



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

**Etähallittavan ja tallentavan kamerajärjestelmän kehittäminen ja
käyttö lintulajien vierailun havainnointiin rannikon
kalankasvatuslaitoksilla**

Antti Ovaskainen

Biologia (ekologia ja evoluutiobiologia)

Pro gradu -tutkielma

Laajuus: 30 op

Ohjaajat:

Veijo Jormalainen

Toni Laaksonen

11.3.2024

Turku

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

Pääaine: Biologia

Tekijä: Antti Ovaskainen

Otsikko: Etähallittavan ja tallentavan kamerajärjestelmän kehittäminen ja käyttö lintulajien vierailun havainnointiin rannikon kalankasvatuslaitoksilla

Ohjaajat: Veijo Jormalainen, Toni Laaksonen

Sivumäärä: 46 sivua

Päivämäärä: 11.3.2024

Merialueilla elävät lintulajit jakavat elinympäristönsä kalataloudellisen toiminnan kanssa. Monet näistä lintulajeista hyödyntävät kalanviljelylaitoksilla viljeltyä kalaa ravinnonlähteenään, tai tuotantolaitoksen rakenteita lepopaikkanaan. Lintulajien esiintymistä kalankasvatuslaitoksilla ei ole tutkittu aikaisemmin Suomessa, ja myös maailmanlaajuisesti tutkimustieto aiheesta on puutteellista. Tämän työn tavoitteena oli kehittää, rakentaa ja asentaa merialueen kalankasvatuslaitoksille etähallittava- ja tallentava kamerajärjestelmä. Tavoitteena oli käyttää järjestelmää selvittämään lintulajien alueellista ja ajallista esiintyvyyttä tuotantolaitoksilla. Tässä tutkimuksessa käytetty videokuva-aineisto kerättiin kesä-lokakuussa 2022. Seurantatutkimuksen aineisto kattoi yhteensä 51 havaintopäivää, joilta materiaalia käytiin läpi 1105 tuntia. Kamerajärjestelmä toimi erinomaisesti koko tutkimusjakson ajan, ja katkokset kuvadatan keräämisessä olivat vähäisiä. Järjestelmän etähallintaominaisuudet mahdollistivat kuvan ja laitteiston hienosäätämisen tarvittaessa ja järjestelmä osoittautui huoltovapaaksi sekä toimintavarmaksi. Kalakasseihin suunnitellut kiinnitysjärjestelmät toimivat suunnitellusti. Videomateriaalista tehtiin yhteensä 4548 lintuhavaintoa. Tutkimuksessa lukumääräisesti eniten havaintoja tuli harmaahaikarasta, variksesta ja naurulokista. Jatkotarkastelussa keskityin kalataloudelle haitallisiksi koettuihin harmaahaikaraan ja merimetsoon. Harmaahaikaran esiintyminen painottui elokuulle, merimetson syyskuulle. Valtaosan ajasta laitoksilla ei esiintynyt kyseisiä lintuja. Ajoittain ja tietyillä kasvatuslaitoksilla kyseisten lintujen määrät saattoivat hetkellisesti kasvaa merkittävän suuriksi, erityisesti harmaahaikaran kohdalla. Linnut vaikuttavat suosivan laitoksia, joissa on niille sopivan kokoista kalaa syötäväksi ja jossa linnut pääsevät ruokailemaan joko ohittamalla lintusuojaverkot, tai lintusuojaverkkojen puuttuessa. Harmaahaikaroita havaittiin toistuvasti useita kymmeniä kasvatuslaitoksella, jossa kasvatettiin pienikokoista poikaskalaa. Merimetso- ja harmaahaikara kykenevät generalisteina hyödyntämään laajalti erikokoista kalaa ja niitä esiintyi niin pieni- kuin suurikokoista kalaa sisältävillä laitoksilla. Oletettavasti vähäisinä määrinä esiintyessään lintujen aiheuttamat vahingot jäävät pieniksi, mutta suurina määrinä esiintyessään vahingot voivat kasvaa mittaviksi. Kalankasvatuslaitokset vaikuttavat toimivan houkuttimina kalaa ravinnokeeseen käyttäville lintulajeille.

AVAINSANAT: linnut, merialueet, Itämeri, kalatalous, kalankasvatus, esiintyvyys, kameratutkimus, kalantuotanto, kalankasvatuslaitos, merimetso, harmaahaikara

Sisällys

1. Johdanto.....	1
1.1. Kalankasvatus ja linnut	1
1.1.1. Linnut uhkakuvana kalankasvatuslaitoksille.....	2
1.1.2. Kalankasvatuslaitoksien vaikutukset lintuihin.....	3
1.2. Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	6
2. Aineisto ja menetelmät	7
2.1. Aineisto	7
2.2. Tutkimuskohteet.....	7
2.3. Menetelmät.....	8
2.3.1. Tutkimuslaitteiston kehittäminen ja rakentaminen	8
2.3.2. Kuvadatan siirto ja tallennus sekä kameralaitteiston etähallinta.....	14
2.3.3. Videoanalyysi ja aineiston otanta.....	16
2.3.4. Tilastolliset menetelmät	19
3. Tulokset.....	20
3.1. Tutkimuskameralaitteiston toiminta.....	20
3.2. Lintuseurannan tulokset	22
3.3. Lintujen alueellinen esiintyvyys	28
3.4. Lintujen ajallinen esiintyvyys	31
4. Pohdinta.....	35
Kiitokset.....	42
Lähteet	43

1. Johdanto

1.1. Kalankasvatus ja linnut

Globaalit kalasaaliit ovat vähentyneet kalakantojen romahdettua ylikalastuksen, saasteiden, huonon hoidon ja ilmastonmuutoksen seurauksena, mikä on johtanut kalankasvatuksen lisääntymiseen korvaavana kalantuotannon lähteenä (FAO 2022). Barrett ym. (2019) mukaan linnuista yleisimpiä vieraita eurooppalaisilla kalankasvatustiloilla ovat siellä saalistavat merimetso (*Phalacrocoracidae*) ja haikarat (*Ardeidae*). Lintujen levinneisyyteen vaikuttaa yleisesti niiden saatavilla olevat resurssit (Rönkä 2008, Hildén 1965, Cody 1985, von Numers 1995). Kalankasvatustiloihin kalat, kalojen ulosteet ja ruokinnan jälkeen syömättä jäänyt kalanrehu lisäävät energian määrää paikallisessa meriympäristössä (Ballester-Moltó ym. 2017). Lisääntynyt ravinnonmäärä, kasvaneet energiavirrat ja tuotantolaitosten tarjoamat fyysiset rakenteet luovat meriympäristöön uudenlaisen ekosysteemin, joka toimii tehokkaana houkuttimena lähiympäristön eläinlajeille, kuten kaloille ja linnuille (Sánchez-Jerez ym. 2011; Beveridge, 1987; Aguado-Giménez ym. 2016; Callier ym. 2018). Kalankasvatustiloihin luoma keinotekoinen ekosysteemi voi muuttaa alueen biodiversiteettiä ja vaikuttaa lajien käyttäytymiseen. (López ym. 2008; Ballester-Moltó ym. 2017; Lopez 2017). Kalankasvatustilat vaikuttavat eliöyhteisöön erilaisten suorien ja epäsuorien mekanismien välityksellä, joista osa toimii eläinten houkuttelun sijaan niitä karkottavana mekanismina (Callier ym. 2018).

Kalantuotannon ja eläinten kohtaaminen on johtanut useisiin konflikteihin, jotka vaikuttavat kärjistyvän erityisesti kalaa syövien petojen ja kalantuotannon yhteentörmäyksenä (Adamek 2022; Conte 2013; Cowx 2013; Beveridge 2002; FAO 1989). Kalaa ravintonaan käyttävät linnut voivat aiheuttaa kalankasvatustiloihin suoraa vahinkoa vahingoittamalla kasvatettavia kaloja nokkimalla ja tappamalla kaloja saaliiksi, sekä vaurioittamalla tuotantolaitoksilla olevaa infrastruktuuria, kuten verkkoja (Barrett ym. 2019; Manikowska-Ślepowrońska ym. 2016; Conte & Salmon 1994). Tämän lisäksi kustannuksia tuovat suojaverkkojen hankinnat ja niiden ylläpitoon liittyvät työtehtävät, sekä suojaverkkoon takertuneiden lintujen poistaminen. Linnut voivat aiheuttaa taloudellisia tappioita myös epäsuorasti heikentämällä kalojen kasvua ja aiheuttamalla välillisesti ylimääräisiä kalakuolemia, muun muassa lisäämällä kalojen stressiä

läsnäolollaan, häiritsemällä niiden ruokailua ja levittämällä tauteja (Lopez ym. 2017; Radwan 2022; Barrett ym. 2019).

Useimmat lintujen levinneisyyttä kalankasvatuslaitoksilla tarkastelevat tutkimukset koskevat laitoksia lampi- ja allasympäristöissä ja niiden lähialueen lintuja, eivätkä ole helposti verrattavissa Suomen rannikkoalueisiin tai meriympäristöön. Meriympäristön kalankasvatuslaitoksien ja lintujen välisestä tutkimuksesta valtaosa käsittelee näiden välistä interaktiota tai keskittyy yhteen tai muutamaankin tutkimuslajiin (Barrett ym. 2019), eikä niinkään tarkastele useamman lajin alueellista levinneisyyttä tai runsauksia. Osana tätä tutkielmaa esitän lyhyen katsauksen lintujen- ja kalankasvatuslaitoksien välisiin interaktioihin ja mekanismeihin, sekä tuon esille näiden mekanismien mahdollisia vaikutuksia merellisessä biosfäärissä toimivaan lintuyhteisöön ja siellä tapahtuvaan kalankasvatustoimintaan.

1.1.1. Linnut uhkakuvana kalankasvatuslaitoksille

Euroopan meri-, -kalatalous- ja vesiviljelyrahaston Suomen ohjelmassa 2021–2027 on listattu mahdollisia uhkakuvia vesiviljelylle. Yksi uhkakuva on merimetsojen ja muiden suojeltujen lintujen aiheuttamat kalataloudelliset tappiot ja vahingot (Luonnonvarakeskus 2021).

Linnut voivat aiheuttaa useita suoria ja epäsuoria riskejä kalatalouselinkeinolle, mukaan lukien:

1. Saalistus: Jotkin kaloja ravinnokseen käyttävät lintulajit, kuten lokit ja merimetsot voivat aiheuttaa suoria vahinkoja kalatalouselinkeinolle saalistamalla kasvatettuja kaloja ja vahingoittamalla niitä nokkimalla (Hauhia ym. 2023; Barrett ym. 2019),
2. Tautien levittäminen: Linnut voivat levittää viljeltyihin kaloihin viruksia, bakteereja ja loisia, mikä voi vaikuttaa negatiivisesti tuotantoon tappamalla kaloja ja heikentämällä kalojen terveyttä sekä kasvua. Lintujen kaloihin aiheuttamat vahingot lisäävät kalojen riskiä sairastua erilaisiin loisten, bakteerien, sienten ja viruksien aiheuttamiin tauteihin (Hauhia ym. 2023; Radwan 2022; Barrett ym. 2019; Lopez ym. 2017; Manikowska-Ślepowrońska ym. 2016; Conte & Salmon 1994; FAO 1989).
3. Likaaminen: Linnut voivat liata kalankasvatuslaitoksia tai läheisiä saaria ulosteellaan. Vesistöön ulosteiden mukana päätyneet ravinteet ja epäpuhtaudet voivat heikentää vedenlaatua paikallisesti ja sitä kautta vaikuttaa kasvatettujen kalojen terveyteen (Cowx 2013; Petkuvieni ym. 2019; Gorenzel ym. 1994)

4. Kasvun häirintä: Linnut voivat hidastaa kalojen kasvua häiritsemällä niiden ruokintaa tai kaloja ruokinnan aikana, jonka seurauksena häirinnästä stressaantuneet kalat lopettavat syömisen ja kalojen kasvu heikentyy (Lopez ym. 2017)
5. Fyysiset vahingot omaisuudelle: Linnut voivat aiheuttaa fyysisiä vahinkoja kalankasvatuslaitoksien infrastruktuuriin hajottamalla laitteistoa tai repimällä verkkoja ja rehusäkkejä, aiheuttaen taloudellisia vahinkoja ja normaalien ylläpito- ja huoltokustannuksien nousua (Gorenzel ym. 1994; Hauhia ym. 2023)

Merimetsot aiheuttavat suurimpia taloudellisia vahinkoja ja niiden aiheuttamia tappioita on raportoitu useissa tutkimuksissa (Barrett ym. 2019; Otieno 2019; Manikowska-Ślepowrońska ym. 2016; Kloskowski 2011a; Harris ym. 2008). Kalatalouteen kohdistuvien haittavaikutuksien lisäksi merialueilla liikkuvat tai sitä muulla tavoin hyödyntävät ihmiset saattavat kokea joidenkin lintulajien läsnäolon negatiivisesti. Esimerkiksi Stark (2020) havaitsi tutkielmassaan yleisenä piirteenä merimetsoa koskevissa mielipidekirjoituksissa maisemallisten, kalastoon ja hajuhaittoihin liittyvät negatiiviset kommentit.

1.1.2. Kalankasvatuslaitoksien vaikutukset lintuihin

Kalankasvatuslaitoksilla voi olla positiivisia tai negatiivisia vaikutuksia paikallisiin lintupopulaatioihin ja niiden yksilöihin. Eräitä mahdollisia vaikutuksia ovat:

1. Ravinnonlähde: Kalankasvatuslaitokset voivat toimia ruokalähteenä, erityisesti kaloja ravinnokseen käyttäville lintulajeille. Tuotantolaitoksien helposti saatavilla oleva ravinnonlähde voi kasvattaa paikallisten lintupopulaatioiden kokoa (Jiménez ym. 2013)
2. Torjuntatoimet: Lintujen aiheuttamien taloudellisten vahinkojen ehkäisemiseksi käytetään erilaisia ehkäisy- ja torjuntatoimia. Linnut saattavat vahingoittaa sotkeutumalla lintusuojaverkkoihin (Forrest ym. 2007)
3. Ympäristön saastuminen: Kalankasvatuslaitokset tuottavat päästöjä ympäröivään vesiekosysteemiin syömättä jääneen kalanrehun, kuolleiden kalojen, ulosteen ja muiden päästöjen muodossa. Kalankasvatuslaitoksilla syntyvät päästöt, kuten lisääntynyt ravinnekuormitus, voivat vaikuttaa pohjaeliöstön koostumukseen ja tämän seurauksena ravintoverkossa tapahtuvien muutoksien kautta heijastua myös lintupopulaatioihin. (Barrett ym. 2019; Neofitou ym. 2010; Yucel-Gier ym. 2007)
4. Tautien välittäminen: Kalankasvatuslaitokset voivat toimia tartuntatautien lähteenä linnuille ja muille eläinlajeille. Kalankasvatuslaitoksille kokoontuvat linnut saattavat välittää tartuntatauteja toisiin lintuihin, taudit saattavat siirtyä kasvatetuista kaloista lintuihin tai

villeihin kaloihin ja niiden välityksellä lintupopulaatioihin (Bouwmeester ym. 2021; Vennerström 2020; Johansen ym. 2011)

5. Vahingoittumisriski: Linnut voivat vahingoittua tai kuolla törmätessään kalankasvatuslaitoksen rakenteisiin, sotkeutuessaan kala- tai lintusuojaverkkoihin (Hyrenbach ym. 2020; Nemptsov ym. 2003; Forrest ym. 2007;) ja joutua sallitun tai luvattoman metsästyksen kohteeksi (Kloskowski 2011a).

Kalankasvatuslaitoksien ravinnepäästöt aikaansaavat ominaisuuksiltaan merkittävästi ympäristöstään eroavan habitaatin, mikä voi muokata alueen eliöyhteisöä (Lopez 2017). Merellisten kalankasvatuslaitoksien kalakassit houkuttelevat vapaana elävää kalaa laitoksien yhteyteen (Dempster ym. 2004). Vapaana luonnossa elävien ja kasvatettujen kalojen keskittyminen pienille alueille houkuttelee kaloja ravinnokseen käyttäviä saalistajia alueelle (Lopez 2017; Barrett ym. 2019).

Jimenez ym. (2013) esittää tutkimuksessaan lohikalojen kasvatuksen muuttavan lintulajien populaatorakenteita luomalla kannustimen käyttäytymismuutoksiin, kuten parveiluun kalankasvatuslaitoksilla ravinnon perässä. Kalankasvatuslaitoksille kokoontuessaan linnut saattavat välittää tartuntatauteja toisiin lintuihin, taudit saattavat siirtyä kasvatetuista kaloista lintuihin tai villeihin kaloihin ja niiden välityksellä lintupopulaatioihin (Bouwmeester ym. 2021; Vennerström 2020; Johansen ym. 2011). Linnut voivat kantaa esim. influenssaviruksia, jotka leviävät lintujen ulosteen mukana veteen ja sen välityksellä linnusta toiseen (Newton & Brockie 2007).

Kalankasvatus voi vaikuttaa lintupopulaatioihin muun muassa aiheuttamalla muutoksia saalislajien saatavuuteen, muuttamalla saaliin laatua tai määrää ja muuttamalla lajien välisiä kilpailuasetelmia. Kalankasvatuslaitoksista aiheutuva ravinnekuormitus voi pahimmillaan johtaa äkilliseen muutokseen lintujen habitaatissa, saatavilla olevassa kalaravinnossa ja pohjaeläinyhteisössä (Bell ym. 2022; Barrett ym. 2019; Neofitou ym. 2010; Yucel-Gier ym. 2007). Lisääntynyt ravinto voi johtaa villinä kasvavien kalakantojen kasaantumiseen kalankasvatuslaitoksien läheisyyteen ruokailemaan ja populaatioiden vahvistumiseen (Sanchez-Jerez ym. 2011). Luonnonkalapopulaatioiden kasvu saattaa vahvistaa niitä ravinnokseen käytävien lajien, kuten lintujen, populaatioita. Vaihtoehtoisesti lisääntynyt ravinto kalankasvatuslaitoksien läheisyydessä voi Sanchez-Jerez ym. (2011) mukaan vaikuttaa kalakantoihin myös negatiivisesti muuttamalla kalojen rasvaprosenttia ja niiden rasvahappokoostumusta, mikä voi taas heikentää niiden lisääntymiskykyä ja kalanpoikasten selviytymistä, sekä lisätä eräiden kalaloisien määrää. Kalakantojen heikkenemisellä voi olla

vaikutusta niitä ravinnoksi käyttävien lintulajien populaatioihin, mikäli ne eivät kykene löytämään vaihtoehtoisia ravinnonlähteitä.

Tutkimustieto kalankasvatuslaitoksien vaikutuksista lintulajien menestymiseen on Barrett ym. (2019) mukaan riittämätöntä. Hänen mukaansa vaikkakin lintulajien raportoidaan saalistavan kaloja tuotantolaitoksien lammikoista tai kalakasseista, niin useissa tutkimuksissa saatuja havaintoja ei hänen mukaansa vertailla alueen luonnonympäristössä tapahtuvaan saalistukseen. Vaikutus menestymiseen voi olla myös positiivinen, mikäli eläimet löytävät keinot päästä hyödyntämään kalankasvatuslaitoksille keskittynyttä ravintoa (Barrett ym. 2019). Kalankasvatuksen laajeneminen voi Jimenez ym. (2013) mukaan johtaa alueellisen lintuyhteisön monimuotoisuuden vähenemiseen suosimalla erityisesti opportunistisia, laajan elinpiirin omaavia lajeja, kuten lokkeja ja merimetsoja.

