

# Kalajoen-Raahen alueella pesivien selkälukkien liikkuminen Perämerellä 2025 GPS-seurantojen perusteella



Hannu Tikkanen, Camilla Ekblad ja Johanna Juntunen

31.1.2026

## Sisällys

Tiivistelmä .....	3
Johdanto.....	3
Aineisto ja menetelmät .....	5
Aineisto.....	5
GPS-datan esikäsittely ja rajaus .....	6
Lentojen alueellinen tarkastelu .....	6
TAPA I: KDE-analyysi ja lentojen tiheys.....	6
TAPA II: RSF-mallinnus .....	7
Lentomäärät ja -korkeudet.....	8
Tulokset.....	9
Lentojen alueellinen jakautuminen (KDE) .....	9
RSF- ja lentoaikamalli.....	15
Lentomäärät ja pesimäkauden kesto .....	18
Lentokorkeudet .....	18
Lentonopeudet.....	20
Pohdinta .....	21
Jatkotutkimusten tarve.....	24
Kiitokset .....	26
Kirjallisuus.....	27

## Tiivistelmä

Tutkimuksessa analysoitiin kahdentoista Kalajoen ja Raahen selkälokin (*Larus fuscus fuscus*) vuoden 2025 pesimäaikaisia liikkeitä GPS-datan avulla. Aineisto sisälsi osituksen jälkeen noin 28 000 lentopaikannusta, joista tuotettiin sekä kernel-tiheystimaatteihin (KDE) perustuvia alueellisen liikkumisen karttoja, että resurssinvalintafunktion (RSF) perustuva malli lentojen sijoittumisen selittäjistä. Lisäksi laadittiin molemmista malleista koko seudullisen populaatiokoon huomioivat lentoaikamallit tuulivoiman vaikutusten arvioinnin työkaluiksi.

Selkälökkien liikkuminen ulottui laajalle Perämeren alueelle: 95 % lennoista sijoittui keskimäärin 110 km säteelle pesästä ja ydinalueet painoutuivat 10–30 kilometriä rannikolta avomerelle, 15–30 metrin syvyysvyöhykkeelle. Mantereella liikkuminen oli vähäistä (4 % paikannuksista). RSF-analyysin mukaan lentojen sijaintia selittivät erityisesti etäisyys pesimisluotoon, turkistarhoihin ja rannikkoon sekä naapurikolonioiden lentotiheys.

Lentokorkeudet olivat tuulivoimalatörmäysriskin kannalta merkittäviä: avomerellä mediaanikorkeus oli 55 m ja 65 % lennoista sijoittui 30–350 m välille. Raahen linnut lensivät keskimäärin korkeammalla kuin Kalajoen linnut. Keskimääräinen vuorokautinen lentoaika oli 8,4 tuntia, mikä tuotti noin 1585 lentotuntia paria kohden pesimäkauden aikana. Keskimääräinen lentonopeus yli 30 metrin korkeudella oli 34 km/h.

Tulokset osoittavat, että selkälökit käyttävät laajoja ja osittain päällekkäisiä merialueita, ja suuri osa lennoista tapahtuu roottorien pyyhkäisykorkeudella. Yksilöiden välinen vaihtelu on huomattavaa, mikä korostaa tarvetta useamman vuoden seurannalle. Aineisto tarjoaa tärkeää lähtötietoa tuulivoiman vaikutusten arviointiin, mutta tuloksia tulee pitää alustavina pienen otannan ja yhden vuoden aineiston vuoksi. Lentotiheyden mallintaminen tarjoaa lupaavan työkalun merialueen käytön suunnitteluun, mutta vaatii laajempaa GPS-dataa ja validointia.

## Johdanto

Selkälökki (*Larus fuscus fuscus*) on Perämeren rannikkoalueella tavanomainen merilintulaji, mutta samalla yksi Suomen uhanalaisimmista pesijöistä. Laji on luokiteltu erittäin uhanalaiseksi johtuen voimakkaasta kannan taantumisesta 2000-luvulla (Hario 2025). Tuulivoiman vaikutusten arvioinnissa selkälökki on tunnistettu yhdeksi Euroopan haavoittuvimmista merilintulajeista käyttäytymisen, lentokorkeuden ja populaatiodynamiikan vuoksi. Suuri osa lennoista tapahtuu roottorien pyyhkäisykorkeudella, ja lentokorkeudet vaihtelevat voimakkaasti sääolosuhteiden, vuorokauden ajan ja lentotyypin (esim. saalistus-/matkalento) mukaan (Furness ym. 2013; Ross-Smith ym. 2016; Corman & Garthe 2014; van Erp ym. 2023; Vanermen ym. 2020). Selkälökin populaatiodynamiikka herkistää lajin lisäkuolleisuudelle: selkälökin poikas-  
tuotto on ollut harmaalokkiin verrattuna heikko kantojen ollessa vahvat 1990-luvulla (Tikkanen ym. 1994) ja on nykyisin erittäin matala (Hario 2025), joten populaation elinvoima riippuu aiempaan voimakkaammin aikuisten eloonjäämisestä. Tämän johdosta pienikin lisäkuolleisuus –

esimerkiksi tuulivoimaloiden aiheuttamat törmäykset tai väistöliikkeiden lisäämä energiankulutus – voivat vaikuttaa herkästi kannan kehitykseen.

GPS-seurantatutkimukset ovat osoittaneet, että selkälokit liikkuvat pesimäkaudella laajalla alueella ja voivat ruokailla jopa 100–180 km etäisyydellä pesästä (Thaxter ym. 2012; Ottvall 2023). Merellä liikkuminen painottuu avomerelle ja matalikoille (Lötberg ym. n.d.; Ottvall 2024; Halla Offshore Wind Oy 2025). Tuulipuistojen välttäminen voi lisätä energiankulutusta ja heikentää pesimämenestystä (Masden ym. 2010), ja näköjärjestelmän rakenteellinen sokea sektori voi heikentää selkälokkien kykyä havaita lapoja (Cantlay ym. 2025).

PBR-menetelmä on eräs tapa arvioida ihmisen aiheuttaman lisäkuolleisuuden merkittävyyttä. Menetelmällä arvioidaan suuntaa antavasti, kuinka paljon lisäkuolleisuutta populaatio kestää sen elinvoimaisuutta vaarantamatta. Tulokset osoittavat, että selkälokin ”sallittu” lisäkuolleisuus on erittäin pieni – varovaisuuskerrointa käyttäen noin 1 %. (Tikkanen ym. 2025). Tämä tarkoittaa, että yksikin törmäys/vuosi voi olla paikalliselle populaatiolle merkittävä.

Perämeren tuulivoimarakentaminen on laajenemassa nopeasti, ja hankkeet sijoittuvat usein samoille alueille, joita selkälokit käyttävät ravinnonhakuun, erityisesti poikasten kasvatusaikana. Ruotsalaiset tutkimukset osoittavat, että lokit käyttävät aktiivisesti etenkin matalikkoja lähellä pesimäyhdyskuntia (Ottvall, 2024) ja että rannikon suojeltujen pesimäalueiden sekä merellisten ruokailualueiden välillä on vahva toiminnallinen yhteys (Lötberg ym.n.d.). Näiden havaintojen valossa yhdyskuntien väliset liikkumiskäytävät näyttäisivät olevan erityisen herkkiä pirstoutumiselle, joten tarvitsemme alueellisesti tarkkaa tietoa selkälokkien liikkumisesta Perämerellä.

Lajin liikkeet ulottuvat laajalle merialueelle, ja yksilöiden käyttäytymisessä on huomattavaa vaihtelua, mikä vaikeuttaa tuulivoimahankkeiden vaikutusten arviointia. Tässä työssä tarkastellaan Kalajoen ja Raahen pesivien selkälokkien lentomääriä, -korkeuksia ja -nopeuksia ja alueellista sijoittumista GPS-seurantojen perusteella pesimäkaudella 2025. Tavoitteena on tuottaa alueellisesti kattavaa ja menetelmällisesti vertailukelpoista tietoa, jota voidaan hyödyntää tuulivoiman vaikutusten arvioinnissa sekä lajin liikkumisen yleisessä ymmärtämisessä.

