella aikuisten valkohäntä-kauriiden liikkumisetäisyys on noin 2,4–3,1 km/pv (Wikström, Suomen Riistakeskus, julkaisematon tieto). Telemetrialla saadun tuloksen pienuutta selittää se, että radiopanta lähettää kauriin sijainnin aina tietyin väliajoin, kun taas kuvista seuraamalla saadaan pienetkin eläimen liikkeet huomioitua liikkumisetäisyyteen. Kamerat olivat myös sijoitettu vain metsään ja polkujen läheisyyteen, jossa eläimet liikkuvat, eivätkä välttämättä pysähtelee ruokailemaan. Se saattaa kasvattaa tutkimuksesta saatua keskimääräistä liikkumisetäisyyttä. Jos päivittäinen liikkumisetäisyys on tutkimuksessani yliarvioitu, se tarkoittaisi, että saamani tiheysarvio olisi aliarvioitu.

### **4.3. Sukupuoli- ja ikäjakauma**

Syksyllä 2017 keräämässäni kuva-aineistossa naaraat ja vasat olivat enemmistössä, yhteensä 150 naarasta, 82 vasaa ja 35 urosta, eli 4,3 naarasta yhtä urosta kohden. Uroksia oli aineistossa siis huomattava vähemmistö. Tämä ei välttämättä kuitenkaan tarkoita, että alueen populaatio olisi sukupuolen suhteen vinoutunut. Voi olla, että saatu suhde johtuu kameroiden asettamisesta pelkästään metsäisille paikoille, sillä vasalliset naaraat välttelevät aukioita, kuten peltoja ja niittyjä. Vasalliset naaraat myös liikkuvat pienemmällä alueella päivän aikana kuin vasattomat (Ciuti et al. 2006). Talvella 2017–2018 Luonnonvarakeskus määritteli koko Suomen aikuiskannan sukupuolisuhdeksi 1,4 naarasta yhtä urosta kohden.

Naaraspainoitteinen sukupuolisuhde voi kuitenkin syntyä, mikäli kannanhoidollinen metsästys hoidetaan niin sanotulla lihantuottomallilla, jossa poistetaan lähes kaikki

urokset, ja naaraat ja vasat säästetään. Tällä mallilla riistanhoitoyhdistykset pyrkivät maksimoimaan seuraavan metsästyskauden lihantuoton (Piiroinen 2016). Malli on saanut kuitenkin kritiikkiä, sillä valkohäntäkaurispopulaatiossa, jossa uroksia on liian vähän suhteessa naaraisiin, kiima-ajan käyttäytyminen sekoittuu ja naaraat hedelmöittyvät keskimääräistä myöhemmin (Gaillard ym. 2000). Tästä syystä myös vasat syntyvät myöhemmin kesällä ja ovat huonokuntoisempia talven alkaessa (Wikström 2018). Tulee myös huomata, että naaras, jota vasa seuraa, on aina rauhoitettu. Tällöin metsästyskaudella urokseen saattaa kohdistua suurempi metsästyspaine. Koska sukupuolia ja vasoja oli mahdoton tunnistaa kevään 2018 kuvista, ei pystytty myöskään arvioimaan silloista sukupuoli- ja ikäjakaumaa. Myös otoskoko oli niin pieni, että se ei olisi antanut kovin luotettavaa arviota.

#### **4.4. Virhelähteet**

Kamerat sijoitettiin alun perin paikoilleen etäisyyslaskentaa varten, jolloin kokeen toteutus ei välttämättä ole REM-kaavan toteutukseen paras mahdollinen. Kamerat oli sijoitettu metsään ja poluille, joissa eläimet liikkuvat, eivätkä välttämättä ruokaile vaan siirtyvät paikasta toiseen. Tämä saattaa osittain selittää suurta keskimääräistä liikkumisetäisyyttä ja aineiston naaraspainoitteisuutta, kuten aikaisemmin mainittu. Kamera numero 37 oli sijoitettu noin 100 metrin päähän ruokintapaikasta, joka saattaa houkutellessa alueelle enemmän kauriita. Kamerassa 37 oli kuitenkin hyvin vähän kuvia, yhteensä 2, joten ruokintapaikan vaikutus on luultavasti vähäinen.