Populaatiotason vaikutuksien lisäksi linnut kohtaavat kalankasvatuslaitoksilla myös yksilötason riskejä. Eläimet saattavat vahingoittua erilaisin tavoin, muun muassa takertumalla laitoksilla käytettyihin suojaverkkoihin (Hyrenbach ym. 2020; Nemtzov ym. 2003; Forrest ym. 2007).

Ihmistoiminnasta peräisin olevien epäsuorien negatiivisten vaikutuksien, kuten melusaasteen tai habitaattimuutoksen, lisäksi jotkin eläinlajit voivat kohdata suoraan niiden elossa säilyvyyttä uhkaavia riskejä. Petolajit voivat joutua erilaisten kostotoimenpiteiden kohteeksi, lintujen pesintää voidaan häiritä luvottomasti esimerkiksi tuhoamalla niiden munia, tai petoeläimet tapetaan niiden joutuessa konfliktiin ihmisen kanssa (Kloskowski 2011a; Carss 1994, Yle 2020).

Lopez (2017) mainitsee erilaisten riskien voivan johtaa vakaviin ekologisiin ongelmiin alueilla, joissa huippupetolajien populaatiot ovat valmiiksi vaarantuneita tai uhanalaisia. Korpinen & Ahtiaisen (2018) mukaan Suomen merialueiden kalaa syövät lintupedot, kuten merikotka ja merimetsä, ovat kuitenkin hyvässä tilassa. Linnut toimivat kuitenkin ravintoketjun huipulla, minkä vuoksi niiden populaatorakenteissa, käyttäytymisessä sekä lajien keskinäisissä suhteissa tapahtuvat muutokset voivat heijastua koko ravintoverkkoon (Horn ym. 2019).

Lintulajien esiintyvyyttä Suomen kalanviljelylaitoksien yhteydessä ei ole tutkittu aikaisemmin. Vesiekosysteemeissä sijaitsevien kalankasvatuslaitoksien ja lintujen välisestä interaktiosta, ja tähän liittyvistä konflikteista on useita tieteellisiä julkaisuja, mutta kvantitatiivista seurantatietoa lintulajien esiintyvyydestä merellisillä kalanviljelylaitoksilla ei ole ja nykykäsitteet perustuvat ainoastaan lintujen havaitsemiseen kasvatuskassella käytessä.

1.2. Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Kalankasvatuslaitoksilla vierailevien lintujen tutkiminen on vaikeaa useasta syystä. Lintujen vierailua laitoksella on vaikea ennakoida ja lisäksi lintujen vierailun ajankohdat voivat vaihdella kauden ja vuorokaudenajan mukaan. Kasvatuslaitoksilla vierailevien lintujen tutkiminen vaatii siis hyvin paljon tarkkailua, mikä on järkevää toteuttaa osin teknologia-avusteisesti, esim. tutkimuskameroiden avulla. Haastaviin merellisiin luonnonoloihin ja tuotantolaitoksille suoraan sellaisenaan soveltuvia kamerajärjestelmiä ei ole kuitenkaan saatavilla tai niissä on erinäisiä rajoitteita, jonka vuoksi ne eivät sovellu sellaisenaan tutkimuskäyttöön.

Tavoitteenani oli kehittää itsenäisesti toimiva, verkkolevyille dataa tallentava, etäseurattava- ja hallittava kameratutkimusjärjestelmä, lintujen esiintyvyyden ja käyttäytymisen tarkkailuun kalankasvatuslaitoksilla.

Kamerajärjestelmän kehittämisen jälkeen testasin järjestelmän toimivuutta ja soveltuvuutta lintujen tarkkailuun haastavissa meriolosuhteissa ja hankin sillä tietoa lintujen lajikoostumuksesta ja esiintyvyydestä merellisillä kalankasvatuskasseilla Suomen rannikkoalueilla. Lisäksi selvitin, minkälaisia ajallisia trendejä kalankasvatuslaitoksilla esiintyvien lintulajien havaintomäärissä oli havaittavissa tutkimuskauden aikana.

Tutkimuksen tavoitteet:

1. Kehittää itsenäisesti toimiva, etäseurattava- ja hallittava, palvelimelle tallentava kamerajärjestelmä lintujen tarkkailuun kalankasvatuslaitoksilla.
2. Testata laitteiston toimivuutta ja soveltuvuutta lintuhavaintojen tekemiseen kalankasvatuslaitoksien kalakasseilla.
3. Tuottaa laitteistolla määrällistä seurantatietoa kalankasvatuslaitoksilla vierailevista lintulajeista.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Aineisto

Kokosin tutkimusaineiston kaksivuotisen (2022–2023) hankkeen ”Merimetson aiheuttamien suorien kalatalousvahinkojen määrän ja laadun arviointi Suomen merialueilla” videokuva-aineistosta. Hankkeen toteutukseen osallistuivat Turun yliopisto, Luonnonvarakeskus, Ympäristöministeriö, Suomen ympäristökeskus ja ammattikorkeakoulu Novia. Tässä tutkimuksessa käytetty videokuva-aineisto on aikaväliltä kesä – lokakuu 2022. Käytetyn aineiston kokonaistuntimäärä oli 1105 tuntia.

2.2. Tutkimuskohteet

Valitsin tutkimuskohteet ensisijaisesti sen perusteella, mistä halukkaita yhteistyökumppaneita (kalankasvatusyrittäjiä) sain osallistumaan tutkimukseen. Nopean aikataulun, rajallisen tutkimuskohteiden määrän ja tutkittavan aiheen herkkyyden vuoksi en voinut tehdä tutkimuskohteiden välillä satunnaistettua otantaa. Kalankasvatuslaitoksilla, joissa oli useita kalakasseja vierekkäin, valikoin eteläisimmän kalakassin tutkimuskohteeksi laitteiston energiansaannin (aurinkopaneelien suuntaaminen) varmistamiseksi ja laitteiston asennustyön sujuvuuden sekä turvallisten työskentelytapojen takaamiseksi.

Tutkimuskohteiden koordinaatit, tutkimuskohteena olleen kalankasvatuspussin kalalaji, arvio kasvatettavan kalan koosta havainnointivälillä ja havainnointiväli on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1 Tutkimuskohteiden koordinaatit, kohteissa kasvatettu kalalaji, arvio kasvatettujen kalojen koosta ja havainnointiväli.

Paikka	Koordinaatit	Kalalaji	Kalojen koko	Havainnointiväli
Brändö (Brunnsö inre)	N 60° 21' 36", E 21° 5' 3"	Siika	15 - 100 g	29.07.2022 --- 29.09.2022
Brändö (Märklobb)	N 60° 26' 5", E 21° 6' 11"	Kirjolohi	250 - 500 g	22.07.2022 --- 29.09.2022
Houtskari / Mossala (Fjärden)	N 60° 17' 28", E 21° 20' 56"	Kirjolohi	900 g	02.07.2022 --- 03.10.2022
Houtskari / Mossala (Sund)	N 60° 16' 3", E 21° 24' 32"	Kirjolohi	30 - 60 g	02.07.2022 --- 03.10.2022
Kustavi (Pukholma)	N 60° 28' 13", E 21° 30' 39"	Kirjolohi	400 - 1000 g	29.06.2022 --- 28.08.2022
Kustavi (Verskeri)	N 60° 34' 52", E 21° 11' 42"	Kirjolohi	100 - 200 g	17.06.2022 --- 20.09.2022
Luvia	N 61° 19' 13", E 21° 22' 39"	Kirjolohi	340 - 560 g	06.09.2022 --- 18.10.2022
Virolahti	N 60° 30' 34", E 27° 44' 34"	Kirjolohi	300 - 500 g	03.09.2022 --- 18.10.2022

2.3. Menetelmät

2.3.1. Tutkimuslaitteiston kehittäminen ja rakentaminen

Kehitettävän kameralaitteiston tuli täyttää seuraavat kriteerit:

- 1) Laitteiston tulisi olla riittävän pienikokoinen ja kevyt
- 2) Laitteiston tulisi kestää vaativat ja vaihtelevat meriolosuhteet
- 3) Kuvamateriaalin tallennus tulisi tapahtua etänä saavutettavissa olevalle verkkolevyille tai pilvipalveluun
- 4) Laitteiston tulisi olla etähallittava ja mahdollisimman huoltovapaa
- 5) Laitteiston asentaminen tulisi olla riittävän nopeaa ja helppoa
- 6) Laitteistossa käytettävien komponenttien saatavuus tulisi olla hyvä
- 7) Laitteiston tulisi kyetä toimimaan itsenäisesti
- 8) Laitteiston tulisi kyetä tuottamaan itse sen käyttämä virta

Huomioin laitteiston suunnitteluvaiheessa yhtäaikaaisesti eri komponenttien yhteensoveltuvuuden toisiinsa ja minimoin eri komponenttien määrän tilan, energiankulutuksen ja painon säästämiseksi.



Kuva 1 Kalankasvatuslaitoksen verkkorakenteisiin asennettu kameralaitteisto kiinnitysjärjestelmineen.

Aloitin laitteiston kehittämisen etsimällä hakukoneella virrankulutukseltaan alhaisia ja riittävän kevyitä valvontakameroita. Yleiskäytössä oleviin valvontakameroihin päädyin niiden edullisuuden, säänkestävyyden ja hyvän saatavuuden vuoksi. Prototyypin rakentamiseen valikoin Dahua 2Mpx Starlight PTZ-kameran (2,7–11 mm). Kameran tekniset tiedot löytyvät taulukosta 2. Kameran valikoinnissa huomioin sen teknisten ominaisuuksien soveltumisen lintujen kuvantamiseen ja meriolosuhteisiin. Kameran laajakuvaominaisuus mahdollisti riittävän laajan kuvakulman ja havaintoalueen maksimoinnin. Kamerassa tuli olla riittävä suojausluokitus, jotta se kestäisi kosteita ja paikoitellen ankaria meriolosuhteita. Kamerassa tuli olla riittävän alhainen virrankulutus, jotta se kykenisi toimimaan mahdollisimman pitkiä aikoja tilanteessa, jossa virransyöttö järjestelmän akkuun katkeaisi arvaamattomasti. Lisäksi kameran tulisi toimia 12V käyttövirralla, jotta se saatiin yhteensopivaksi muiden suunniteltujen komponenttien kanssa.

Taulukko 2 Kameran tekniset tiedot

Kameran tekniset tiedot	
Valmistaja	Dahua
Suojausluokitus	IP66, IK10
Kennokoko	1/2,8"
Objektiivi	2,7 - 11 mm, F1.6
Polttovälin koko (max)	11 mm
Polttovälin koko (min)	2,7 mm
Resoluutio	2 Mpx
Zoom	optinen 4x, digitaalinen 16x
Kääntyvyys	(vaaka/pysty): 355°/90°
Kuvakulma	H: 112.5 ° ~ 30 °
Resoluutio (max)	1080p @25/30 fps (1920x1080)
Käyttölämpötila-alue	-30° - +60°C
IR-valot	Ei
Virrankulutus	5,5 W

Kameratanko kiinnitettiin kalakassin raamirakenteessa olevaan pystypuuhun kehikon reunan ulkopuolelle ja tuettiin sivusuuntaisiin kehikkorakenteisiin kameratangon vakauttamiseksi (Kuva 1).

Järjestelmän virtalähteeksi valittiin Li-ion akku (Tab HD 12V 100Ah LiFePO4 BT HD12-100). Li-ion akkuun päädyin niiden nopean lataustehon, lyijyakkuja kevyemmän painon ja suuremman virtakapasiteetin sekä niiden huoltovapauden vuoksi. Nopeampi latausteho auttaa akkujen latauksen palauttamisessa vaihtelevissa sääolosuhteissa, kevyempi paino helpottaa merkittävästi laitteiston asentamista haastavissa olosuhteissa, ja mitä huoltovapaampia järjestelmän komponentit ovat, sitä vähemmän tarvitsisi tehdä huoltokäyntejä usein syrjäisiin ja vaikeasti saavutettavissa oleviin tutkimuskohteisiin. Mitoitin akun maksimivaraus järjestelmän energiatarpeisiin nähden niin, että laitteisto kykenisi toimimaan myös lataustehon ollessa alhainen, esim. pilvisellä ja sateisella säällä tai loppukaudesta vuorokauden valoisten tuntien määrän ollessa vähäisempi.

Järjestelmän tuli olla energiaomavarainen, jotta tutkimuslaitteiston virtalähteenä käytettyjä akkuja ei jouduttaisi toistuvasti vaihtamaan. Energiantuotannon vaihtoehtoiksi muodostuivat haastavien asennuskohteiden vuoksi parhaiten erilaiset tuulimyllyt ja aurinkopaneelit. Laitteiston suunnitteluhetkellä erilaisten tuulimyllyjen saatavuus ja valikoima oli heikkoa, kun taas aurinkopaneelien yleisempi käyttö pienimuotoiseen energiantuotantoon mahdollisti laajemman valikoiman läpikäymisen ja tähän laitteistoon sopivien aurinkopaneelien vertailun.

Aurinkopaneelien virrantuotantoa voidaan pitää tässä tapauksessa myös luotettavampana, sillä lyhyessäkin ajassa riittävän korkean energiantuotantokapasiteetin omaavalla paneelilla laitteiston akun saisi ladattua nopeasti. Tuulimyllyjen kohdalla energiantuotantokapasiteetti olisi riippuvainen tuuliolosuhteista. Energiantuotantoon valittiin 125W monikide PERC (Passivated Emitter and Rear Contact) aurinkopaneeli. PERC aurinkopaneelien latausteho säilyy suhteellisen korkeana myös olosuhteissa, joissa paneeli ei saa täysin suoraa aurinkovaloa, kuten pilvisellä säällä.

Aurinkopaneelin lataussäätimeksi valitsin Sunbeam MoonRay 160 MPPT (Maximum Power Point Tracking). MPPT-säätimellä saavutetaan PWM-säätimeen (Pulse Width Modulation) verrattuna merkittävästi parempi lataushyötysuhde. MPPT-säädin kykenee säätämään aurinkopaneelilta lähtevän jännitteen lähelle akun jännitettä, jolloin saavutetaan korkeampi hyötysuhde lataustehossa. Tämä korostuu erityisesti pilvisellä säällä, tai mikäli aurinkopaneeli ei ole suunnattu auringonvalon tulosuunnan- ja kulman kannalta optimaalisesti.

Kameralaitteiston etähallinnan mahdollistamiseksi ja kuvadatan siirtämiseksi verkkolevyllä laitteisto tuli saada liitettyä mobiilidataverkkoon. Mahdollistin laitteiston ja käyttäjän sekä tallennuspalvelimen välisen liikenteen ja etähallinnan liittämällä kameran RUT240 4G-reitittimeen. Reitittimen valitsin sen kompaktin koon, soveltuvuuden 12V tasavirta (DC) järjestelmiin, etähallintamahdollisuuksien, vähäisen virrankulutuksen (< 5W) ja kestävyysominaisuuksien vuoksi.

Laitteiston komponenttien valinnan jälkeen tuli varmistaa, että kukin komponentti on riittävän suojattu meriolosuhteilta ja että järjestelmän erilliset komponentit ovat riittävän helposti koottavissa, purettavissa ja tarpeen tullen vaihdettavissa, esimerkiksi mahdollisten rikkoutumisten sattuessa. Reitittimen (RUT240) suojasin erillisellä IP-luokitellulla muovisella laitekotelolla, johon rakensin läpiviennit WIFI- ja mobiilidata -antenneille ja kameraan sekä akustolle menevälle johdotukselle. Reitittimen laitekoteloon asensin myös virranjaon akulta kameralle ja reitittimelle. Kamerajärjestelmän virtalähteenä toimiva akku ja aurinkopaneelin lataussäädin tuli myös saada suojattua meriolosuhteilta, ja ne sijoitin vedenpitävään IP-suojattuun 585 x 385 x 320 mm kokoiseen muoviseen laatikkoon. Lataussäätimen kiinnitin erilliseen, laatikosta poisnostettavaan, kehikkoon kenttäasennuksen sujuvoittamiseksi. Lataussäätimen- ja akun toiminnassa syntyvän lämmön poistumisen kotelosta mahdollistin

kosteussuojatuilla paineentasausventtiileillä. Akun ja lataussäätimen suojalaatikosta lähteville johdotuksille aurinkopaneelille ja reitittimen laitekoteloon asensin koteloläpiviennit.

Kaikissa laitteiston johdotuksien läpivienneissä ja liitoksissa käytin IP-suojattuja komponentteja, jotta varmistuin laitteiston riittävästä suojauksesta kosteissa ja haastavissa meriolosuhteissa. Kiinnitysratkaisut ja koteloihin sekä laatikoihin liittyvät muokkaukset toteutin suolapitoista vettä kestävästä materiaaleista, muovista, alumiinista ja haponkestävästä teräksestä. Kaikki tutkimusvälineistön kiinnitykset suunnittelin ja toteutetin siten, että niiden asentaminen tutkimuskohteeseen ei vaatinut muokkauksia kalakassin rakenteisiin. Kiinnityslaitteiston suunnittelin skaalautuvaksi, sillä kalakassien tukikehikoiden rakennemitoista ei yleensä saatu tarkkaa tietoa ennen varsinaista tutkimuslaitteiston asennushetkeä. Asennusvaiheessa kalakassien raamien muovirakenteet suojattiin merivettä ja uv-säteilyä kestäväillä kumiliuskoilla. Kalakassin rakenteiden suojaamisella estettiin se, etteivät kiinnityskomponenttien alumiinista tai teräksestä valmistetut osat päässeet kuluttamaan muoviputkirakenteita aallokon aiheuttaman pysty- ja sivuttaissuuntaisen liikkeen vuoksi. Laitteiston suurehkon kokonaispainon ja haastavien asennusolosuhteiden vuoksi käytin kiinnitysjärjestelmien suunnittelussa sekä toteutuksessa erityistä huolta ja tarkkuutta. Luotettavilla kiinnityksillä varmistin, ettei arvokas tutkimuslaitteisto pääsisi kärsimään vahinkoja kenttäkauden aikana, tai pääsisi irtoamaan ja aiheuttamaan vahinkoja tutkimuskohteena olevalle kalakassille. Tutkimuslaitteiston rakennusvaiheessa laitteiston virransyötön johdotukset suojasin asentamalla johtosulakerasiat ja nimellisvirraltaan sopivat sulakkeet.

Tutkimuksen kohteena olevissa kalakasseissa asennettiin kolme kamerajärjestelmän erillistä laitteistokomponenttia: kameratanko, aurinkopaneeli ja lataussäätimen sekä laitteiston virtalähteenä toimivan akun suojakotelo telineineen. Kameratangossa oli kiinnitettynä vedenpitävä, IP-suojattu muovinen laitekotelo, joka sisälsi reitittimen (RUT240) ja virranjaon sekä datasiirtokaapelin (RJ45) kameralle.