Lokkien liikkumista tarkasteltiin kahdella toisiaan täydentävällä menetelmällä. Ensimmäisessä vaiheessa tuotettiin GPS-datasta yleistettyjä tiheyskarttoja (KDE), joiden avulla hahmotettiin seurattujen lintujen lentojen alueellinen jakautuminen ja pesimäalueiden ympäristön käyttö. Toisessa vaiheessa rakennettiin resurssinvalintafunktioon (RSF) perustuva logistinen malli, jonka avulla arvioitiin lentojen todennäköisyyttä ympäristömuuttujien suhteen ja tuotettiin ennustekartta myös sellaisille pesimäalueille, joilta GPS-aineistoa ei ollut (esimerkkinä Pyhäjoki). Lisäksi analysoitiin yksilöiden lentokorkeuksia ja -nopeuksia avomerellä ja manta-reella.

Tämä raportti tarjoaa ensimmäisen kokonaiskuvan Kalajoen–Raahen selkälokkien pesimäaikaisesta liikkumisesta GPS-seurantojen perusteella. Tulokset ovat alustavia, mutta ne

osoittavat sekä menetelmien toimivuuden että tarpeen laajemmalle seurannalle, jotta vuosien ja yksilöiden välinen vaihtelu voidaan huomioida luotettavasti.

Tutkimus on toteutettu tuulivoimahankkeiden YVA-selvitysten tarpeisiin. Työn tilaajana ovat Rajakiiri Oy ja Ramboll Finland Oy.

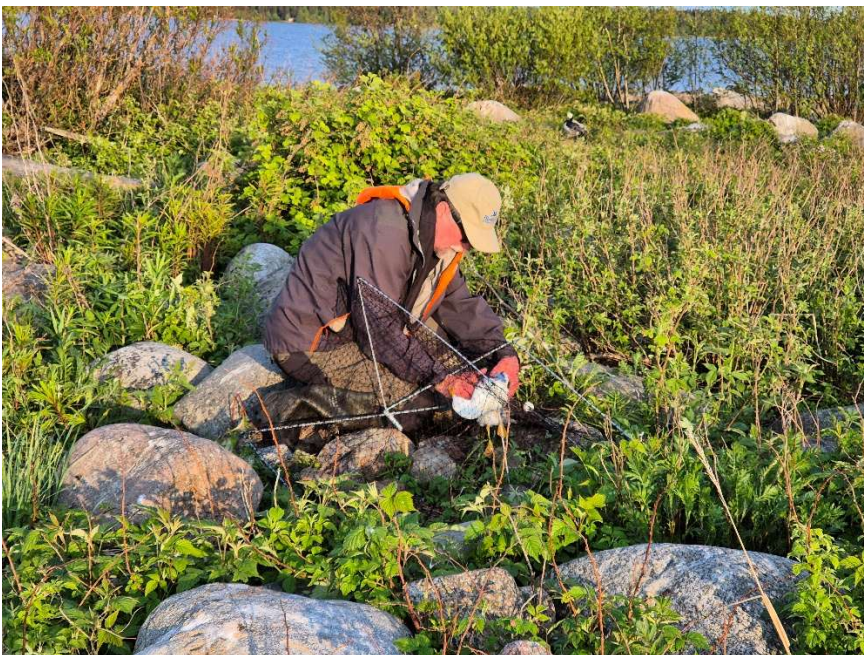
## Aineisto ja menetelmät

### Aineisto

Tutkimuksen aineistona käytettiin kahdentoista selkälokin GPS-seurantatietoja pesimäkaudelta 2025. Kuusi lähetintä kiinnitettiin Raahen lintuihin Ramboll Finland Oy:n toimeksiantosta BirdLife Keski-Pohjanmaan toimesta ja toiset kuusi Kalajoen Maa- ja Ulkokallan lintuihin Metsähallituksen toimeksiantosta Avescapes Oy:n toimesta. Lintujen pyynti toteutettiin pesäpyydyksillä pesimisyhdyskunnista 12.6.–17.6.2025 välisenä aikana. GPS-lähettimet kiinnitettiin linnun jalkojen ympäri kulkevilla valjailla, ns. ”leg-loop-harness”-menetelmällä (Mallory ym. 2008). Menetelmiä on käytetty selkälokilla Suomessa myös Merenkurkussa ja Selkämerellä (P. Byholm suull.)

Otanta (12 yks.) vastasi noin 3 % Kalajoen–Raahen pesimäkannasta. Linnut varustettiin Ornitrack 15 4GEC -lähettimillä. Kuusi yksilöä pesi Kalajoen alueella (Maakalla ja Maasääri) ja kuusi Raahessa (Jyry, Kallanriutta ja Peltomatala). Seuranta kattoi pesimäkauden aktiivisimman vaiheen.

Lähettimien tuottama paikannusväli vaihteli alueittain: Raahessa lähettimet oli ohjelmoitu paikantamaan 5 minuutin välein. Kalajoella paikannusväli vaihteli 1 ja 15 minuutin välillä.



*Juhani Hannila pyydystämässä selkälokkia Peltomatalassa*

## GPS-datan esikäsittely ja rajaus

GPS-aineisto esikäsiteltiin Li ym. (2025) ja Urbano ym. (2010) esittämiä periaatteita huomioiden.

- Poistettiin epätarkat paikannukset (Dop  $\leq 2$ , ja korkeuslukemat)
- Harmonisoitiin paikannusväli 15 minuuttiin
- Projisoitiin aineisto ETRS-TM35FIN-koordinaatistoon
- Rajattiin tarkastelu pesimäkauteen
- Eroteltiin lentävät (nopeus  $> 4$  km/h)
- Määriteltiin seurannan alkamisajankohdaksi lähettimen kiinnitystä seuraava päivä ja päättymisajaksi loppukesän viimeinen paikannus 1 km säteellä pesimispaikasta

Esikäsittelyn jälkeen aineisto sisälsi noin 314 000 paikannusta, joista noin 28 100 koski lentopaikannusta. Näitä paikannustietoja käytettiin kaikissa jatkoanalyysseissa.

## Lentojen alueellinen tarkastelu

### TAPA I: KDE-analyysi ja lentojen tiheys

Lentojen alueellista jakautumista tarkasteltiin kernel-tiheysestimaatin (KDE) avulla. Analyysi käsitti seuraavat vaiheet:

- KDE-heatmap-kartan teko QGIS-ohjelmalla (gaussinen ydinestimointi, 5 km:n säteellä, 200\*200 m pikselikoko)
- tulosten normalisointi välille 0–1
- seudullisen populaation pesimäkauden lentojen lisääminen KDE-karttaan.

KDE-tuloksia käytettiin kuvaamaan lentojen intensiteettiä ja suuntautumista pesimäkauden aikana. Lisäksi lentojen määrät skaalattiin koko pesivän kannan tasolle käyttäen Kalajoen Kallojen parimäärää, mikä oli 265 paria vuonna 2024 (Metsähallitus/Suurkuukka, Tikkanen, Tuohimaa) sekä Raahen Natura-alueen ja satama-alueen edustan parimäärää, jonka arvioitiin olevan yhteensä 56 paria (yhdistetty Raahen Natura-alueen laskennat 2019 sekä sataman seudun laskennat 2025) (Metsähallitus/Tikkanen ja Tuohimaa; Ramboll Finland Oy/Tuohimaa).

Koko pesivän kannan lentojen (= parimäärät \* keskimääräinen lentomäärä/pari) oletettiin jakautuvan KDE-analyysin osoittamalle alueelle.

Menetelmän rajoitteena on, että yksilöiden ja myös vuosien välinen vaihtelu voi olla suurta, jolloin nyt tehty KDE heijastaa vain seurattujen lintujen käyttäytymistä yhtenä vuotena. Koko populaation alueen käyttö on todennäköisesti laajempaa kuin tässä tutkimuksessa oletetaan.

## TAPA II: RSF-mallinnus

Resurssinvalintafunktio (RSF) sovitettiin logistisella regressiolla (logit) lentopaikannusten ja saattunaispisteiden (5 per havainto) avulla. Mallinnusalue rajattiin yksilöiden 95 % kattaneiden paikannusten mediaanietäisyyden perusteella (110 km).