Kameroiden lukumäärä ja tutkimusalue oli hyvin pieni verrattuna Pfefferin ym. (2017) tutkimukseen, jossa tutkimusalue oli 200 km<sup>2</sup> laajuinen ja kameroita oli yhteensä 132. Tutkimukseni osoittaa, että ennen metsästyskautta myös pieni tutkimusasetelma antaa uskottavia arvioita kannantiheydestä. Kuitenkin pieni tutkimusalue on altis häiriöille, kuten metsähakkuun vaikutus kevät kokeeseen. Laajempi tutkimus saattaisi vähentää metsähakkuiden kaltaisten häiriöiden vaikutusta tiheysarvioinnin onnistumiseen. Toisaalta tutkimuksesta saatu arvio vastaa alueen sen hetkistä tiheyttä, sillä metsähakkuun aikaan alueen tiheys on luultavasti pieni, eli arvio pitää paikkaansa. Myös inhimillisen virheen mahdollisuus on aina olemassa. Tein kuvien analysointia usean viikon ajan, jolloin mittauskäytännöt ovat saattaneet tahattomasti muuttua.

#### 4.5. Tulevaisuuden näkymiä

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan olettaa, että REM-kaavalla toteutettu tiheysarvointi toimii ainakin silloin, kun kanta on tiheä. Arviointimenetelmän soveltamista käytäntöön täytyy kuitenkin tutkia lisää. Mikäli valkohäntäkauriin levinneisyysalueella pyydetäisiin metsästäjiltä lupaa käyttää heidän riistakamerakuviaan tiheysarviointiin, kameroiden sijaintia ja asetuksia tulisi muuttaa kaavaan sopivaksi. Kuvausolosuhteiden ja asetusten tulisi olla jokaisessa riistakamerassa samat. Myös kiintopisteiden mittaaminen, kameran ylläpito ja kuvien lähettäminen aiheuttaisi metsästäjille työtä ja kustannuksia.

Christin ym. (2019) tutkimuksen mukaan tekoäly voi tulevaisuudessa olla ekologisessa tutkimuksessa suuressa roolissa. Riistakamerakuvien analysoinnissa voitaisiin mahdollisesti käyttää tekoälyä, mikäli se saataisiin opetettua tunnistamaan valkohäntäkauriit ja erottamaan sen eri ryhmät toisistaan. Luultavasti tarvittaisiin kuitenkin ihminen analysoimaan kuvista havaintokulmat ja etäisyydet, tekoälyllä voitaisiin kuitenkin esimerkiksi suodattaa muut lajit kuvista. Seuraava askel tämän tutkimuksen jälkeen voisi olla muutaman vapaaehtoisen riistanhoitoyhdistyksen metsästäjien ja heidän riistakameroidensa valjastaminen laajempaan kokeelliseen valkohäntäkauriin tiheysarviointiin.

## **5. Kiitokset**

Haluan esittää kiitokset ohjaajilleni Jon Brommerille ja Jenni Poutaselle. Kiitokset myös Tuomas Kukolle Luonnonvarakeskuksesta ja Mikael Wikströmille Suomen Riistakeskuksesta henkilökohtaisesta tiedonannosta.

## 6. Lähteet

Amos, M., Baxter, G., Finch, N., Lisle, A., & Murray, P. (2014). I just want to count them! Considerations when choosing a deer population monitoring method. *Wildlife Biology*, 20(6), 362-370.

Camargo-Sanabria, A. A., & Mandujano, S. (2011). Comparison of pellet-group counting methods to estimate population density of white-tailed deer in a Mexican tropical dry forest. *Tropical Conservation Science*, 4(2), 230-243.

Caravaggi, A., Zaccaroni, M., Riga, F., Schai-Braun, S., Dick, J., Montgomery, W., & Reid, N. 2016. An invasive-native mammalian species replacement process captured by camera trap survey random encounter models. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2(1), 45-58.