Kameratanko kiinnitettiin kalakassin raamirakenteessa olevaan pystypuuhun kehikon reunan sisäpuolelle ja tuettiin sivusuuntaisiin kehikkorakenteisiin kameratangon vakauttamiseksi. Kameratangon yhteyteen kalakassin kehikkoon suunniteltiin ja toteutettiin erillinen kiinnitettävä alumiininen asennusteline laitekotelolle. Asennusteline sijoitettiin kalakassin riman pysty- ja poikkipuun risteämiskohtaan, jotta saavutettiin mahdollisimman monta

tukipistettä kiinnityksessä käytetyille letkunkiristimille. Asennustelineeseen nostettiin akun suojakotelo, joka sisälsi aurinkopaneelin säätimen ja laitteiston virranlähteenä käytettävän akun. Aurinkopaneelin kiinnittämistä varten suunnittelin ja toteutin oman alumiinisen tuki- ja kiinnitysjärjestelmän. Aurinkopaneeli kiinnitettiin kalakassin yläriman muovirakenteisiin tutkimuslaitteiston läheisyyteen ja tuettiin pystypuuhun aurinkopaneelin heilunnan minimoimiseksi. Aurinkopaneelin asennuskohdaksi valitsin tutkimuskohteissa kalakassin tukiraamin kaarteet eteläisen puolen. Aurinkopaneelin paneeliosa oli siis aina suunnattuna ulospäin kalakassista, jotta aurinkopaneeli tai sen tukirakenteet eivät aiheuttaisi vahinkoa mahdollisille kalakassin lintuverkoille tai hankaloittaisi yrittäjän työskentelyä kalakassilla. Paneelit asennettiin noin 45-asteen kulmaan kanttäkauden aikana vaihtuvan auringonvalon tulokulman ja energiantuotannon maksimoimisen kompromissina (Nissinen 2012). Kameralaitteisto kiinnitettiin mahdollisimman korkealle vedenpinnasta, jotta voitiin minimoida aallokon vaikutus laitteistoon (Kuva 2).



Kuva 2 Kameralaitteisto asennettuna tutkimuskohteeseen.

2.3.2. Kuvadatan siirto ja tallennus sekä kameralaitteiston etähallinta

Seurantajärjestelmä siirtää valvontakameran kuvavirtaa mobiilidatana 3 G tai 4 G verkkoon, jonka välityksellä FTP:tä (File Transfer Protocol) hyödyntäen kuvatiedostot tallentuvat Turun yliopiston hallinnoimalle palvelimelle. Kameran oma tallennus- ja hallintaohjelmisto loi automaattisesti palvelimelle kansiorakenteen. Kunkin kameran tallentama kuvamateriaali tallentui yksilöityyn hakemistoon (KAMERA>PVM>TUNTI>VIDEOTIEDOSTO). Jokaiselle kameralle loin juoksevan, kansiorakenteeseen tallentuvan, kooditunnisteen (METS01-12), jonka avulla mahdollistin kameran nauhoittaman kuvamateriaalin myöhemmän jäljittämisen ja mahdollisten vikatilanteiden selvittämisen. Kameroiden toiminnan seuraamista varten loin jaetun verkkotiedoston, jonne mahdolliset vikatilanteet, laitteistolle tehdyt korjaustoimenpiteet ja kuvavirran tallennuksessa havaitut katkokset kirjattiin. Kameroiden asennuksien yhteydessä kirjattiin ylös asennuskohteen koordinaatit pilveen tallennettuun tiedostoon. Kunkin kameran nauhoittaman kuvavirran asetin tallentumaan palvelimelle yhden tunnin pituisina videotiedostoina. Valitsin lyhyemmän tallennusvälin, jotta mahdollisissa tiedoston korruptiotilanteissa kuvamateriaalihävikki olisi minimaalista. Lisäksi lyhyemmän kuvausvälin ansiosta yksittäisen videon tiedostokoko säilyi maltillisena, jolloin videotiedostojen lataaminen palvelimelta jatkoanalyysia varten oli nopeampaa.

Kameroiden etähallinnan mahdollistin siltauksella reitittimen välityksellä. Kameran etähallintaohjelmistona käytettiin kameravalmistajan verkkoselainpohjaista Dahua Network Speed Dome & PTZ Camera Web 3.0 -ohjelmaa. Etähallintaohjelmistoon kirjaututtiin internet-selaimella kameran julkisen kiinteän IP-osoitteen kautta. Jokaiselle kameralle loin oman pääkäyttäjätunnuksen ja salasanan tietoturvallisuussyistä. Kunkin tutkimuskohteena olleen kalakassin yrittäjälle loin kameran hallintaohjelmistoon omat yksilöidyt tunnukset ja salasanat, joiden avulla myös yrittäjä pystyi kirjautumaan hallintaohjelmistoon ja seuraamaan sen välityksellä kyseiseen kohteeseen asennetun kameran reaaliaikaista kuvavirtaa. Yrittäjälle luodun käyttäjätunnuksen oikeudet rajasin vain reaaliaikaisen kuvavirran seuraamiseen. Kameran etähallintaohjelmistolla pääkäyttäjän oli mahdollista muuttaa kaikkia kameraan liittyviä asetuksia ja kääntää kameran kuvakulmaa tarvittaessa. Myös RUT240 reitittimen ohjelmoin mahdollistamaan etäyhteydenotot internet-selaimen käyttöliittymän kautta julkisen kiinteän IP-osoitteen välityksellä. Kuhunkin reitittimeen loin oman yksilöidyn pääkäyttäjätunnuksen ja salasanan tietoturvallisuussyistä. Reitittimet ohjelmoin ilmoittamaan automaattisesti vikatilanteista tekstiviestitse, jotta mahdollisesti asennuksen jälkeen ilmeneviin

laitteistoon liittyviin ongelmatilanteisiin pystyttäisiin reagoimaan nopeasti. Kameran- ja reitittimen etähallinnan avulla tutkimuslaitteiston ohjelmistoon tai kuvavirtaan liittyvät toimenpiteet oli mahdollista tehdä ilman fyysistä siirtymistä kaukasiin, ja usein vaikeissa hankalasti saavutettavissa oleviin, tutkimuskohteisiin. Reitittimen asetuksien muuttaminen ja uudelleenkäynnistäminen oli mahdollista toteuttaa tarvittaessa myös tekstiviestikomennoilla mobiililiittymän puhelinnumeron välityksellä. Kameroiden toiminnan varmistin säännöllisesti, vähintään kerran viikossa, etäyhteyden välityksellä tarkastamalla niiden reaaliaikaisen kuvavirran. Videotiedostojen tallentumisen FTP-palvelimelle tarkastin säännöllisesti, vähintään kerran viikossa, mahdollisten tallennusongelmien havaitsemiseksi ja niihin puuttumiseksi.

Tutkimuskohteiksi valittujen kalakassien suuren lukumäärän, mahdollisen mobiiliverkon datasiirtonopeuden rajoitteiden ja käytetyn palvelimen rajallisen tallennuskapasiteetin vuoksi asetin kamerat tallentamaan kuvavirtaa alemmilla videotarkkuusasetuksilla laitteiston täyden suorituskyvyn hyödyntämisen sijaan. Alemmilla videotarkkuusasetuksilla varmistin, että kuvavirtaa saadaan tallennettua kustakin sijainnista yhtäjaksoisesti ja mahdollisimman vähin katkoksien. Korkeampi videotarkkuus olisi voinut johtaa tallennuskapasiteetin yllättävään loppumiseen ja tutkimusaineiston menettämiseen. Kameroissa käytetyt olennaisimmat tallennusparametrit on esitetty taulukossa 3. Tallennus- ja videokuva-asetukset testasin laitteistolla ennen ensimmäisen laitteen asentamista tutkimuskohteeseen videokuvan laadun varmistamiseksi ja tallentamistoimintojen (datasiirto, videokuvan tallentuminen palvelimelle) toimivuuden varmistamiseksi.

Taulukko 3 Tallennuksessa käytetyt videokuvan tallennusparametrit.

Videoasetukset	
Encode	H. 264H
Resolution	1280x720
Aspect ratio	16:9
Bitrate type	CBR
Bitrate	768
Frame Rate	12 fps

Encode, eli videokoodi, määrittää videon pakkaamisen ohjelmistopohjaisesti. Resoluutiolla tarkoitetaan yksittäisessä kuvassa (frame) olevien pikseleiden määrää. Aspect ratio, eli kuvasuhde, tarkoittaa kuvan, tässä tapauksessa videon, leveyden suhdetta sen korkeuteen. Bitrate, eli bittinopeus, tarkoittaa yksinkertaistettuna sitä, mikä määrä videodataa siirretään missäkin ajassa. CBR "Constant Bit Rate" on bittinopeustyyppi, jossa videodataa siirryy kiinteällä bittinopeudella, sen sijaan että prosessi olisi dynaaminen (VBR). Tutkimusta ennakoineissa nauhoitustesteissä CBR todettiin toimivammaksi ratkaisuksi. Frame rate, eli kuvataajuus tai ruutunopeus, tarkoittaa yhdessä sekunnissa piirrettyjen (nauhoitettujen) kuvien määrää.

2.3.3. Videoanalyysi ja aineiston otanta

Kustakin tutkimuskohteesta saatavilla olevasta videomateriaalista valitsin analysoitavaksi joka kuudennen päivän. Otanta alkoi ensimmäisestä mahdollisesta päivästä kameran asentamisen jälkeen, jona videodataa oli vuorokauden jokaiselta tunnilta. Harvaan otantaan päädyin videoaineiston suuren koon ja aikarajoitteiden vuoksi, ja jotta analysointiin saataisiin ajallisesti mahdollisimman kattava aineisto kustakin kamerasta. Videoaineistosta analysoitiin joka kuudes päivä. Tietyille viikonpäiville osuvat säännönmukaisuudet voisivat vääristää tutkimustuloksia. Tällaisia säännönmukaisuuksia voivat olla esimerkiksi kalankasvatustiloksen yrittäjän huoltokäynnit ja mahdollinen lintujen käyttäytymisen viikonpäiviin liittyvä rytmikka. Nämä voivat luoda vääristymää mahdollisiin lintulajihavaintoihin tai niiden käyntitiheyksiin. Laveampi otanta mahdollisti myös havaintojen tekemisen koko kenttäkauden osalta niissä kameroissa, jotka päästiin asentamaan tutkimuskohteeseen jo alkukesästä.

Videot analysoin otannan mukaisesti katsomalla kaikki päivän videomateriaalin VLC-mediasoittimella ja tekemällä siitä havaintoja. Laajan videoaineiston läpikäynnin sujuvoittamiseksi katsoin videot nopeutettuna, ja linnun havaitessani hidastin toistonopeutta. Havainnot kirjasin Excel -taulukointiohjelmaan. Havainnot tein yhden tunnin pituisina tarkkailujaksoina. Havaintoaineisto muodostuu tuntikohtaisista havaittujen ja lajilleen (tai tiirujen tapauksessa suvulleen) määritettyjen lintuyksilöiden maksimilukumääristä.

Linnun tuli täyttää jokin seuraavista kriteereistä, jotta se tunnistettiin ja kirjattiin havainnoksi:

1. Lintu istuu (tai istahtaa) tutkittavan kalakassin ylä- tai alaraamilla, tai jossain muussa kalakassissa kiinni olevassa rakenteessa, kuten verkossa tai syöttöautomaatissa.
2. Lintu on vedessä kalakassin sisäpuolella.
3. Lintu on vedessä kalakassin ulkopuolella sen vieressä niin, että etäisyys kalakassiin on alle 1 m.



Kuva 3 Kuvakaappaus tutkimusvälineistön nauhoittamasta videosta eräästä tutkimuskohteesta. Harmaahaikarat saalistavat kalakassin kasvatuskaloja seisomalla suurella joukolla verkon päällä. Haikaroiden painon vuoksi lintusuojaverkko painuu kohti veden pintaa, mikä mahdollistaa haikaroille kalakassin kalojen tehokkaan saalistamisen.

Havaittavana olevan alueen rajaus oli välttämätöntä, sillä lintujen yksilömäärä voi kasvaa kalakassilla ajoittain hyvinkin suureksi (Kuva 3). Tämän lisäksi linnut saattavat vaihtaa nopeasti paikkaa, ja mikäli kyseisessä tutkimuskohteessa on useampia kalakasseja vierekkäin, ne saattavat myös lentää kahden kalakassin välillä. Havainnointialueen tarkalla rajauksella pyrin välttämään saman yksilön päällekkäistä kirjaamista uudeksi havainnoksi saman tarkasteltavan tunnin sisälle.



Kuva 4 Merimetso uimassa kalakassin sisäpuolella. Kuvan ylälaidan aikaleiman alapuolella kalakassin raamirakenteella istuu kaksi merimetsoa. Kaikki kolme lintua täyttävät edellä kuvatut havaintokriteerit, ja kirjattaisiin täten havaintomateriaaliin. Kuvan mukaisesti merimetson maksimimääräksi kirjattaisiin 3 yksilöä tunnille 10–11. Mikäli katsottavan tunnin aikana havaittaisiin enemmän merimetsoja yhtäaikaisesti kalakassilla, korvaisi uusi luku yksilöiden maksimimäärän kyseisenä tuntina.

Videot analysoin katsomalla niitä olosuhteiden ja tilanteen mukaan $0.5-32 \times$ nopeutuksella. Nopeutuksen käyttäminen oli välttämätöntä analysoitavan aineiston suuren koon vuoksi. Kelasin videota tarvittaessa taaksepäin tai pysäytin sen lintujen tunnistamista ja yksilömäärien laskemista varten. Videoilta tunnistin kalakassilla esiintyvät lintulajit ja kirjasin ylös kunakin tuntina paikalla olleen lintulajin maksimaalisen yksilömäärän (Kuva 4). Lisäksi kirjasin ylös myöhempää havaintojen laadunvarmistusta varten kultakin tunnilta havaittavissa olevan säätilan (pilvisuus, aallokko, sade, valon määrä). Analysoitavan materiaalin suuren määrän ja aikarajoitteiden vuoksi analysointi tehtiin kahden henkilön toimesta. Analysoin aineiston kokonaistuntimäärästä noin 30 %. Kumpikin analysoija noudatti aiemmin kuvattuja kriteerejä videoiden läpikäynnissä. Lisäksi videolta havaintoja tehnyt henkilö kirjasi ylös oman arvionsa havainto-olosuhteiden haastavuudesta (huono, normaali, hyvä). Mikäli lintu kyettiin tunnistamaan lokiksi, mutta lajimääritys ei onnistunut, kirjasin sen kuuluvan ryhmään ”lokit”.

Otanta aloitettiin kussakin kamerassa ensimmäisestä mahdollisesta päivästä, jona nauhoitettua materiaalia oli kokonaisen nauhoitusvuorokauden verran. Mikäli nauhoituksessa oli katkoksia, otanta siirrettiin lähimpään mahdolliseen päivään suunnitellusta otantapäivästä. Kuuden päivän kiertävää otantaa jatkettiin viimeisimpään mahdolliseen nauhoitusvuorokauteen tutkimusajanjaksolta.

2.3.4. Tilastolliset menetelmät

Tässä tutkimuksessa käytetyt tilastolliset menetelmät ja tuloksien visuaalinen tarkastelu toteutettiin SAS Enterprise Guide 8.3. ja Windows Excel 2023 -ohjelmia hyödyntäen.

Ennen tilastollista testausta tutkimuksesta kerättyä aineistosta tarkasteltiin lajien- ja alueiden välisiä ja sisäisiä eroja taulukoimalla ja laskemalla esiintyvyyteen ja tutkimuspaikkoihin liittyviä esiintymismääriä ja keskiarvoja lintulajeista. Tutkimuksessa tarkastelu rajattiin havaintomääriltään runsaimpiin lajeihin ja kalantuotannolle haittoja aiheuttaviksi koettuihin tulokaslajeihin, merimetsoon ja harmaahaikaraan.

Tuloksissa lintulajien alueellisen ja ajallisen esiintyvyyden tarkastelua varten tehtiin tutkimusdatan jakautumista havainnollistavia laatikko-janakuvioita. Tarkastelussa selvisi, ettei esiintyminen kasvatuslaitoksilla ollut normaalijakautunutta. Kasvatuslaitosten ja havaintokuukausien välisiä eroja merimetsojen ja harmaahaikaroiden määrissä testattiin yleistetyillä lineaarisilla malleilla. Testattava muuttuja oli tuntikohtainen lintujen maksimimäärä ja selittävänä muuttujana oli joko kasvatuslaitos tai seurantakuukausi. Malleissa, joissa testattiin kasvatuslaitosten välisiä eroja, käytettiin satunnaistekijänä havaintopäivämäärää ja vastaavasti malleissa, joissa testattiin havaintokuukauden vaikutusta, käytettiin satunnaistekijänä kasvatuslaitosta. Tilastollisten mallien jäännösvaihtelua tarkasteltiin visuaalisesti, minkä perusteella aineisto vaikutti noudattavan Poissonista jakaumaa tai negatiivista binomijakaumaa. SAS tuottaman yhteensopivuusstatistiikan mukaisesti negatiivinen binomijakauma sopi useimpien lajien tapauksessa aineistoon paremmin.

3. Tulokset

3.1. Tutkimuskameralaitteiston toiminta

Kamerasuranta tehtiin kesäkuusta 2022 lokakuuhun 2022. Kehitetty kamerajärjestelmä toimi erinomaisesti koko tutkimusjakson ajan, ja katkokset kuvadatan keräämisessä olivat vähäisiä. Järjestelmän etähallintaominaisuudet mahdollistivat kuvan ja laitteiston hienosäätämisen tarvittaessa ja järjestelmä osoittautui huoltovapaaksi sekä toimintavarmaksi. Kalakasseihin suunnitellut kiinnitysjärjestelmät toimivat suunnitellusti, eikä järjestelmän rakentamisesta tai kiinnitysjärjestelmistä aiheutunut laitetappioita tai vahinkoja kalakasseille.

Alla tarkastelen kameralaitteistolle asetettujen tavoitteiden toteutumista.

1) Laitteiston tuli olla riittävän pienikokoinen ja kevyt:

Sain suunniteltua ja toteutettua kameralaitteiston kiinnikkeineen siten, että kuljettaminen onnistui normaalikokoisessa henkilöautossa. Tutkimuskohteessa kameralaitteiston kokoon taittavat (aurinkopaneeli ja sen kiinnikkeet) tai sisäkkäin menevät (kameratanko ja sen jatko-osa) komponentit kasattiin asennusta varten noin viidessätoista minuutissa. Parhaimmillaan henkilöautossa saatiin kokonaisuudessaan kulkemaan kahden tutkimuskohteen laitteisto, mikä nopeutti ja tehosti asennustyötä merkittävästi.

2) Laitteiston tuli kestää vaativat ja vaihtelevat meriolosuhteet:

Kameralaitteisto asennettiin kuvaamaan useiden kuukausien ajaksi vaihtelevan haastaviin meriolosuhteisiin. Kameralaitteistot ja niihin suunnitellut kiinnikkeet kestivät lähes moitteetta koko tutkimuskauden ajan. Ainoa laitetappio kärsittiin avomeriolosuhteisiin asennetussa kameralaitteistossa, jossa merivesi pääsi akkusuoja-laatikon sisälle suoja-laatikon viallisen tehdasvalmisteisen silikonitiivisteiden vuoksi.

3) Kuvamateriaalin tallennus tuli tapahtua etänä saavutettavissa olevalle verkkolevyille tai pilvipalveluun:

Kameralaitteisto lähetti videovalvontakameroiden tallentaman kuvamateriaalin suunnitellusti mobiiliverkon välityksellä Turun yliopiston hallinnoimalle verkkopalvelimelle. Verkkopalvelimelta kuvamateriaali saatiin ladattua välittömästi tallennusajanjakson jälkeen työtietokoneille videomateriaalin jatkoanalyysia varten.