Tutkitut ja standardisoidut ympäristömuuttujat olivat:

- etäisyys pesimisluihoihin
- veden syvyys
- etäisyys turkistarhoihin
- pohjan kaltevuus
- etäisyys maahan
- etäisyys mereen
- pohjan rosoisuus
- peltojen määrä 200 m säteellä
- etäisyys asuinrakennuksiin
- asutuksen tiheys 1 km säteellä
- yli 30 km:n päässä sijaitsevien naapurikolonioiden selkälökkien laskennallinen lentotiheys (Tikkanen ym. 2025)

Mallin soveltuvuutta arvioitiin AIC- ja ROC-mittareilla huomioiden myös paikannusten autokorrelaatiot ja muuttujien väliset korrelaatiot.

RSF-kartat laadittiin erikseen Kalajoen, Pyhäjoen ja Raahen pesimisalueille, siten että koko ko. seudun pesivä kanta sijoitettiin yhdelle luodolle (Kalajoen Maasääri, Pyhäjoen Ulkoistenkallio ja Raahen Jyry).

Pyhäjoen parimääränä käytettiin 32 paria, mikä perustuu Kalajoen Vasankarin-Pyhäjoen Hanhikiven linnustolaskentoihin vuodelta 2024 (Metsähallitus).

RSF-kartat muunnettiin ODDS-muotoon, normalisoitiin ja skaalattiin koko pesivän kannan lentomäärille samaan tapaan kuin KDE-analyysissä.

Malli pohjautuu melko pieneen yksilö- ja vuosiotantaan. Kyse on alustavasta mallista, johon pitää suhtautua suuntaa antavana vertailutietona ja esimerkkinä mallinnuksen mahdollisuuksista.

Mallinnuksen etuna on, että sillä voidaan ennustaa pesivien lökkien liikkeitä ilman GPS- ym. seurantoja. Esimerkkinä tästä laadittiin lentoaikamalli Pyhäjoella pesiville linnuille, joista ei ole GPS- tai maastoseurantatietoja.

## Lentomäärät ja -korkeudet

Lentävien lintujen paikannusten osuudet määriteltiin yksilöittäin tunneittain ja summattiin päiväkohtaisiksi ja kuukausikohtaisiksi lentomääriksi, joista edelleen johdettiin mediaani vuorokautinen lentomäärä ja arvio koko pesimäkauden keskimääräisestä lentomäärästä/pari.

Lentokorkeudet laskettiin yksilöittäin erikseen mantereella ja avomerellä lentäville. Avomerellä lentäviksi tai uiviksi määriteltiin paikannukset, joiden etäisyys maahan (Euroopan rantaviiva-kartalta) ja pesimäluotoon oli yli 5 km ja maalla lentäviksi, kun paikannus sijoittui maalle em. noin 1:1 000 000 mittakaavaisella kartalla, josta puuttuivat noin 1,5 ha:a pienemmät saaret.

Lentokorkeuden määrittämisessä on enemmän kohinaa ja tarkkuus on pienempi kuin horisontaalisissa paikannuksissa (Schaub ym. 2023). Tarkkuus esim. Argos PTT 70 -lähettimillä on ilmoitettu olevan  $\pm 22$  m (Argos manuaali). Epätarkkuuden vuoksi poistettiin ”sukeltajat”, eli alle -22 korkeuslukemat (yhteensä 512 paikannusta). Loput miinusmerkkiset lentokorkeudet muutettiin nollassi, jotta tulos ei vääristäisi keskiarvon laskentaa.

Merellä lentokorkeudet paikannuspisteille katsottiin suoraan GPS-korkeusarvosta. Mante-reella lukemasta vähennettiin maanpinnan korko hyödyntäen maanmittauslaitoksen korkeus-rasteria (DEM10).

Lentonopeudet laskettiin yksilöittäin koko aineistosta sekä erikseen riskikorkeudella (> 30 m) lentäville linnuille.



## Tulokset

### Lentojen alueellinen jakautuminen (KDE)

GPS-aineiston KDE-analyysi osoitti, että selkölökkien pesimäaikainen liikkuminen ulottui lähes koko Perämerelle. Eri yksilöiden lentopaikannuksista 95 % sijoittui keskimäärin (mediaani) 110 km etäisyydelle pesästä, ja yksittäiset matkat ylsivät pisimmillään aina Ruotsin Gotlannin rannikolle asti. Lentojen pääsuunnat ja intensiteetit vaihtelivat yksilöittäin (Kuva 1), mutta sekä Kalajoen että Raahen linnuilla havaittiin yhtäläisyyksiäkin. Isopleth-analyysi osoitti, että esimerkiksi 50 % kaikista lennoista sijoittui suhteellisen rajatulle ydinalueelle, 5–30 km:n etäisyydelle rannikosta, 15–30 metrin syvyysvyöhykkeelle (Kuva 6). Alue, johon 90 % pesimäaikaisista lennoista sijoittui, oli merkittävästi suurempi, kattaen suurimman osa Perämerestä (Kuva 4).

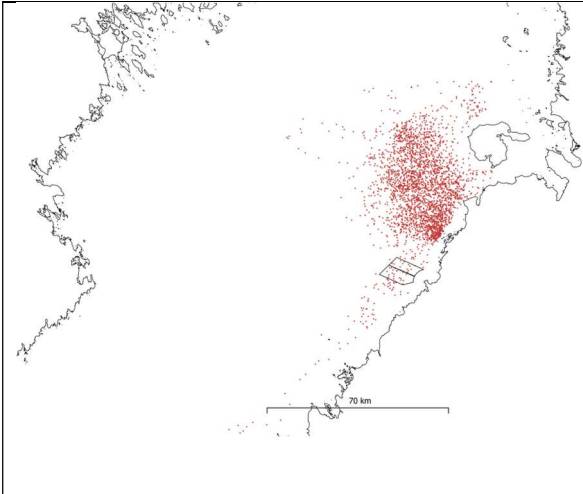
Lentopaikannuksista vain noin 4 % sijoittui mantereelle, mikä korostaa merialueiden merkitystä selkölökkien pesimäaikaisessa ravinnonhankinnassa. Kolmella yksilöllä havaittiin runsaampaa liikkumista turkistarhoilla, pelloilla ja tilakeskuksissa, mutta näilläkin yksilöillä valtaosa lennoista suuntautui merelle.

Merellä ollessaan lokit ovat valtaosin lennossa. Jos piste oli yli 100 m luodosta, 55 % paikannuksista oli lentävistä linnuista. Jos piste sijaitsi lähempänä luotoa, vain 2 % oli lentopaikannuksia. Ero oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,001$ ). Sekä lento-, että lepäilypaikannukset jakautuivat visuaalisesti katsoen kutakuinkin yhtä laajalle, vaikka uivien lintujen määrät olivatkin

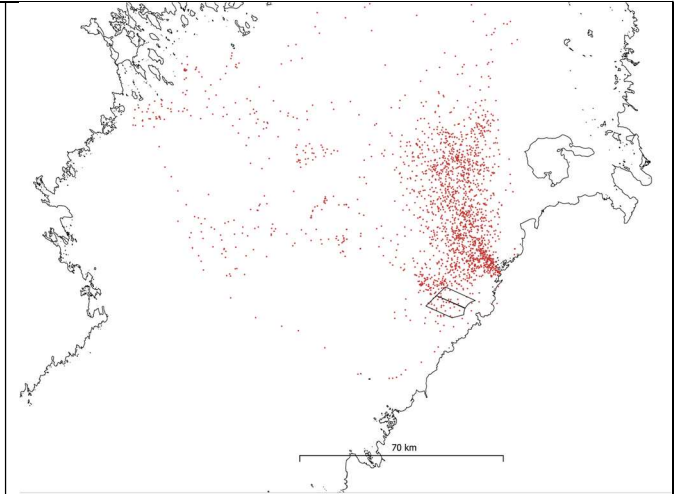
selkeästi harvalukuisimpia ja aggregoituneempia avomerellä (Kuva 2). Jakautumisessa eri syvyyvyöhykkeille (Kuva 3) oli eroja siten, että uivien paikannusten suhteellinen osuus oli suurempi alle 10 metrin syvyyvyöhykkeillä etenkin koko aineistossa, jossa olivat mukana matalat rantavedet lukuun ottamatta pesimäluotojen lähivesiä. Uivien osuudet olivat suuremmat myös yli 60 metrin syvyydellä.

