HELSINGIN YLIOPISTO
MAATALOUS-METSÄTIETEELLINEN TIEDEKUNTA

Sorsalintujen sukupuolijakauma – lajien välinen vaihtelu ja pitkäaikaismuutokset Hangon lintu-aseman aineistossa

Aleksi Mikola

Maisterintutkielma

Helsingin yliopisto
Metsätieteiden maisteriohjelma
Metsien ekologia ja käyttö

Marraskuu 2024

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta	Laitos/Institution– Department Metsätieteiden osasto, metsätieteiden maisteriohjelma

Tekijä/Författare – Author
Aleksi Mikola

Työn nimi / Arbetets titel – Title
Sorsalintujen sukupuolijakauma – lajien välinen vaihtelu ja pitkäaikaismuutokset Hangon lintuaseman aineistossa

Oppiaine /Läroämne – Subject
Metsien ekologia ja käyttö

Työn laji/Arbetets art – Level	Aika/Datum – Month and year	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages
Maisterin tutkielma	Marraskuu 2024	43

Tiivistelmä/Referat – Abstract

Vinoutuneiden sukupuolijakaumien on havaittu lintulajien populaatioissa linkittyvän lajien uhanalaisuuteen. Tästä huolimatta monien linturyhmien sukupuolijakaumista tiedetään vielä melko vähän.

Sorsalintujen (*Anatidae*) sukupuolijakaumia, niiden kehitystä ja jakaumien syntymekanismeja on tutkittu jonkin verran etenkin joillain runsaasti metsästetyillä lajeilla ja lajiryhmillä, mutta tietämys on monilta osin vajavaista. Tutkittujen sorsalintulajien sukupuolijakaumat ovat olleet koirasvoittoisia.

Sukupuolijakaumien tutkimista sorsalinnuilla vaikeuttaa harhattoman aineiston keräämisen hankaluus. Aineistoa on usein helpoin kerätä talvehtimisalueilta, mutta alueet ovat usein laajoja, saman lajin eri sukupuolet talvehtivat osin eri alueilla ja jopa eri elinympäristöissä. Pesimäalueilla linnut ovat hajallaan, otoskoot jäävät helposti hyvin pieniksi ja naaraiden siirtyminen hautomaan voi vinouttaa jakaumaa. Metsästäjät tai pyydykset voivat suosia toista sukupuolta toisen kustannuksella. Muutto- ja etenkin kevätmuuttoaineiston käyttäminen voisi olla yksi vaihtoehto sorsalintujen sukupuolijakaumien määrittämisessä ja seurannassa, mutta sitä ei ole juurikaan aiemmin käytetty tähän tarkoitukseen.

Tässä tutkimuksessa käytettiin Läntisellä Suomenlahdella sijaitsevalla Hangon lintuasemalla neljän vuosikymmenen aikana kerättyä aineistoa kevätmuutolla ohi muuttaneista vesilinnuista, joista osa oli määritetty myös sukupuolelleen. Tästä aineistosta määritettiin sukupuolijakaumat 18 sorsalintulajille ja tutkittiin jakaumien mahdollisia muutoksia ajassa 1980-luvulta 2010-luvulle. Lisäksi selvitettiin, onko vinoutuneilla sukupuolijakaumilla yhteyttä lajin pesinnän pohjoisuuteen. Viimeisen osalta apuna käytettiin myös Suomen kolmannen lintuatlaksen aineistoa, josta selvitettiin lajikohtaisesti pesinnän keskimääräinen pohjoiskoordinaatti. Tutkimushypoteeseinä oletin, että (i) sorsalintujen sukupuolijakaumat ovat koirasvoittoisia, (ii) koirasvoittoisuus on lisääntynyt populaatioissa uhanalaisuustilanteen heikentyessä, ja (iii) etelässä pesivillä lajeilla on koirasvoittoisempi sukupuolijakauma, koska etelässä on enemmän yleispetoja.

Tämän tutkimuksen aineistossa sukupuolijakaumat vaihtelivat tutkituilla lajeilla lähes täysin tasaisista 50:50-jakaumista melko voimakkaasti koirasvoittoisiin (67:33) jakaumiin. Jakauma erosi tilastollisesti merkitsevästi tasaisesta 11/18 lajilla tukien ensimmäistä hypoteesiäni.

Noin puolella (7/16) käsitellyistä lajeista havaittiin sukupuolijakaumassa tilastollisesti merkitsevä muutos 1980-90-luvuilta 2000-luvulle. Toisen hypoteesini vastaisesti näistä pääosalla (5/7) koiraiden osuus oli pienentynyt, vaikka monien lajien populaatioilla menee huonosti. Kirjallisuuden ja hypoteesin vastaisia tuloksia voivat ehkä selittää aineiston alkupään vajavaisuudet: otoskoot olivat 1980-90-lukujen jaksolla huomattavasti 2000-luvun jaksoa pienemmät, ja myös mm. lintuharrastusoptiikan kehittyminen on voinut vaikuttaa havaintoaineiston laatuun.

Koirasvinouman suuruuden ja pesinnän pohjoisuuden väliltä löydettiin tilastollisesti merkitsevä negatiivinen yhteys niin lineaarisella regressiomallilla kuin lajien sukulaisuussuhteet huomioivalla fylogeneettisen puun sisältävällä lineaarisella mallilla. Kolmannen hypoteesini mukaisesti siis keskimäärin pohjoisempana pesivillä lajeilla sukupuolijakauma on vähemmän koirasvoittoinen ja etelämpänä pesivillä lajeilla puolestaan enemmän koirasvoittoinen. Tämän oletetaan johtuvan siitä, että etelämpänä on enemmän sorsia syöviä yleispetoja, jotka kohdistavat etenkin etelässä pesivien lajien naaraisiin korkean saalistuspaineen.

Tämä tutkimus vahvistaa käsitystä siitä, että pesiviin naaraisiin kohdistuva saalistuspaine on todennäköisesti merkittävä ajuri sorsalintujen kannankehityksessä sekä sukupuolijakaumien muodostumisessa.

Kevätmuuttoaineisto vaikuttaa tämän tutkimuksen perusteella olevan käyttökelpoinen, joskaan ei täydellinen, menetelmä, jota voidaan jatkossa käyttää ainakin yhtenä osana sorsalintulajien sukupuolijakaumien seurantaa. Nykyistä paremmalla tietämyksellä sukupuolijakaumista olisi arvoa lajien suojelun ja kannanhoidon suunnittelussa niin kansallisesti kuin kansainvälisesti.

Avainsanat – Nyckelord – Keywords
Hangon lintuasema, lintuatlas, sorsa, sorsalintu, vesilintu, sukupuolijakauma

Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited
Helda / E-thesis (opinnäytteet) ethesis.helsinki.fi

Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information

Sisällysluettelo

1. Johdanto ... 3
1.1 Tausta ... 3
1.2 Teoria ... 3
1.2.1 Yleistä lintujen ja hieman muidenkin eläinten sukupuolijakaumista ... 3
1.2.2 Sorsalintujen sukupuolijakaumat ... 6
1.2.3 Haasteita aineiston keräämisessä ... 7
1.2.4 Itämeren-Vattimeren haahkapopulaation sukupuolijakaumatutkimukset ... 11
1.2.5 Miksi sorsalintujen sukupuolijakauma on koirasvoittoinen? ... 13
1.3 Tutkimusongelma ... 16
1.4 Tutkimuksen tavoitteet ... 17
2. Aineisto ja menetelmät ... 19
2.1 Aineisto ... 19
2.1.1 Hangon lintuasema ja aseman muuttoaineisto ... 19
2.1.2 Lintuatlas ... 21
2.2 Aineiston käsittely ja tilastolliset menetelmät ... 22
3. Tulokset ... 26
3.1. Aineistosta lasketut sukupuolijakaumat ... 26
3.2 Eroavatko jakaumat 50:50-suhteesta? ... 27
3.3 Sukupuolijakaumien vertailu kahdella eri aikajaksolla ... 28
3.4 Selittääkö sukupuolijakaumaa pesinnän pohjoisuus ... 29
4. Tulosten tarkastelu ... 31
4.1 Sukupuolijakaumat ja 50:50-suhteen testaus ... 31
4.2 Aikatarkastelu ... 33
4.3 Pesimäalueen pohjoisuus ... 35
5. Johtopäätökset ... 36
6. Lähteet ... 38

1. JOHDANTO

1.1 Tausta

Useimmat eläinlajit lisääntyvät suvullisesti, ja lisääntyminen vaatii siten kahta eri sukupuolta edustavia yksilöitä (esim. Darwin 1859). Eri sukupuolta edustavien yksilöiden lukumääräsuhde eli sukupuolijakauma populaatiossa ei aina ole tasainen, ja vinoutuneet tai vinoutuvat sukupuolijakaumat on ainakin tietyissä tapauksissa kytketty uhanalaisuuteen ja sukupuuttoriskiin (mm. Donald 2007, Le Galliard ym. 2005), joten sukupuolijakaumien ja niiden muutosten tuntemisella voi olla esimerkiksi suojelullista arvoa. Etenkin aikuisten yksilöiden populaatiotason sukupuolijakaumien arviointi on usein hankalaa (Ancona ym. 2017), joten tieto monista lajiryhmistä on puutteellista.

Tässä työssä hyödynnän Läntisen Suomenlahden rannikolla sijaitsevan Hangon lintuaseman ohi muuttavista sorsalinnuista (*Anatidae*) kerättyä pitkää aikasarjaa tutkiakseni eri sorsalintulajien sukupuolijakaumia ohi muuttavan populaation osalta, sekä sukupuolijakaumien muutoksia ajassa ja mahdollista linkittymistä lajien pesimäbiologiaan.

1.2 Teoria

1.2.1 Yleistä lintujen ja hieman muidenkin eläinten sukupuolijakaumista

Eläinlajien sukupuolijakaumia on tutkittu aikojen saatossa kohtalaisen runsaasti. Ernst Mayr julkaisi jo vuonna 1939 laajan katsausartikkelin, jossa hän kävi läpi lintujen sukupuolijakaumia siihen mennessä käsitelleitä tutkimuksia ja herätteli kysymyksiä erilaisten sukupuolijakaumiin liittyvien ilmiöiden syistä ja merkityksestä. Mayr jakaa katsauksessaan lintujen sukupuolijakaumat kolmeen luokkaan: ’primary sex ratio’ (primäärinen sukupuolijakauma) eli sukupuolijakauma hedelmöityksessä, ’secondary sex ratio’ (sekundäärinen sukupuolijakauma) eli sukupuolijakauma kuoriutuessa ja ’tertiary sex ratio’ (tertiäärinen sukupuolijakauma) eli täysikasvuisten lintujen sukupuolijakauma. Tässä tutkimuksessa käsittelen kahta ensimmäistä vain lyhyesti ja paikoittain, ja silloinkin lähinnä

sen kautta, miten ne mahdollisesti vaikuttavat täysikasvuisten lintujen sukupuolijakaumiin.

Lintujen hedelmöityksen ja kuoriutumisen aikaiset sukupuolijakaumat ovat olleet tutkijoiden mielenkiinnon kohteena muun muassa sen takia, että joillain muilla lajiryhmillä on todettu yksilöiden pystyvän säätelemään syntyvien jälkeläisten sukupuolijakaumaa. Sukupuolen allokointiteorian (sex allocation theory) luonnosteli ensimmäisenä Fischer (1930), mutta DNA-menetelmien kehitys viime vuosikymmeninä on vauhdittanut tutkimusta. Joissain lajiryhmissä, kuten muun muassa matelijoissa, monet lajit kykenevät säätelemään syntyvien jälkeläisten sukupuolijakaumaa joko geneettisesti tai ympäristömuuttujien avulla (esim. Wapstra ja Warner 2009). Selkärangattomilla jälkeläisten sukupuolen säätely on myös yleistä, ja esimerkiksi munivien loispistiäisten tiedetään voivan säädellä muniensa sukupuolijakaumaa hyvinkin tarkasti ja ennustettavasti ottaen huomioon useita eri tekijöitä (esim. Godfray 1994).

Lintujen osalta on löydetty joitain esimerkkejä lajeista, joilla näyttäisi olevan kyky vaikuttaa tuottamiensa jälkeläisten sukupuoleen. Näistä yksi selkeä esimerkki on seychellienkerttunen (*Acrocephalus sechellensis*), jonka Komdeur ym. (1997) totesivat tuottavan tilanteesta riippuen lähinnä sen sukupuolen poikasia, joiden tuottaminen oli sillä hetkellä kannattavampaa. Tätä ja joitakin muita yksittäisiä lajeja lukuun ottamatta vaikuttaa olevan epäselvyyttä siitä, pystyykö valtaosa lintulajeista vaikuttamaan poikastensa primääriseen tai sekundääriseen sukupuolijakaumaan ylipäänsä, ja jos pystyvät, niin kuinka paljon ja miten (ks. esim. Sheldon 1998, West ja Sheldon 2002, Komdeur ja Pen 2002, Ewen ym. 2004).

Ikkunan aikuisten lintujen sukupuolijakaumia koskevaan tutkimukseen avaa hienosti Donaldin (2007) laaja katsausartikkeli, johon hän on koonnut yli 200 aikuisten lintujen sukupuolijakaumia jollain tavalla käsittelevää tutkimusta. Donald käyttää ’tertiary sex ratio’ -termin sijaan suunnilleen samaa tarkoittavaa, mutta ehkä vielä helpommin ymmärrettävää termiä ’adult sex ratio’ eli suoraan suomennettuna aikuisten lintujen sukupuolijakauma. Aikuisilla linnuilla tarkoitetaan käytännössä itsenäisiä, täysikasvuisia lintuyksilöitä. Näiden termien lisäksi käytössä on vielä termi ’operational sex ratio’ eli suomeksi vaikka lisääntyvien yksilöiden sukupuolijakauma, joka on määritelty seksuaalisesti aktii-

visten koiraiden ja hedelmöitettävissä olevien naaraiden keskimääräiseksi suhteeksi (Emlen ja Oring 1977). Aikuisten lintujen sukupuolijakauma saattaa erota lisääntyvien yksilöiden sukupuolijakaumasta, koska osa minkä tahansa lintupopulaation lisääntymisikäisistä yksilöistä saattaa olla syystä tai toisesta pesimättömiä. Suurin osa sukupuolijakaumatutkimuksista keskittyy kuitenkin aikuisten lintujen sukupuolijakaumiin eikä lisääntyvien yksilöiden sukupuolijakaumiin, kenties sen takia, että jälkimmäisten määrittäminen on vielä vaikeampaa ja työläämpää kuin ensimmäisten. Tästä eteenpäin keskityn siis nimenomaan aikuisten lintujen sukupuolijakaumiin.

Donald (2007) on katsauksessaan vertaillut eri tutkimuksissa julkaistuja aikuisten lintujen sukupuolijakaumia tai niiden arvioita, ja tulee siihen tulokseen, että vinoutuneet aikuisten lintujen sukupuolijakaumat vaikuttavat olevan luonnonvaraisissa lintupopulaatioissa melko yleisiä. Donaldin aineisto sisälsi yhteensä 201 arviota aikuisten lintujen sukupuolijakaumasta, joista 131:n eli 65 prosentin hän totesi eroavan tilastollisesti merkitsevästi odotetusta tasaisesta 50:50 -suhteesta. Näistä 131:stä valtaosassa, 83 prosentissa, jakauma oli koirasvoittoinen. Donald (2007) esitti myös aineistostaan mielenkiintoisen havainnon, että sukupuolijakaumat ovat keskimäärin enemmän vinoutuneita maailmanlaajuisesti uhanalaisilla lajeilla kuin ei-uhanalaisilla lajeilla, ja sukupuolijakauman vinouma vielä kasvaa uhanalaisuusluokan mukana. Esimerkiksi siis äärimmäisen uhanalaisilla lajeilla jakaumat ovat keksimäärin enemmän vinoutuneita kuin vaarantuneilla lajeilla, ja niillä taas enemmän kuin elinvoimaisilla lajeilla. Suuri valtaosa näistä vinoutuneista uhanalaisten lajien sukupuolijakaumista on erittäin koirasvoittoisia. Tästä voi tehdä päätelmän, että voimakkaasti vinoutuneet tai yhä enemmän vinoutuvat sukupuolijakaumat sekä niihin johtavat syyt voivat olla hyvinkin mielenkiintoisia myös suojelun näkökulmasta.