4) Laitteiston tuli olla etähallittava ja mahdollisimman huoltovapaa:

Tutkimuslaitteistot toimivat pääosin erinomaisesti, ja fyysisiltä huoltokäynneiltä vältyttiin lähes kokonaan kenttäkauden 2023 aikana. Tutkimuslaitteiston ensimmäisten asennuksien yhteydessä käytin puutteellisesti rakennettua aurinkopaneelin ja aurinkopaneelin säätimen välistä virtajohtoa, minkä seurauksena aurinkopaneelilta ei siirtynyt latausvirtaa laitteiston akustolle. Ongelman ratkaisin vaihtamalla tämän johdon – olin suunnitellut laitteiston jokaisen komponentin siten, että niiden väliset johdotukset pystyttiin tarvittaessa vaihtamaan helposti. Tutkimuskauden aikana tapahtuneet lyhyet katkokset olivat yleisesti ottaen seurauksia joko kameran tai reitittimen ohjelmistossa tapahtuneesta virheestä, minkä seurauksena kamera oli lopettanut videodatan tallentamisen FTP-serverille, tai joko asennuksessa tai sen jälkeen syntyneestä johtoviasta. Johtovikatilanteissa virransyöttö akustolle ei toiminut suunnitelmien mukaan, ja kameralaitteisto toimi vain niin kauan, kuin akussa riitti virtaa (3–4 päivää). Mahdollisten vikatilanteiden havaitsemiseksi ja videodatahävikin minimoimiseksi tarkastin kaikkien kameroiden kuvavirran, toiminnan ja datasiirron etäyhteyden välityksellä vähintään kerran viikossa, minkä ansiosta pidempiä datakatkoksia ei aiheutunut.

5) Laitteiston asentaminen tuli olla riittävän nopeaa ja helppoa:

Turvallisuussyistä meriolosuhteissa kalakassin tukirakenteilla tasapainotellessa oli erityisen tärkeää, että tutkimuslaitteiston asennukseen osallistui kaksi riittävän asennusosaamisen omaavaa henkilöä. Kun kumpikin asentajista hallitsi omat tehtävänsä, asennus saatiin parhaimmillaan toteutettua alle 30 minuutissa. Asennuksia tehtiin myös hieman tuulisemmissa ja kovemman aallokon olosuhteissa, jolloin asennus vei olosuhteitten haastavuuden mukaan enemmän aikaa.

6) Laitteistossa käytettävien komponenttien saatavuus tuli olla hyvä:

Laitteistossa hyödynnetyt komponentit eivät olleet erityisvalmisteisia, vaan käytännössä kaikki komponentit olisivat saatavuudelta ja jopa hinnaltaan, jopa normaalien kuluttaja-asiakkaiden saatavilla. Järjestelmän tutkimuskamerat olivat PTZ-toimintoihin kykeneviä tavanomaisia valvontakameroita. Vaikka valvontakameralaitteistossa käytetty reititin oli alkuaan työ- ja

teollisuuskäyttöön tarkoitettu, oli se kohtuuhintainen käyttöominaisuuksiin ja kestävyyteensä nähden.

7) Laitteiston tuli kyetä toimimaan itsenäisesti:

Laitteiston tallennusparametrien asettamisen jälkeen tallennus tapahtui automaattisesti ympäri vuorokauden. Tarvittaessa laitteiston asetuksia, kameran kuvakulmaa, tallennusparametreja ym. Ohjelmistollisia ominaisuuksia, oli mahdollista säätää etäyhteyden avulla normaalin verkkoselaimen avulla.

8) Laitteiston tuli kyetä tuottamaan itse sen käyttämä virta:

Virran saatavuudessa ei myöskään ollut ongelmia, niin kauan kuin aurinkoa oli vain riittävästi. Laitteistot kykenivät toimimaan yllättävän pitkälle syksyyn, ja niiden suurin toimintarajoite tässä tapauksessa onkin Suomen olosuhteissa valoisan vuodenajan pituuden rajallisuus. Asensin laitteistoon tarkoituksenmukaisesti virrankulutusta suuremman sähkönsyöttökapasiteetin, eli syötöltään tehokkaamman aurinkopaneelin, jotta valaistusolosuhteiltaan huonommissakin sääoloissa laitteiston akuston virta ei loppuisi. Järjestelmät toimivatkin pääosin erinomaisesti koko tutkimuskauden ajan.

Yhteenvetona tutkimuskäyttöön rakennetut valvontakameralaitteistot ja niihin suunnitellut sekä toteutetut kiinnitysjärjestelmät kestivät erinomaisesti haastavat meriolosuhteet kenttäkauden ajan ja merkittäviä laitteistotappioita kärsittiin vain yhdessä avomeriolosuhteiden tutkimuskohteessa, jossa akkusuojaalattikon vedenpitävät tiivisteet olivat vialliset ja laatikkoon sisälle päässyt merivesi vioitti laitteiston. Tutkimuslaitteistojen videodatan siirto- ja tallennus toimivat pääosin erinomaisesti kenttäkauden ajan. Videokuva-aineiston tallennuksessa esiintyi kuitenkin joitakin lyhyitä katkoksia, mutta katkoksien kokonaiskesto kaikkeen nauhoitettuun materiaaliin on verrattain pieni.

3.2. Lintuseurannan tulokset

Tähän tutkimukseen otostettu aineisto kaikilta seuratuilta kalankasvatuslaitoksilta kattaa yhteensä 51 havaintopäivää. Havaintotunteja tuolta ajalta kertyi 1105 tuntia ja videoanalyysien seurauksena tehtiin yhteensä 4548 lintuhavaintoa. Tutkimusaineiston havaintotietoja on kuvattu taulukossa 4.

Taulukko 4 Havaintotietoja eri tutkimuskohteista.

Kalakassin sijainti	Havaintopäivien kokonaismäärä	Havaintotuntien kokonaismäärä	Lintuhavaintotuntien osuus havaintotunneista (%)	Havainnot/tunti
Brändö (Brunnsö inre)	6	126	91,3	8,79
Brändö (Märklobb)	6	122	28,7	0,71
Houtskari / Mossala (Fjärden)	9	196	86,2	5,24
Houtskari / Mossala (Sund)	7	153	84,3	2,61
Kustavi (Pukholma)	7	168	78,6	5,55
Kustavi (Verskeri)	9	206	78,6	3,41
Luvia	3	64	3,1	0,03
Virolahti	4	70	82,9	4,16

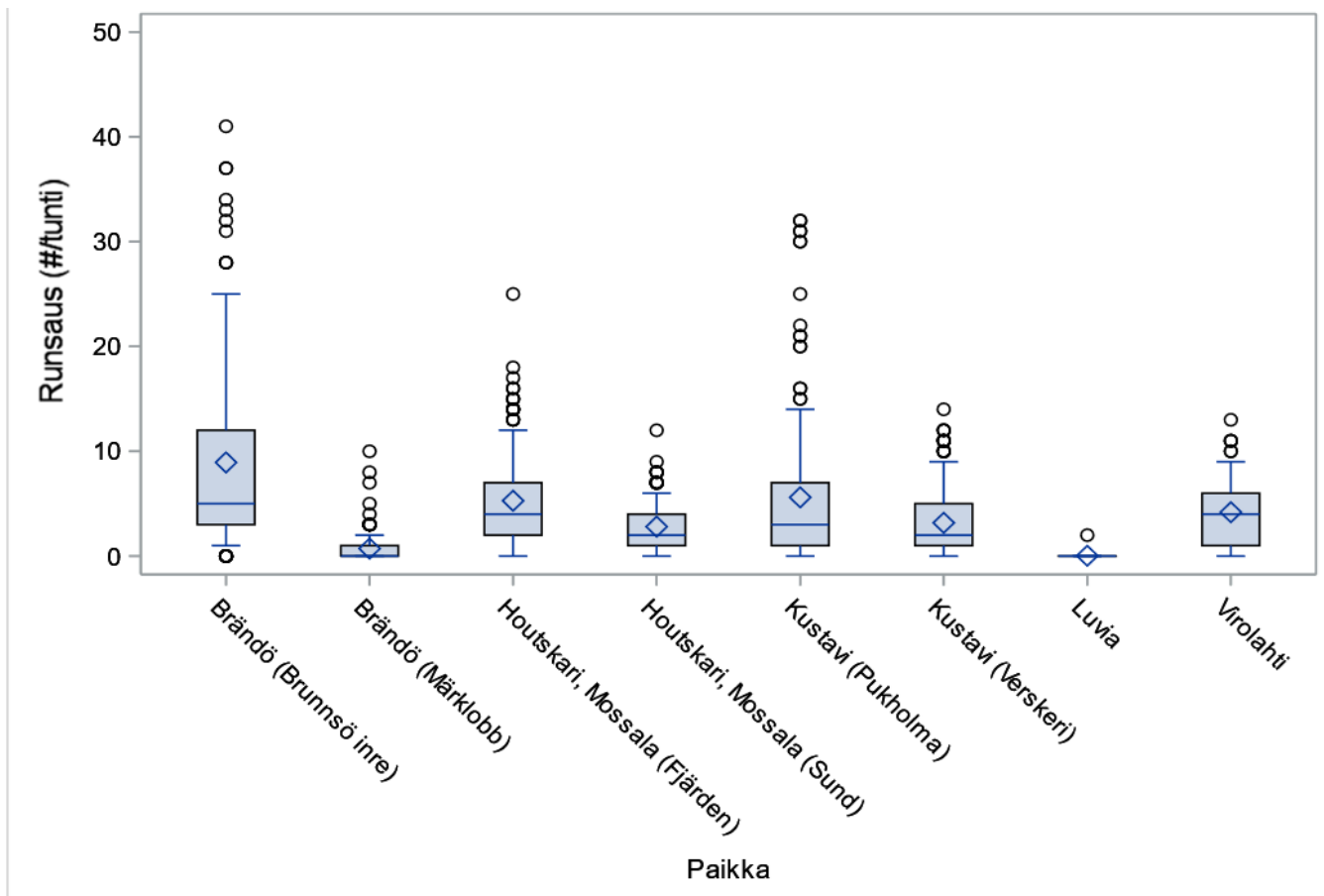
Havaintotuntien kokonaismäärällä tarkoitetaan kaikkia kyseiseltä tutkimuspaikalta läpikäytyjen ja analysoidujen tuntien kokonaismäärää, sisältäen myös tunnit, jolloin lintuja ei havaittu. Lintuhavaintomäärä perustuu kaikkien lintulajien tuntikohtaisiin maksimiyksilömääriin. Viimeisessä sarakkeessa (havainnot/tunti) on kuvattuna keskimääräinen lintuyksilöiden määrä per tunti.

Tuntikohtaisesti tarkasteltuna lintuja havaittiin eniten Brändön (Brunnsö inre) kalankasvatuslaitoksella, jossa havaittiin keskimäärin 8,79 lintua tuntia kohden. 91,3 % ajasta kyseisellä kalankasvatuslaitoksella oli läsnä vähintään yksi lintu tunnin aikana.

Lintuja oli läpikäytyihin havaintotunteihin suhteutettuna vähiten Luvialla, jossa lintuja oli keskimäärin 0,03 havaintotuntia kohden. Tällä laitoksella lintuja oli läsnä harvoin, ainoastaan 3,1 % havaintotunneista oli sellaisia, jolloin paikalla oli ollut vähintään yksi lintu. Vähäistä lintuaktiivisuutta havaittiin myös Brändön toisella laitoksella (Märklobb), jossa lintuja oli keskimäärin 0,71 tuntia kohden ja 28,7 % havaintotunneista olivat sellaisia, jolloin paikalla oli ollut vähintään yksi lintu. Muilla kalankasvatuslaitoksilla lintuja havaittiin valtaosassa havaintotunneista (78,6–84,3 %), ja tuntikohtaiset lintumäärät vaihtelivat laitoksien välillä. Kohteiden ei voida siis sanoa olevan yhtenäisiä lintumäärissään, eikä myöskään siinä, kuinka tiiviisti lintuja oli läsnä laitoksilla.

Tutkimuskohteista analysoidavien päivien ja tuntien määrä vaihteli, minkä vuoksi kustakin tutkimuskohteesta laskettiin keskimääräiset päivä- ja tuntikohtaiset lintuhavaintomäärät. Keskimääräistä päivä- ja tuntikohtaista tarkastelua voidaan käyttää apuvälineenä lintujen läsnäolon arvioinnissa tuotantolaitoksilla ja näiden vertailussa. Päiväkohtaisessa tarkastelussa

lintuaktiivisimpana tutkimuskohteena erottuu Brändö (Brunnsö innre), jossa havaittiin keskimäärin 184,5 lintua päivässä ja 8,79 lintua tunnissa. Kustavissa (Pukholma) lintuja havaittiin päivässä keskimäärin 133,3 ja 5,55 lintua tunnissa. Houtskarissa (Fjärden) lintuja havaittiin keskimäärin 114,1 päivää kohden ja 5,24 lintua tunnissa. Virolahdella havaittiin keskimäärin 72,8 lintua päivässä ja 4,16 lintua tunnissa.



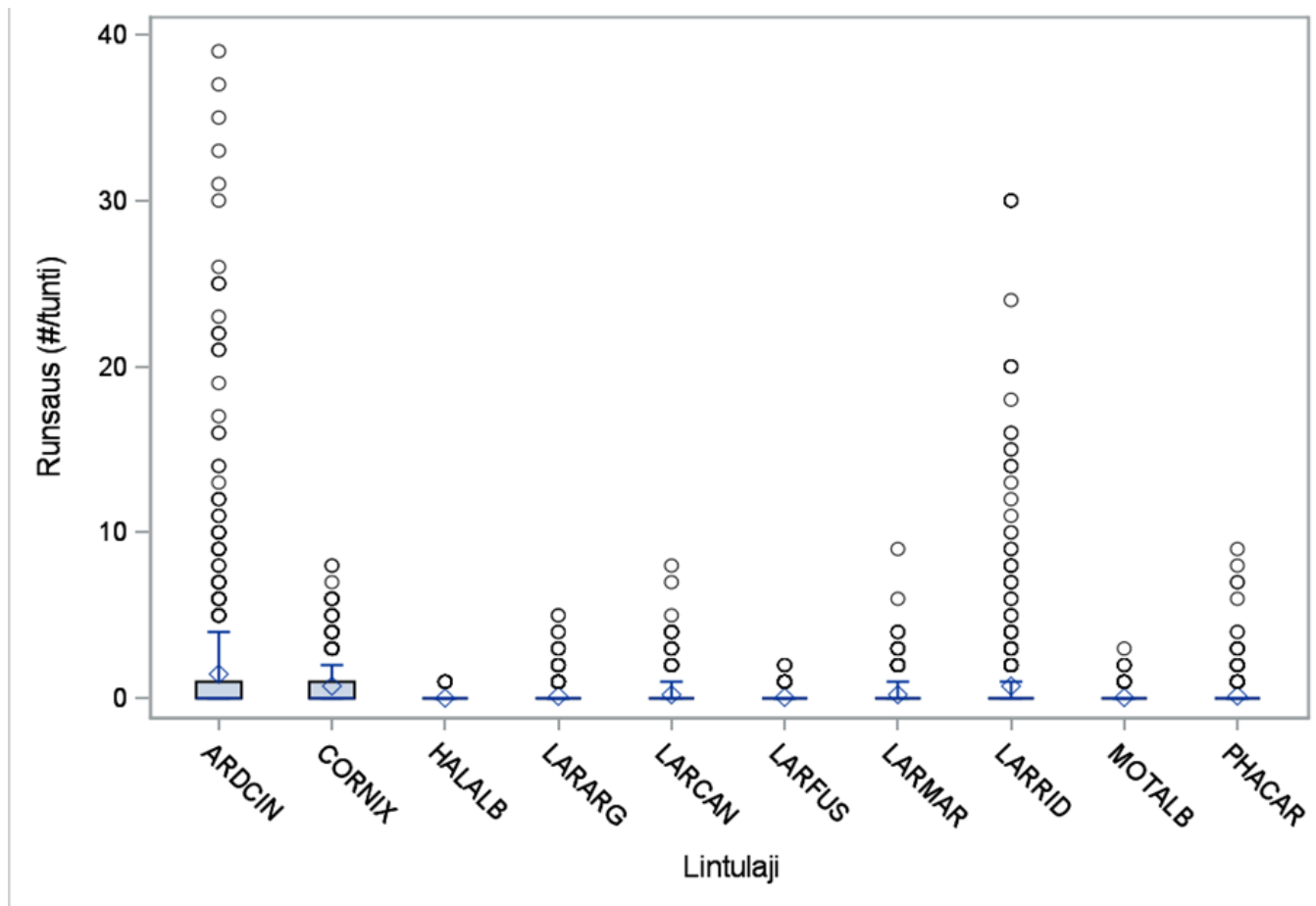
Kuva 5 Yhden tunnin aikana havaittujen kaikkien lajien yksilömäärän jakautuminen alueittain. Laatikkojanakuvion laatikko kuvaa jakauman ala- ja yläkvartiilin väliin jäävät havainnot, vaakaviiva jakauman mediaanin, salmiakkikuvio jakauman keskiarvon, janojen väliin jää 10–90 % havainnoista, ja yksittäiset symbolit kuvaavat em. välin ulkopuolelle jääviä havaintoja. Kuviossa vaaka-akselilla tutkimusalueet. Pysty-akseli kuvaa tuntikohtaista lintujen maksimimäärää.

Kuvan 5 keskiarvoja tarkastelemalla voidaan havaita, että yksittäisellä kalankasvatuslaitoksella oleskeli yhtäaikaaisesti vain vähän lintuja, yleisimmin yhtäaikaisesti lintuja oli paikalla reilusti alle kymmenen. Yleensä lintuja oli laitoksella kahdesta kuuteen (Kuva 5).

Suurimmat lintumäärät yksittäisenä hetkenä ja korkein keskiarvo yksittäisen tunnin lintumäärässä oli Brändön (Brunnsö innre) kalankasvatuslaitoksella (Kuva 5). Valtaosilla laitoksista havaittiin keskimäärin melko samanlaisia määriä lintuja (Kuva 5). Poikkeuksena tästä Brändön (Märklobb) ja Luvian kalankasvatuslaitokset, joissa havaittiin muita laitoksia

vähemmän lintuja (Kuva 5). Erityisesti Luvian kalankasvatuslaitoksella samanaikaisesti paikalla oli vain harvoin useampia lintuja, valtaosan ajasta kyseisellä laitoksella ei havaittu yhtäkään lintua (Kuva 5). Lintujen vähäisyys voi johtua laitoksen sijainnista ja siinä olleesta lintusuojojaverkosta: laitos sijaitsi muista tutkimuskohteista poiketen kauimpana rannikosta ja maa-alueista. Lisäksi kalakassin suojana oli kohotettu lintusuojojaverkko, joka hankaloittaa lintujen oleskelua verkolla ja tekee lintujen pääsystä altaan sisäpuolelle hankalampaa. Maa-alueiden kaukaisuuden lisäksi laitoksen meriolosuhteet saattoivat vaikuttaa, sillä avomerialueella sijaitsevalla laitoksella aallokko aiheuttaa toistuvaa, ja usein kovaa, heiluntaa laitoksen raamirakenteisiin ja lintusuojojaverkkoon – tämä voi tehdä raamirakenteista entistä epämiellyttävämmän levähdyspaikan linnuille.