KDE-pohjaiset lentoaikakartat osoittivat, että sekä Kalajoen että Raahen GPS-seuratut yksilöt käyttävät laajaa yhtenäistä merialuetta (Kuva 5). Kun lentotiheydet painotettiin luotojen pesivät parimäärät huomioiden (Kuva 6), suurimmat lentointensiteetit keskittyivät Maa- ja Ulkokallojen sekä Raahen pesimäluotojen ympäristöön ja niiden välisille merialueille sekä Kallojen ja Raahen saariston väliselle alueelle.

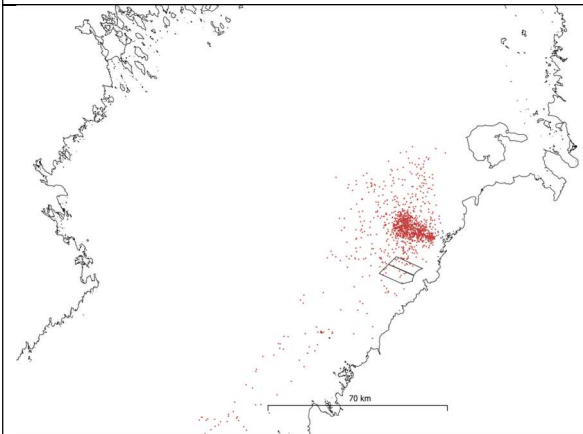




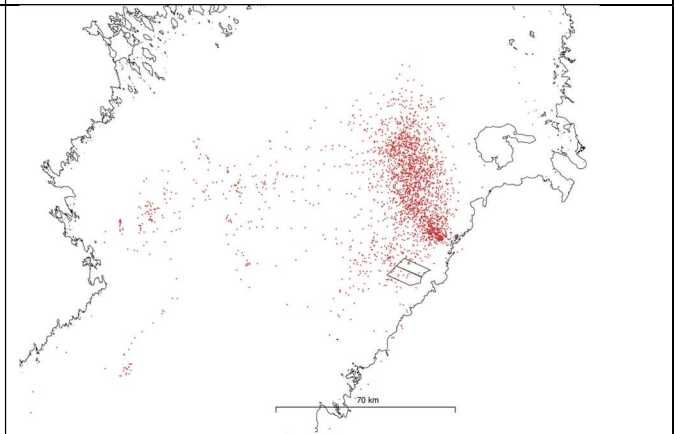
374745 Raabe Kallanriutta