Tässä työssä keskityn sorsien heimoon kuuluvilla lajeilla tehtyihin sukupuolijakaumatutkimuksiin. Suurin osa lintujen sukupuolijakaumista tehtyä tutkimusta on kuitenkin tehty muilla linturyhmillä kuin sorsilla. Esimerkiksi Donaldin (2007) 201 julkaistun sukupuolijakauman aineistossa eniten sukupuolijakaumia oli julkaistu varpuslintujen lahkosta (46% koko aineistosta eli 92 jakaumaa), kun samassa aineistossa koko sorsalintujen lahkon osuus julkaistuista jakaumista oli 11% koko aineistosta eli 22 jakaumaa. Sorsalintujen pesimäkannat Suomessa ovat yleisesti laskussa (esim. Lehikoinen ym. 2016, Holopainen ym. 2024), joten niiden sukupuolijakaumien tarkempi tunteminen olisi tärkeää suojelun ja riistahoidon näkökulmasta.

Lähialueillammekin on tutkittu muiden kuin sorsalintujen sukupuolijakaumia esimerkiksi suomalaisilla metsoilla (*Tetrao urogallus*) sekä norjalaisilla peltosirkuilla (*Emberiza hortulana*). Helle ym. (1999) totesivat metsojen sukupuolijakauman muuttuneen koirasvoittoisemmaksi Etelä-Suomessa samalla kuin se pysyi ennallaan pohjoisemmassa Suomessa. Yhdeksi mahdolliseksi syyksi Helle ym. esittivät metson suosimien yhtenäisten metsäalueiden vähentymistä ja elinympäristöjen pirstaloitumista eteläisessä Suomessa, joka on saattanut esimerkiksi kasvattaa naaraiden kokemaa saalistuspainetta Etelä-Suomen pirstaloituneemmissa elinympäristölaikuissa.

Steifetten ja Dale (2006) tutkivat puolestaan Norjan nopeasti vähentynyttä peltosirkkupopulaatiota, ja sen erittäin koirasvoittoisen lisääntyvien lintujen sukupuolijakauman vaikutuksia populaation säilymisen todennäköisyyteen. Steifetten ja Dalen mallinnusten mukaan vaikuttaisi todennäköiseltä, että peltosirkun pieni Norjan osapopulaatio tulee lähitulevaisuudessa häviämään kokonaan.

1.2.2 Sorsalintujen sukupuolijakaumat

Eräänlaisena alkusysäyksenä kiinnostukselle sorsien sukupuolijakaumien tutkimusta kohtaan toimi ilmeisesti F. C. Lincolnin American Game -lehdessä vuonna 1932 julkaisema artikkeli ”Do drakes outnumber susies?” eli ”Onko sorsakoiraita enemmän kuin naaraita?”. Artikkelissa Lincoln esittää loukuttamalla pyydettyjen sorsien rengastusaineistoa kymmenestä sorsalajista, joilla kaikilla koiraita on saatu loukuista rengastettavaksi naaraita enemmän. Samoihin aikoihin Lincolnin kanssa myös Leopold (1933) esitti huolensa mahdollisesti vinoutuneista sorsalintujen sukupuolijakaumista ja niiden mahdollisista negatiivisista vaikutuksista.

Sittemmin sorsalintujen sukupuolijakaumia on tutkittu etenkin Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa. Kuten Lincoln (1932) epäili, vaikuttaisi koiraita useimmiten olevan sorsapopulaatioissa naaraita enemmän. Pohjois-Amerikassa Bellrose ym. (1961) totesivat koirasvoittoisia sukupuolijakaumia useilla Pohjois-Amerikkalaisilla sorsalintulajeilla sekä kokoamassaan kirjallisuuskatsauksessa, että itse keräämissään aineistoissa. Euroopassa yhtä laajaa yksittäistä katsausta ei ole tehty, mutta muun muassa Owen ja Dix (1986) totesivat koirasvoittoisia sukupuolijakaumia useilla Britanniassa talvehtivilla sorsalintulajeilla.

Lähes kaikki tätä tutkimusta tehdessäni löytämäni julkaistut populaatiotason arviot aikuisten sorsalintujen sukupuolijakaumista ovat enemmän tai vähemmän koirasvoittoisia.

1.2.3 Haasteita aineiston keräämisessä

Sorsalintujen sukupuolijakaumia koskevassa kirjallisuudessa esiin nousee koirasenemmistöjen lisäksi etenkin kaksi teemaa: populaatiotason sukupuolijakauma-arvioiden vähäisyys sekä lukuisat erityyppiset haasteet aineiston keräämisessä. Edellä mainitut linkittyvät toisiinsa – populaatiotason jakaumia ei ole tutkittu paljon ilmeisesti osin juuri siksi, että aineiston kerääminen on haastavaa. Jo esimerkiksi Bellrose ym. (1961) tulivat johtopäätökseen, että mikään tapa kerätä aineistoa sorsien sukupuolijakaumista ei ole ongelmaton. Käyn seuraavassa läpi sorsalintujen sukupuolijakaumien tutkimusta peilaten myös aineiston keruun haasteita.

Bellrose ym. (1961) esittivät neljä pääasiallista tapaa kerätä sukupuolijakaumatietoa sorsista, käyttäen itse myös näitä kaikkia: maastohavainnot linnuista, rengastusta varten pyydystetyt linnut, metsästyssaaliista saadut tiedot tai tauteihin kuolleet linnut. Tauteihin kuolleita on lopulta ilmeisesti käytetty tutkimuksissa tämän jälkeen vähän, ehkä siksi, että tauteihin kuolleita lintuja ei yleensä ole saatavilla tarpeeksi suurta määrää. Kolmea muuta mainittua menetelmää on sen sijaan käytetty runsaasti. Aineiston keruutavan lisäksi muuttujana on vielä vuodenaika: kerätäänkö aineisto talvehtimisalueilla, pesimäalueilla vai muuttomatkan varrella.

Owen ja Dix (1986) selvittivät laajalla kyselyllä talvehtivien haapanoiden (*Mareca penelope*), sinisorsien (*Anas platyrhynchos*), tukkasotkien (*Aythya fuligula*) ja punasotkien (*Aythya ferina*) sukupuolijakaumia. Kysely koski lähinnä Britanniaa, mutta tutkimus sisälsi myös jonkin verran aineistoa muualta Euroopasta kyseisten lajien talvehtimisalueilta. Tutkimuksen pääasiallinen tarkoitus oli tutkia sukupuolien erilaista muuttokäyttäytymistä ja eriäviä talvehtimisalueita, joiden olemassaolon olivat jo todenneet mm. Perdeck ja Clason (1983) Euroopassa hollantilaisesta rengastusaineistosta ja Bellrose ym. (1961) Pohjois-Amerikassa.

Owenin ja Dixin (1986) tulokset osoittivat odotetusti, että Britannian sisällä pohjoisempana talvehtii suhteessa enemmän koiraita ja etelämpänä naaraita. Sama trendi jatkui heidän aineistossaan myös etelämpänä talvehtimisalueella muualla Euroopassa. Erityisen suuri vaihtelu oli punasotkalla, jolla kyselyn pohjoisimmissa Britannian kohteissa talvehtivista linnuista naaraita oli vain 10,6 prosenttia, kun eteläisen Britannian kohteissa vastaava luku oli 40,0 prosenttia. Kokonaisjakaumat olivat Owenin ja Dixin (1986) aineistossa kaikilla lajeilla koirasvoittoisia, ja näistä suurin koirasenemmistö oli punasotkalla.

Campredon (1983) pyrki puolestaan selvittämään haapanan Luoteis-Euroopan pesimäkannan kokoa ja sen sukupuolijakaumaa populaation koko talvehtimisalueella. Hän arvioi naaraita olleen tuolloin populaatiotasolla 42,7 prosenttia.

Nichols ja Haramis (1980a, b) tutkivat Pohjois-Amerikkalaisen isopunasotkan (*Aythya valisineria*) talviaikaisia rengaslöytöjä. He totesivat niiden perusteella naarailla koiraita suuremman kuolleisuuden (a), sekä sen, että koiraat talvehtivat keskimäärin naaraita pohjoisempana (b).

Carbone ja Owen (1995) tutkivat Euroopan tasolla punasotkan sukupuolijakaumaa ja sukupuolten eriäviä talvehtimisalueita. He olivat samaa mieltä Owenin ja Dixin (1986) kanssa siitä, että koiraat talvehtivat keskimäärin naaraita pohjoisempana. Carbonen ja Owenin (1995) aineisto perustuu laajaan kyselyyn, jossa lintuharrastajia ja lintututkijoita eri puolilla punasotkan talvehtimisaluetta Englannista Romaniaan ja Tunisiaan pyydettiin laskemaan talvehtivat punasotkat ja niiden sukupuolijakaumat tiettynä ajanjaksona tammikuussa kahtena peräkkäisenä talvena vuosina 1988–89 ja 1989–90. Carbone ja Owen (1995) ottavat esiin sen, kuinka vaikea tämäntyyppisellä kyselyllä on saada harhatonta aineistoa. Ongelmia ovat mm. laajojen yksittäisten kohteiden vaikea laskettavuus, eri alueiden erilainen laskentateho sekä laskettujen kohteiden epätasainen jakautuminen. He ilmaisevat parhaan arvionsa koko populaation jakaumasta olevan 137–232 koirasta sataa naarasta kohti (30.1%–42.1% naaraita).

Pohjois-Amerikasta löytyy joitakin esimerkkejä sukupuolijakaumia sivuavista tutkimuksista myös joillain vähemmän tutkituilla lajeilla, muun muassa isokoskelolla (*Mergus merganser*) Minnesotassa (Anderson ja Timken 1972) ja pilkkaniskalla (*Melanitta*

perspicillata) Lounais-Kanadassa (Iverson ym. 2004). Anderson ja Timken (1972) totesivat pohjoisempana talvehtivan keskimäärin painavampia isokoskeloita ja suhteessa enemmän koiraita kuin etelämpänä. Iverson ym. (2004) yrittivät puolestaan kehittää ikäjakaumiin perustuvaa kannankehityksen seurantaa ilmeisesti vähenevälle pilkkaniskapopulaatiolle, ja totesivat aineistossaan samalla melko vahvasti koirasvoittoisen sukupuolijakauman.

Tutkijoiden itse aineistojensa laadusta ja harhattomuudesta tai harhaisuudesta esittämien huolien lisäksi epäilyjä ovat esittäneet myös muut. Jo Petrides (1944) oli sitä mieltä, että Lincolnin (1932) aineistoon ja pelkästään loukuttamalla rengastettavaksi pyydettyihin lintuihin perustuviin aineistoihin sukupuolijakauman mittareina muutenkin pitäisi suhtautua varauksella, koska Hawkinsin (1940) keräämässä aineistossa metsästäjien saaliiksi saamissa sinisorsissa oli suhteessa vähemmän koiraita kuin samalla alueella rengastusta varten loukutetuissa linnuissa. Yocom (1949) esittää epäilyksiä myös metsästyssaaliin luotettavuudesta sukupuolijakauman esittäjänä tutkittuaan sinisorsia Washingtonin osavaltiossa, ehdottaen, että metsästyssaaliissakin koiraat ovat jonkin verran yliedustettuina koko populaatioon nähden. Lähempänä nykyaikaa muun muassa Fox ja Christensen (2018) ovat itse sitä mieltä, että heidän metsästyssaaliiseen perustuva aineistonsa kuvaa sukupuolijakaumaa harhattomasti, mutta yliarvioi nuorten lintujen osuutta, koska nuoria lintuja ammutaan suhteessa enemmän kuin vanhoja.

Yleisemmin voidaan todeta, että rengastusta varten linnut on usein pyydetty loukuilla, joista jotkut loukkutyypit pyytävät mahdollisesti suhteessa enemmän koiraita ja jotkut enemmän naaraita, ja myös lajikohtaista vaihtelua sukupuolien pyytävyydessä on. Metsästyssaaliista taas on hankalaa tietää, ovatko metsästäjät suosineet lintuja ampuessaan tiettyä sukupuolta toisen sukupuolen kustannuksella. Lisäksi sukupuolien eriävä muuttokäyttäytyminen etenkin syksyisin ja eriävät talvehtimisalueet voivat aiheuttaa sen, että toinen sukupuoli voi kärsiä suhteessa suuremmasta metsästyspaineesta ja olla siten yliedustettuna metsästyssaaliissa.

Moni tutkimus vaikuttaisi pitävän suoria maastohavaintoja kaikista harhattomimpana sorsalintujen sukupuoliaineiston lähteenä. Maastohavaintoihinkin liittyy kuitenkin useita ongelmakohtia. Sukupuolet eivät ainakaan vuoden ympäri ole välttämättä maastossa yhtä helposti erotettavissa toisistaan kuin rengastustilanteessa tai kuolleesta linnusta. Suuri

määrä aineistoa on yleensä helpointa kerätä talvella, mutta sukupuolten eriävät talvehtimisalueet ja joskus myös erilaiset talviset elinympäristöt vaikeuttavat huomattavasti harhattoman aineiston keräämistä (esim. Carbone ja Owen 1995, Campredon 1983). Vain harvoilla lajeilla kaikki linnut pystytään laskemaan, koska monien populaatioiden talvehtimisalue on laaja ja linnut ovat levittäytyneet erilaisiin ympäristöihin. Lisäksi sukupuolijakauma voi erota parvikoon tai habitaatin mukaan talvella (Nilsson 1970).

Useimmat maastohavaintoihin perustuvat tutkimukset pohjautuvat silti talvehtimisen aikana tehtyihin laskentoihin. Pesimäalueilla linnut ovat yleensä laajalla pesimäalueella hajallaan reviireillä, joka tekee laskennoista työläitä ja siten otoskoot jäävät yleensä pieniksi ja niiden edustavuutta on vaikea arvioida. Sukupuolien eriävä muuttokäyttäytyminen varsinkin syysmuutolla vaikeuttaa muutonseurannassa havaittujen jakaumien käyttämistä ja sukupuolien määrittäminen pukutuntomerkkien perusteella on yleisesti haastavampaa syksyllä kuin keväällä.

Mahdolliset sukupuolijakaumien muutokset ajassa olisivat myös mielenkiintoisia. Näiden tutkiminen vaatii pitkiä, mahdollisimman vertailukelpoisia aikasarjoja tai vertailukelpoisten laskentojen toistamista. Kumpienkin edellä mainittujen kerääminen on työlästä, ja siten sorsien sukupuolijakaumien muutoksia ajassa on tutkittu kohtalaisen vähän. Aivan viime aikoina on kuitenkin julkaistu muutamia mielenkiintoisia tutkimuksia aiheesta.