Havaintoaineiston laatikkojanakuvioita tarkastelemalla ja vertailemalla voidaan todeta, että valtaosassa tutkimuskohteissa havaintodata on voimakkaasti vinoutunutta (useimpien tutkimusalueiden data on oikealle vinoutunutta), mikä tulee ottaa huomioon aineiston jatkoanalysoinnissa. Useimmilla tuotantolaitoksista oli useita yksittäisiä hetkiä, jolloin paikalla oli lintuja moninkertaisesti laitoksen keskimääräiseen lintumäärään nähden. Havaintojen yläkvartiilin ulkopuolelle osuvat havaintojen maksimi-arvot ovat verrattain kauempana kuin alakvartiilin alapuolelle osuvien havaintojen minimiarvot.



Kuva 6 Laatikkojanakaavion pylväät kuvaavat kunkin lajin esiintymistietoa yhdistettynä kaikista tutkimuskohteista. Laatikkojanakuvion laatikko kuvaa jakauman ala- ja yläkvartiilin väliin jäävät havainnot, vaakaviiva jakauman mediaanin, salmiakkikuvio jakauman keskiarvon, janojen väliin jää 10–90 % havainnoista, ja yksittäiset symbolit kuvaavat em. välin ulkopuolelle jääviä havainnoita. Kuviossa vaak-akselilla havaitut lintulajit (lyhenteet avattu aikaisemmin tekstissä). Pysty-akseli kuvaa tuntikohtaista lintujen maksimimäärää. Käytetyt lyhenteet: ARDCIN = *Ardea cinerea*, harmaahaikara – CORNIX = *Corvus cornix*, varis – HALALB = *Haliaeetus albicilla*, merikotka – LARARG = *Larus argentatus*, harmaalokki – LARCAN = *Larus canus*, kalalokki – LARFUS = *Larus fuscus*, selkälokki – LARMAR = *Larus marinus*, merilokki – LARRID = *Larus ridibundus*, naurulokki, MOTALB = *Motacilla alba*, västäräkki. Lyhenteitä käytetään samaa periaatetta seuraten myös myöhemmin tuloksien esittelyssä.

Lintulajeittain tarkasteltuna valtaosa havaituista linnuista (70,1 %) oli kolmea lajia, harmaahaikara (*Ardea cinerea*, 34,9 % kaikista linnuista), naurulokki (*Larus ridibundus*, 17,6 % kaikista linnuista) ja varis (*Corvus corone cornix*, 17,6 % kaikista linnuista). Epävarmat havainnot lokkilinnuista yhdistettiin tunnistamattomien lokkien kategoriaksi, ”Lokki sp”. Tunnistamattomia lokkilintuja oli 9 % aineistosta.

Tarkasteltaessa kuvassa 6 yhdistettyä tietoa lintulajikohtaisesta esiintymisestä voidaan havaita, että kutakin lintulajia havaittiin yksittäisenä havaintohetkenä (tuntina) keskimääräisesti vähän. Lajien tuntikeskiarvot ovat hyvin lähellä nollaa. Mikään yksittäinen laji ei siis esiintynyt muihin verrattuna erityisen runsaasti ja usein kasvatuslaitoksilla. Kuvaa 6 tarkastellessa kuitenkin selviää, että harmaahaikaraa (ARDCIN) havaittiin keskimäärin jonkin verran runsaammin

yksittäisinä tunteina kuin muita lintulajeja. Harmaahaikaran (ARDCIN) kohdalla voidaan kuitenkin havaita tarkasteluhetkenä erityisen korkeita esiintymishuippuja, jolloin lintuja havaittiin samanaikaisesti jopa noin 40 yksilöä (Kuva 6). Nämä esiintymishuiput ja aktiivisuus osuivat lähinnä yhdelle tuotantolaitoksista (Kuva 8), jossa linnut vierailivat säännöllisesti suurin joukoin, mikä kannattaa ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa. Kyseisellä tuotantolaitoksella sijaitti useita kalakasseja, ja harmaahaikarat olivat jo aikaisempina vuosina oppineet käyttämään laitoksessa kasvavia kaloja ravinnokseen (suullinen tiedonanto tuotantolaitokselta). Nämä ovat voineet vaikuttaa siihen, että linnut ovat alkaneet vierailemaan laitoksella säännöllisesti.

Toinen yksittäisinä havaintohetkinä runsaasti esiintynyt laji oli naurulokki (LARRID), joita saattoi esiintyä yhtenä havaintohetkenä runsaimmillaan noin 30 yksilöä (Kuva 6). Myös näiden kohdalla toistuu osin sama ilmiö kuin harmaahaikaran kohdalla; suuret havaintomäärät ovat peräisin yksittäiseltä tuotantolaitokselta, jota linnut vaikuttivat jostain syystä suosivan. Naurulokkien poikkeavan suurista määristä kyseisellä laitoksella voisi päätellä, että laitoksen lähellä sijaitsee aktiivinen lintukolonia. Lisäksi kyseisen laitoksen videoaineistosta havaittiin lintujen siirtyvän siihen kalakassiin, jonka ruokinta-automaatti käynnistyi. Voitaneen pitää siis mahdollisena, että linnut olivat oppineet hyödyntämään kyseistä laitosta yhtenä ravinnonlähteenään, tai ainakin ruokinta-automaatin kalanrehun toimivan houkuttimena linnuille. Samanlaisia joukkoesiintymisiä ei kuitenkaan esiintynyt kaikissa seuratuissa laitoksissa, joissa ruokinta-automaatit olivat käytössä. Huomiosta huolimatta tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan tarkasteltu tuotantolaitoksien ominaisuuksien ja niiden ympäristön vaikutusta lintujen esiintyvyyteen, vaan asia edellyttää jatkotutkimuksia.

Tutkimuksessa havaittujen lintulajien yksilöitä nähtiin seuratuilla kalankasvatuslaitoksilla yleensä vain yksittäin, korkeintaan muutamien lintujen joukkona (Kuva 6). Tietyn lajin lintumäärä kalankasvatuslaitoksella voi kuitenkin yksittäisenä hetkenä kasvaa moninkertaiseksi lajin keskimääräiseen esiintymiseen ja sen vaihteluväliin verrattuna (Kuva 6), mikäli isompi lintuparvi saapuu vierailemaan laitoksella.

3.3. Lintujen alueellinen esiintyvyys

Kunkin lintulajin osuuksia kaikista kyseisessä paikassa havaituista linnuista on koottu taulukkoon 5. Vertaamalla kunkin lintulajin osuutta paikassa tehtyjen lintuhavaintojen kokonaismäärään saadaan tietoa siitä, mikä on kyseisen lintulajin suhde muihin lintuihin kyseisessä tutkimuskohteessa tarkasteluajanjaksona. Tämä voi kertoa lintulajin aktiivisuudesta (viipymästä) ja antaa tietoa esiintymismääristä kyseisessä tutkimuskohteessa muuhun tutkimuspaikan lintulajistoon verrattuna. On kuitenkin huomioitavaa, että kyseiseen suhdeluukuun vaikuttaa merkittävästi lintulajin yksilömäärät, jonka seurauksena suuret tietyn lajin yksilömäärät korostuvat alueellisessa tarkastelussa. Tutkimuskohteista analysoitiin hiukan eriävä määrä tunteja, mikä kannattaa huomioida tuloksien tulkinnessa.

Taulukko 5. Tutkimusalueiden lintulajijakauma

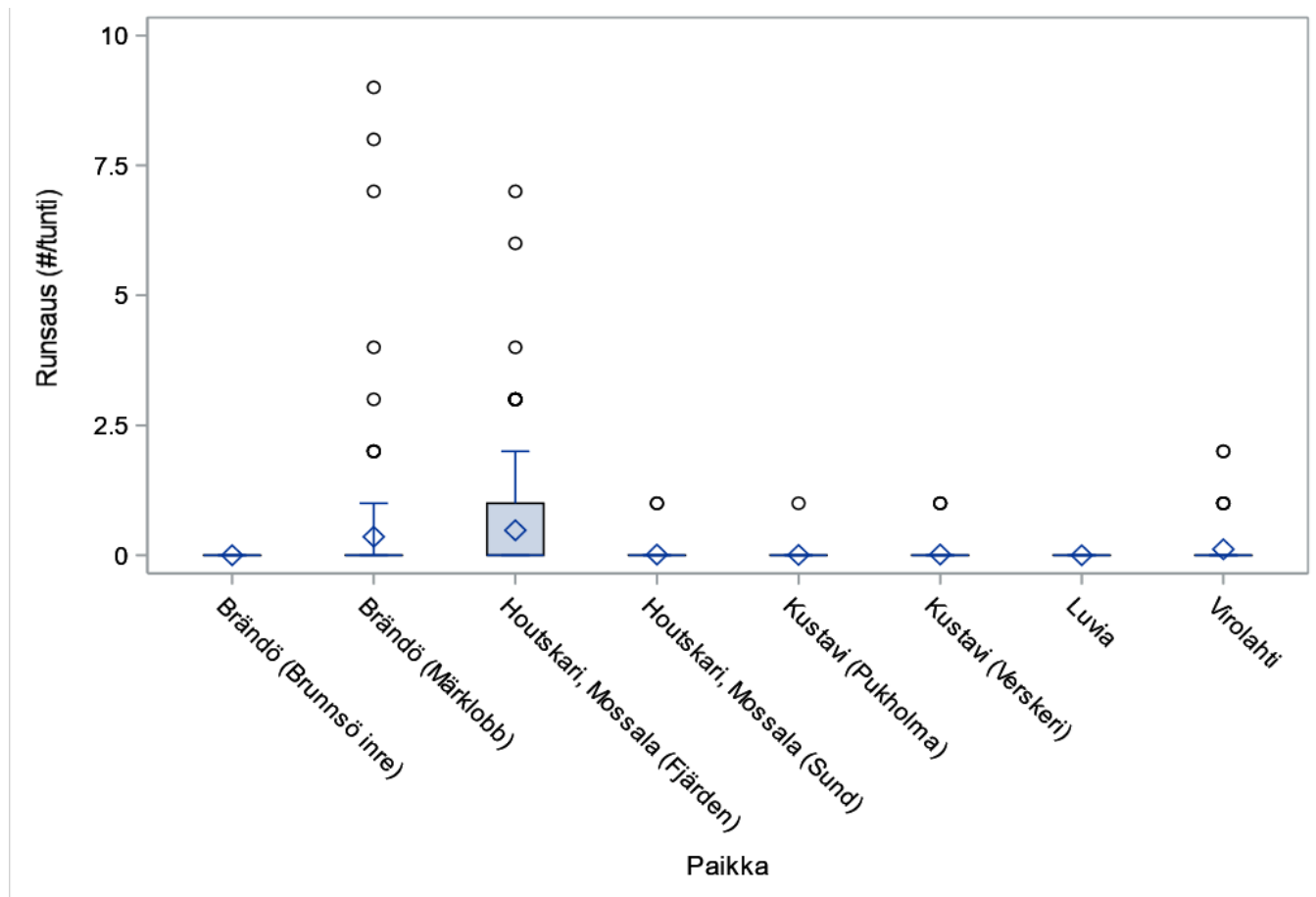
Paikka	PHA CAR	ARD CIN	LAR ARG	LAR MAR	LAR CAN	LAR RID	LAR FUS	STE sp	MOT ALB	COR NIX	HAL ALB	Lokki sp	Lokki sp juv	PAN HAL	% (lukumäärä)
Brändö (Brunnsö inre)	-	76 (842)	1,8 (20)	2,9 (32)	2,9 (32)	0,4 (4)	0,5 (5)	0,1 (1)	0,2 (2)	13,6 (150)	-	0,8 (9)	0,9 (10)	-	100 (1107)
Brändö (Märklobb)	49,4 (43)	1,1 (1)	-	-	3,4 (3)	2,3 (2)	2,3 (2)	-	-	4,6 (4)	-	36,8 (32)	-	-	100 (87)
Houtskari, Mossala (Fjärden)	9,2 (94)	2,4 (25)	8,6 (88)	14,3 (147)	13,1 (135)	3,6 (37)	4,4 (45)	0,3 (3)	-	9,4 (97)	0,8 (8)	32,2 (330)	1,7 (17)	0,1 (1)	100 (1027)
Houtskari, Mossala (Sund)	0,5 (2)	60,4 (241)	-	1,3 (5)	2,3 (9)	-	1,8 (7)	-	6,0 (24)	27,3 (109)	-	0,3 (1)	0,3 (1)	-	100 (399)
Kustavi (Pukholma)	0,1 (1)	0,4 (4)	0,2 (2)	5,9 (55)	0,3 (3)	78,2 (730)	0,5 (5)	0,5 (5)	0,4 (4)	11,1 (104)	-	2,1 (20)	-	-	100 (933)
Kustavi (Verskeri)	0,4 (3)	47,0 (330)	3,1 (22)	0,3 (2)	6,6 (46)	4,0 (28)	0,1 (1)	1,0 (7)	1,9 (13)	31,3 (220)	1,1 (8)	2,0 (14)	1,1 (8)	-	100 (702)
Luvia	-	100,0 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100 (2)
Virolahti	2,7 (8)	49,1 (143)	-	-	2,4 (7)	-	-	-	3,1 (9)	39,9 (116)	-	1,4 (4)	1,4 (4)	-	100 (291)

Taulukossa on kuvattuna tutkimusalueiden lajikoostumus, eli mikä oli kunkin alueella havaitun lintulajin osuus alueella tehdyistä havainnoista. Sulkeiden ulkopuolinen arvo on %-osuus ja sulkeiden sisäpuoleinen arvo on lajin tuntikohtaisten maksimiarvojen lukumäärä tutkimuskohteessa. Esimerkiksi Brändö (Brunnsö Inre) tutkimusalueella valtaosa, 76 % havainnoista oli harmaahaikaroista (ARD CIN). Kyseisessä tutkimuskohteessa harmaahaikaran tuntikohtaisten maksimien lukumäärä oli 842. ”-” tarkoittaa, ettei kyseisestä lintulajista saatu yhtään havaintoa tutkimusalueella. Taulukon alaosassa on summattuna kaikkien tutkimusalueiden lajista tehtyjen tuntikohtaisten maksimien lukumäärä ja mikä on tämän lukumäärän osuus kaikista lintuhavainnoista. Taulukon oikeassa laidassa on sulkeiden ulkopuolella summattuna tutkimusalueen lajien osuudet ja sulkeiden sisäpuolella tutkimusalueen lajien yhteenlaskettu tuntikohtaisten maksimien lukumäärä.

Lajien esiintymisessä oli eri tutkimusalueiden välillä suurta vaihtelua (Taulukko 5). Lajihavainnot painoutuivat useiden lajien kohdalla yhdelle tai muutamalla kalankasvatuslaitokselle (Taulukko 5). Tasaisimmin lajeista vaikuttaisi esiintyvän varis (COR NIX), jota havaittiin lähes kaikilla kalankasvatuslaitoksilla (Taulukko 5). Lajin sisäinen ja lajien välinen vaihtelu esiintyvyydessä oli erittäin suurta kalankasvatuslaitoksien välillä (Taulukko 5). Tulos ei ole varsinaisesti yllättävä, sillä tuotantolaitokset sijaitsivat hyvin

vaihtelevissa ympäristöissä, osa Saaristomeren sisäsaaristossa, osa taas lähempänä Ahvenanmaata ja yksi laitos Suomenlahden pohjukassa, eli monet laitokset olivat luonnonominaisuuksiltaan vaihtelevan lähiympäristön myös maantieteellisesti kaukana toisistaan. Tämän lisäksi myös laitoksien fyysiset rakenteet vaihtelivat: esim. laitoksien välillä kalakassien määrä ja poikkipinta-ala vaihtelivat, lisäksi kasvatuskalojen laji jo koko vaihtelivat, myös osassa laitoksista oli käytössä lintusuojaverkkoja ja ruokinta-automaatteja – lienee siis odotettavaa, että runsaan ympäristötekijöiden vaihtelun vuoksi myös vaihtelua eri lintulajien esiintyvyydessä ja lajien yksilömäärissä tuotantolaitoksilla ilmenee.

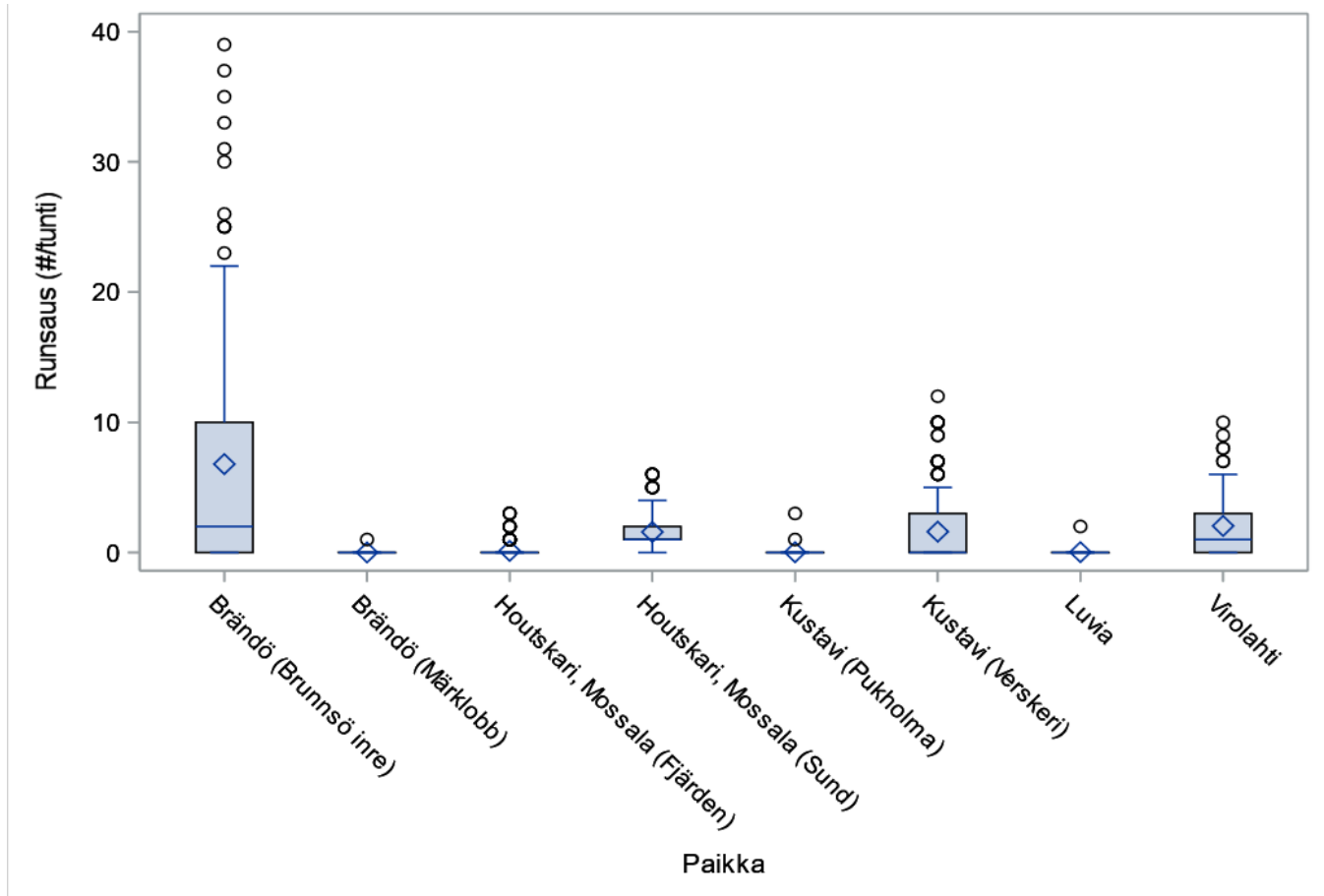
Tarkempaan alueellisen esiintyvyyden tarkasteluun valikoitiin rauhoitetut ja kalankasvatukselle haitallisiksi koetut merimetso (*Phalacrocorax carbo*) ja harmaahaikara (*Ardea cinerea*). Merimetson (PHA CAR) havainnot painottuvat Houtskari, Mossala (Fjärden) tutkimusalueelle, jossa tehtiin 62,3 % lajin kaikista havainnoista (Kuva 7). Harmaahaikara (ARD CIN) painottuu Brändö (Brunnsö innre), tutkimusalueelle, jossa havaintojen yhteismäärä kohoaa 53 % koko aineiston harmaahaikaran havaintomäärästä (Kuva 8).