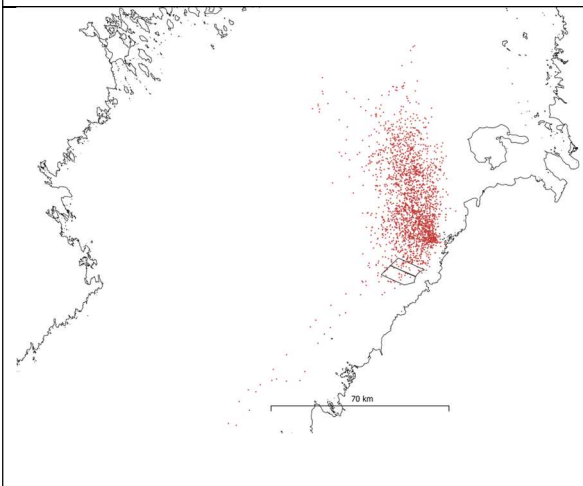
374746 Raabe Kallanriutta



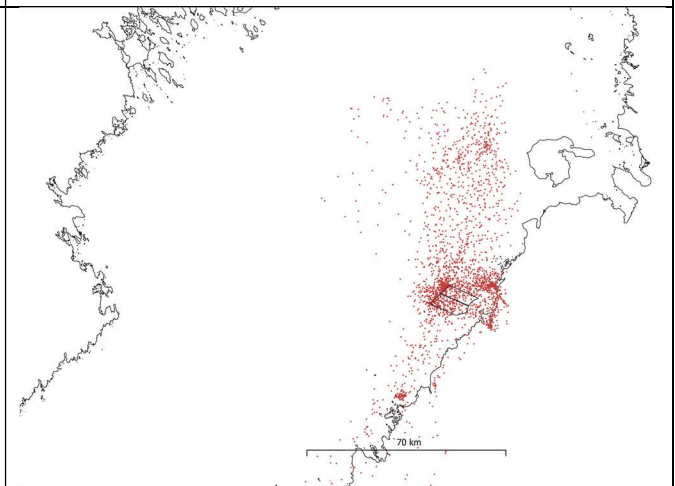
374747 Raabe Jyry



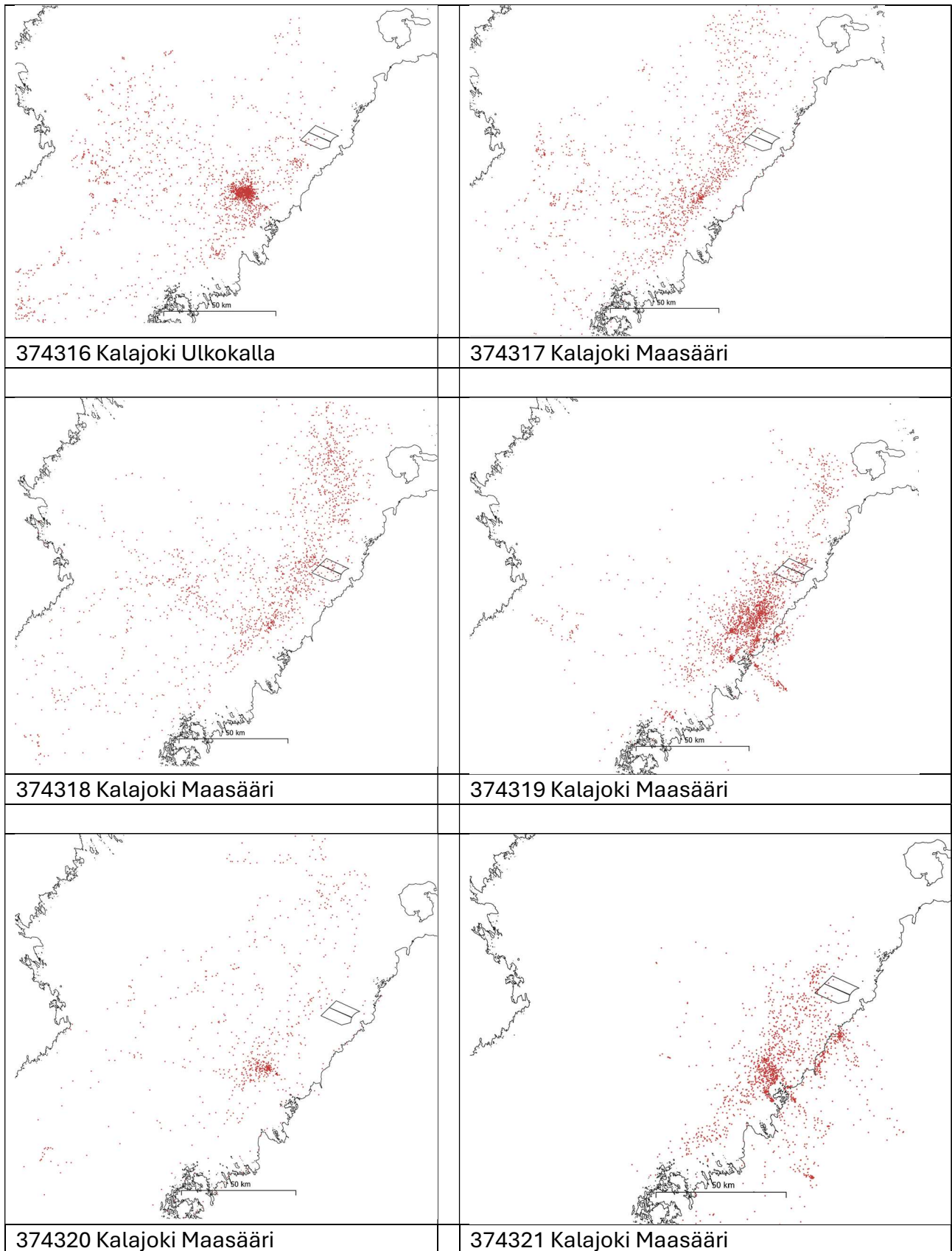
374748 Raabe Jyry



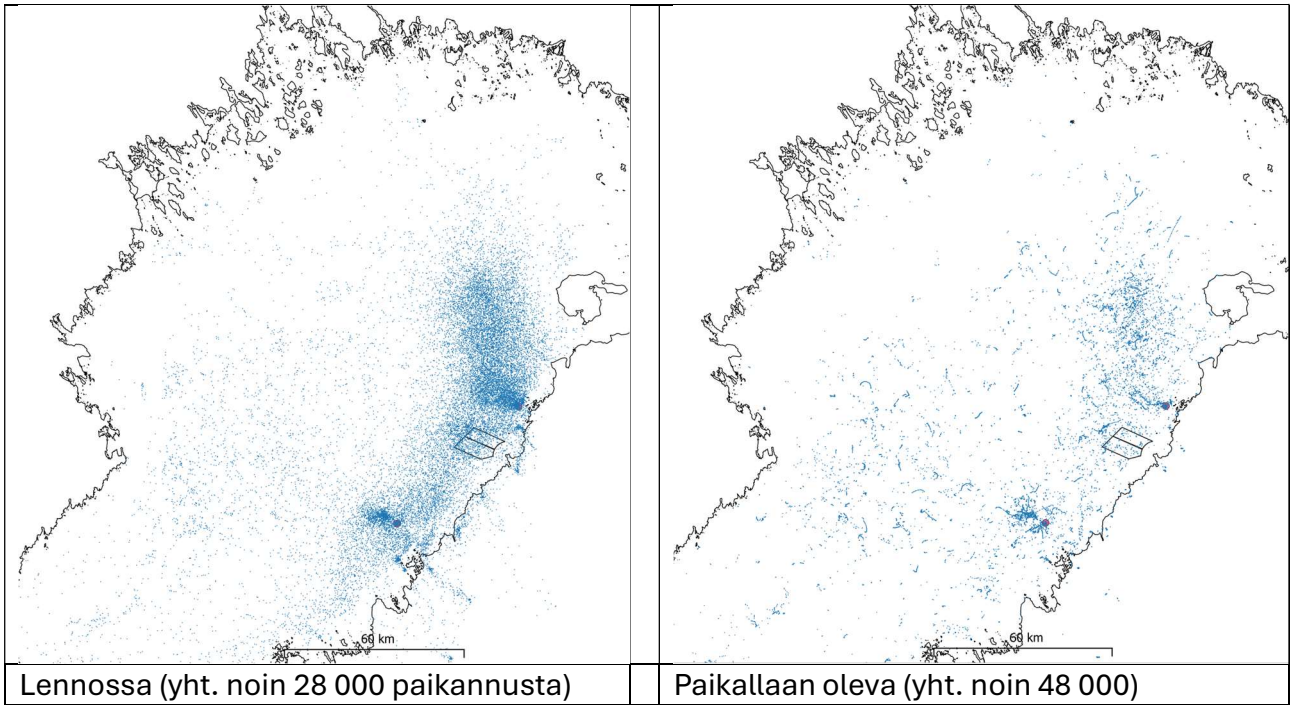
374749 Raabe Jyry



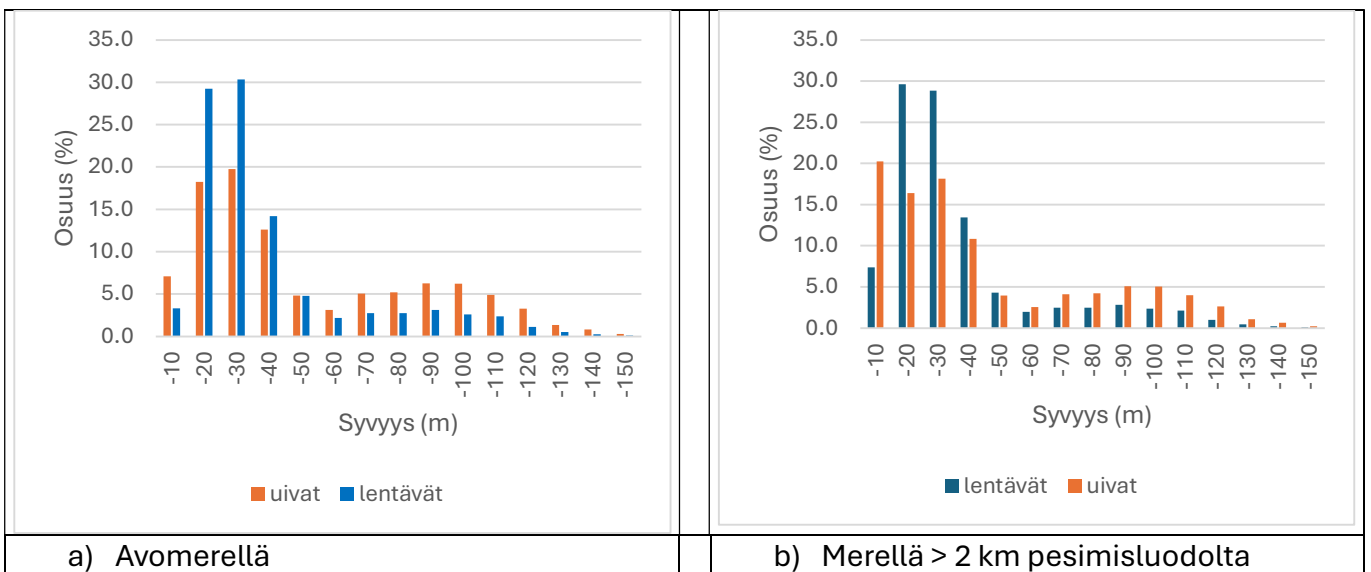
374750 Raabe Peltomatala



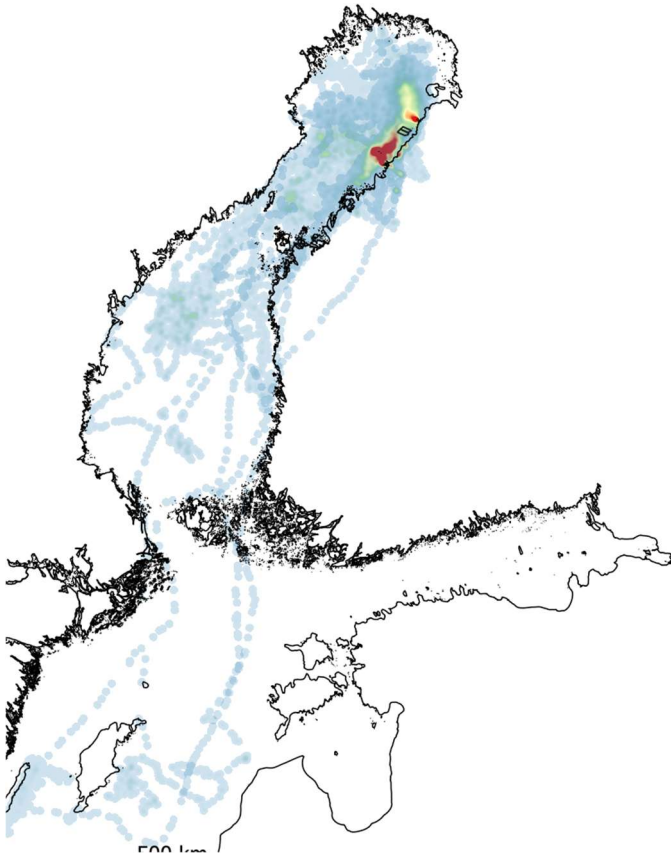
Kuva 1. Eri yksilöiden lentopaikannusten sijoittuminen, lähettimen numero sekä pesimispaikka. Rantaviivan lisäksi kartoissa näkyvillä Maanahkiaisensuon tuulivoimahankkeen rajaus.