Christensen ja Fox (2014) sekä Fox ja Christensen (2018) tutkivat muutoksia useiden sorsalintulajien ikä- ja sukupuolijakaumissa 1980-luvulta 2010-luvulle Tanskassa ammuttujen lintujen siipinäytteistä, ja totesivat koiraiden osuuden nousseen tällä aikajaksolla suurimmalla osalla tutkimistaan lajeista, joskin ei kaikilla. Brides ym. (2017) totesivat vuonna 2016 toistettujen, alun perin 1989–1990 tehtyjen (Carbone ja Owen 1995) Euroopan laajuisten talvehtivien punasotkien laskentojen perusteella, että koiraiden osuus on kasvanut etenkin lajin talvehtimisalueen eteläosissa. Wood ym. (2021) tutkivat puolestaan useiden sorsalintulajien sukupuolijakaumia ja niiden muutoksia mallintamalla brittiläisestä talviaikaisesta rengastusaineistosta sukupuolien pyydykseen jäämisen todennäköisyyttä 1960-luvun alusta 2010-luvun lopulle. Heilläkin useimmilla lajeilla koiraiden osuus kasvoi tutkimusjakson aikana.

Pöysä ym. (2019) tarkastelivat tukkasotkan ja punasotkan sukupuolijakaumaa ja niiden kehittymistä tutkimusalueellaan Etelä-Suomessa 1950-luvulta 2010-luvulle pesimäaikaisiin laskentoihin perustuen. He havaitsivat koirasvinouman lisääntymisen tukkasotkalla, mutta eivät punasotkalla. Näiden lisäksi sukupuolijakauman muutoksia ajassa ja muutoksen mahdollisia syitä on tutkittu haahkalla (*Somateria mollissima*), josta kerron tarkemmin seuraavassa alaluvussa. Tämän tyyppinen yksittäisten lajien tarkempi tutkimus voi antaa arvokasta lisätietoa sukupuolijakauman muodostumisen mekanismeista.

1.2.4 Itämeren-Vattimeren haahkapopulaation sukupuolijakaumatutkimukset

Itämerellä ja etenkin Suomenlahdella pesivää haahkapopulaatiota ja sen sukupuolijakaumaa on tutkittu 2000-luvulla melko intensiivisesti (esim. Kilpi ym. 2003, Steele ym. 2007, Lehikoinen ym. 2008a, b, Ekroos ym. 2012a, b, Ramula ym. 2018). Tämän takia Itämeren haahkapopulaatio on hyvä esimerkkitapaus osoittamaan sitä, mitä kaikkea populaatiotason tutkimusten avulla voidaan saada selville sukupuolijakaumista, niiden muutoksista ja kannankehityksestä sekä näiden kaikkien suhteista toisiinsa.

Kilpi ym. (2003) huomasivat Hangon lintuaseman muuttoaineistoa tutkimalla, että Suomenlahdelle keväällä muuttava haahkapopulaation osa on sukupuolijakaumaltaan koirasvoittoinen, vaikka aiemmin populaation sukupuolijakauman oli esitetty olevan lähellä tasaista eli 50:50 -suhdetta (mm. Almkvist ym. 1975). Kilpi ym. (2003) arvelivat tämän perusteella, että populaation sukupuolijakauma on saattanut muutamana viime vuosikymmenenä muuttua koirasvoittoisemmaksi.

Lehikoinen ym. (2008a) totesivat, että Hangon lintuaseman muuttoaineistossa koiraiden osuus keväällä ohi muuttavista haahkoista oli kasvanut 1980-luvun alun 42 prosentista 2000-luvun alun lähes 59 prosenttiin. Ekroos ym. (2012a) puolestaan totesivat naaraiden osuuden Tanskassa metsästetyistä vanhoista linnuista laskeneen 45 prosentista 25 prosenttiin vuosina 1982–2009. Samalla Ekroos ym. (2012a) totesivat myös nuorten lintujen osuuden koko Tanskan haahkasaaliista laskeneen vuoden 1982 noin 70 prosentista vuoden 2009 noin 30 prosenttiin, joka ilmentää heikentynyttä poikastuottoa ja populaation ikärakenteen muuttumista.

Desholm ym. (2002) sekä Ekroos ym. (2012a) arvioivat koko Itämeren-Vattimeren haahkakannan tilaa koskevissa julkaisuissaan, että vuosien 1991–2009 välillä sekä talvehtiva että pesivä kanta on pienentynyt merkittävästi, talvehtiva kanta noin 36% välillä 1991–2000 (Desholm ym. 2002) ja pesivä kanta 48% välillä 2000–2009 (Ekroos ym. 2012a). Tätä tukevat myös Hario ja Selin (1986) sekä Hario ja Rintala (2007), jotka ovat esittäneet, että Suomenlahden haahkapopulaatio on kasvanut 1970-luvulta 1990-luvun alkuun, ja kääntynyt sen jälkeen laskuun, joka on jatkunut 2000-luvulle asti.

Mahdollisia syitä koirasvoittoiselle sukupuolijakaumalle ovat Lehikoisen ym. (2008a) mukaan vapaasti suomennettuna ”1) alentunut naaraiden selviytyminen talvesta, 2) alentunut naaraiden selviytyminen pesimäaikana, 3) sukupuolten välillä eriävä metsästyskuolleisuus tai 4) lisääntyvässä määrin koirasvoittoinen primäärinen sukupuolijakauma.”

Yhdeksi mahdolliseksi syyksi vinoutuneelle aikuisten lintujen sukupuolijakaumalle on siis esitetty poikasten vinoutunutta sukupuolijakaumaa kuoriutuessa. Sekä Swennen ym. (1979) Hollannissa että Lehikoinen ym. (2008b) Suomessa päätyivät haahkalla tulokseen, että poikasten sukupuolien suhde kuoriutuessa ei merkitsevästi poikkea ennustetusta 50:50 -suhteesta. Blums ja Mednis (1996) tutkivat Latviassa samaa punasotkalla (*Aythya ferina*), tukkasotkalla (*Aythya fuligula*) ja lapasorsalla (*Spatula clypeata*) ja päätyivät samaan lopputulokseen. Ramula ym. (2018) tarkastelivat myös kuoriutuvien haahkojen sukupuolijakaumaa samalla pesimäalueella kuin Lehikoinen ym. (2008b), mutta suuremmalla aineistolla. Ramulan ym. (2018) aineistossa kuoriutuneista poikasista oli naaraita 52,8 prosenttia, eli hieman yli puolet.

Lehikoinen ym. (2008b) tutkivat myös poikasten selviytymistä kuoriutumisen jälkeen, ja heidän aineistossaan kuolleena löydetyistä poikasista 59% oli naaraita. Tämä tuntuisi selittävän Lehikoisen ym. (2008a) esittämän tuloksen Tanskan metsästyssaaliista, jossa jo nuorista ensimmäisen talven linnuista 57% on 2000-luvun alussa ollut koiraita. Tarkkoja syitä havaittuun naaraspoikasten korkeampaan kuolleisuuteen ei tiedetä, mutta Lehikoinen ym. (2008b) esittävät mahdollisiksi syiksi muun muassa naaraspoikasten hitaampaa kasvua ja siitä aiheutuvaa koiraita keskimäärin alempaa asemaa poikueiden ruokailuhierarkiassa, tai naaraiden heikompaa taudinkestävyyttä.

Lehikoinen ym. (2008a) pitävät epätodennäköisenä, että naaraiden talvikuolleisuudella olisi merkitystä haahkan sukupuolijakauman vinoutumisessa, koska heidän analysoimansa rengaslöytöjen perusteella Suomenlahden haahkojen talvehtimisalue on pysynyt samana kuin mikä se oli sukupuolijakauman ollessa vielä tasainen tai naarasvoittoinen. Tanskan viimeaikaisissa metsästystilastoissa naaraiden osuus on myös havaittu vastaavaksi kuin arvioitu naaraiden osuus koko populaatiosta.

Kilpi ym. (2003) arvelivat haahkanaaraiden pesimäaikaisen kuolleisuuden olevan pääasiallinen syy populaation sukupuolijakauman vinoutumiseen, ja tätä tukevat myös Lehikoisen ym. (2008a) johtopäätökset. Haahkojen pesimäalueella Tvärminnessä tehdyissä laskennoissa tutkijat laskivat pesimäsaarilta löydettyjen kuolleiden lintujen perusteella naaraiden vuosittaisen kuolleisuuden olevan haudonta-aikana ainakin 2.48±1.99%. Naaraiden keskimääräisen kuolleisuuden havaittiin myös kasvaneen tilastollisesti merkitsevästi tutkimusjakson (1990–2006) aikana. Syiksi naaraiden pesimäaikaisen kuolleisuuden kasvuun Lehikoinen ym. (2008a) sekä Kilpi ja Öst (2002) esittivät hautovia naaraita pesältä tappavia saalistajia: vieraspeto minkkiä (*Neovison vison*) sekä erityisesti merikotkaa (*Haliaeetus albicilla*), joka on lisääntynyt voimakkaasti Suomenlahden saaristossa viime vuosikymmeninä (esim. Stjernberg ym. 2004). Ramula ym. (2018) mallinsivat haahkapopulaation sukupuolijakauman kehitystä Hangon Tvärminnen ja Sipoon Söderskärin rengastusaineistoista lasketuilla tunnuksilla eri-ikäisten naaraiden vuosittaisesta hengissä selviämisestä. He tulivat siihen lopputulokseen, että suurin selittäjä populaation sukupuolijakauman koirasvoittoistumiselle on parhaassa pesimäiässä olevien, yli 5-vuotiaiden naaraiden suurempi kuolleisuus.

1.2.5 Miksi sorsalintujen sukupuolijakauma on koirasvoittoinen?

Valtaosassa käsittelemiäni tutkimuksia sukupuolijakaumat tai niiden arviot ovat enemmän tai vähemmän koirasvoittoisia. Tietyillä *Aythya*-suvun lajeilla sukupuolijakaumat ovat hyvinkin voimakkaasti vinoutuneita. Tällaisia lajeja ovat ainakin eurooppalainen punasotka ja pohjoisamerikkalainen isopunasotka. Toisilla *Aythya*-lajeilla ja useilla *Anas*-lajeilla jakaumat ovat koirasvoittoisia, mutta eivät yhtä vahvasti kuin ensin mainituilla (mm. Owen ja Dix 1986). Itämeren-Vattimeren haahkapopulaatiossa on todettu kohtalaisen lyhyessä ajassa melko suuri muutos tasaisesta tai lievästi naarasvoittoisesta sukupuolijakaumasta vahvasti koirasvoittoiseen jakaumaan, kuten edellisessä luvussa on esitetty.

On esitetty useita erilaisia mahdollisia syitä sorsalintupopulaatioiden koirasvoittoisiin sukupuolijakaumiin. Lähtökohtaisesti populaation sukupuolijakauman vinoutuminen voi johtua joko siitä, että toinen sukupuoli dispersoi voimakkaammin kuin toinen ja sen sukupuolen yksilöitä poistuu (osa)populaatiosta, tai siitä, että jossain elämänvaiheessa toisen sukupuolen edustajia kuolee enemmän kuin toisen. Naaraiden voimakkaammasta dispersaalista kirjoittajat epäilevät olevan kyse aiemmin mainitussa Norjan koirasvoittoisessa peltosirkkupopulaatiossa (Steifetten & Dale 2006), mutta sorsalintupopulaatioiden osalta en löytänyt epäilyksiä dispersaalista sukupuolijakauman vinoutumisen aiheuttajana. Toisin kuin lähes kaikilla muilla linturyhmillä, sorsilla koiraat dispersoivat naaraita enemmän. Sorsat pariutuvat talvehtimisalueilla tai kevätmuuton aikana ja palaavat naaraan lähtöalueelle pesimään (Greenwood 1980).

Selitykseksi jää suurempi kuolleisuus jossain elämänvaiheessa, koirasvoittoisissa populaatioissa nimenomaan naaraiden suurempi kuolleisuus. Sorsalinnuilla ei harvoissa tutkimuksissa ole löydetty todisteita vinoutuneista sukupuolijakaumista hedelmöityksessä tai kuoriutuessa (Blums & Mednis 1996, Lehikoinen ym. 2008b), joten syitä vinoutuneisiin sukupuolijakaumiin täytyy etsiä muualta. Naaraspuoleisten poikasten suuremmasta kuolleisuudesta löytyy joitain viitteitä (Lehikoinen 2008b), ja se saattaa joissain tapauksissa olla yksi koiraspuoleiseen sukupuolijakaumaan vaikuttava tekijä.

Pääosa kirjallisuudesta esittää, että sorsalintujen koirasvoittoisten sukupuolijakaumien suurin syy on naaraiden korkeampi kuolleisuus täysikasvuisina (mm. Lehikoinen 2008a, Bellebaum ja Mädlow 2015, Brides ym. 2017, Wood ym. 2021), ja tämä on tunnettu ilmiö myös linnuilla yleisemmin (Székely ym. 2014). Pääpiirteissään täysikasvuisten naaraiden mahdollisen kuolleisuuden voi jakaa Lehikoisen (2008a) tapaan kolmeen osioon: (i) kuolleisuus talvehtimisalueilla, (ii) sukupuolien eriävä metsästyskuolleisuus tai (iii) kuolleisuus pesinnän aikana. Nämä voivat toimia joko yksin tai jonain yhdistelmänä. Eri lajeilla voivat toimia eri mekanismit.

Talviaikaista kuolleisuutta voi lisätä esimerkiksi lajinsisäinen kilpailu ruokailualueista, jos samalla alueella talvehtivat, suurikokoisemmat koiraat valtaavat aggressiivisesti parhaat ruokailualueet itselleen ja pakottavat naaraat huonommille ruokailualueille (esim. Alexander 1983).

Naaraiden suurempi metsästyskuolleisuus voi liittyä esimerkiksi eriäviin talvehtimisalueisiin, kuten Carbone ja Owen (1995) punasotkan osalta epäilivät. Kauemmas muuttavat linnut joutuvat myös Euroopassa lentämään useamman valtion läpi, joissa kaikissa ne saattavat joutua metsästyksen kohteiksi.

Pesinnän aiheuttama stressi voi lisätä naaraiden kuolleisuutta, koska muniminen ja hautominen on naaraille fysiologisesti rankkaa (esim. Bellrose ym. 1961). Pesinnän aikana naaraat ovat alttiimpia saalistukselle ensin hautoessaan ja sitten hoivatessaan tai puolustaessaan pieniä poikasia. Kasvanutta pesimäaikaista saalistuskuolleisuutta on esitetty tärkeimmäksi syyksi Itämeren-Vattimeren haahkapopulaation sukupuolijakauman vinoutumiseen (ks. luku 1.2.4). Bellebaumin ja Mädlown (2015) mallinnuksessa naaraiden suurempi pesimäaikainen kuolleisuus vaikuttaisi täysin selittävän Koillis-Saksalaisen mandariinisorsan (*Aix galericulata*) populaation vinoutuneen sukupuolijakauman. Pohjois-Amerikassa muun muassa Johnson ja Sargeant (1977) ovat esittäneet, että ketun (*Vulpes vulpes*) sinisorsanaaraisiin kohdistama pesimäaikainen saalistuspaine voi vaikuttaa populaation sukupuolijakaumaan.

Muista linturyhmistä mielenkiintoisen näkökulman saalistuksen vaikutuksesta tarjoaa uhanalainen Uusiseelantilainen kaka-papukaija (*Nestor meridionalis*), jolla todettiin runsaasti vieraspetoja sisältävän pääsaaren osapopulaatioissa voimakkaasti koirasvoittoinen sukupuolijakauma, kun taas vieraspedoista vapailla pikkusaarilla osapopulaatiot olivat sukupuolijakaumaltaan paljon tasaisempia (Greene ja Fraser 1998).