Kuva 7 Merimetson alueellinen esiintyvyys laatikkojanakaaviona. Laatikkojanakuvion laatikko kuvaa jakauman ala- ja yläkvartiilin väliin jäävät havainnot, vaakaviiva jakauman mediaanin, salmiakkikuvio jakauman keskiarvon, janojen väliin jää 10–90 % havainnoista, ja yksittäiset symbolit kuvaavat em. Välin ulkopuolelle jääviä havaintoja. Kuvassa on esitetty merimetson

(*Phalacrocorax carbo*) tuntikohtaiset maksimimäärät eri tutkimusalueilla, sekä keskimääräinen tuntikohtainen havaintomäärä ja vaihteluväli. Pallot kuvaavat yhtä havaintotuntia, jolloin lintuja havaittiin vaihteluvälistä poikkeava suurempi määrä.

Merimetson esiintyminen erosi kasvatuslaitosten välillä tilastollisesti merkitsevästi ($F= 6.21$, $df:s = 7, 1059$, $P < 0.0001$, kuva 7). Valtaosassa tutkimuskohteissa merimetsoa ei joko esiintynyt ollenkaan, tai esiintyminen oli hyvin niukkaa tarkasteltuihin tunteihin nähden (Kuva 7). Ainoastaan Brändö (Märklobb) ja Houtskari, Mossala (Fjärden) tutkimusalueilla esiintyminen oli hiukan runsaampaa, mutta näilläkin alueilla lintuja esiintyi vähän pitkään havaintoajanjaksoon sekä havaintotunteihin nähden (Kuva 7). Monilla tutkimusalueilla voitiin kuitenkin yksittäisinä havaintotunteina havaita keskiarvoesiintymistä paljon suurempia määriä merimetsoja (Kuva 7). Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että merimetson toistuvat normaalista esiintymisestä poikkeavat esiintymishuiput osuvat alueille, jossa merimetsoa havaittiin jo keskimäärin runsaammin (Kuva 7). Valtaosassa tutkimuskohteita merimetsoa havaittiin jonakin hetkenä tarkasteluajanjaksona, mutta havaintotuntien määrään verrattuna esiintymismääriä voidaan kuitenkin pitää kohtuullisen pienenä. Merimetsojen suurin esiintymismäärä yksittäisen tunnin aikana oli 9 yksilöä (Kuva 7).



*Kuva 8 harmaahaikaran alueellinen esiintyvyys laatikkojanakuviona. Laatikkojanakuvion laatikko kuvaa jakauman ala- ja yläkvartiilin väliin jäävät havainnot, vaakaviiva jakauman mediaanin, salmiakkikuvio jakauman keskiarvon, janojen väliin jää 10–90 % havainnoista, ja yksittäiset symbolit kuvaavat em. Välin ulkopuolelle jääviä havaintoja. Kuvassa on esitetty harmaahaikaran (*Ardea cinerea*) tuntikohtaiset maksimimäärät eri tutkimusalueilla, sekä keskimääräinen tuntikohtainen havaintomäärä ja vaihteluväli. Pallot kuvaavat yhtä havaintotuntia, jolloin lintuja havaittiin vaihteluvälistä poikkeava suurempi määrä.*

Harmaahaikaran esiintyminen erosi kasvatuslaitosten välillä tilastollisesti merkitsevästi ($F=267,8$, $df:s = 7$, $297,8$, $P < 0.0001$, kuva 8). Harmaahaikaraa havaittiin jokaisessa tutkimuskohteessa vähintään kerran tarkasteluajanjakson aikana (Kuva 8). Useissa kohteissa (Brändö Brunnsö inre, Houtskari Mossala Sund, Kustavi Verskeri ja Virolahti) harmaahaikaroita esiintyi keskimäärin paikalla muutamia yksilöitä valtaosan tarkasteluajanjaksosta (Kuva 8). Eniten harmaahaikaraa havaittiin Brändössä (Brunnsö inre), jossa harmaahaikaroita esiintyi keskimääräisesti moninkertainen määrä muihin laitoksiin verrattuna (Kuva 8). Esiintymisen korkean keskiarvon lisäksi myös vaihteluväli oli merkittävän korkea, ja laitoksella havaittiin ison osan ajasta jopa kymmeniä harmaahaikaroita (Kuva 8). Enimmillään laitoksella havaittiin jopa lähes 40 harmaahaikaraa (Kuva 8).

Valtaosassa tutkimuskohteissa merimetsoa ei joko esiintynyt ollenkaan, tai esiintyminen oli hyvin niukkaa tarkasteltuihin tunteihin nähden (Kuva 8). Ainoastaan Brändö (Märklobb) ja Houtskari, Mossala (Fjärden) tutkimusalueilla esiintyminen oli hiukan runsaampaa, mutta näilläkin alueilla lintuja esiintyi vähän pitkään havaintoajanjaksoon sekä havaintotunteihin nähden (Kuva 8). Monilla tutkimusalueilla voitiin kuitenkin yksittäisinä hetkinä havaita keskiarvoesiintymistä paljon suurempia määriä merimetsoja (Kuva 8). Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että merimetsojen toistuvat normaalista esiintymisestä poikkeavat esiintymishuiput osuvat alueille, jossa merimetsoa havaittiin jo keskimäärin runsaammin. Valtaosassa tutkimuskohteita merimetsoa havaittiin jonakin hetkenä tarkasteluajanjaksona (Kuva 8), mutta havaintotuntien määrään verrattuna esiintymismääriä voidaan kuitenkin pitää kohtuullisen pienenä. Yksittäisenä hetkenä merimetsojen suurin esiintymismäärä oli 9 yksilöä (Kuva 8).

3.4. Lintujen ajallinen esiintyvyys

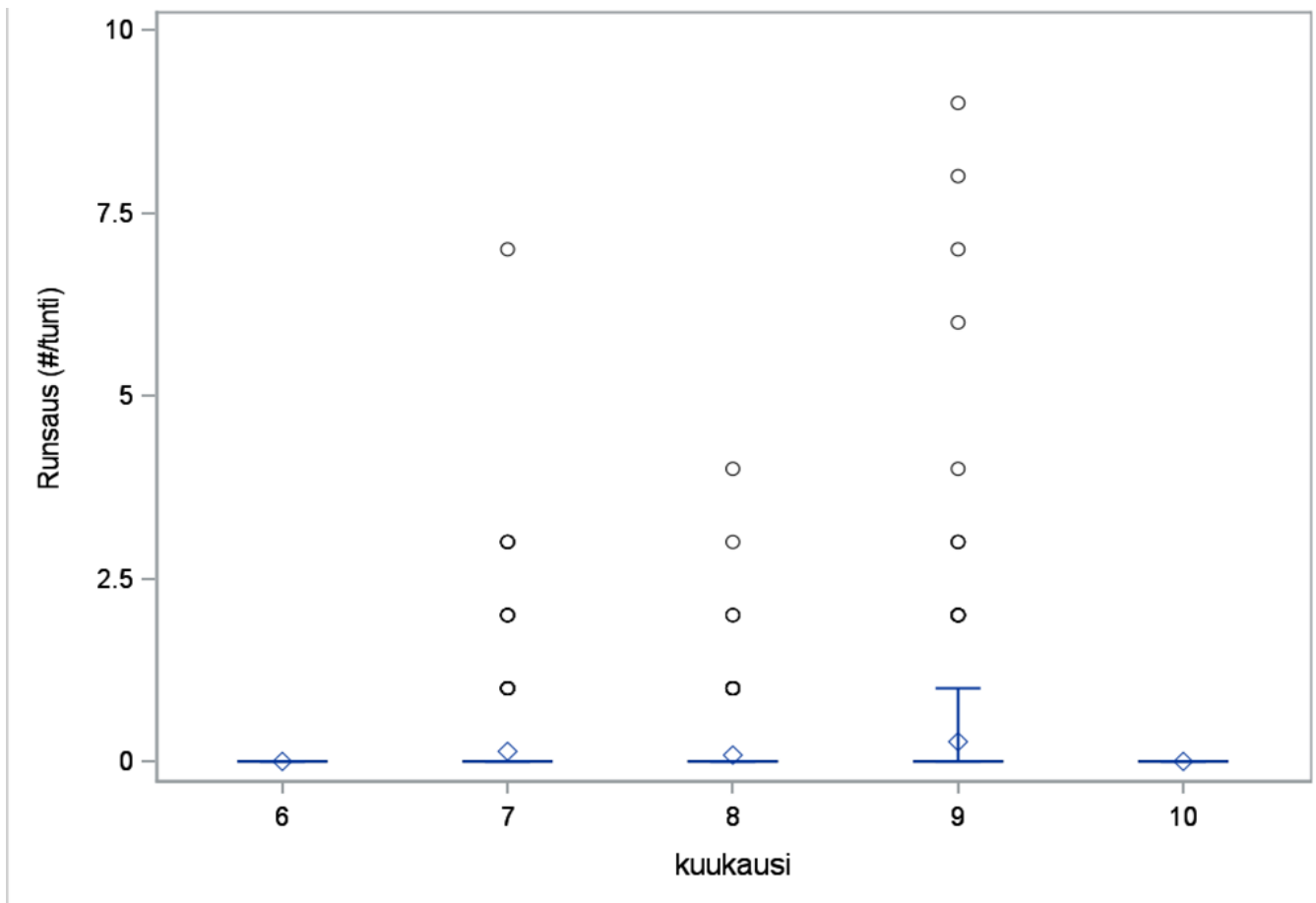
Lintulajien esiintyvyys vaihteli suuresti tutkimusajanjakson aikana ja kuukausien välillä on nähtävissä isoja eroja lajien esiintyvyydessä (Taulukko 6). Tuloksia tulkittaessa on hyvä huomioida, että havaintomäärät painottuvat voimakkaasti heinä- ja elokuulle. Alkukauden (kesäkuu) ja loppukauden (lokakuu) havaintojen osuus jää huomattavan pieneksi keskikesään verrattuna (Taulukko 6). Alkukaudella naurulokin osuus on erityisen suuri (Taulukko 6).

Alkukauden jälkeenkin naurulokin havaintomäärät edustavat merkittävää osuutta kaikista havainnoista, kunnes määrä laskee merkittävästi elokuussa (Taulukko 6). Syyskuussa lintua ei tavata lainkaan (Taulukko 6). Lähes kaikki naurulokin havainnot ovat yhdeltä ainoalta alueelta, Kustavin Pukholmasta (Taulukko 5). Kyseisessä kohteessa naurulokit esiintyivät suurena parvena ja vierailivat laitoksen kalakasseilla säännöllisesti. Nopea havaintomäärien putoaminen lienee seurausta naurulokin muuttoliikhehdinnästä, sillä naurulokki aloittaa yleensä syysmuuttonsa jo alkusyksystä. Alueellisesti tasaisesti havaittu varis vaikuttaisi olevan säännöllinen vierailija kalankasvatuslaitoksilla koko kauden läpi, sen havaintomäärät sekä osuudet pysyvät suhteellisen korkeina koko tutkimuskauden (Taulukko 6). On kuitenkin huomioitavaa, että kuukausittaisiin tuloksiin vaikuttaa havaintotuntien määrä – lisääntynyt määrä havaintotunteja lisää myös havaittujen lintujen kokonaismäärää. Tutkimuksessa havaintotuntien kokonaismäärässä esiintyy vaihtelua kuukausien välillä, lisäksi kalankasvatuslaitosten seuranta-aikojen aloitus- ja lopetuspäivämäärissä oli eroa. Tämä kannattaa ottaa huomioon esitettyjen tuloksien tulkinnassa.

Taulukko 6 Lintulajien %-osuudet kuukausittaisista havainnoista ja lajin havaintomäärät

Kuukausi	Laji														% (lukumäärä)
	PHA CAR	ARD CIN	LAR ARG	LAR MAR	LAR CAN	LAR FUS	LAR RID	STE sp	MOT ALB	COR NIX	HAL ALB	Lokki sp	Lokki sp juv	PAN HAL	
Kesäkuu	-	0,4 (1)	0,7 (1)	0,4 (1)	1,5 (4)	0,4 (1)	74,4 (203)	1,1 (3)	2,9 (8)	15,0 (41)	-	3,7 (10)	-	-	100 (273)
Heinäkuu	2,7 (50)	25,7 (469)	3,6 (66)	8,1 (148)	6,1 (111)	2,6 (48)	28,6 (522)	0,4 (8)	0,5 (10)	9,2 (168)	0,4 (4)	12,0 (219)	0,1 (1)	-	100 (1824)
Elokuu	1,8 (25)	56,2 (797)	3,1 (44)	5,4 (77)	3,5 (50)	0,6 (8)	5,3 (75)	0,4 (5)	1,3 (18)	13,3 (189)	0,3 (4)	7,2 (102)	1,7 (24)	0,1 (1)	100 (1419)
Syyskuu	8,6 (76)	34,4 (305)	2,4 (21)	1,5 (13)	5,5 (49)	0,6 (5)	-	-	1,8 (16)	37,0 (328)	0,7 (6)	6,5 (58)	1,1 (10)	-	100 (887)
Lokakuu	-	11,0 (16)	-	1,4 (2)	14,5 (21)	2,1 (3)	0,7 (1)	-	-	51,0 (74)	1,4 (2)	14,5 (21)	3,4 (5)	-	100 (145)

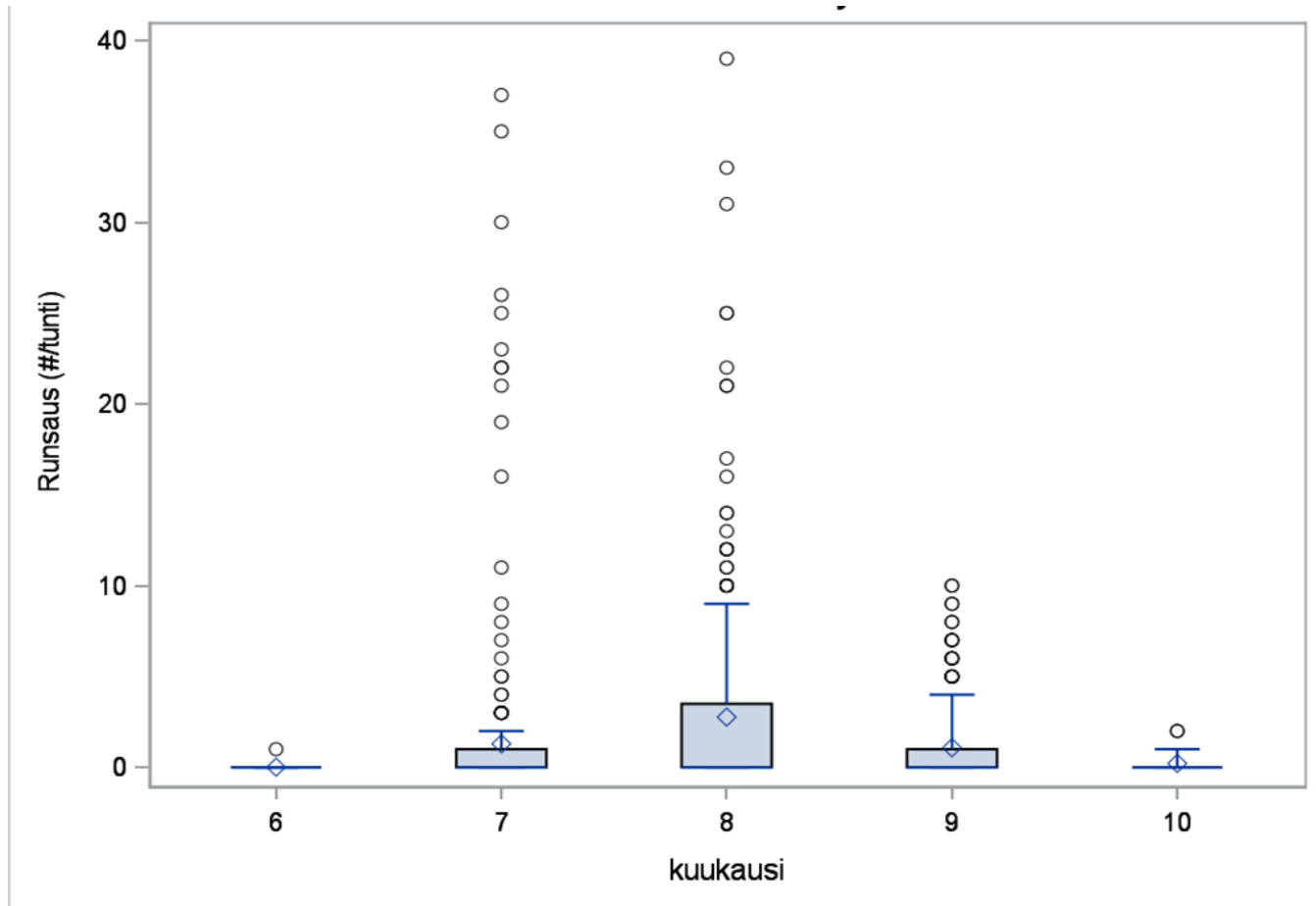
Taulukon %-osuudet on yhdistetty kaikilta eri tutkimusalueilta. Sulkeiden ulkopuolella oleva luku on kyseisen kuukauden havaintojen osuus kaikista lajista tehdyistä havainnoista (kaikki kuukaudet). Havaintoyksikkö on lajin maksimäärä yksilöitä yhden tunnin aikana. Sulkeiden sisäpuolella oleva luku on siis näiden havaintotuntien esiintyvyyden maksimeista laskettu lukumäärä.



Kuva 9 Merimetsan esiintyvyys eri kuukausina laatikkojanakaaviona. Laatikkojanakuvion laatikko kuvaa jakauman ala- ja yläkvartiilin väliin jäävät havainnot, vaakaviiva jakauman mediaanin, salmiakkikuvio jakauman keskiarvon, janojen väliin jää 10–90 % havainnoista, ja yksittäiset symbolit kuvaavat em. Välin ulkopuolelle jääviä havaintoja. Kuvassa on esitetty merimetsan tuntikohtaiset maksimimäärät eri tutkimuskuukausina, sekä keskimääräinen tuntikohtainen havaintomäärä ja vaihteluväli kuukausittain. Pallot kuvaavat yhtä havaintotuntia, jolloin lintuja havaittiin vaihteluvälistä poikkeava suurempi määrä. Numerot kuvaavat kuukausia niiden numerjärjestyksessä, 6 = kesäkuu, 7 = heinäkuu, 8 = elokuu, 9 = syyskuu, 10 = lokakuu.