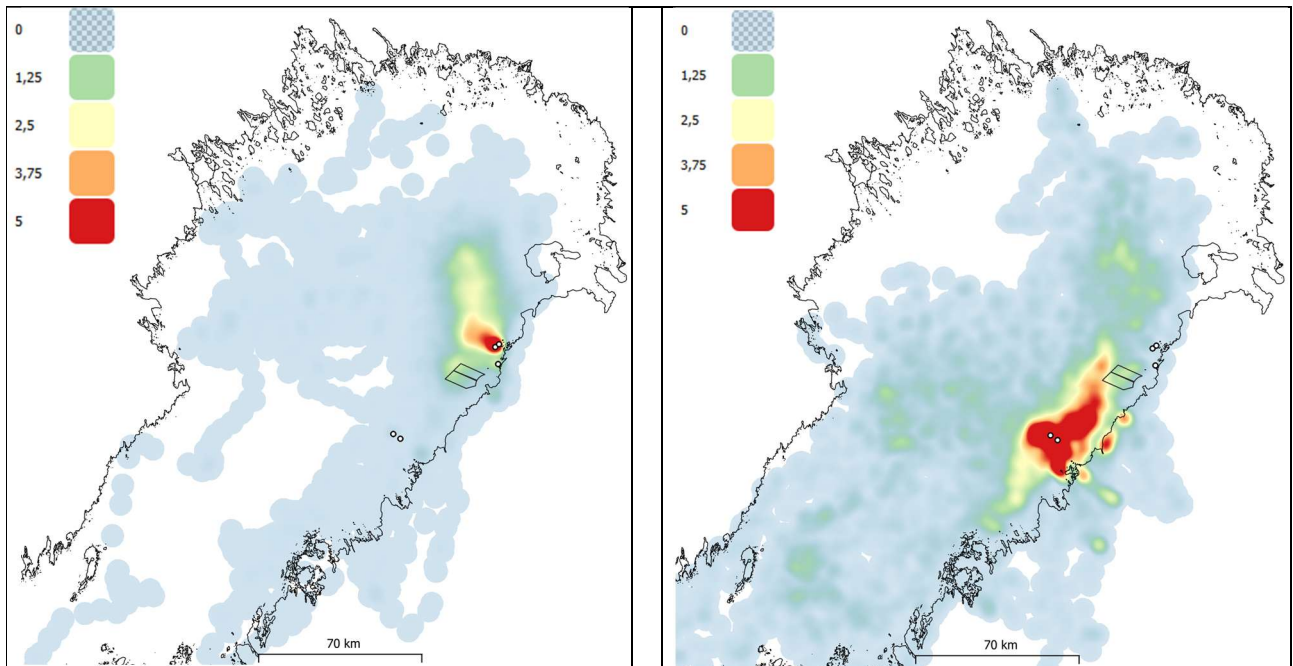
Kuva 2. Lentävien ja uivien paikannusten sijoittuminen



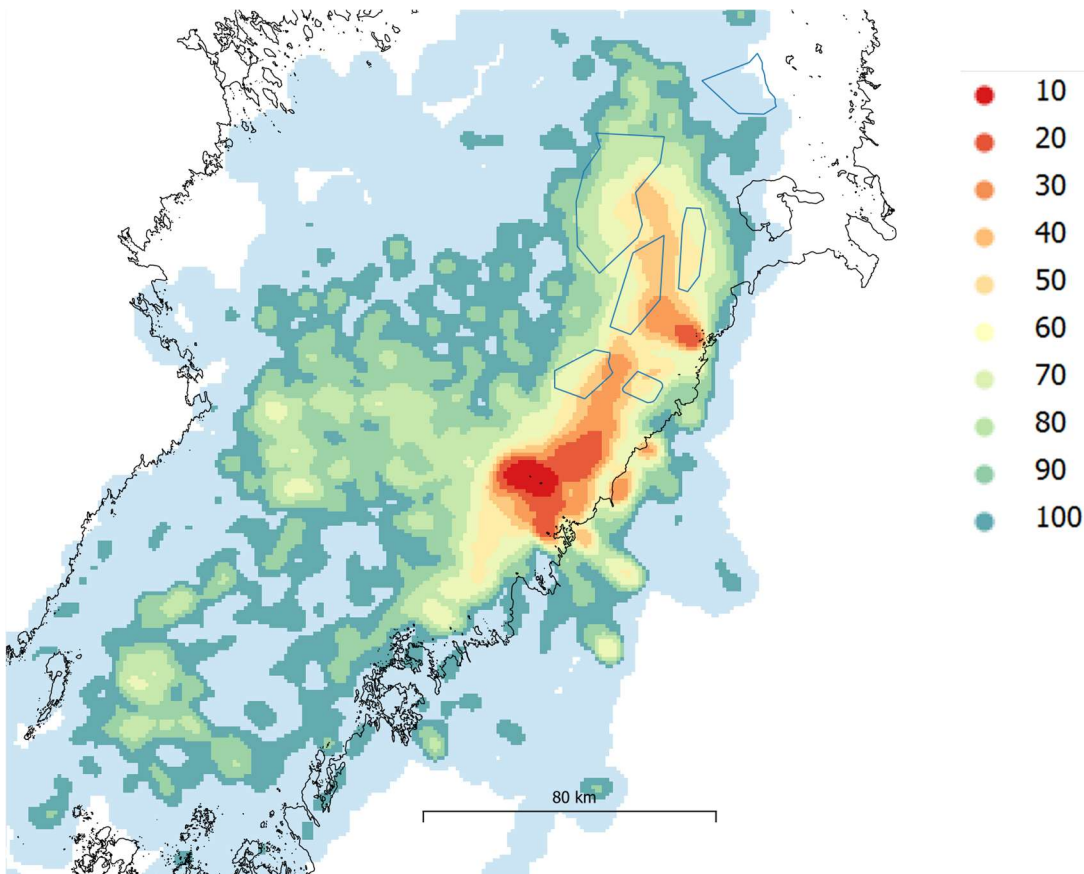
Kuva 3. Lentävien ja uivien paikannusten osuus (%) eri syvyyvyöhykkeillä a) avomerellä ja b) merellä yli 2 km:n etäisyydellä pesimisludoista



Kuva 4. Yleiskuva Raahen ja Kalajoen lintujen pesimäaikaisesta GPS-datasta tehdystä yhdistetystä KDE-rasterista



Kuva 5. KDE-analyysillä laaditut laskennalliset lentoaikajakaumat Raahen ja Kalajoen koko pesimäkannalle. Lentojen määrät kasvavat valkoisesta (0 h/4 ha) siniseen ja punaiseen (5 h/4 ha).



Kuva 6. Yhdistetyt Kalajoen ja Raahen KDE-pohjalta laaditut lentomäärät sekä ISOPLETH-vyöhykkeet 10 %:n välein. Kuvassa näkyvät lentojen kumulatiiviset tiheysalueet. Esimerkiksi 50 % lennoista sijoittuu 50 ja sitä pienempiin luokkiin. Kuvassa on esitetty myös Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavan tuulivoima-alueiden rajaukset.