Sorsalintunaaraiden pesimäaikainen, etenkin pesimäaikaisesta saalistuksesta, johtuva kuolleisuus on siis todettu yhdeksi merkittäväksi vinoutuneiden sukupuolijakaumien aiheuttajaksi. Tiedetään myös, että Pohjois-Euroopassa generalistipetojen, kuten esimerkiksi ketun, tiheydet pienenevät voimakkaasti pohjoista kohti mentäessä (mm. Hanski ym. 1991). Myös sorsia saalistavien vieraspetojen, etenkin supikoiran (*Nyctereutes procyonoides*), tiheydet ovat suuria eteläisessä Suomessa, mutta laji puuttuu pohjoisesta Suomesta käytännössä kokonaan (esim. Holopainen ym. 2024).

Näillä pohjatiedoilla voin tehdä oletuksen, että keskimäärin pohjoisempana pesivien sorsalintulajien naaraisiin saattaa kohdistua pesimäaikana pienempi saalistuspaine kuin ete-

lämpänä pesivien lajien naaraisiin. Voisiko tämä johtaa siihen, että keskimäärin pohjoisempana pesivien sorsalintulajien sukupuolijakaumat ovat vähemmän vinoutuneita kuin eteläisemmillä pesijöillä?

1.3 Tutkimusongelma

Sorsien sukupuolijakaumista tiedetään toisaalta melko paljon, mutta toisaalta aiheessa on myös selkeitä tietoaukkoja. Julkaisut keskittyvät vahvasti runsaasti metsästettyihin *Anas*-, *Mareca*-, ja *Spatula*-sukujen sorsiin ja *Aythya*-suvun sotkiin, ja näiden lisäksi on tutkittu kattavammin oikeastaan vain myös melko runsaasti metsästettyä haahkaa. Useista muista sorsalintusuvuista, kuten vaikka koskeloista (*Mergus*) tai *Melanitta*-suvun lajeista löytyy vain muutamia satunnaisia tutkimuksia, joissa populaatiotason sukupuolijakauman selvittäminen tai tutkiminen ei yleensä ole ollut pääosassa.

Tutkimuksissa, joissa on pyritty selvittämään sorsalintujen populaatiotason sukupuolijakaumia, nousee toistuvasti esille harhattoman aineiston keräämisen hankaluus. Yksi uusi näkökulma tähän ongelmaan on kevätmuuttoaineiston käyttäminen. Kevätmuuttoaineiston käyttäminen – ainakin teoriassa – väistää monia aiemmin esitetyistä harhattoman aineiston keräämisen vaikeuksista: pyyntien mahdolliset vinoumat eivät ole ongelma, koska kyse on maastohavainnoista; yhdestä pisteestä kerättyä koko muuttokauden käsittävää aineistoa käyttämällä väistetään sukupuolten eriävien talvehtimisalueiden ja laajojen pesimäalueiden tuottamat otantaongelmat ja syysmuuttoaineistoon verrattuna keväällä pesimään matkalla molemmat sukupuolet muuttavat käytännössä samaan aikaan, kun taas syysmuutolla sukupuolet muuttavat hyvin eri aikoihin ja jopa eri reittejä.

Suurin syy siihen, että kevätmuuttoaineistoa ei ole juuri käytetty sukupuolijakaumien arviointiin, lienee se, että sopivia aineistoja ei ole juurikaan ollut tarjolla. Tässä tutkimuksessa on käytössä aiemmin julkaisematonta vesilintujen sukupuolia sisältävää Hangon lintuaseman kevätmuuttoaineistoa neljältä eri vuosikymmeneltä useista vesilintulajeista. Hanko sijaitsee sijaintinsa puolesta hyvällä paikalla, sillä valtaosa Euroopassa pesivistä sorsalintulajeista pesii havaintopaikan pohjoispuoleisella alueella ja ne muuttavat kevätmuuttomatkallaan Hangon ohi. Osia samasta aineistosta on jo aiemmin käytetty haahkaa koskevissa tutkimuksissa, mutta näitä varten aineisto on täytynyt suurella työllä poimia

erikseen, ja nyt koko, tai ainakin lähes koko, kaikkia lajeja koskeva aineisto on tullut saataville.

1.4 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on julkaista aineistoa Hangon lintuaseman ohi kevätmuutolla muuttavien vesilintulajien sukupuolijakaumista. Varsinaisia tutkimuskysymyksiä on kolme:

i. Mitkä ovat Pohjois-Eurooppaan läpimuuttavien vesilintupopulaatioiden sukupuolijakaumat eri lajeilla, eroavatko ne 50:50-jakaumasta ja onko lajien välillä eroja jakaumissa?
   Hypoteesi: lajien välillä on eroja ja todennäköisesti kannat ovat koirasvoittoisia (esim. Owen & Dix 1986).
ii. Ovatko sorsalintujen sukupuolijakaumat muuttuneet ajassa Hangon lintuaseman aineistossa 1980-luvulta 2000-luvulle?
   Hypoteesi: koirasvinouma on voinut kasvaa useilla lajeilla, koska useat sorsalinnut ovat vähentyneet (esim. Wood ym. 2021, Holopainen ym. 2024).
iii. Selittääkö vesilintulajien sukupuolijakaumaa niiden levinneisyysalueen pohjoisuus?
   Hypoteesi: koirasvinouma pienenee lajin pohjoisuuden mukaan, koska pohjoisessa on vähemmän sorsien yleispetoja (Hanski ym. 1991).

Kirjallisuuden perusteella sorsalintulajien populaatiot ovat yleensä koirasvoittoisia, mutta koirasenemmistön suuruus vaihtelee lajien välillä. Näin oletan siis tässäkin aineistossa olevan.

Tutkimuskysymyksestä (ii) tiedetään jo haahkasta julkaistuihin tutkimuksiin perustuen, että ainakin sillä lajilla sukupuolijakauma on muuttunut 1980-luvulta 2000-luvulle. Muista käsitellyistä lajeista vastaavia tutkimuksia ei ole saatavilla, ja niiden sukupuolijakaumien kehitystä ei tiedetä. Kuten teoriaosiossa edellä pohjustan, niin vinoutuneet sukupuolijakaumat linnuilla liittyvät usein laskeviin populaatiotrendeihin, ja näin on myös

Hangon lintuasemalla tavattavan haahkapopulaation osalta. Muidenkin lajien sukupuolijakaumien ja etenkin näiden muutosten tunteminen voisi siis olla kannanhoidollisista ja suojelullisista näkökulmista hyödyllistä. Monet käsiteltävistä lajeista ovat uhanalaisia ja väheneviä, joten oletan, että koirasenemmistö on voinut kasvaa haahkan lisäksi muillakin lajeilla.

Tutkimuskysymys (iii) pohjaa siihen havaintoon, että muutama tunnettu sukupuolijakaumaltaan hyvin vinoutunut laji on pesimälevinneisyydeltään painottunut eteläiseen Suomeen. Tähän tutkimukseen käytettävissä olevilla aineistoilla yritän selvittää, onko pesimäalueen pohjoisuuden ja sukupuolijakauman vinoutuneisuuden välillä yhteys.

Näiden lisäksi yleisemmän tason tavoitteena on aineistoa käyttämällä selvittää, kuinka käyttökelpoista tämän tyyppinen aineisto – eli yhden pisteen ohi keväällä muuttaneista linnuista tehdyt havainnot – on sukupuolijakaumien määrittämiseen ja tutkimiseen. Tietääkseni aiemmin vastaavia aineistoja ei juurikaan ole käytetty sukupuolijakaumien tai niiden muutosten tutkimiseen tai seurantaan, johtuen ilmeisesti ainakin osin siitä, että vastaavia aineistoja ei juurikaan ole ollut saatavilla.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Aineisto

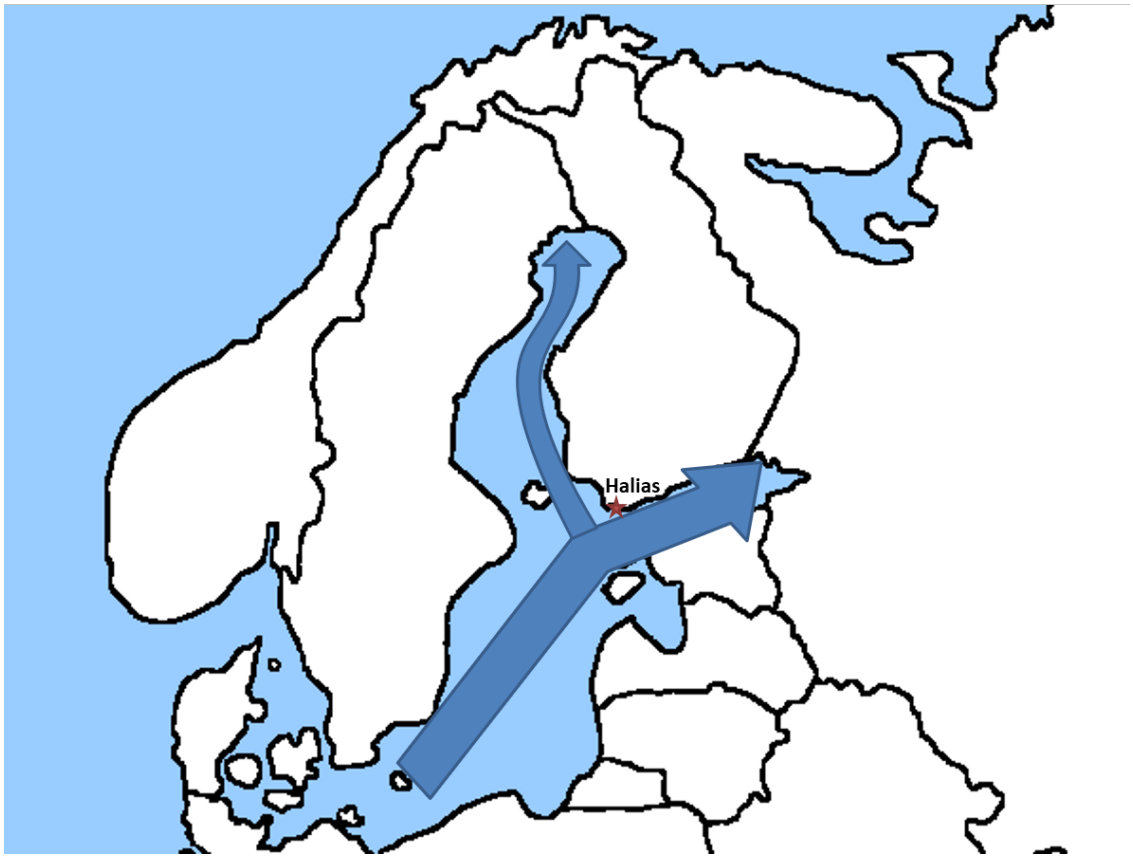
Työssä käytettyjä aineistoja ei ole kerätty varta vasten tätä tutkimusta varten, vaan käytössä on jo olemassa olevaa seuranta-aineistoa. Olen itse ollut pienellä panoksella mukana keräämässä molempia pääasiallisia seuranta-aineistoja ja myös tallentamassa vanhoja Hangon lintuaseman muuttoaineistoja sähköiseen muotoon. Pääasiallisia aineistoja on kaksi: 1) Hangon lintuaseman muuttoaineisto, joka tuotti tietoa lajien sukupuolijakaumista ja 2) Suomen kolmannen lintuatlaksen aineisto, joka puolestaan tuottaa tietoa lajien yleisestä levinneisyydestä.

2.1.1 Hangon lintuasema ja aseman muuttoaineisto

Hangon lintuasema (50.81°N 22.89°E) on vuodesta 1979 toiminnassa ollut lintuharrastusjärjestö Helsingin Seudun Lintutieteellinen Yhdistys Tringa ry:n (https://tringa.fi/) ylläpitämä lintuasema. Asema sijaitsee Hankoniemen lounaiskärjessä Tulliniemellä ja asemalla kerätään aineistoa muuttavasta, levähtävästä ja pesivästä linnustosta. Asema on viime vuosiin asti toiminut täysin vapaaehtoisvoimin. Asemalla kerätty aineisto on tästä huolimatta laadukasta ja aineistoa on käytetty runsaasti muun muassa opinnäytetöissä sekä vertaisarvioiduissa artikkeleissa (Lehikoinen ym. 2019).

Hangon lintuasema on hyvin vesilintujen keväisten muuttoreittien varrella, ja asemalta nähdään sekä Suomenlahdelle että Pohjanlahdelle suuntautuvaa muuttoa (Kuva 1). Näkyvää muuttoa havainnoidaan asemalla vakioidusti (esim. Kilpi ym. 2003, Lehikoinen ym. 2008a). Havainnointipisteenä toimii niemenkärjen korkeimmalla kohdalla sijaitseva Neuvostoliiton 1940-luvulla rakentama betoninen tulenjohtobunkkeri, jonka päältä on lähes esteetön näkyvyys koko niemenkärjen ylle ja ympäröiville vesialueille. Niemen ohittavaa näkyvää muuttoa havainnoidaan keväästä syksyyn vähintään neljä tuntia auringonnoususta alkaen, ja muuton jatkuessa aktiivisena tämän jälkeenkin. Lintuja havainnoidaan kiikarein ja kaukoputkin, ja kaikki havaitut havainnointipisteen ohi muuttavat linnut kirjataan maastolomakkeille. Mahdollisuuksien mukaan ohimuuttavista linnuista kirjataan myös tarkentavia tietoja, muun muassa lintujen sukupuolet ja ikäluokat, silloin kun ne

ovat määritettävissä. Useimpien sorsalintulajien sukupuolet ovat erotettavissa pukutuntomerkkien perusteella.



Kuva 1. Hangon lintuaseman (Halias) sijainti sekä sen ohittavat päämuuttoreitit kartalla.

Aseman siihen asti kertynyt aineisto digitoitiin jo heti 2000-luvun alussa, mutta vain päivien lajikohtaisten kokonaissummien tarkkuudella. 2010-luvun alkupuoliskolla toteutettiin hanke, jossa digitoitiin kaikki aseman muuttoaineisto yksittäisten parvien tarkkuudella käyttäen arkistoituja alkuperäisiä maastolomakkeita, joilta aineisto tallennettiin parvikohtaisesti tietokantaohjelmaan. Vuodesta 2011 lähtien aineisto on tallennettu tietokantaan heti havainnointipäivän iltana, vaikka maastossa havainnot kirjataan yhä paperisille maastolomakkeille. Parvikohtaisesti digitoitu aineisto mahdollistaa joidenkin päivän kokonaissummia tarkempien muuttujien tarkastelun. Yksi tällainen ovat sukupuolelleen kirjattujen sorsalintujen sukupuolijakaumat, joihin tässä työssä keskityn.

Tässä työssä käytän Hangon lintuaseman muuttoaineistoa yhteensä 18 sorsalintulajista. Tarkastelussa olevat lajit on listattu Taulukossa 1. Asemalla säännöllisesti havaittavista

sorsalintulajeista, joista sukupuolet ovat keväällä määritettävissä, alli (*Clangula hyemalis*) päätettiin jättää kokonaan pois tarkastelusta hyvin pienen sukupuolelleen määritettyjen lintujen osuuden vuoksi (linnut muuttavat useimmiten kaukana ja määritystä on hankala tehdä). Lisäksi tutkimuskysymyksen (ii) 'Ovatko vesilintujen sukupuolijakaumat muuttuneet ajassa?' – tarkastelusta jätettiin pois harmaasorsa (*Mareca strepera*) sekä heinätavi (*Spatula querquedula*) vertailun ensimmäisen aikajakson 1981–1997 liian pieneksi jääneen otoskoon eli käytännössä sukupuolelleen määritettyjen yksilöiden määrän takia.