Merimetsan esiintyminen erosi kuukausien välillä tilastollisesti merkitsevästi ($F = 4,41$, $df:s = 3$, 1090 , $P = 0.0043$, kuva 9). Merimetsaa esiintyi keskimäärin eniten heinäkuusta syyskuuhun (Kuva 9). Kesä- ja lokakuulta merimetsosta ei saatu yhtäkään havaintoa tuotantolaitoksilta (Kuva 9). Kaikkina kuukausina, jolloin merimetsaa esiintyi, oli niitä keskimääräisesti hyvin vähän havaintotunteihin nähden tuotantolaitoksilla, yleisesti ottaen puhutaan vain yksittäisistä linnuista (Kuva 9). Linnut eivät myöskään vaikuta viipyvän pitkään laitoksilla, mikä johtunee niiden saalistuskäyttäytymisestä – merimetsot saapuvat paikalle, saalistavat ja sen jälkeen poistuvat nopeasti paikalta. Syyskuu oli ainoa seurantakuukausi, jolloin merimetsan vaihteluväli oli suurempi (Kuva 9). Kaikkina kuukausina, jolloin merimetsaa havaittiin (heinä-elo-syyskuu), saattoi lintujen määrä tuotantolaitoksella hetkellisesti nousta jopa lähes 10 yksilöön (Kuva 9). Nämä hetket olivat kuitenkin analysoidun aineiston kokoon (tuntien määrään) nähden harvinaisia. Kalankasvattajat olivat raportoineet suullisesti merimetsan satapäisistä massaesiintymisistä tuotantolaitoksilla joinain vuosina, mutta tässä tutkimuksessa

tällaista ei havaittu – vaikkakin videoilla satunnaisesti havaittiin tuotantolaitoksien ohi lentäviä suurikokoisia merimetsoparvia. Lokakuulta havaintopäiviä ja aktiivisia tutkimusalueita on vähemmän verrattuna muihin kuukausiin, mikä kannattaa ottaa huomioon tuloksien tulkinnassa – on hyvinkin mahdollista, että lokakuun havaintotuntien vähäinen määrä ei anna edustavaa kuvaa esiintyvyydestä.



Kuva 10 Harmaahaikaran esiintyvyys eri kuukausina laatikkojanakaaviona. Laatikkojanakuvion laatikko kuvaa jakauman ala- ja yläkvartiilin väliin jäävät havainnot, vaakaviiva jakauman mediaanin, salmiakkikuvio jakauman keskiarvon, janojen väliin jää 10–90 % havainnoista, ja yksittäiset symbolit kuvaavat em. Välin ulkopuolelle jääviä havaintoja. Kuvassa on esitetty harmaahaikaran tuntikohtaiset maksimimäärät eri tutkimuskuukausina, sekä keskimääräinen tuntikohtainen havaintomäärä ja vaihteluväli kuukausittain. Pallot kuvaavat yhtä havaintotuntia, jolloin lintuja havaittiin vaihteluvälistä poikkeava suurempi määrä. Numerot kuvaavat kuukausia niiden numerorjestyksessä, 6 = kesäkuu, 7 = heinäkuu, 8 = elokuu, 9 = syyskuu, 10 = lokakuu.

Harmaahaikaran esiintyminen erosi kuukausien välillä tilastollisesti merkitsevästi ($F= 26,17$, $df:s = 4, 1098$, $P < 0.0001$, kuva 10). Keskimäärin harmaahaikaraa esiintyi runsaiten elokuussa, jolloin harmaahaikaroita havaittiin keskiarvoltaan moninkertainen määrä muihin kuukausiin verrattuna (Kuva 10). Elokuun vaihteluväli ja keskiarvo olivat muita kuukausia suurempia, harmaahaikaraa esiintyi siis runsaammin elokuussa niinä hetkinä, kun sitä havaittiin verrattuna muihin kuukausiin (Kuva 10). Heinä- ja syyskuun keskiarvot ovat hyvin lähellä toisiaan, mutta heinäkuussa harmaahaikaraa tavattiin useammin vaihteluvälistä poikkeavan suurina määrinä

verrattuna syyskuuhun (Kuva 10). Huomattavaa on, että keskimäärin lintujen määrä eri kuukausina oli pieni: yleisimmät havainnot olivat vain muutamia lintuja kuukaudesta tai korkeista esiintymishuipuista riippumatta (Kuva 10). Alkukesä vaikuttaa hiljaisemmalta harmaahaikaran esiintymisen suhteen, lintumäärät lähtevät kasvuun keski- ja loppukesästä (Kuva 10). Huomattavaa tuloksien tulkinnan kannalta on, että lokakuu on aliedustettuna, kuten jo merimetson kohdalla aiemmin mainittiin. Onkin hyvin mahdollista, että harmaahaikaran esiintymismäärät lokakuulta ovat todellisuudessa suurempia kuin edeltävät kuvaajat kertovat.

4. Pohdinta

Tutkimusta varten kehitetty kamerajärjestelmä soveltui tutkimuksen tarkoitukseen ja toimi erinomaisesti. Järjestelmä osoittautui toimintavarmaksi, sekä kiinnityksien että videodatan tallentamisen suhteen. Asennuskohteet (kalankasvatustilojen kalakassien raamit) olivat pääsääntöisesti hyvinkin samanlaisia, mutta muutamissa kohteissa raamien rakenteet olivat kooltaan hiukan poikkeavia. Tutkimuslaitteiston kiinnityksissä käytetyt välineet, eli vannemaiset meriveden kestävä putkenkiristimet ja kuormaliinat lukkoineen, osoittautuivat hyväksi ratkaisuksi – näiden avulla akkusuojavaatikon alumiininen kehikko, kameratanko ja aurinkopaneeli saatiin kiinnitettyä hyvinkin nopeasti ja tukevasti erikokoisiin rakenteisiin. Laitteiston kaikki komponentit kestivät hyvin sääolosuhteita; kiinnitykset eivät pettäneet ja vesi ei päässyt (yhtä poikkeusta lukuun ottamatta) kosketuksiin herkkien elektroniikkakomponenttien kanssa. Laitteistolle tuli toteutettua siis riittävän hyvät kiinnitykset ja riittävän hyvät suojausratkaisut ympäristöolosuhteisiin nähden. Videodataa järjestelmä tallensi erittäin onnistuneesti. Videodatan tallennuksen suhteen huomattiin, että ympäri vuorokauden tallentavat järjestelmät kuluttavat valtavan määrän palvelintilaa. Erittäin suuri tallennustilan tarve korostui erityisesti tutkimuksen edetessä, jolloin jokaisen kamera-asennuksen jälkeen lopullinen tallennustilan tarve kasvoi moninkertaisesti. Palvelintilan tarve oli arvioitu ja laskettu etukäteen, minkä ansiosta tilanne ei kuitenkaan yllättänyt. Tutkimuksessa saatiin käyttöön riittävästi palvelintilaa Turun yliopistolta, jonka vuoksi kaikki mahdollinen videodata päätettiin taltioida. Tulevaisuudessa vastaavissa tutkimuksissa voisi tilantarpeen minimoimiseksi olla hyödyllistä, että otanta videoaineistosta olisi jo tiedossa tallennuksen aloittamisvaiheessa – tällöin videodataa tallennettaisiin vain sen verran, kuin sitä on tosiasiallisesti tarkoitus läpikäydä. Tässäkin tutkimuksessa videodatan tiedostokokoa yritettiin kuitenkin minimoida, sillä myöhemmin videodatan käsittelyvaiheessa videotiedostot tuli siirtää

palvelimelta tietokoneelle, jolla henkilö teki tarkastelun – tässä rajoitettu tiedostokoko oli hyödyksi, sillä tiedostot saatiin ladattua sujuvasti jatkotarkastelua varten.

Videodataa tallennettiin tutkimuksessa kameran maksimipotentiaalia heikommilla tallennusasetuksilla. Tämä tuotti hankaluuksia videoiden jatkokäsittelyssä, sillä mikäli kuvaolosuhteet olivat heikot, heikko kuvanlaatu hidasti datan jatkokäsittelyä, sekä toi oman lisähaasteensa havaintojen tekemiseen ja niiden varmuuteen. Videon laatuasetuksien rajoittaminen oli kuitenkin todennäköisesti välttämätöntä, sillä kaikista tutkimuskohteista haluttiin videotallenteet samalla tarkkuudella – tutkimuskohteissa mobiiliverkon toimintaa ja datasiirron nopeutta ei voitu etukäteen varmistaa kuin suullisesti paikalliselta yrittäjältä, jolloin täyttä varmuutta ei ollut sille, että hyvälaatuista (ja siten datamäärältään isompaa) videodataa saataisiin siirrettyä varmuudella kyseisestä kohteesta mobiiliverkon välityksellä. Valitut, rajoitetut, tarkkuusasetukset osoittautuivat riittävän hyväksi lintuhavaintojen tekemistä ja lajintunnistusta varten valtaosina havaintotunneista. Huonoissa sää- ja valaistusolosuhteissa havaintotarkkuus kuitenkin väistämättä laskee. Tulevissa vastaavanlaisia kuvausjärjestelmiä hyödyntävissä tutkimuksissa olisikin hyvä ottaa huomioon edellä mainitut haasteet. Suositeltavaa olisi, että ennen varsinaista tutkimusta ja kuvantamisen aloittamista kussakin tutkimuskohteessa tehtäisiin laitteiston testikierros, jonka aikana haettaisiin laitteiston tarkkuus- ja tallennuskyvyn maksimoivat asetukset. Tällöin tutkimuslaitteiston koko potentiaali tulisi hyödynnettyä, ja tallennetun videoaineiston laatu mahdollisesti nousisi.

Lintujen tunnistaminen videolta onnistui pääosin hyvin. Huonommissa sää- ja valaistusolosuhteissa havaintojen tekeminen kuitenkin hankaloitui, ja yölliseen aikaan havaintojen tekeminen oli liki mahdotonta – lukuun ottamatta keskikesän valoisia öitä, jolloin myös yöaikainen lintujen havainnointi oli hyvissä sääoloissa mahdollista pitkälle yöhön tai aamun varhaisina tunteina. Lintujen havainnointia ja lajintunnistusta vaikeuttivat sää- ja valaistusolojen lisäksi aiemmin mainittu videokuvan rajoitettu kuvanlaatu. Kuvanlaadun laskeminen aiheutti erityisesti huonoissa sääolosuhteissa videokuvaan paljon kohinaa, mikä vaikeutti sellaisten lintujen havainnointia ja tunnistamista, jotka saattoivat käydä kalankasvatuslaitoksella vain lyhyen hetken. Korkeampi kuvanlaatu olisi voinut lisätä havaintojen varmuutta ja tarkkuutta, ja tulevissa tutkimuksissa voisi olla hyödyllistä, että monien tutkimuskohteiden sijaan seurannassa keskityttäisiin vain muutamien kalankasvatuslaitoksien tarkkailuun. Tällöin videomateriaalia tallennettaisiin rajatumpi määrä, jolloin myös tallennustilantarve olisi vähäisempi ja lisäksi käsiteltävä aineisto olisi

laadukkaampaa. Laadukkaamman videodatan läpikäyminen tapahtuisi todennäköisesti myös hiukan nopeammin, sillä huonompi kuvanlaatu videodatassa edellytti käsittelyvaiheessa useammin videokuvan pysäyttämistä ja takaisinkelaamista havaintojen ja lajintunnistusten varmistamiseksi.

Kaikkia tuotantolaitoksia tarkasteltaessa esiintyvyydeltään ja havaintomääriltään merkittävimmiksi lintulajeiksi kalankasvatuslaitoksilla osoittautuvat harmaahaikara, varis ja naurulokki. Laitoksilla vieraili vaihtelevasti useita loppilajeja jotakuinkin säännöllisesti. Lajien esiintyvyyden ja havaintomäärien tarkastelu sisältää useita haasteita. Saatuihin tuloksiin on odotetusti ensisijaisesti vaikuttanut kyseisen lintulajin aktiivisuus seurattua kalankasvatuslaitoksella, mutta aineiston keruuaikojen (kameraseurannan aloitus- ja lopetusajankohta) epätasaisuuden ja havaintotuntien epäsuhtaisen jakautumisen vuoksi tuloksien tulkintaan liittyvä vertailu on haastavaa. Keskityn tuloksien pohdinnassa kalataloudelle haitallisiksi koettujen merimetson ja harmaahaikaran tarkasteluun.

Merimetsoa ja harmaahaikaraa esiintyy koko aineistoa tarkasteltaessa kokonaisuudessaan erittäin vähän. Vaikkakin merimetsoa tai harmaahaikaraa on paikoitellen ja ajoittain voinut esiintyä suurempia määriä, nämä hetket ovat kokonaisaineistoon nähden harvinaisia. Lajien tuntiesiintymisen mediaanit olivat hyvin lähellä nollaa, eli suurimman osan ajasta laitoksilla ei havaittu kumpaakaan lajia, tai mikäli havaittiin, kyse oli yksittäisistä linnuista. Kun kalaa pääasiassa ravinnokseen käyttäviä lintuja (merimetso ja harmaahaikara) esiintyy vain harvoin ja vähäisissä määrin, näiden lintujen aiheuttamat kalataloudelliset vahingot jäävät kokonaisuudessaan vähäisiksi. Huomioitavaa on kuitenkin, että mikäli olosuhteet ovat kohdillaan ja kaloja ravinnokseen käyttävien lintujen esiintyminen on runsasta yksittäisellä tuotantolaitoksella, voivat lintujen aiheuttamat vahingot olla huomattavia.

Pohdinnan (ja koko tutkimuksen) haastavuutta lisää se, ettei tutkimusasetelmassa voitu satunnaistaa – tämän tutkimuksen aineisto on peräisin merimetson ja harmaahaikaran kalataloudellisia vaikutuksia selvittäneestä hankkeesta. Tutkimuskohteet, joita pystyin hyödyntämään omassa aineistossani, olivat siis etukäteen valikoituja. Hankkeessa seurattaviksi kalankasvatuslaitoksiksi valikoitiin ensisijaisesti laitoksia, joissa harmaahaikarat tai merimetsot koettiin ongelmallisiksi, jotta voitaisiin selvittää näiden lajien mahdollisesti aiheuttamia kalataloudellisia vaikutuksia. Tutkimuskohteet, eli seurattavana olevat kalankasvatuslaitokset, erosivat lisäksi merkittävästi useilta ominaisuuksiltaan. Vaikkakaan tässä tutkimuksessa ei keskitytty kalankasvatuslaitoksien ympäristötekijöiden ja ominaisuuksien erojen tarkasteluun,

on selvää, että mm. käytettävissä olevat suojaustoimet tai niiden puuttuminen ja kalojen kokoominaisuudet vaikuttavat merimetson ja harmaahaikaran esiintymiseen kalankasvatuslaitoksella. Tämä voitiin huomata jo videoanalyysien aikana lintuja havainnoidessa. Esimerkiksi jotta harmaahaikarat kykenevät hyödyntämään kalankasvatuslaitokselta saatavilla olevaa ravintoa, kalojen tulee olla riittävän pienikokoisia nieltäviksi ja suojaverkon läpi nostettaviksi. Lisäksi harmaahaikaroiden pitää kyetä hyödyntämään lintusuojaverkkoa saalistusalustanaan. Tämä tarkoittaa, että suojaverkon tulee toimia riittävän stabiilina alustana linnuille (verkon heiluessa sen päältä saalistaminen vaikuttaisi vaikeutuvan) ja verkon silmäkoon riittävän suuri, jotta lintu kykenee saalistamaan verkon läpi kaloja. Merimetson kohdalla taas kalaravinnon suuri koko ei vaikuttaisi olevan yhtä nopeasti rajoitteena, sillä niiden havaittiin saalistavan suurempiakin kaloja. Kalojen koon rajoitteena toimimisen sijaan merimetsojen tulee päästä suojaverkon ohi kalakassiin sisälle saalistamaan – ilman pääsyä kalaravintoon merimetson vierailut vaikuttavat jäävän vähäiseksi. Joillakin kalankasvatuslaitoksilla merimetsot olivat oppineet käyttämään lintusuojaverkon ja kalakassien raamien väliin jääviä aukkoja livahtaakseen sisälle kalakassiin saalistamaan ja poistuakseen sieltä. Kun lintusuojaverkon silmäkoko oli riittävän suuri, merimetsot kykenivät livahtamaan verkkosilmän läpi kalakassin sisäpuolelle saalistamaan. Lintujen kalankasvatuslaitoksilla harjoittamaan saalistuksen vaikuttavien ympäristötekijöiden ja ominaisuuksien perinpohjaisempi tarkastelu kaipaa kuitenkin tarkempaa tutkimusta ja asettuu tämän tutkimuksen tavoitteiden ulkopuolelle.

Suurimmat määrät lintuja havaittiin Brändö (Brunnsö inre) laitoksella. Kyseinen laitos erottuu muista laitoksista siellä havaittujen harmaahaikaroiden suuren määrän vuoksi. Harmaahaikarat ovat parveilevia lintuja, jotka pesivät kymmenien, jopa useiden satojen parien kolonioissa (Birdlife 2024a), ja ne käyttävät ravinnokseen kalaa. Kalankasvatuslaitoksien sisältämät kasvatuskalat ja kalanrehu voivat toimia merkittävinä houkuttimina kalaa ravinnokseen käyttäville lintulajeille. Voidaan pitää hyvin ilmeisenä, että kyseisen tutkimuskohteen sopivan kokoinen ja helposti saatavilla oleva kalaravinto (seuratussa kalakassissa kasvatettiin poikaskalakokoista 15–100 g siikaa) houkuttelee paikalle suuria määriä lintuja – tässä tapauksessa kalaravintoon erikoistuneita harmaahaikaroita. Kyseisellä laitoksella harmaahaikarat olivat mitä ilmeisemmin oppineet hyödyntämään ja suosimaan laitoksen sopivan kokoista poikaskalaa ravinnonlähteenään – tutkimuksen videoilta selvisi, että linnut kykenivät hyödyntämään laitoksen kalakassia suojaavaa lintusuojaverkkoa apuna saalistuksessaan ja ruokailussaan. Ne käyttivät lähelle vedenpintaa lintujen painosta painuvaa

verkkoa seisonta-alustanaan ja kalastivat poikaskaloja verkon läpi. Voidaan pitää mahdollisena, että yhdistelmä sopivan pienikokoista poikaskalaa (helposti nieltäviä), ja tässä tapauksessa lintuparven saalistuskäyttäytymisessä avustava lintusuojaverkko, toimivat yhdessä voimakkaana houkuttimena harmaahaikaralle. Tutkimuksissa onkin todettu kalankasvatuslaitoksien houkuttelevan niiden läheisyydessä eläviä lintuja. Barrett ym. (2019) mainitsee useiden lintulajien todennäköisesti hakeutuvan kalankasvatuslaitoksille saalistamaan niissä helposti saatavilla olevaa kalaa ravinnokseen. Myös Jiménez (2013) mukaan kalankasvatuslaitokset erottuvat ravintoresurssien voimakkaan keskittymisen vuoksi niitä ympäröivästä tilasta, mikä johtaa lintujen hakeutumisen alueelle. Harmaahaikara vaikuttaa kuitenkin poikaskalan lisäksi suosivan myös isompikokoisempaa kalaa, sillä harmaahaikaraa esiintyi säännöllisesti myös Kustavi (Verskeri) tuotantolaitoksella, jossa kasvatettiin n. 100–200 g kirjolohia ja Virolahden tuotantolaitoksella, jossa kalojen koko oli suurimmillaan jopa 500 g (kalojen kokovaihtelu n. 300–500 g). Kloskowski (2011b) havaitsi kalapopulaatioiden kokoluokkia ja uikkujen lisääntymismenestystä koskevassa tutkimuksessaan poikasten selviytymisen laskevan dramaattisesti, mikäli saatavilla oleva kalaravinto on liian suurikokoista ja vaihtoehtoisten ravinnonlähteiden saatavuus on heikkoa. Hänen mukaansa pienikokoisten, linnunpoikasille sopivien, kalojen saatavuus taas sitä vastoin parantaa lintujen lisääntymismenestystä. Kalojen suurempi koko suojaa niitä lintujen saalistukselta, vaikkakaan ei ole tae sille, että kalat eivät joutuisi lintujen saalistuksen kohteeksi.