## RSF- ja lentoaikamalli

Logistiseen regressioon perustuvan RSF-mallin mukaan neljä muuttujaa valikoituvat lopulliseen malliin ja selittivät tilastollisesti erittäin merkitsevästi selkälökkien lentopaikannusten todennäköisyyttä satunnaiseen esiintymiseen verrattuna:

- etäisyys pesimislutoon
- etäisyys turkistarhaan (Kalajoen linnuilla)
- etäisyys maahan (lineaarinen ja neliötermi)
- naapurikolonioiden laskennallinen lentotiheys

Kaikkien muuttujien p-arvot olivat  $< 0.001$ . Etäisyys pesimislutoon oli odotetusti voimakkain selittäjä: lentojen todennäköisyys pieneni etäisyyden kasvaessa. Turkistarhojen läheisyys lisäsi lentojen todennäköisyyttä, mikä osoittaa joidenkin yksilöiden hyödyntävän tarhoja ravinnonlähteenä. Etäisyys maahan vaikutti epälineaarisesti: aivan rannassa lentäminen oli vähäistä,

mutta etäisyyden kasvaessa lentojen todennäköisyys kasvoi ennen kuin tasaantui avomerellä (kuva 7). Huomattava on, että osa muuttujista jätettiin pois korrelaatioiden vuoksi. Tämän takia esimerkiksi veden syvyyden sijaan mukaan valikoitui paremman AIC-arvon perusteella etäisyys rannikkoon, vaikka biologisena selittäjänä veden syvyys on todennäköisesti relevantimpi muuttuja.

RSF-mallin perusteella laaditut lentoennusteet (Kuva 7) osoittivat, että Kalajoen, Pyhäjoen ja Raahen pesimäalueiden linnut käyttävät osittain samoja merialueita, vaikka näyttivätkin välttelevän naapuripesimäluotojen läheisiä alueita, missä naapureiden laskennalliset esiintymistiheydet (Tikkanen ym. 2025) olivat suurimpia.

Ennustetut lentointensiteetit olivat korkeimmillaan pesimäluotojen läheisyydessä ja niiden välisillä merialueilla. Kalajoen luotojen läheisyys dominoi yhdistetyssä lentomäärämallissa (Kuva 8) johtuen Maasäären hyvin suuresta parimäärästä.

Muuttujat ja niiden kertoimet mallissa on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. RSF-malliin valikoituneet muuttujat, niiden kertoimet, keskivirhe, z-arvo ja merkitsevyys.

Kalajoen linnut:

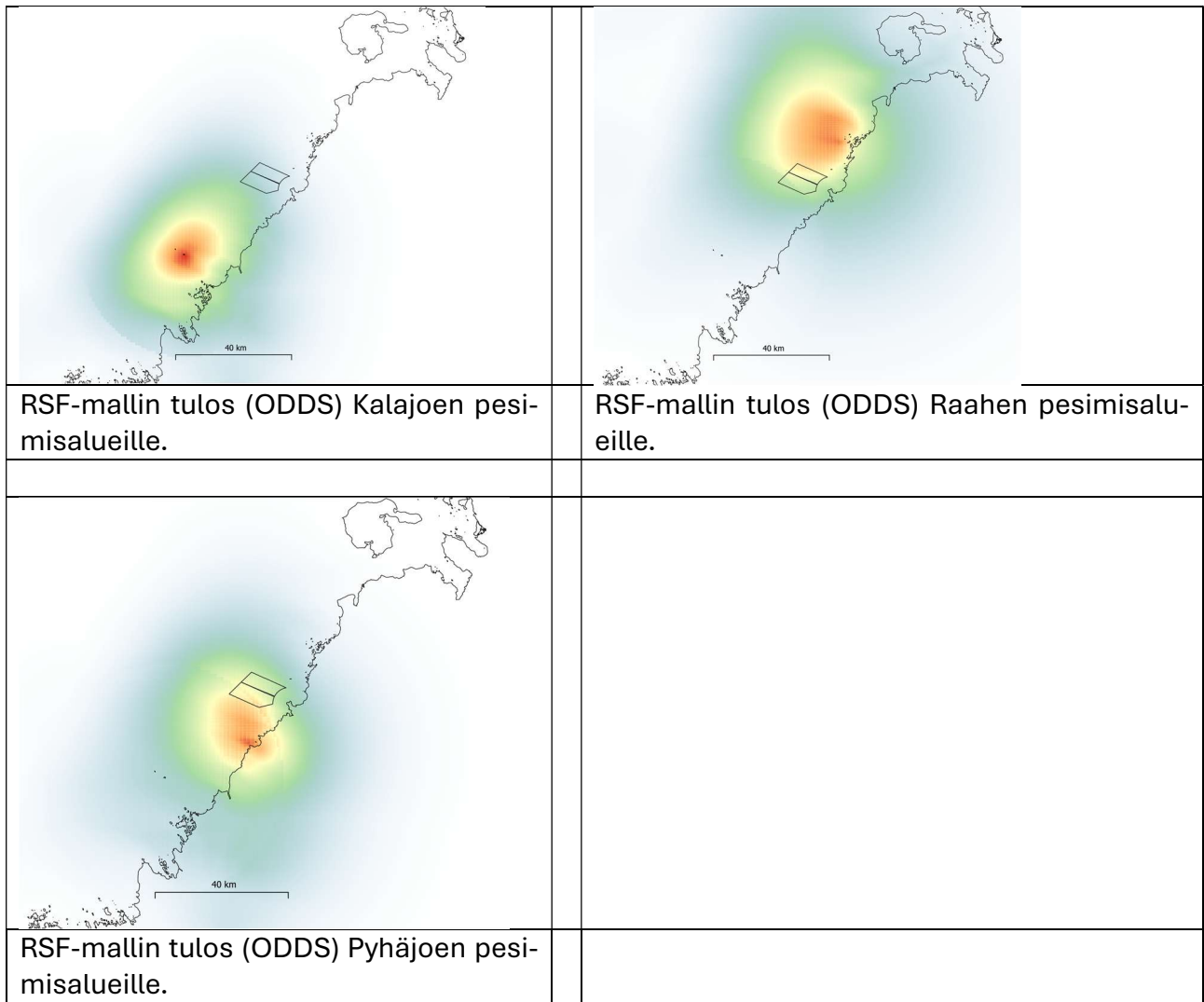
```
Conditional model:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    2.4298428  3.6453748   0.667 0.505056
dluoto_km      -0.0506064  0.0024407 -20.734 < 2e-16 ***
dturkistarha_km -0.0453905  0.0089868  -5.051 4.40e-07 ***
I(dmaa_km^2)   -0.0012659  0.0002346  -5.396 6.81e-08 ***
dmaa_km        0.0833382  0.0167428   4.978 6.44e-07 ***
lentotunnit_lfus -0.0033638  0.0009757  -3.448 0.000566 ***
---

```

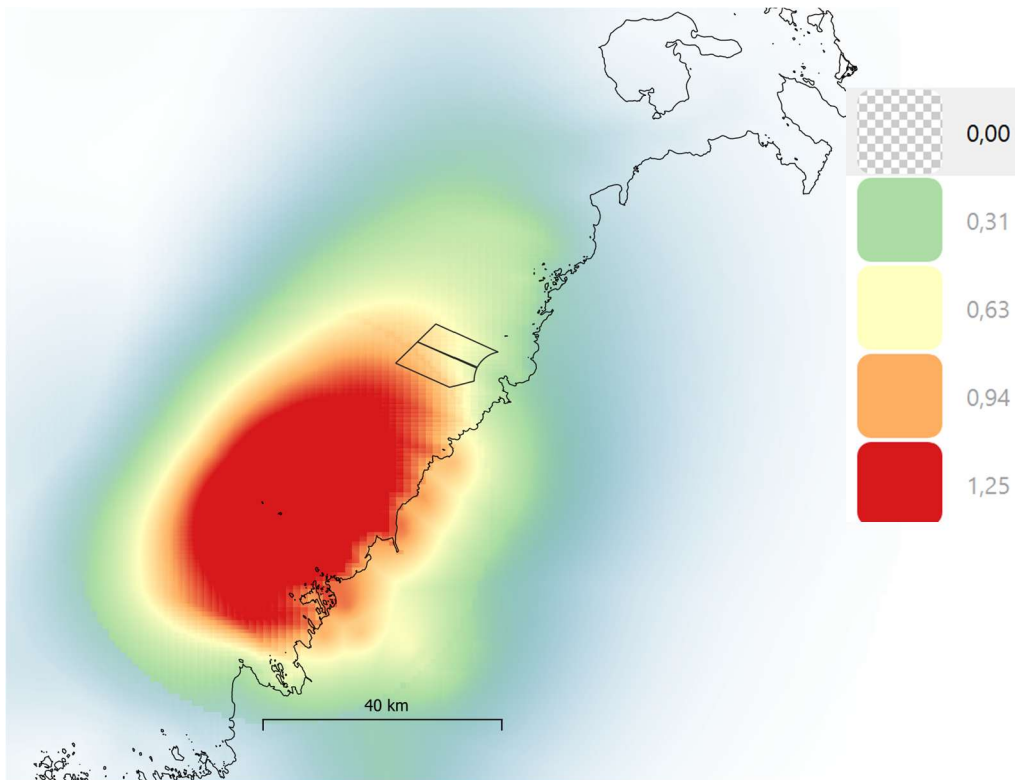
Raahen linnut:

```
Conditional model:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   -1.4328902  3.3688555  -0.425 0.67059
dluoto_km     -0.0526293  0.0024426 -21.547 < 2e-16 ***
I(dmaa_km^2)  -0.0011108  0.0002337  -4.754 1.99e-06 ***
dmaa_km       0.0671972  0.0164516   4.085 4.42e-05 ***
lentotunnit_lfus -0.0028080  0.0009815  -2.861 0.00422 **