Taulukko 1. Tutkimuksessa tarkasteltavat lajit, niiden tieteelliset nimet, käsiteltävien lajien uhanalaisuusluokat Suomen vuoden 2015 uhanalaisuusarvioinnissa (Tiainen ym. 2016) sekä kevätmuuttojakson lajikohtaiset katkaisupäivät.

Lajinimi	**Tieteellinen nimi**	**uhanalaisuusluokka**	**katkaisupäivä**
Ristisorsa	*Tadorna tadorna*	vaarantunut	20.5.
Haapana	*Mareca penelope*	vaarantunut	30.4.
Harmaasorsa	*Mareca strepera*	elinvoimainen	20.5.
Tavi	*Anas crecca*	elinvoimainen	20.5.
Sinisorsa	*Anas platyrhynchos*	elinvoimainen	30.4.
Jouhisorsa	*Anas acuta*	erittäin uhanalainen	15.5.
Heinätavi	*Spatula querquedula*	erittäin uhanalainen	20.5.
Lapasorsa	*Spatula clypeata*	elinvoimainen	10.5.
Punasotka	*Aythya ferina*	erittäin uhanalainen	15.5.
Tukkasotka	*Aythya fuligula*	erittäin uhanalainen	20.5.
Lapasotka	*Aythya marila*	erittäin uhanalainen	25.5.
Haahka	*Somateria mollissima*	vaarantunut	25.4.
Mustalintu	*Melanitta nigra*	elinvoimainen	25.5.
Pilkkasiipi	*Melanitta fusca*	erittäin uhanalainen	25.5.
Telkkä	*Bucephala clangula*	elinvoimainen	30.4.
Uivelo	*Mergellus albellus*	elinvoimainen	10.5.
Tukkakoskelo	*Mergus serrator*	erittäin uhanalainen	15.5.
Isokoskelo	*Mergus merganser*	vaarantunut	5.5.

2.1.2 Lintuatlas

Lintuatlas on lintujen pesimälevinneisyyttä selvittävä hanke (Valkama ym. 2011), joka oli tätä työtä aloittaessa toteutettu Suomessa kolmeen kertaan. Suomen neljäs lintuatlas tehdään vuosina 2021–2025 eli se on tätä kirjoittaessani vielä kesken. Lintuatlas toteutetaan siten, että kartoitettava alue – tässä tapauksessa Suomi – jaetaan ruutuihin, joista

jokaisesta pyritään selvittämään ruudun alueella pesivät lintulajit ja pesinnän todennäköisyys (mahdollinen, todennäköinen tai varma pesintä). Suomessa lintuatlas tehdään 10 km x 10 km ruuduissa, joita on noin 3800 kappaletta. Edellinen, kolmas atlas oli Luonnontieteellisen keskusmuseon koordinoima, mutta apuna oli useita yhteistyötahoja ja suurimman osan aineistosta keräsivät vapaaehtoiset lintuharrastajat. Tuloksena lintuatlaksesta saadaan muun muassa lajikohtaiset pesimälevinneisyydet 10 km x 10 km ruudun tarkkuudella.

Tässä työssä käytössä on vuosina 2006–2010 toteutetun Suomen kolmannen lintuatlaksen aineistoa työssä käsiteltävien sorsalintulajien osalta. Tämän avulla selvitetään tarkasteltavien lajien levinneisyyden keskimääräinen pohjoiskoordinaatti eli kuinka pohjoisessa laji keskimäärin Suomessa pesii. Osa lajeista on Suomessa selvästi eteläisiä pesijöitä, osa selvästi pohjoisia pesijöitä ja jotkin lajit pesivät lähes koko Suomessa.

2.2 Aineiston käsittely ja tilastolliset menetelmät

Hangon lintuaseman muuttolintuaineistosta poimittiin tutkimusta varten kevätmuuttoaineisto sorsalintulajien osalta vuodesta 1981 vuoteen 2014. Käsittelyyn otettiin yhteensä 18 sorsalintulajia, joista oli riittävästi aineistoa sukupuolelleen määritetyistä linnuista kevätmuuttokaudelta. Kullekin lajille määritettiin asiantuntija-arviolla katkaisupäivät kevätmuutolle, eli katkaisupäivää myöhemmät keväiset havainnot jätettiin aineistosta pois. Monilla lajeilla koiraiden ’syysmuutto’ eli muutto sulkimisalueille alkaa jo loppukeväällä, minkä takia katkaisupäivällä pyritään lajikohtaisesti määrittämään kevätmuuttokauden jakso. Tässä tutkimuksessa haluttiin keskittyä nimenomaan kevätmuuttoaineistoon, joten oli perusteltua asettaa kevätmuutolle katkaisupäivät sen perusteella, milloin minkäkin lajin todellinen kevätmuutto on pääosin ohitse. Katkaisupäivät näkyvät Taulukossa 1 ja perustuvat julkaistuihin muuttokäyttäytymistietoihin (ks. esim. muuttolintuselain haahka, haahka.laji.fi).

Aineiston käsittely ja analyysit toteutettiin pääosin R-ohjelmistolla (R Core Team 2024), ja lisäksi aineiston käsittelyyn käytettiin taulukkolaskentaohjelma Microsoft Exceliä.

Analyysejä varten eriteltiin koko aseman kevätmuuttoaineistosta käsiteltävien lajien kevätmuuttohavainnot, joista oli kirjattu sukupuolelleen määritettyjä lintuja. Tämä toteutettiin R-ohjelmistossa for-silmukalla, jonka avulla summattiin aineistosta kunkin käsiteltävän lajin kevätmuutolla (eli keväällä ennen lajikohtaista katkaisupäivää) havaitut, sukupuolelleen määritetyt lintuyksilöt.

Kaikille tarkastelussa oleville lajeille laskettiin sukupuolijakaumat kahdelle aikajaksolle, vuosille 1981–1997 ja vuosille 1998–2014. Aineiston kahteen yksinkertaiseen jaksoon jakamiseen päädyin siksi, että mahdollisimman pitkät ajanjaksot kasvattavat aineistoa myös harvalukuisemmilla lajeilla ja saman mittaiset ajanjaksot ovat paremmin vertailukelpoisia. Lisäksi ensimmäisen jakson aikaan sorsakannat olivat Suomessa pääasiassa kasvussa ja jälkimmäisellä jaksolla kannat ovat olleet laskusuhdanteessa (Lehikoinen ym. 2016).

Analyysejä tehdessä saatavilla ollut aineisto oli vielä jonkin verran vajavainen, joten aineistoa puuttuu välistä joiltain sellaisilta vuosilta (lähinnä 2005 ja 2011), joilta sitä olisi teoriassa saatavilla. Aineiston jako kahteen yhtä pitkään jaksoon kuitenkin häivyttää tästä aiheutuvia ongelmia, varsinkin kun jälkimmäiseltä tarkastelujaksolta aineistoa on näistä puuttuvista pätkistä huolimatta enemmän kuin ensimmäiseltä tarkastelujaksolta.

Sukupuolijakaumien mahdollista ajallista muutosta käsittelevässä analyysissä mukana olivat molempien laskettujen jaksojen jakaumat, muissa analyyseissä sukupuolijakaumina käytettiin jakson 1998–2014 jakaumia. Vain jälkimmäisen jakson jakauman käyttämistä muissa analyyseissä puolsi muun muassa se, että aineistoa oli tältä jaksolta huomattavasti enemmän ja se oli oletettavasti parempilaatuista muun muassa optiikan paranemisen ansiosta. Myös vertailukelpoisuus vuosina 2006–2010 kerättyyn lintuatlasaineistoon on parempi vain myöhemmän ajanjakson aineistoa käyttämällä.

Sukupuolijakaumien mahdollista eroamista oletetusta 50:50-jakaumasta testattiin vertailemalla kullekin lajille jaksolta 1998–2014 laskettua sukupuolijakaumaa oletettuun tasaiseen 50:50 -jakaumaan kahden osuuden z-testillä (two proportion z-test), joka testaa, ovatko kaksi havaittua osuutta samanlaisia keskenään. Testaus suoritettiin R-ohjelmiston funktiolla ’prop.test’.

Sukupuolijakaumien mahdollista muutosta ajassa testattiin vertaamalla tilastollisesti kunkin lajin kahdelle eri ajanjaksolle (1981–1997 ja 1998–2014) laskettuja sukupuolijakaumia keskenään. Testaukseen käytettiin kahden osuuden z-testiä ja R-ohjelmiston ’prop.test’ -funktiota.

Kullekin käsitellylle lajille laskettiin Suomen kolmannen lintuatlaksen aineistosta keskimääräinen pesinnän pohjoiskoordinaatti. Samaa menetelmää ovat käyttäneet Brommer ym. (2012) koko Euroopan osalta, ja Suomessa sitä sovelsivat Virkkala ja Lehikoinen (2014) tutkiessaan lintulajien pesimäalueiden siirtymistä pohjoiseen ilmastonmuutoksen seurauksena.

Lintuatlasaineisto on tietoa lintujen pesinnästä 10 x 10 kilometrin ruuduissa, eli kyseessä on ruudukko, jossa jokaisella ruudulla on itä- ja pohjoiskoordinaatti, ja jokaisesta ruudusta on tieto mitä lajeja siellä on havaittu pesimässä. Koordinaattijärjestelmänä lintuatlaksessa käytetään Suomen yhtenäiskoordinaatistoa (’YKJ’; EPSG:2393), jossa pohjoiskoordinaatti ilmaistaan metreinä päiväntasaajalta pohjoiseen ja sen arvot Suomessa sijoittuvat noin välille 6600000–7780000. Lintuatlaksessa ja tässä työssä koordinaatit ilmaistaan lyhennettyinä siten, että viimeiset neljä nollaa jätetään pois. Lintuatlaksen 10 km ruutujen pohjoiskoordinaatit sekä lintulajien pesinnän pohjoiskoordinaatit saavat siten arvoja välillä 661–777.

Keskimääräisen lajikohtaisen pesinnän pohjoiskoordinaatin määrittäminen tehtiin poimimalla kullakin lajilla ensin niiden ruutujen määrä, joissa vähintään mahdollinen kyseisen lajin pesintä oli havaittu kullakin pohjoiskoordinaatilla sijaitsevilla ruuduilla. Tämän jälkeen näiden ruutujen määrää verrattiin samalla pohjoiskoordinaatilla sijaitsevien ruutujen kokonaismäärään. Näin laskennassa otettiin huomioon se, että Suomi ei ole tasapaksu, vaan eri pohjoiskoordinaateilla Suomi on eri levyinen, ja siten myös atlasruutujen määrä per pohjoiskoordinaatti vaihtelee. Seuraavaksi kunkin pohjoiskoordinaatin asuttujen ruutujen suhdetta (prosenttiosuus) verrattiin kumulatiiviseen kaikkien pohjoiskoordinaattien prosenttiosuuksien summaan, ja näin saatiin painoarvot kullekin pohjoiskoordinaatille. Kertomalla painoarvot pohjoiskoordinaateilla ja laskemalla näiden summa saatiin lopulta lajille keskimääräinen pesinnän pohjoiskoordinaatti. Kaikki aineiston käsittely ja laskenta tehtiin R-ohjelmistossa lähinnä for-silmukoilla.

Lapasotkan osalta pohjoiskoordinaattia 729 (noin Tornion korkeudella) eteläisemmät pesimähavainnot tiputettiin aineiston poiminnassa pois. Selkämerellä ja Merenkurkussa pesii pieni määrä lapasotkia, mutta en usko Hangon ohi muuttavan kannan olevan näitä lintuja, joten en halunnut niiden vaikuttavan lajin pesinnän pohjoiskoordinaatin laskentaan.

Lajin pesimäalueen pohjoisuuden ja sukupuolijakauman riippuvuutta testattiin ensin lineaarisella regressiomallilla, jossa selitettävänä tekijänä olivat lajikohtaiset sukupuolijakaumat ja selittävänä tekijänä oli pesinnän keskimääräinen pohjoiskoordinaatti. Testaus tehtiin R-ohjelmiston funktiolla ’lm’.

Lisäksi haluttiin kuitenkin samalla ottaa huomioon myös lajien sukulaisuussuhteet, koska lähisukuisilla lajeilla vasteet voivat olla samanlaisia ja siten havainnot eivät ole toisistaan riippumattomia. Tätä varten luotiin käsiteltävistä lajeista fylogeneettinen puu tähän tarkoitukseen saatavilla olevan internet-työkalun avulla (https://birdtree.org/subsets/). Työkalu antaa automaattisesti sata puuta, mutta analyysia varten näistä valittiin käyttöön yksi satunnainen puu. Tämä fylogeneettinen puu syötettiin osaksi lineaarista mallia, jossa selitettävänä tekijänä olivat lajikohtaiset sukupuolijakaumat ja selittävänä tekijänä oli pesinnän keskimääräinen pohjoiskoordinaatti. Testaus tehtiin R-ohjelmiston ’nlme’-paketin (Pinheiro ym. 2023) funktiolla ’gls’ (linear model using generalized least squares). Apuna fylogeneettisen puun oikeassa muodossa malliin mukaan saamiseen käytettiin R-ohjelmiston ’ape’-paketin (Paradis ja Schliep 2019) ’corBrownian’ ja ’vcv.phylo’ -funktioita.

3. TULOKSET

3.1. Aineistosta lasketut sukupuolijakaumat

Hangon lintuasemalla sukupuolelleen määritettyjen kevätmuuttavien vesilintujen määrät eroteltuna kahteen jaksoon näkyvät Taulukossa 2. Yhtä poikkeusta, haahkan alkujaksoa, lukuun ottamatta kaikilla lajeilla ja molemmilla jaksoilla koiraita on havaittu enemmän kuin naaraita, tosin muutamassa tapauksessa ollaan hyvin lähellä 50:50-suhdetta.

Taulukko 2. Hangon lintuasemalla sukupuolelleen kevätmuutolla määritettyjen sorsalintujen määrät lajeittain kahteen jaksoon eriteltynä sekä koiraiden osuudet sukupuolelleen määritetyistä linnuista.

	1981–1997			1998–2014		
Laji	**koiras**	**naaras**	**koiraiden osuus**	**koiras**	**naaras**	**koiraiden osuus**
Ristisorsa	25	10	0,71	75	37	0,67
Haapana	365	325	0,53	1374	1298	0,51
Harmaasorsa	7	5	0,58	127	78	0,62
Tavi	45	39	0,54	263	260	0,50
Sinisorsa	310	224	0,58	1690	1517	0,53
Jouhisorsa	146	141	0,51	508	498	0,50
Heinätavi	6	3	0,67	14	11	0,56
Lapasorsa	128	74	0,63	504	430	0,54
Punasotka	143	41	0,78	169	89	0,66
Tukkasotka	446	220	0,67	2077	1737	0,54
Lapasotka	169	140	0,55	440	400	0,52
Haahka	9882	11404	0,46	119689	81574	0,59
Mustalintu	118	86	0,58	409	264	0,61
Pilkkasiipi	202	154	0,57	700	476	0,60
Telkkä	593	484	0,55	3160	2594	0,55
Uivelo	43	36	0,54	367	340	0,52
Tukkakoskelo	1064	572	0,65	5085	3842	0,57
Isokoskelo	1096	912	0,55	4535	3374	0,57

Selvästi eniten sukupuolelleen määritettiin haahkoja (Taulukko 2). Melko runsaasti sukupuolelleen määritettyjä yksilöitä oli myös muun muassa iso- ja tukkakoskeloilla, tukkasotkilla sekä sinisorsilla ja haapanoilla (Taulukko 2).