Merimetsoa esiintyi mielenkiintoisesti keskimäärin runsaimmin kalankasvatuslaitoksella (Houtskari, Mossala Fjärden), jossa kasvatettiin melkein 1 kg kokoisia kirjolohia ja toiseksi eniten laitoksella, jossa kasvatettiin 250–500 g kirjolohta. Nämä laitokset edustavat tutkimuksen yläpäästä kalojen koon suhteen. Videoiden analyysissä havaittiin, että merimetsot kykenevät saalistamaan ja nielemään hyvinkin suurikokoisia kaloja ilmeisen vaivatta. Kalat vaikuttavat merkittävältä houkuttimelta niitä ravinnokseen käyttäville lajeille, ja saatavilla olevan ravinnon koko todennäköisesti vaikuttaa siihen, kuinka tehokkaasti tuotantolaitoksen kasvatuskaloja linnut kykenevät käyttämään ravinnokseen – eli kuinka houkutteleva kyseinen kohde on linnuille. Kalojen suojelemiseksi pedoilta ja taloudellisten tappioiden vähentämiseksi kalankasvatuslaitokset ovat ottaneet käyttöön erilaisia torjunta- ja suojelumekanismeja, kuten lintuverkkoja, akustisia vedenalaisia karkoittimia ja äänitorvia (Hyrenbach ym. 2020; Nemtsov ym. 2003; Forrest ym. 2007). Torjuntatoimien vaikutus saattaa jäädä kuitenkin vähäiseksi taloudellisten tappioiden estäjänä (kuten tässä tutkimuksessa havaittu harmaahaikaroiden

ruokailu lintusuojaverkon päältä), ja niiden varjopuolena ovat eläimille mahdollisesti aiheutuvat vahingot.

Lintulajien esiintymismäärissä esiintyi suurta vaihtelua eri tutkimuskohteiden välillä, ja tähän on voinut vaikuttaa useampia tekijöitä, kuten ympäristötekijät ja etäisyys lintukolonioihin. Tutkimuskohteissa, joissa havaittiin runsaasti tiettyä lajia, kuten merimetsoa, harmaahaikaraa ja naurulokkia, voidaan pitää todennäköisenä, että lähistöllä sijaitsee kyseisen runsaana esiintyvän lajin kolonia. Tutkimuskohteet sijaitsivat hyvin erilaisissa ympäristöissä, avomeriolosuhteiden kalankasvatuslaitoksista Saaristomeren sisäosissa sijaitseviin laitoksiin, joita ympäröi runsas saarien mosaiikki, aina Suomenlahden suhteellisen vähäsaariseen pohjukkaan. Elinympäristöjen vaihdellessa on odotettavissa, että myös alueelliset elinyhteisöt ovat vaihtelevia, mikä luonnollisesti heijastuu eri lintulajeihin ja näiden lintupopulaatioiden ja ilmenee siten myös tutkimuksessa. Epävarmuustekijänä toimii myös eri laitosten havaintoajanjaksojen osittainen eriaikaisuus: tutkimuksen ajallisten haasteiden vuoksi kaikkien kohteiden seuranta ei voitu aloittaa samanaikaisesti (laitteistot piti ehtiä rakentaa ja asentaa), vaan osaa laitoksista alettiin seuraamaan aikaisemmin kuin toisia. Tämä luo ajallista epäsuhtaa, sillä osista tuotantolaitoksista videodataa saatiin reilusti yli kuukausi ensimmäisen kohteen jälkeen. Tutkimuksessa läpikäytiin myös vaihteleva määrä havaintopäiviä eri tutkimusalueilta, mikä hankaloittaa vertailua eri alueiden välillä. Voidaan pitää mahdollisena, että avomerisijainti tekee kalankasvatuslaitoksista epäsuosimpia linnuille, sillä valtaosa linnuista vaikuttavat suosivan sisämaassa sijaitsevia laitoksia ruokinta- ja levähdyspaikkoinaan. Avomeriolosuhteissa sijaitsevalla kasvatuslaitoksella lintujen vierailut olivat harvinaisia.

Kalojen ominaisuuksien, esim. lajin, uimiskorkeuden ja koon, vaikutuksien selvittämiseksi lintujen esiintyvyyteen kalankasvatuslaitoksilla ja laitoksen ominaisuuksien, kuten sijainnin, laitoksella harjoitettujen torjunta- ja suojaustoimien (esim. lintusuojaverkot), vaikutukset siellä esiintyvään linnustoon jäävät odottamaan lisätutkimusta. Eräänä poimintana mainittakoon, että esimerkiksi kasvatuslaitoksilla käytetyn kalanrehun on todettu mahdollisesti vaikuttavan harmaahaikaran esiintyvyyteen laitoksilla: uppoamisen sijaan vedenpinnalle kellumaan jäävä kalanrehu pakottaa kalat ruokailemaan lähellä vedenpintaa, jolloin ne ovat houkuttelevampi saalis haikaroille (USDA, 1997).

Tässä tutkimuksessa havaittiin merimetson- ja harmaahaikaran esiintymisen painottuvan keski- ja loppukesään. Tulokseen on voinut vaikuttaa aineiston aiemmin mainittu epätasaisuus, erityisesti loppukesästä ja alkusyksystä vähenevä datan määrä. Tutkimusta ei voitu jatkaa myöhemmälle syksyyn, sillä valon väheneminen vaikeuttaa sähkön saantia ja syysmyrskyjen

saapua laitteistojen purkamisesta olisi tullut haastavampaa, kenties jopa mahdotonta. Sekä harmaahaikara, että merimetso, vaikuttivat käyttävän useammalla seuratulla laitoksella kalaa säännöllisesti ravinnokseen. Tutkimuksessa ei havaittu merimetson massaesiintymisiä (useita kymmeniä merimetsoja samalla kalakassilla) kasvatuslaitoksilla. Harmaahaikaraa havaittiin ajoittain suurikokoisena parvena (lähes 40 lintua) yhdellä kasvatuslaitoksella. Näin suurta esiintymää voitaneen pitää massaesiintymisenä. Huomattavaa on, että tällaista massaesiintymistä harmaahaikaralla ei kuitenkaan havaittu kuin yhdellä ainoalla kasvatuslaitoksella. Voidaan kuitenkin pitää mahdollisena, että harmaahaikaran ja merimetson kaltaiset kolonioistaan saalistamaan siirtyvät linnut voivat siirtyessään ravinto- ja pesimäalueidensa välillä pysähtyä suurikokoisena parvena yksittäiselle tuotantolaitokselle saalistamaan. Vaikka merimetsot kykenevät siirtymään pitkiäkin, jopa yli 10 km, matkoja ravinnon perässä, suosivat ne kuitenkin avomerta suojaisempia ja lähempänä pesimäaluetta sijaitsevia ravintokohteita (Birdlife 2024b). Merimetso ja harmaahaikara vaikuttavat kuitenkin yleisimmin esiintyvän massaesiintymisiä pienempinä parvina tai muutamina yksilöinä niiden vieraillessa Suomen merialueiden kalankasvatuslaitoksilla, kuukaudesta isommin riippumatta. Merimetson ja harmaahaikaran alueellisen esiintyvyyden tarkasteluun haasteita tuovat virhelähteet vaikuttavat myös ajallisen vaihtelun tarkastelussa, ja ne kannattaa ottaa huomioon tuloksien yleistettävyydessä.

Merimetso- ja harmaahaikarakantojen viimevuosikymmenten aikana tapahtunut kasvu asettaa ihmisen taloudelliset intressit ja luonnonsuojelulliset arvot törmäyskurssille, ja onkin pidettävä ensiarvoisen tärkeänä, että ekologista tietoa Suomen merialueiden lajistosta lisätään, jotta merialueidemme luontoarvot ja alueelle kohdistuvat taloudelliset intressit saadaan yhteensovitettua. Vesiympäristön biologisen monimuotoisuuden ja ekosysteemien suojelun edistäminen on yksi erityistavoitteista Suomen meri-, -kalatalous- ja vesiviljelyrahaston vuoden 2022 ohjelmassa (Valtioneuvosto 2022). Ohjelmassa mainitaan tutkimus- ja kehitystyön edistämisen tarve sekä nostetaan esille tiedonkeräämisen tärkeys osana ohjelmassa asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Euroopan unionin luonnonsuojelulliset päämäärät, kansalliset strategiat ja erityistavoitteet Suomen merialueiden ekologisen tilan säilyttämiselle sekä kohentamiselle edellyttävät ekologista tutkimustietoa lajien käyttäytymisestä ja esiintyvyydestä. Suomen merialueiden kehittämiseksi asetettujen ekologisten, sosiaalisten ja taloudellisten tavoitteiden yhteensovittamiseksi sekä usein näiden sovittamisen esteenä olevien konfliktien ratkaisemisen tueksi on tärkeää jatkaa jo tutkitun tiedon täydentämistä sekä uuden tutkimustiedon tuottamista.

Kiitokset

Haluan kiittää työni ohjaajia Veijo Jormalaista ja Toni Laaksosta erinomaisesta ohjaustyöstä. Lisäksi haluaisin kiittää kenttätyökumppaneitani Henry Hietasta ja Eino Nousiaista hienosta työpanoksesta pitkillä kenttätyömatkoilla, Camilla Ekbladia merkittävästä avusta tutkimusdatan läpikäymisessä sekä kaikkia tällä matkalla minua avustaneita henkilöitä.

Lähteet

- Adamek, Z., & Kajgrova, L. (2022). Great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) occurrence in carp aquacultural ponds: a case study from the South Bohemia (Czech Republic) pond region. *Aquaculture International*, 30(5), 2541–2556. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00917-4>
- Aguado-Gimenez, F., Salient-Sanchez, A., Eguia-Martinez, S., Martinez-Rodenas, J., Hernandez-Llorente, M. D., Palanca-Maresca, C., ... Barbera, G. G. (2016). Aggregation of European storm-petrel (*Hydrobates pelagicus* ssp *melitensis*) around cage fish farms. Do they benefit from the farm resources? *Marine Environmental Research*, 122, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.09.006>
- Barrett, T. Swearer, S. & Dempster, T. (2019). Impacts of marine and freshwater aquaculture on wildlife: a global meta-analysis. *Reviews in Aquaculture*. 11. 1022-1044. 10.1111/RAQ.12277.
- Ballester-Moltó, M., Sanchez-Jerez, P., & Aguado-Giménez, F. (2017). Consumption of particulate wastes derived from cage fish farming by aggregated wild fish. An experimental approach. *Marine Environmental Research*, 130, 166–173. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2017.07.014>
- Bell, O., Garnier, A. & Huss, M. (2022). The effects of eutrophication and browning on prey availability and body growth of the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*).
- Beveridge, M. (1987). *Cage Aquaculture*. Fishing News Books Ltd, Surrey, England (UK).
- BirdLife International (2024a) Species factsheet: *Phalacrocorax carbo*. Downloaded from <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/great-cormorant-phalacrocorax-carbo>
- BirdLife International (2024b) Species factsheet: *Ardea cinerea*. Downloaded from <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/grey-heron-ardea-cinerea>
- Bouwmeester, M. M., Goedknecht, M. A., Poulin, R., Thielges, D. W., & Pettorelli, N. (2021). Collateral diseases: Aquaculture impacts on wildlife infections. *The Journal of Applied Ecology*, 58(3), 453–464. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13775>
- Manikowska-Ślepowrońska, B., Szydzik, B., & Jakubas, D. (2016). Determinants of the presence of conflict bird and mammal species at pond fisheries in western Poland. *Aquatic Ecology*, 50(1), 87–95. <https://doi.org/10.1007/s10452-015-9554-z>

- Callier, M. D., Byron, C. J., Bengtson, D. A., Cranford, P. J., Cross, S. F., Focken, U., ... Mckindsey, C. W. (2018). Attraction and repulsion of mobile wild organisms to finfish and shellfish aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10(4), 924–949. <https://doi.org/10.1111/raq.12208>
- Gorenzel, W. P., Conte, F. & Salmon, T. (1994). Bird damage at aquaculture facilities. *Prevention and Control of Wildlife Damage*. University of Nebraska-Lincoln.
- Cody, M. L. (1985). *Habitat selection in birds*. Orlando, Fla: Academic Press.
- Cowx, I. (2013). *Between Fisheries and Bird Conservation: The Cormorant Conflict*. University of Hull International Fisheries Institute, UK.
- Dempster, T., Sanchez-Jerez, P., Bayle-Sempere, J., & Kingsford, M. (2004). Extensive aggregations of wild fish at coastal sea-cage fish farms. *Hydrobiologia*, 525(1-3), 245–248. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000038870.13985.0f>
- López, D., Bunke, M., & Bernal Shirai, J. A. (2008). Marine aquaculture off Sardinia Island (Italy): Ecosystem effects evaluated through a trophic mass-balance model. *Ecological Modelling*, 212(3), 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.10.028>
- Horn, S., de la Vega, C., Asmus, R., Schwemmer, P., Enners, L., Garthe, S., ... Asmus, H. (2019). Impact of birds on intertidal food webs assessed with ecological network analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 219, 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.01.023>
- Johansen, L.-H., Jensen, I., Mikkelsen, H., Bjørn, P.-A., Jansen, P. A., & Bergh, Ø. (2011). Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. *Aquaculture*, 315(3), 167–186. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.02.014>
- Korpinen, S., & Ahtiainen, H. (2018). *Suomen meriympäristön tila 2018*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Kloskowski, J. (2011a). Human-wildlife conflicts at pond fisheries in eastern Poland: perceptions and management of wildlife damage. *Eur J Wildlife Res* 57:295–304. <https://doi.org/doi:10.1007/s10344-010-0426-5>
- Kloskowski, J. (2011b). Consequences of the size structure of fish populations for their effects on a generalist avian predator. *Oecologia*, 166(2), 517–530. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1862-3>
- Harris, C., Calladine, J., Wernham, C. & Park, K. (2008). Impacts of piscivorous birds on salmonid populations and game fisheries in Scotland: a review. *Wildlife Biology* 14:4
- Hyrenbach, D., Elliot, L., Cabrera, C., Dauterman, K., Gelman, J. & Siddiqi A. (2020). *Seabird Entanglement in Marine Debris and Fishing Gear in the Main Hawaiian Islands*

- (2012-2020). Elepaio - Journal of the Hawaii Audubon Society, 80(6), 41-46.
http://www.pelagicos.net/Reprints/2020/Hyrenbach_et_al._2020_Elepaio_Entanglement.pdf
- Jiménez, J., Arriagada, A., Fontúrbel, F., Camus, P. & Ávila-Thieme, M. (2013). Effects of exotic fish farms on bird communities in lake and marine ecosystems. *Die Naturwissenschaften*, 100(8), 779–787. <https://doi.org/10.1007/s00114-013-1076-8>
- FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- FAO. (1989). Report of the EIFAC working party on prevention and control of bird predation in aquaculture and fisheries operations. European Inland Fisheries Advisory Commission. EIFAC Tech.Pap., (51):79 p.
- Forrest, B.M., Keeley, N.B., Gillespie, P.A., Hopkins, G.A., Knight, B. & Govier, D. (2007). Review of the ecological effects of marine finfish aquaculture: Final report. Prepared for the Ministry of Fisheries. Cawthron Report 12854. Cawthron Institute, Nelson, New Zealand. <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/15865-Review-of-the-Ecological-Effects-of-Marine-Finfish-Aquaculture-Final-Report>
- Newton, I., & Brockie, K. (2007). *The Migration Ecology of Birds*. San Diego: Elsevier Science & Technology. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-517367-4.X5000-1> s. 749, 752, 795
- Nissinen, R. (2012). Aurinkopaneelien kiinnitys eri katto- ja seinämateriaaleihin. s. 14.
- Stark, M. (2020). Merimetsot ympäristössämme konfliktitekijänä – esimerkkitapauksena Uusikaupunki. S. 39
- Luonnonvarakeskus. (2021). SFC2021: EMKVR:ää koskeva ohjelma. Euroopan meri-, kalatalous- ja vesiviljelyrahasto - Suomen ohjelma.
- Lopez, B, D. (2017). Temporal variability in predator presence around a fin fish farm in the Northwestern Mediterranean Sea. <https://doi.org/10.1111/maec.12378>
- Nemtsov, S. C., & Olsvig-Whittaker, L. (2003). The Use of Netting Over Fishponds as a Hazard to Waterbirds. *Waterbirds* (De Leon Springs, Fla.), 26(4), 416–423. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2003\)026\[0416:TUONOF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2003)026[0416:TUONOF]2.0.CO;2)
- Neofitou, N., Vafidis, D. & Klaoudatos, S. (2010). Spatial and temporal effects of fish farming on benthic communities structure in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean. *Aquaculture environment interactions* Vol. 1: 95–105, 2010
<https://doi.org/10.3354/aei00010>

Otieno, N. (2019). Economic impact of predatory piscivorous birds on small-scale aquaculture farms in Kenya, *Aquaculture Reports*, Volume 15, 2019, 100220, ISSN 2352-5134, <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100220>

Petkuvienė, J., Vaiciūtė, D., Katarzyte, M., Gecaite, I., Rossato, G., Vybernaite-Lubiene, L. & Bartoli, M. Feces from Piscivorous and Herbivorous Birds Stimulate Differentially Phytoplankton Growth. (2019). *Water* 2019, 11, 2567. <https://doi.org/10.3390/w11122567>

Radwan, M. Vital economic threat of predatory birds and parasites to cultivated fishes in Egypt. (2022). *Aquaculture* 548 (2022) 737666.

Rönkä, M. (2008). Assessment of Coastal Bird Populations and Habitats on the Finnish Coast of the Baltic Sea: Implications for Monitoring and Management. Turun yliopisto.

United States Department of Agriculture, USDA. (1997). Bird Predation and Its Control at Aquaculture Facilities in the Northeastern United States. "Bird Predation and Its Control at Aquaculture Facilities in the Northeastern United States. USDA-APHIS Fact Sheets on Wildlife Damage Management. Paper 33. <http://digitalcommons.unl.edu/usdaaphisfactsheets/33>

Vennerström, P. (2020). Viral haemorrhagic septicaemia in Finnish brackish water fish farms : studies on disease surveillance and epidemiology of viral haemorrhagic septicaemia virus. Helsinki: Finnish Food Authority.

Yucel-Gier, G., Kucuksezgin, F. & Kocak, F. (2007). Effects of fish farming on nutrients and benthic community structure in the Eastern Aegean (Turkey). *Aquaculture Research*. 38. 256 - 267. 10.1111/j.1365-2109.2007.01661.x.

Yle 2020. Kalastajan kauhu, merimaiseman pilaaja, ruma vieraslaji — vihataanko merimetsoa vääristä syistä? Viitattu 10.2.2023 < <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2020/06/30/kalastajan-kauhu-merimaiseman-pilaaja-ruma-vieraslaji-vihataanko-merimetsoa> >