Christin, S., Hervet, E., & Lecomte, N. (2019). Applications for deep learning in ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(10), 1632-1644.

Ciuti, S., Bonghi, P., Vassale, S., & Apollonio, M. 2006. Influence of fawning on the spatial behaviour and habitat selection of female fallow deer (*Dama dama*) during late pregnancy and early lactation. *Journal of Zoology*, 268(1), 97-107.

Dewey, T. (2003). "Odocoileus virginianus" Animal diversity web. <[https://animaldiversity.org/accounts/Odocoileus\\_virginianus/](https://animaldiversity.org/accounts/Odocoileus_virginianus/)> [Viitattu 16.2.2020]

Gaillard, J. M., Festa-Bianchet, M., Yoccoz, N. G., Loison, A., & Toigo, C. (2000). Temporal variation in fitness components and population dynamics of large herbivores. *Annual Review of ecology and Systematics*, 31(1), 367-393.

Gray, T. N. E. (2018). Monitoring tropical forest ungulates using camera-trap data. *Journal of Zoology*, 305(3), 173-179.

Honzová, M. (2013). Analysis of habitat size and migration of roe and white-tailed deer in Finnish lake district, Finland (*Doctoral dissertation, Diploma Thesis, Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University in Brno 2013*)

Jacobson, H. A., Kroll, J. C., Browning, R. W., Koerth, B. H., & Conway, M. H. (1997). Infrared-triggered cameras for. *Wildlife Society Bulletin*, 25(2), 547-556.

Kekkonen, J., Wikström, M., Ala-Ajos, I., Lappalainen, V. & Brommer, J. 2016. Growth and age structure in an introduced and hunted cervid population: white-tailed deer in Finland. In *Annales Zoologici Fennici* (Vol. 53, No. 1–2, pp. 69-80). Finnish Zoological and Botanical Publishing.

Kukko T. ja Pusenius J. Valkohäntäpeurakanta talvella 2016-2017. Julkaistu vuonna 2017 Luke.fi-nettisivuilla. <[http://wordpress1.luke.fi/riistahavainnot-hirvielaimet/wp-content/uploads/sites/5/2017/03/Valkoh%C3%A4nt%C3%A4peurakanta-talvella-2016\\_2017.pdf](http://wordpress1.luke.fi/riistahavainnot-hirvielaimet/wp-content/uploads/sites/5/2017/03/Valkoh%C3%A4nt%C3%A4peurakanta-talvella-2016_2017.pdf)> [Viitattu 10.12.2019]

Kukko T. ja Pusenius J. Valkohäntäpeurakanta talvella 2017-2018. Julkaistu 20.4.2018 Luke.fi-nettisivuilla. <[http://wordpress1.luke.fi/riistahavainnot-hirvielaimet/wp-content/uploads/sites/5/2018/03/Valkoh%C3%A4nt%C3%A4peurakanta-talvella2017\\_2018.pdf](http://wordpress1.luke.fi/riistahavainnot-hirvielaimet/wp-content/uploads/sites/5/2018/03/Valkoh%C3%A4nt%C3%A4peurakanta-talvella2017_2018.pdf)> [Viitattu 10.12.2019]

Lebreton, J. D., Burnham, K. P., Clobert, J., & Anderson, D. R. (1992). Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological monographs*, 62(1), 67-118.

Luonnonvarakeskus. Hirvet kertovat: puutiaisavokuume leviää. <<https://www.luke.fi/uutiset/hirvet-kertovat-puutiaisavokuume-leviaa/>> [Viitattu 17.2.2020]

Luonnonvarakeskus. Riista ja ilmastonmuutos. <<https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/riista/riista-ja-ilmastonmuutos/>> [Viitattu 13.2.2020]

Luonnonvarakeskus, Riistahavainnot-nettisivu. <<https://riistahavainnot.fi/sorkkaelaimet/hirvikannanarviomenetelma>> [Viitattu 9.11.2019]

Luonnonvarakeskuksen tilastotietokanta. Valkohäntäkauriin riistasaalis 2009-2019. <<https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/?rxid=25fbeb94-701d-4685-b31b-27160de12088>> [Viitattu 13.2.2019]

Madhav, N. K., Brownstein, J. S., Tsao, J. I., & Fish, D. (2004). A dispersal model for the range expansion of blacklegged tick (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology*, 41(5), 842-852.