Harmaasorsalla ja heinätavilla otoskoot olivat hyvin pieniä tarkastelujaksolla 1981–1997 (Taulukko 2), minkä takia nämä lajit jätettiinkin pois aikajaksoja vertailevasta analyysistä. Vähälukuisella heinätavilla otoskoko oli pieni myös jälkimmäisellä tarkastelujaksolla, mutta voimakkaasti runsastuneella harmaasorsalla jälkimmäisen tarkastelujakson otoskoko oli jo jonkin verran suurempi (Taulukko 2).

3.2 Eroavatko jakaumat 50:50-suhteesta?

Lajien sukupuolijakauma vaihteli jouhisorsan (*Anas acuta*) ja tavin (*Anas crecca*) tasaisesta 50:50 jakaumasta ristisorsan (*Tadorna* tadorna) voimakkaasti koirasvoittoiseen (67:33) jakaumaan. 11 lajilla 18:sta sukupuolijakauma erosi merkitsevästi oletetusta tasaisesta koiraiden ja naaraiden suhteesta luottamustasolla $p < 0,05$ aikajaksolla 1998–2014 (Taulukko 3). Kahdeksalla lajilla p-arvo oli hyvin pieni, $p < 0,001$. Lisäksi melko pienen otoskoon lapasorsalla koirasenemmistö oli suuntaa antavasti merkitsevä ($p = 0,087$).

Taulukko 3. Sorsalintulajien sukupuolijakaumat ja otoskoot Hangon lintuaseman muuttoaineistossa jaksolla 1998–2014. Testisuure ja p-arvo kertovat eroavatko lajikohtaiset jakaumat oletetusta 50:50-suhteesta. Tilastollisesti merkitsevät p-arvot ($p < 0,05$) on lihavoitu.

Laji	n	koiraiden osuus	z-testisuureen itseisarvo	p-arvo
Ristisorsa	112	0,67	2,58	**0,010**
Haapana	2672	0,51	1,04	0,298
Harmaasorsa	205	0,62	2,44	**0,015**
Tavi	523	0,50	0,09	0,926
Sinisorsa	3207	0,53	2,16	**0,031**
Jouhisorsa	1006	0,50	0,22	0,824
Heinätavi	25	0,56	0,43	0,671
Lapasorsa	934	0,54	1,71	0,087
Punasotka	258	0,66	3,56	**< 0,001**
Tukkasotka	3814	0,54	3,90	**< 0,001**
Lapasotka	840	0,52	0,98	0,329
Haahka	201263	0,59	60,35	**< 0,001**
Mustalintu	673	0,61	3,98	**< 0,001**
Pilkkasiipi	1176	0,60	4,64	**< 0,001**
Telkkä	5754	0,55	5,28	**< 0,001**
Uivelo	707	0,52	0,72	0,473
Tukkakoskelo	8927	0,57	9,33	**< 0,001**
Isokoskelo	7909	0,57	9,26	**< 0,001**

3.3 Sukupuolijakaumien vertailu kahdella eri aikajaksolla

Tutkittaessa sukupuolijakaumien ajallista muuttumista seitsemälle lajille 16:sta saatiin tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) muutos sukupuolijakaumassa jaksolta 1981–1997 jaksolle 1998–2014 (Taulukko 4). Esittämäni hypoteesin vastaisesti tässä aineistossa monella lajilla koiraiden osuus näyttää pienentyneen (negatiiviset arvot) (Taulukko 4). Tilastollisesti merkitsevästi muuttuneista lajeista vain haahkalla ja isokoskelolla koiraiden osuus on kasvanut, muilla viidellä sen sijaan koiraiden osuus on tilastollisesti merkitsevästi pienentynyt.

Taulukko 4. Sorsalintujen sukupuolijakaumat ja otoskoot Hangon lintuasemalla vuosina 1981–1997 ja 1998–2014 sekä kahden osuuden z-testin tulokset eroavatko havaitut jakaumat toisistaan. Tilastollisesti merkitsevät p-arvot ($p < 0,05$) on lihavoitu. Omassa sarakkeessaan myös koiraiden osuuden muutos ensimmäisestä jaksosta toiseen (negatiiviset arvot = koiraiden osuus pienentynyt).

	1981–1997		1998–2014		koiraiden osuuden muutos	z-testisuureen itseisarvo	p-arvo
Laji	**n**	**koiraiden osuus**	**n**	**koiraiden osuus**			
Ristisorsa	35	0,71	112	0,67	-0,045	0,494	0,621
Haapana	690	0,53	2672	0,51	-0,015	0,692	0,489
Tavi	84	0,54	523	0,50	-0,033	0,559	0,576
Sinisorsa	534	0,58	3207	0,53	-0,054	2,297	**0,022**
Jouhisorsa	287	0,51	1006	0,50	-0,004	0,112	0,911
Lapasorsa	202	0,63	934	0,54	-0,094	2,440	**0,015**
Punasotka	184	0,78	258	0,66	-0,122	2,778	**0,005**
Tukkasotka	666	0,67	3814	0,54	-0,125	6,006	**< 0,001**
Lapasotka	309	0,55	840	0,52	-0,023	0,696	0,486
Haahka	21286	0,46	201263	0,59	0,130	36,695	**< 0,001**
Mustalintu	204	0,58	673	0,61	0,029	0,748	0,454
Pilkkasiipi	356	0,57	1176	0,60	0,028	0,935	0,350
Telkkä	1077	0,55	5754	0,55	-0,001	0,086	0,931
Uivelo	79	0,54	707	0,52	-0,025	0,425	0,671
Tukkakoskelo	1636	0,65	8927	0,57	-0,081	6,088	**< 0,001**
Isokoskelo	2008	0,55	7909	0,57	0,028	2,228	**0,026**

Tarkastelusta poistettiin kaikista pienimmät alkujakson otoskoot sisältäneet lajit (harmaasorsa ja heinätavi), mutta tästä huolimatta muutamalla lajilla sukupuolelleen määritettyjen yksilöiden määrä alkupään jaksolla on melko pieni. Ristisorsalla jakson 1981–1997 otoskoko jää alle 50:n ja tavilla sekä uivelolla alle sadan.

3.4 Selittääkö sukupuolijakaumaa pesinnän pohjoisuus

Pesimäalueen pohjoisuuden ja koiraiden osuuden yhteyttä käsittelevää testausta varten laskettiin ensin lintuatlasaineistosta kullekin lajille pesinnän keskimääräinen pohjois-koordinaatti (Taulukko 5).

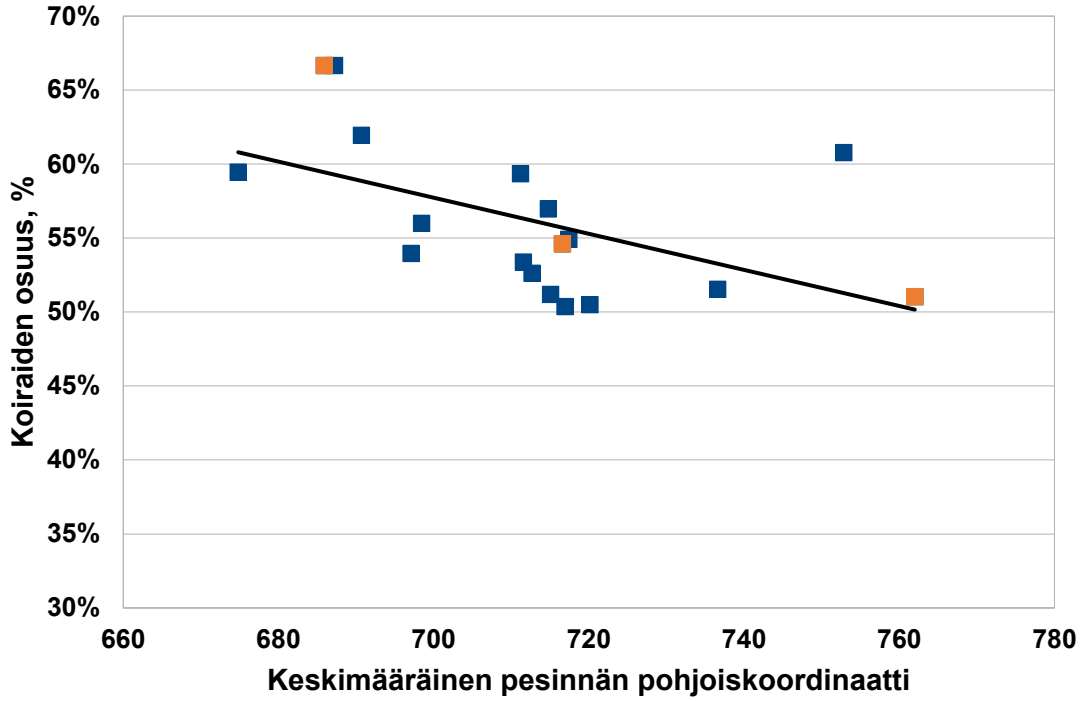
Taulukko 5. Vesilintujen koiraiden osuus ja otoskoot Hangon lintuasemalla jaksolla 1998–2014 sekä lintuatlasaineistosta (2006–2010) lasketut lajikohtaiset pesinnän keskimääräiset pohjois-koordinaatit.

Laji	n	koiraiden osuus	keskimääräinen pohjois-koordinaatti
Ristisorsa	112	0,67	687,25
Haapana	2672	0,51	715,08
Harmaasorsa	205	0,62	690,68
Tavi	523	0,50	716,92
Sinisorsa	3207	0,53	711,56
Jouhisorsa	1006	0,50	720,15
Heinätavi	25	0,56	698,45
Lapasorsa	934	0,54	697,08
Punasotka	258	0,66	685,91
Tukkasotka	3814	0,54	716,61
Lapasotka	840	0,52	762,00
Haahka	201263	0,59	674,82
Mustalintu	673	0,61	752,86
Pilkkasiipi	1176	0,60	711,20
Telkkä	5754	0,55	717,45
Uivelo	707	0,52	736,59
Tukkakoskelo	8927	0,57	714,78
Isokoskelo	7909	0,57	712,67

Koiraiden osuuden ja pesinnän pohjoisuuden välillä havaittiin lineaarisella regressiomallilla tilastollisesti merkitsevä yhteys ($t = -2,44$, $n = 18$, $p = 0,027$; Kuva 2). Mallin selitysasteeksi (multiple R-squared) saatiin 0,271.

Esimerkkinä lajiryhmien sisäisestä yhteydestä koirasosuuden ja pesimäalueiden sijainnin välillä voidaan havainnollistaa kolmella sotkalajilla. Punasotka on lajeista eteläisin pesijä ja sillä myös koiraiden osuus on suurin. Lapasotka on lajeista pohjoisin pesijä, ja sillä

sukupuolijakauma on hyvin tasainen. Tukkasotka asettuu molemmilla mittareilla edellisten väliin (Kuva 2, Taulukko 5).



Kuva 2. Tarkasteltujen 18 vesilintulajin lajikohtaiset koiraiden osuudet suhteessa lajin keskimääräiseen pesinnän pohjoiskoordinaattiin sekä lineaarisella regressiolla sovitettu trendi. Oranssilla korostettuna aineiston kolme sotkalajia: näistä ylävasemmalla punasotka, keskellä tukkasotka ja alaoikealla lapasotka.

Koiraiden osuuden ja pesinnän pohjoiskoordinaatin välinen negatiivinen yhteys pysyi myös analyysissä, jossa huomioitiin lajien sukulaisuussuhteet sisällyttämällä lineaariseen malliin fylogeneettisen puun korrelaatiomatriisi ($t = -4{,}033$, $n = 18$, $p = 0{,}001$). Mallin merkitsevyys jopa parani, kun fylogenia otettiin huomioon.

4. TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Sukupuolijakaumat ja 50:50-suhteen testaus

Hypoteesini mukaisesti enemmistöllä, yhteensä 11/18, lajeista havaittu jakauma erosi 50:50:stä, mutta ei kuitenkaan kaikilla. Kaikki havaitut epätasaiset jakaumat ovat hypoteesin mukaisesti koirasvoittoisia.

Hieman yllättäen usealla puolisukeltajasorsalajilla (suvut *Anas, Mareca* ja *Spatula*) ei tässä aineistossa havaittu vinoutunutta sukupuolijakaumaa, ja etenkin haapanalla (51,4% koiraita), jouhisorsalla (50,5% koiraita) ja tavilla (50,3% koiraita) jakauma oli hyvinkin tasainen. Kaikkien muiden sukujen lajeista kaikilla muilla paitsi lapasotkalla ja uivelolla havaittiin tilastollisesti merkitsevästi 50:50-suhteesta eroava sukupuolijakauma.

Tämän tutkimuksen tulokset ovat pääosin saman suuntaisia kirjallisuudessa julkaistujen kanssa, joskin joitain erojakin on. Muun muassa Wood ym. (2021) ovat löytäneet aineistossaan tilastollisesti merkitsevät koirasenemmistöt lähes kaikille niille puolisukeltajasorsalajeille, joilla tässä tutkimuksessa ei löydetty merkitsevää eroa. Woodin ym. (2021) käyttämä aineisto on rengastusaineistoa Brittein saarilla talvehtivista linnuista, ja alue edustaa todennäköisesti useimmilla näistä lajeista lajin talvehtimisalueen pohjoisosaa. Monilla lajeilla sukupuolten talvehtimisalueet eriävät, ja talvehtimisalueen pohjoisosissa talvehtii suhteessa enemmän koiraita (esim. Owen ja Dix 1986). Edellä mainittu saattaisi selittää Woodin ym. (2021) saamia tämän tutkimuksen tuloksista eriäviä havaintoja, ja alleviivaa jälleen osaltaan populaatiotason sukupuolijakaumien arvioinnin hankaluutta. Tosin Wood ym. (2021) eivät väitäkään esittävänsä muuta kuin Briteissä talvehtivien sorsien jakaumia.

Haahkalla sukupuolet ovat keväällä erittäin helpot erottaa toisistaan, ja kevätmuutolla haahka on tarkastelluista lajeista myös selvästi runsaslukuisin muuttaja asemalla. Haahkalla todettiin melko voimakkaasti koirasvoittoinen sukupuolijakauma (koiraita 59,5%). Tämän lajin osalta tulokset olivat jo ennalta tiedossa, sillä tätä samaa aineistoa on käytetty myös aiemmissa lajia koskevissa tutkimuksissa (esim. Lehikoinen ym. 2008a, ks. tarkemmin luku 1.2.4.).

Koskeloiden osalta tulokset ovat mielenkiintoisia – niistä on aiemmin julkaistu hyvin vähän tietoa sukupuolijakaumista, mutta tämän aineiston perusteella isokoskelolla ja tukkakoskelolla (*Mergus serrator*) olisi molemmilla melko selvä ja tilastollisesti merkitsevä koirasenemmistö (koiraita molemmilla noin 57%), kun taas uivelolla (*Mergellus albellus*) ei havaittu merkitsevää koirasenemmistöä ja havaittu jakauma oli melko lähellä 50:50-suhdetta (koiraita 51,9%). Näistä iso- ja tukkakoskelolla myös otoskoko on aineiston suuremmasta päästä, joten tuloksia niiden osalta voitaneen pitää suhteellisen luotettavina.

On mahdollista, että koskeloilla voisi esiintyä sukupuolimäärityksen vaikeudesta johtuvaa harhaa, sillä jotkin toisen kalenterivuoden koiraat voivat kevätmuutolla olla höyhenpuvultaan vielä pitkälti naaraan näköisiä, etenkin tukkakoskelolla ja uivelolla (Salminen 1983). Tämän mahdollisen harhalähteen luulisi kuitenkin aiheuttavan yliarviota naaraiden osuuteen, eli se ei ole syy iso- ja tukkakoskelolla havaituille koirasvinoumille. Periaatteessa edellä mainittu voisi uivelon kohdalla vaikuttaa niin, että jakauma näyttää tämän tutkimuksen aineistossa tasaisemmalta kuin mitä se todellisuudessa on.

Yksi mahdollinen syy uivelon muita koskelolajeja tasaisemmalle sukupuolijakaumalle löytyy pesimäbiologiasta: uivelo pesii yksinomaan koloissa ja hautova naaras on siten useimpien maapetojen ulottumattomissa, kun taas pääosin maassa pesivillä iso- ja tukkakoskeloilla hautovat naaraat ovat kenties alttiimpia saalistukselle. Aineiston toisella kolopesijälajilla, telkällä (*Bucephala clangula*), havaittiin tilastollisesti merkitsevä, joskin ei kovin suuri koirasenemmistö (55% koiraita). Puihin kiipeävä näätä (*Martes martes*) on merkittävä pesätuholainen telkälle (esim. Pöysä ym. 2016). Myös ainakin jonkun verran pesiviä naaraita kuolee näädän pesäsaalistuksen yhteydessä (Sonerud ym. 2023). Näätä esiintyy myös Pohjois-Suomessa uivelon pesimäalueilla, ja oletettavaa on, että näädän saalistus koskee ainakin joiltain osin myös uiveloa.

Ristisorsa näyttäisi sekä tämän tutkimuksen aineiston että Woodin ym. (2021) mukaan melko voimakkaasti koirasvoittoiselta lajilta. Juuri muita sukupuolijakauma-arvioita tästä lajista ei ole ilmeisesti julkaistu.

4.2 Aikatarkastelu

Seitsemällä 16:sta tässä analyysissä käsitellystä lajista havaittiin sukupuolijakaumassa tilastollisesti merkitsevä muutos ajassa jaksolta 1981–1997 jaksolle 1998–2014. Yllättäen esitetyn hypoteesin vastaisesti lapasorsalla, sinisorsalla, punasotkalla, tukkasotkalla ja tukkakoskelolla naaraiden osuus oli tässä aineistossa kasvanut tilastollisesti merkitsevästi. Koiraiden osuus kasvoi sen sijaan tilastollisesti merkitsevästi vain haahkalla ja isokoskelolla.

Koskelot ovat tässäkin tarkastelussa mielenkiintoisia – tukkakoskelolla koiraiden osuus on pienentynyt tilastollisesti merkitsevästi, isokoskelolla koiraiden osuus on kasvanut tilastollisesti merkitsevästi ja uivelolla taas ei ole havaittavissa muutosta. Uivelolla alkupään jakson otoskoko on pieni, mutta iso- ja tukkakoskelolla alkupään jaksollakin on määritetty sukupuolelleen yli 1500 yksilöä. Pienet erot iso- ja tukkakoskelon pesimäalueissa ja pesimisbiologiassa (esim. Valkama ym. 2011) voisivat aiheuttaa lajeille keskenään erilaisia saalistuspaineita ja johtaa erisuuntaisiin muutoksiin, mutta tämä on lähinnä arvailua. On hyvä huomata, että jälkimmäisellä jaksolla lajien jakaumat olivat toisiaan vastaavat (57% koiraita), ja ero muutoksen suunnassa aiheutuu alkujakson jakaumien eroista.

Tukkasotkalla havaittiin tässä aineistossa tilastollisesti merkitsevä koiraiden suhteellisen määrän pieneneminen, vaikka pesimäalueilla Etelä-Suomessa tehdyissä seurannoissa on saatu viitteitä päinvastaisesta eli koiraiden suhteellisen osuuden kasvusta (Pöysä ym. 2019). Myös Woodin ym. (2021) aineistossa ja mallinnuksissa koiraiden osuus Briteissä talvehtivista tukkasotkista on ollut kasvussa. Toisaalta Christensenin ja Foxin (2014) tanskalaisessa metsästysaineistossa koiraiden osuus on pienentynyt 1980-luvulta 2000-luvulle, joka näyttäisi ensikatsomalta tukevan tämän tutkimuksen tulosta. Olen samaa mieltä Christensenin ja Foxin (2014) kanssa, että aidon populaation sukupuolijakauman muuttumisen sijaan heidän havaitsemansa muutos kuvaa lajin talvehtimisalueen siirtymistä pohjoisemmaksi, jolloin aiempaa isompi osa koiraista ei muuttomatkallaan etene Tanskaan ”asti”. Tätä olettamusta tukee myös talvehtivien tukkasotkien määrän voimakas lisääntyminen samalla jaksolla lajin talvehtimisalueen pohjoisreunalla Suomessa (Lehikoinen ym. 2013). Tämäkin kertoo siitä, kuinka vaikeaa sukupuolijakaumien tutkiminen on ja kuinka tarkkana pitää olla siitä, mitä mikäkin aineisto mittaa.

Punasotkalla tilanne on suurelta osin sama kuin tukkasotkalla. Aineistossani koiraiden osuus on pienentynyt tilastollisesti merkitsevästi, joskin siitä huolimatta jakauma on jälkimmäiselläkin jaksolla yhä voimakkaasti koirasvoittoinen (66% koiraita). Pöysän ym. (2019) aineistossa lajin eteläsuomalaisilla pesimäalueilla tehdyissä laskennoissa jakauma ei ollut muuttunut ainakaan tilastollisesti merkitsevästi. Bridesin ym. (2017) mukaan koiraiden osuus Euroopan ja Pohjois-Afrikan talvehtivassa populaatiossa on sen sijaan kasvanut 1980-luvun lopun ja vuoden 2016 välillä 62 prosentista 71 prosenttiin.

Monet käsitellyt lajit ovat uhanalaisia (Taulukko 1), mutta mahdollinen sukupuolijakauman muutos ei tämän tutkimuksen perusteella vaikuttaisi olevan yhteydessä lajien kannanmuutoksiin, koska taantuvilla lajeilla havaittiin sekä koirasosuuden laskua (punasotka, tukkasotka, tukkakoskelo) että nousua (haahka, isokoskelo) (Pöysä ym. 2013, Lehikoinen ym. 2008a).

Tämän analyysin osin yllättävien ja monilta osin myös kirjallisuudessa esitetyistä eroavien tulosten johdosta on aiheellista esittää kysymys: voisivatko ’oudot’ tulokset (eli, että monella lajilla koiraiden osuus näyttäisi pienentyneen eikä päinvastoin) selittyä tämän aineiston vajavaisuuksilla? Vastaus kysymykseen lienee, että tätä on vaikeaa varmuudella tietää, mutta joitain kenties relevantteja spekulaation aiheita voidaan nostaa.

Etenkin alkujaksolla eli vuosien 1981–1997 yhdistetyssä aineistossa otoskoot eli sukupuolelleen määritettyjen lintujen määrät jäävät monilla lajeilla melko pieniksi, joka pienentää näistä laskettujen sukupuolijakaumien ja sitä kautta myös koko aikavertailutarkastelun luotettavuutta. Tämä on yleinen ilmiö pitkiä aikasarjoja käytettäessä: vain sitä aineistoa voidaan käyttää, jota joskus taannoin on kerätty. Tässä tapauksessa aikavertailuanalyysin tulosten luotettavuuteen pitää tämän takia kuitenkin suhtautua jonkin verran varauksella.

Aineiston keruuseen liittyy myös potentiaalinen harhalähde: lintuharrastusoptiikka on kehittynyt paljon 1980-luvun alusta 2010-luvulle. Kiikareiden ja etenkin kaukoputkien kuvanlaatu on parantunut, ja kaukoputkiin on nykyään yleisesti saatavilla laadukkaita, 60-kertaisesti tai enemmänkin suurentavia okulaareja, joita vielä 1980-luvulla ei ollut. Tämä on voinut vaikuttaa esimerkiksi niin, että 1980- ja 1990-luvuilla kyettiin määrittämään

sukupuolia vain pienemmistä muuttoparvista, ja isommat parvet jäivät todennäköisesti useammin kirjatuksi ilman sukupuolimäärityksiä. 2000-luvulla on paremman optiikan turvin kyetty ehkä useammin määrittämään sukupuolia myös suuremmista parvista. Tätä potentiaalista harhaa voisi yrittää ottaa huomioon ottamalla myös parvikoot mukaan tarkasteluun, mutta sitä ei tässä tutkimuksessa tehty. Jos työtä tämän aineiston kanssa joskus jatketaan, niin tämä olisi kuitenkin yksi mielenkiintoinen lisätarkastelun kohde.

4.3 Pesimäalueen pohjoisuus

Sukupuolijakauman ja pesinnän pohjoisuuden välille saatiin analyyseissä hypoteesin mukaisesti korrelaatio sekä lineaarisella regressiomallilla että lajien sukulaisuussuhteet huomioon ottavalla lineaarisella mallilla. Käytännössä siis keskimäärin pohjoisempana pesivillä lajeilla sukupuolijakauma on vähemmän koirasvoittoinen ja etelämpänä pesivillä lajeilla puolestaan enemmän koirasvoittoinen.

Pesimäalueen pohjoisuuden ja sukupuolijakaumien vinoutumisen yhteyttä ei ilmeisesti ole tutkittu aiemmin, joten kirjallisuus ei tarjoa saadulle tulokselle vertailukohtia. Saatu tulos tukee esitettyä hypoteesia ja muiden saamia tuloksia (mm. Holopainen ym. 2024, Bellebaum & Mädlow 2015, Lehikoinen 2008a, Jaatinen ym. 2022), että petojen saalistuksella ja niiden aiheuttamalla naaraiden pesimäaikaisella kuolleisuudella olisi vaikutusta sorsalintujen kantoihin ja myös vinoutuneiden sukupuolijakaumien muodostumiseen.

Monet pesiviä naaraita saalistavat pedot, muun muassa kettu ja supikoira, liikkuvat vain maata pitkin, ja siten edellä esitetyn perustelun voi kenties yrittää kyseenalaistaa koloissa pesivien lajien osalta. Analyysissä mukana olleista kahdesta vain koloissa pesivästä lajista etelämpänä pesivällä telkällä koiraiden osuus oli 55%, joka erosi merkitsevästi 50:50-suhteesta, ja pohjoisempana pesivällä uivelolla 52%, joka ei eronnut 50:50-suhteesta. Norjassa on todettu puihin kiipeävän ja pesiä ryöstävän näädän tappavan samalla myös jonkin verran telkkäemoja (Sonerud ym. 2023) ja Saksassa myös koloissa pesivällä mandariinisorsalla naaraiden pesimäaikainen kuolleisuus näytti selittävän täysin tai lähes täysin populaation koirasvoittoisen sukupuolijakauman (Bellebaum & Mädlow 2015).

Nämä antavat viitteitä siitä, että pesimäaikaisella naaraiden kuolleisuudella on merkitystä myös koloissa pesivillä lajeilla.

Analyysin epävarmuustekijöistä voi esittää kysymyksen, miksi pesinnän keskimääräisiä pohjoiskoordinaatteja määrittäessä käytettiin aineistona Suomen kolmatta lintuatlasta, kun oikeasti vähintään joku, ehkä merkittäväkin, osa Hangon ohi keväällä muuttavista sorsalinnuista pesii Venäjän taigalla tai tundralla. Saatavilla olisi myös Euroopan toisen lintuatlaksen (European Breeding Bird Atlas, EBBA) aineisto, joka sisältää myös Euroopan puoleisen Venäjän (EBCC 2022). Suomen lintuatlasaineisto on laadultaan korkealaatuista tuhansien havainnoitsijoiden ansiosta, ja huomattavasti kattavampaa kuin aukkoinen Venäjän atlasaineisto. Lisäksi Suomen atlasaineiston ruutukoko on 10 km x 10 km ja EBBA:n 50 km x 50 km, joten Suomen aineisto on myös tarkempaa. Silmämääräisen karttatarkastelun (https://ebba2.info/maps/) perusteella tulokset pesinnän keskimääräisen pohjoisuuden osalta (kun huomioidaan leveyspiirit Suomen etelärannikon tasalta pohjoiseen) eivät olisi ainakaan suuresti eronneet nyt saaduista, jos Suomen atlasaineiston sijaan olisi käytetty EBBAn tietoja. Lisäksi esimerkiksi Hangon ohi muuttavat haahkat eivät muuta Itämerta pidemmälle, kun taas EBBAn kartat kattaisivat myös Atlantin ja Jäämeren kannat.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen perusteella kevätmuuttoaineiston käyttö sukupuolijakaumien määrittämisessä ja seurannassa voisi olla yksi ’työkalu’ ja menetelmä muiden joukossa, jolla voitaisiin jatkossa seurata aiempaa tarkemmin sorsalintujen sukupuolijakaumia. Sorsalintujen sukupuolijakaumien ja niiden muutosten tarkempaa seurantaa osaksi kannanseurantoja ovat viime vuosina toivoneet myös muun muassa Fox ja Christensen (2018) sekä Wood ym. (2021). Millään yksittäisellä menetelmällä ei kuitenkaan ole helppoa saada täyttä kuvaa varsinkaan koko populaation tason sukupuolijakaumista tai niihin johtaneista syistä.

Petojen pesimäaikaisella saalistuksella on jo aiemmin todettu olevan vaikutuksia sorsalintujen pesimämenestykseen (esim. Holopainen ym. 2024) ja tiedetään myös, että pedot

tappavat pesiä ryöstäessään myös naaraita (esim. Sonerud ym. 2023), ja erityisesti vieraspedot ovat todennäköisesti usein ongelmallisia (esim. Jaatinen ym. 2022). Tämä tutkimus lisää todistusaineistoa siitä, että pesimäaikainen saalistus on todennäköisesti tärkeä tekijä sorsalintujen sukupuolijakaumien muokkautumisessa.

Sorsien sukupuolijakaumista ja niiden kehittymisestä tiedetään useimpien lajien osalta yhä melko vähän. Kannustan siis kaikkia sorsalintuaineistoa keräämään jatkossa entistä aktiivisemmin tietoa myös havaittujen sorsalintujen sukupuolista sekä myös tallentamaan ja saattamaan helposti käytettäväksi mahdollisesti arkistoista löytyvää historiallista aineistoa. Tässä tutkimuksessa olen mielestäni todistanut, että myös muutonseurantapaikalla ohi muuttavista linnuista kerätty sukupuoliaineisto voi olla hyödyllistä sukupuolijakaumien määrittämisessä, vaikka kaikkia ohi muuttavia lintuja ei kyettäisikään määrittämään sukupuolelleen.

Työtä voisi jatkaa myös Hangon lintuaseman sorsalintujen sukupuolijakauma-aineiston parissa, kunhan aineisto toivottavasti lähiaikoina tulee kokonaisuudessaan saataville helposti käsiteltävässä muodossa. Vaikka aineisto on 1980- ja 1990-lukujen osalta jonkin verran aukkoista ja sukupuolelleen määritettyjen lintujen otokset suhteellisen pieniä, niin etenkin noin vuodesta 2004 lähtien sukupuolelleen on määritetty jo melko paljon vesilintuja, ja tätä kirjoittaessani tätä parempaa aineistoa on kasassa jo 20 vuoden ajalta.