Niemi, M., Matala, J., Melin, M., Eronen, V., & Järvenpää, H. 2015. Traffic mortality of four ungulate species in southern Finland. *Nature Conservation*, 11, 13.

Noon, B., Bailey, L., Sisk, T., & McKelvey, K. 2012. Efficient Species-Level Monitoring at the Landscape Scale. *Conservation Biology*, 26(3), 432-441.

Pfeffer, S., Spitzer, R., Allen, A., Hofmeester, T., Ericsson, G., Widemo, F. & Cromsigt, J. 2017. Pictures or pellets? Comparing camera trapping and dung counts as methods for estimating population densities of ungulates. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*.

Piiroinen, A. Uudenmaan valkohäntäpeurasuunnitelma. Julkaistu 21.11.2016 Riista.fi-nettisivuilla. <<https://riista.fi/wp-content/uploads/2016/11/Uudenmaan-vhp-suunnitelma.pdf>> [Viitattu 9.12.2019]

Rahman, D. A., Gonzalez, G., & Aulagnier, S. (2017). Population size, distribution and status of the remote and Critically Endangered Bawean deer *Axis kuhlii*. *Oryx*, 51(4), 665-672.

Ramstadius, U. Luonnonvarakeskus. 9.1.2017. Valkohäntäpeurojen määrä tuplaantunut. *Maaseudun tulevaisuus*. <<https://www.luke.fi/mt-valkohantapeurojen-maara-tuplaantunut/>>

Riistakolmiot.fi. Mitä on kolmiolaskenta. <<https://www.riistakolmiot.fi/riistakolmio/mita-kolmiolaskenta/>> [Viitattu 3.3.2020]

Riistakolmiot.fi. Valkohäntäpeura. <<https://www.riistakolmiot.fi/animal/valkohantapeura-odocoileus-virginianus/>> [Viitattu 13.2.2019].

Riistakolmiot.fi. Valkohäntäkauriin jälki-indeksi ja kanta-arvio vuosina 2009–2019. <<https://www.riistakolmiot.fi/lajikehitys-grafiikka/>> [Viitattu 18.2.2019]

Rovero, F., Zimmermann, F., Berzi, D., & Meek, P. 2013. "Which camera trap type and how many do I need?" A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix*, 24(2).

Rowcliffe, J., Field, J., Turvey, S., & Carbone, C. 2008. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology*, 45(4), 1228-1236.

Rowcliffe, J. 2016. Package ‘activity’: animal activity statistics. R package version 1, 1

RStudio Team, 2015. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <<http://www.rstudio.com/>>

Ryypö, L., & Nuotio, I. 2016. Hirvieläinten aiheuttamat metsätuhot vuosina 2005-2014: Pirkanmaa ja Satakunta.

Soofi, M., Ghoddousi, A., Hamidi, A. K., Ghasemi, B., Egli, L., Voinopol-Sassu, A. J., Kiabi, B. H, Balkenhol, N., Khorozyan, I., & Waltert, M. (2017). Precision and reliability of indirect population assessments for the Caspian red deer *Cervus elaphus maral*. *Wildlife Biology*, 2017(17).

Soria-Díaz, L., & Monroy-Vilchis, O. (2015). Monitoring population density and activity pattern of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in Central Mexico, using camera trapping. *Mammalia*, 79(1), 43-50.

Suomen Riistakeskus. Varsinais-Suomeen ennätysmäärä valkohäntäpeuran pyyntilupia. <<https://riista.fi/varsinais-suomeen-ennatysmaara-valkohantapeuran-pyyntilupia/>> [Viitattu 17.2.2020]

Wikström M, (2018) Valkohäntäpeuran biologia – Metsästyksenjohtajan perustaidot. Suomen riistakeskus, riistainfo.fi. [Viitattu 11.2.2020]