Kenties useampien seurantamenetelmien aineistoja yhdistelemällä ja uutta aineistoa laajemmin keräämällä voitaisiin tulevaisuudessa päästä tilanteeseen, jossa Euroopan sorsalintujen sukupuolijakaumat ja niiden kehitys tunnettaisiin luotettavasti. Viimeistään siinä vaiheessa tieto voitaisiin ottaa laajasti huomioon myös kannanhoitoa suunnitellessa. Esimerkiksi Alexander ja Taylor (1983) ovat jo useita vuosikymmeniä sitten ehdottaneet Pohjois-Amerikassa sukupuolijakaumaltaan koirasvoittoiselle isopunasotkalle kannanhoidollista mallia, jossa metsästystä kohdennettaisiin koiraisiin esimerkiksi tiukentamalla suojelua talvehtimisalueen eteläosissa, jossa naaraita on suhteessa enemmän. Metsästettävät sorsakannat ovat valtioiden rajoista vähät välittävä yhteinen resurssi ja kannanhoitosuunnitelmissa tulisi tehokkaammin hyödyntää pitkäaikaisia seuranta-aineistoja kannan rakenteesta.

6. LÄHTEET

Alexander, W.C. 1983. Differential sex distributions of wintering diving ducks (Aythyini) in North America. American Birds 37(1):26–29.

Alexander, W.C. & Taylor, R.J. 1983. Sex ratio and optimal harvest of canvasback ducks, a model. Ecol. Modelling 19:285–298. doi: 10.1016/0304-3800(83)90044-3

Almkvist, B., Andersson, Å., Jogi, A., Pirkkola, M.K., Soikkeli, M. & Virtanen, J. 1975. The number of adult eiders in the Baltic Sea. Wildfowl 25:89–94.

Ancona, S., Dénes, F.V., Krüger, O., Székely, T., Beissinger, S.R. 2017. Estimating adult sex ratios in nature. Phil. Trans. R. Soc. B 372: 20160313. http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2016.0313

Anderson, B.W. & Timken, R.L. 1972. Sex and Age Ratios and Weights of Common Mergansers. Journal of Wildlife Management 36(4):1127–1133. https://doi.org/10.2307/3799241

Bellebaum, J. & Mädlow, W. 2015. Survival explains sex ratio in an introduced Mandarin Duck Aix galericulata population. Ardea 103: 183–187. doi: 10.5253/arde.v103i2.a7

Bellrose, F.C., Scott, T.G., Hawkins, A.S. & Low, J.B. 1961. Sex ratios and age ratios in North American ducks. Natural History Survey Bulletin. 26:391–474.

Blums, P. & Mednis, A. 1996. Secondary Sex Ratio in Anatinae. The Auk 113(2):505–511. https://doi.org/10.2307/4088920

Brides, K., Wood, K.A., Hearn, R.D. & Fijen, T.P.M. 2017. Changes in the sex ratio of the Common Pochard *Aythya ferina* in Europe and North Africa. Wildfowl. 67:100–112.

Brommer, J.E., Lehikoinen, A. & Valkama, J. 2012. The Breeding Ranges of Central European and Arctic Bird Species Move Poleward. PLoS ONE 7(9): e43648. doi: 10.1371/journal.pone.0043648

Campredon, P. 1983. Sexe et age ratios chez le canard siffleur Anas penelope L. en période hivernale en Europe de l'ouest. Rev. Ecol. (Terre Vie) 37:117–128

Carbone, C. & Owen, M. 1995. Differential migration of the sexes of Pochard Aythya ferina: results from a European survey. Wildfowl 46:99–108.

Christensen, T.K. & Fox, A.D. 2014. Changes in age and sex ratios amongst samples of hunter-shot wings from common duck species in Denmark 1982–2010. Eur. J. Wildl. Res. 60:303–312. doi: 10.1007/s10344-013-0787-7

Darwin, Charles, 1809-1882. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. London: John Murray, 1859.

Desholm, M., Christensen, T.K., Scheiffarth, G., Hario, M., Andersson, Å., Ens, B., Camphuysen, C.J., Nilsson, L., Waltho, C.M., Lorentsen, S-H., Kuresoo, A., Kats, R.K. H., Fleet, D.M. & Fox, A.D. 2002. Status of the Baltic/Wadden Sea population of the Common Eider Somateria m. mollissima. Wildfowl 53:167–203.

Donald, P.F. 2007. Adult sex ratios in wild bird populations. Ibis 149: 671–692. https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2007.00724.x

EBCC. 2022. European Breeding Bird Atlas 2 website. European Bird Census Council. Saatavilla: http://ebba2.info [Viitattu 2.11.2024]

Ekroos, J., Fox, A.D., Christensen T.K., Petersen I.K., Kilpi, M., Jónsson, J.E., Green, M., Laursen, K., Cervencl, A., de Boer, P., Nilsson, L., Meissner, W., Garthe, S. & Öst, M. 2012a. Declines amongst breeding Eider Somateria mollissima numbers in the Baltic/Wadden Sea flyway. Ornis Fennica 89:81–90. https://doi.org/10.51812/of.133795

Ekroos, J., Öst, M., Karell, P., Jaatinen, K. & Kilpi, M. 2012b. Philopatric predisposition to predation-induced ecological traps: habitat-dependent mortality of breeding eiders. Oecologia 170: 979–986. https://doi.org/10.1007/s00442-012-2378-9

Emlen, S.T. & Oring, L.W. 1977. Ecology, sexual selection, and the evolution of mating systems. Science 197:215–223. doi: 10.1126/science.327542

Ewen, J.G., Cassey, P. & Møller, A.P. 2004. Facultative primary sex ratio variation: a lack of evidence in birds? Proc. R. Soc. Lond. B 2750:50277–1282. https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2735

Fischer, R.A. 1930. The Genetical Theory of Natural Selection. Oxford University Press, Oxford. 291 s.

Fox, A.D. & Christensen, T.K. 2018. Could falling female sex ratios among first-winter northwest European duck populations contribute to skewed adult sex ratios and overall population declines? Ibis 160:929–935. doi: 10.1111/ibi.12649

Godfray, H.C.J. 1994. Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology. Princeton University Press, Princeton, NJ. 473 s.

Greene, T. & Fraser, J. 1998. Sex ratio of North Island Kaka (Nestor meridionalis septentrionalis), Waihaha ecological area, Pureora forest park. New Zealand journal of ecology. 22(1):11–16

Greenwood, P.J. 1980. Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. Animal behaviour 28(4):1140–1162. https://doi.org/10.1016/S0003-3472(80)80103-5

Hario, M. & Selin, K. 1986. Mitä pesinnän ajoittuminen kertoo haahkan menestymisestä Suomenlahdella? Suomen Riista 33:19–25.

Hario, M. & Rintala, J. 2007. Tiirojen, sotkien, naurulokin ja haahkan kannankehitys rannikoilla 1986-2006. Linnut-vuosikirja 2006:36–42.

Hawkins, A. 1940. Sex and age ratios in ducks. Research News, October

Helle, P., Kurki, S. & Linden, H. 1999. Change in the sex ratio of the Finnish capercaillie Tetrao urogallus population. Wildlife Biology 5:25–31. doi: 10.2981/wlb.1999.005

Holopainen, S., Jaatinen, K., Laaksonen, T., Lindén, A., Nummi, P., Piha, M., Pöysä, H., Toivanen, T., Väänänen, V.-M., Alhainen, M. & Lehikoinen, A. 2024. Anthropogenic bottom-up and top-down impacts on boreal breeding waterbirds. Ecology and Evolution 14: e11136. https://doi.org/10.1002/ece3.11136

Iverson, S.A., Smith, B.D. & Cooke, F. 2004. Age and sex distributions of wintering Surf Scoters: Implications for the use of age ratios as an index of recruitment. Condor 106(2):252–262. https://doi.org/10.1093/condor/106.2.252

Jaatinen, K., Hermansson, I., Mohring, B., Steele, B.B., & Öst, M. 2022. Mitigating impacts of invasive alien predators on an endangered sea duck amidst high native predation pressure. Oecologia, 198(2):543-552. https://doi.org/10.1007/s00442-021-05101-8

Johnson, D.H. & Sargeant, A.B. 1977. Impact of red fox predation on the sex ratio of prairie mallards. U.S. Fish and Wildl. Serv. Wildl. Res. Rep. 6. 55s.

Kilpi, M., & Öst, M. 2002. Merikotkan vaikutus Tvärminnen haahkakantaan. Suomen Riista 48: 27–33.

Kilpi, M., Öst, M., Lehikoinen, A., & Vattulainen, A. 2003. Male sex bias in eiders Somateria mollissima during spring migration into the Gulf of Finland. Ornis Fennica 80:137–142.

Komdeur, J. & Pen, I. 2002. Adaptive sex allocation in birds: the complexities of linking theory and practice. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 357:373–380. https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0927

Komdeur, J., Daan, S., Tinbergen, J. & Mateman, C. 1997. Extreme adaptive modification in sex ratio of the Seychelles Warbler's eggs. Nature 385:522–525. https://doi.org/10.1038/385522a0

Le Galliard, J., Fitze, P.S., Ferrie`re, R., & Clobert, J. 2005. Sex ratio bias, male aggression, and population collapse in lizards. PNAS 102:18231-18236. https://doi.org/10.1073/pnas.0505172102

Lehikoinen A., Christensen T.K., Öst, M., Kilpi M., Saurola, P. & Vattulainen, A. 2008a. Large-scale change in the sex ratio of a declining eider Somateria mollissima population. Wildlife Biology 14:288–301. https://doi.org/10.2981/0909-6396(2008)14[288:LCITSR]2.0.CO;2

Lehikoinen, A., Öst, M., Holmén, T., & Kilpi, M. 2008b. Does sex-specific duckling mortality contribute to male bias in adult common eiders? The Condor 110(3): 574–578. https://doi.org/10.1525/cond.2008.8574

Lehikoinen, A., Jaatinen, K., Vähätalo, A., Clausen, P., Crowe, O., Deceuninck, B., Hearn, R., Holt, C.A., Hornman, M., Keller, V., Nilsson, L., Langendoen, T., Tománková, I., Wahl, J. & Fox, A.D. 2013. Rapid climate driven shifts in wintering distribution of three waterbird species. Global Change Biology 19: 2071–2081.

Lehikoinen, A., Rintala, J., Lammi, E. & Pöysä, H. 2016: Habitat-specific population trajectories in boreal waterbirds: alarming trends and bioindicators for wetlands. Animal Conservation 19: 88–95.

Lehikoinen, A., Aintila, A., von Hertzen, J., Karimaa, H., Kivimäki, H., Laitasalo, J., Lampinen, M., Nevanlinna, R., Tirri, I., Soilevaara, K. & Välimäki, K. 2019: Hangon lintuaseman toimintasuunnitelma vuosille 2019–2028. Tringa 46: 43–62.

Leopold, A 1933. Game Management. Charles Scribner's Sons, New York. 481s.

Lincoln, F.C. 1932. Do drakes outnumber susies? American Game 21:3–4 ja 16–17.

Mayr, E. 1939. The sex ratio in wild birds. Am. Nat. 73(745):156–179.

Nichols, J.D. & Haramis, G.M. 1980a. Inferences regarding survival and recovery rates of winter-banded Canvasbacks. J. Wildl. Manage. 44:164–173

Nichols, J.D. & Haramis, G.M. 1980b. Sex-specific differences in winter distribution patterns of Canvasbacks. Condor 82:406–416.

Nilsson, L. 1970. Local and seasonal variation in sex-ratios of diving ducks in south Sweden during the non-breeding season. Ornis Scandinavica 50:5015–128. https://doi.org/10.2307/3676029

Owen, M. & Dix, M. 1986. Sex ratios in some common British wintering ducks. Wildfowl 37:104–112.

Paradis, E. & Schliep, K. 2019. ape 5.0: an environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R. Bioinformatics 35:526–528. doi: 10.1093/bioinformatics/bty633

Perdeck, A.C. & Clason, C. 1983. Sexual differences in migration and winter quarters of ducks ringed in the Netherlands. Wildfowl 34:137–143.

Petrides, G.A. 1944. Sex Ratios in Ducks. Auk 61(4):564–571.

Pinheiro, J., Bates, D., R Core Team. 2023. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-164. https://CRAN.R-project.org/package=nlme

Pöysä, H., Rintala, J., Lehikoinen, A., Väisänen, R.A. 2013. The importance of hunting pressure, habitat preference and life history for population trends of breeding waterbirds in Finland. European Journal of Wildlife Research 59: 245–256. https://doi.org/10.1007/s10344-012-0673-8

Pöysä, H., Jalava, K. & Paasivaara, A. 2016. Generalist predator, cyclic voles and cavity nests: testing the alternative prey hypothesis. Oecologia 182:1083–1093. doi: 10.1007/s00442-016-3728-9

Pöysä, H., Linkola, P. & Paasivaara, A. 2019. Breeding sex ratios in two declining diving duck species: between-year variation and changes over six decades. Journal of Ornithology 160:1015–1023. https://doi.org/10.1007/s10336-019-01682-7

R Core Team. 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

Ramula, S., Öst, M., Lindén, A., Karell, P. & Kilpi. M. 2018. Increased male bias in eider ducks can be explained by sex-specific survival of prime-age breeders. PLos ONE 13(4): e0195415. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195415

Salminen, A. 1983. Suomen sorsalinnut: määritysopas. Lintutieto, Helsinki. 206 s.

Sheldon, B.C. 1998. Recent studies on avian sex ratios. Heredity 80:397–402. https://doi.org/10.1046/j.1365-2540.1998.00374.x

Sonerud, G.A., Grønlien, H.E., & Steen, R. 2023. Pine marten predation of common goldeneye nests: Effects of cavity age and habitat override any effect of microtine rodent abundance. Ecology and Evolution, 13(10), e10643. https://doi.org/10.1002/ece3.10643

Steele, B., Lehikoinen, A., Öst, M., & Kilpi, M. 2007. The cost of mate guarding in the common eider. Ornis Fennica 84:49–56.

Steifetten, Ø. & Dale, S. 2006. Viability of an endangered population of ortolan buntings: The effect of a skewed operational sex ratio. Biological conservation 132:88–97. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.03.016

Stjernberg, T., Koivusaari, J., Högmander, J., Ollila, T. & Ekblom, H. 2005. Suomen merikotkat 2003-2004 – kanta vahvistuu edelleen. Linnut-vuosikirja 2004:14–19.

Swennen, C., Duiven, P., & Reyrink, L.A. 1979. Notes on the sex ratio in the common eider Somateria mollissima (L.). Ardea 67:54–61.

Székely T., Liker A., Freckleton R.P., Fichtel C., Kappeler P.M. 2014. Sex-biased survival predicts adult sex ratio variation in wild birds. Proc. R. Soc. B 281: 20140342. http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.0342

Tiainen, J., Mikkola-Roos, M., Below, A., Jukarainen, A., Lehikoinen, A., Lehtiniemi, T., Pessa, J., Rajasärkkä, A., Rintala, J., Sirkiä, P.M., & Valkama, J. 2016. Suomen lintujen uhanalaisuus 2015. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. 49 s.

Valkama, J., Vepsäläinen, V. & Lehikoinen, A. 2011: Suomen III Lintuatlas. – Luonnontieteellinen keskusmuseo ja ympäristöministeriö. https://atlas3.lintuatlas.fi [viitattu 17.10.2024] ISBN 978-952-10-6918-5.

Virkkala, R. & Lehikoinen, A. 2014. Patterns of climate-induced density shifts of species: poleward shifts faster in northern boreal birds than in southern birds. Global change biology 20(10):2995–3003

Wapstra, E. & Warner, D.A. 2009. Sex allocation and sex determination in squamate reptiles. Sexual Development 4(1–2):110–118. doi: 10.1159/000272459

Wood, K.A., Brides, K., Durham, M.E. & Hearn, R.D. 2021. Adults have more male-biased sex ratios than first-winter juveniles in wintering duck populations. Avian Res 12:51. https://doi.org/10.1186/s40657-021-00286-1

Yocom, C.F. 1949. A Study of Sex Ratios of Mallards in the State of Washington. Condor 51(5):222–227