```



Kuva 7. Laaditut RSF-mallien kartat Kalajoen, Pyhäjoen ja Raahen pesimisaueille. Kartoilla osoitettu myös Maanahkiaisen tuulivoimala-alueen sijainti. Odds-arvot skaalattu vaihtelevasti värisävyjen yhdenmukaistamiseksi.



Kuva 8. RSF-tulokseen sovitetut lentoajat Raahen, Kalajoen ja Pyhäjoen linnuille. Yhdistetty em. kolmesta erillisestä mallista. Lentomäärät kasvavat valkoisesta punaiseen (yli 1,25 h/ha).

## Lentomäärät ja pesimäkauden kesto

Selkälokit olivat aktiivisia lentäjiä pesimäkaudella. Keskimääräinen vuorokautinen lentoaika oli 8,4 tuntia (vaihteluväli yksilöillä 6,9–10,4 h). Pesimäkauden arvioitu kesto oli keskimäärin 95 vuorokautta (aloitus arvioitiin kaikille 20.5. ja päättyminen sijoittui ajalle 16.8–9.9, mikä tuotti yhteensä keskimäärin 792 lentotuntia/yksilö ja 1585 lentotuntia/pari koko pesimäkaudelle.

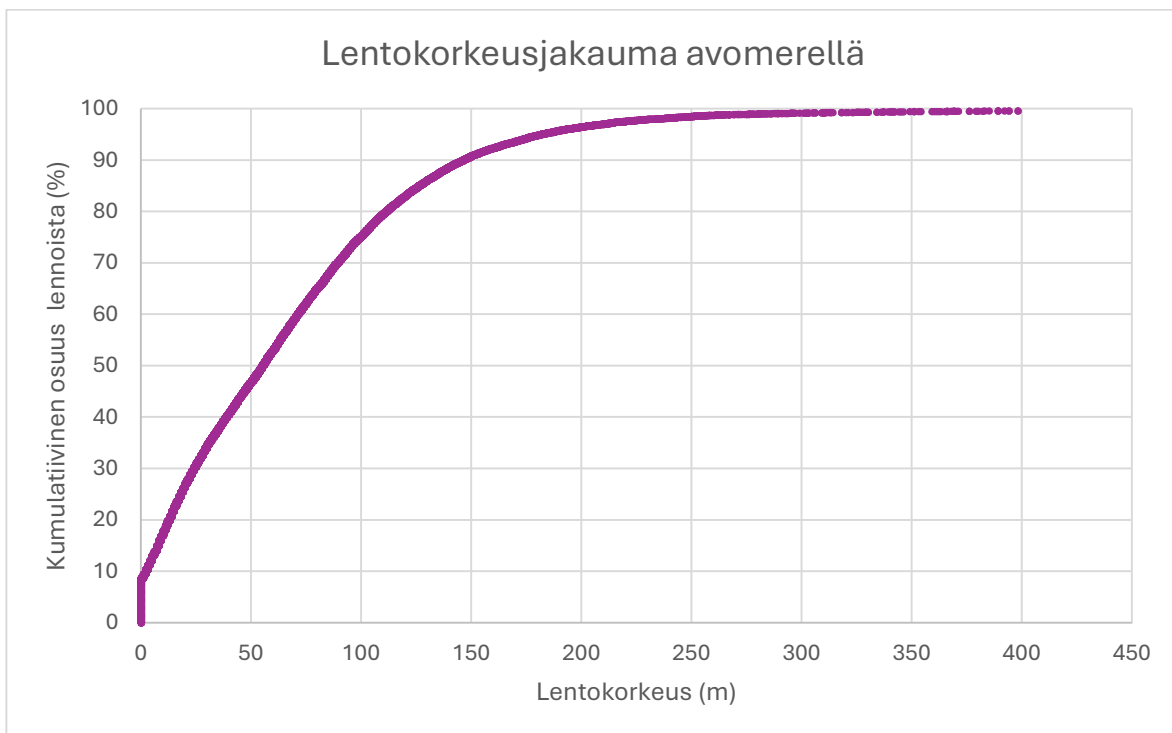
## Lentokorkeudet

Avomerellä lentävien selkälökkien mediaanikorkeudet vaihtelivat yksilöittäin 30 ja 74 metrin välillä. Keskimäärin mediaanilentokorkeus oli 55 m (Taulukko 2). Lentokorkeuksista 65 % sijoittui välille 30–350 m (Kuva 9). Kalajoen lintujen lentokorkeudet olivat matalampia kuin Raahen lintujen. Kalajoen linnuilla mediaanikorkeus oli 41 m ja Raahen linnuilla 68 m.

Joidenkin suurten lentokorkeuksien takia (yli 1000 m) lentokorkeuksien keskiarvo oli avomerellä 69 m, mikä oli 14 metriä mediaania suurempi. Mantereella lokit lensivät keskimäärin selvästi korkeammalla ( $\bar{x}=135$  m).

Taulukko 2. Eri lähetinlintujen lentokorkeudet avomerellä.

Lähetin	Keskiarvo	mediaani
374316	53	41
374317	47	36
374318	72	58
374319	63	53
374320	45	30
374321	48	41
374745	83	68
374746	83	71
374747	90	65
374748	68	52
374749	93	74
374750	85	67
<b>Keskiarvo kaikki</b>	<b>69</b>	<b>55</b>
Keskiarvo Kalajoki	55	41
Keskiarvo Raahе	84	68



Kuva 9. Avomerellä lentävien kumulatiivinen osuus eri korkeuksilla koko aineisto (1/15 min) yhdistettynä.

## Lentonopeudet

Avomerellä lentävien selkälokkien keskinopeudessa oli varsin vähän yksilöiden välistä vaihtelua (30,5–34,5 km/h). Riskikorkeudella (> 30 m) keskinopeudet olivat hieman suurempia (31,5–36,4 km/h). Koko aineiston keskiarvot olivat: kaikki lentävät: 32,4 km/h ja yli 30 m korkeudella lentävät: 34,3 km/h (Taulukko 3).

Taulukko 3. Kalajoen ja Raahen selkälokkien lentonopeudet avomerellä 2025.

Lähetin	Kaikki lentävät	> 30 m lentävät
374316	33,2	36,4
374317	32,1	35,0
374318	31,0	34,2
374319	32,0	33,1
374320	31,1	36,3
374321	32,3	34,2
374745	32,7	33,6
374746	34,5	35,9
374747	32,0	33,2
374748	33,6	35,0
374749	32,4	33,8
374750	30,5	31,5
Kaikki yhteensä	32,4	34,3



## Pohdinta

Kalajoen ja Raahen selkälölkien GPS-aineisto tarjoaa ensimmäisen yksityiskohtaisen kuvan Perämeren pesivien selkälölkien liikkumisesta, lentokorkeuksista ja lentomääristä merialueella Suomessa. Etenkin koko seudun populaation lentomäärien ja niiden suuntautumisen mallinnukset ovat tärkeitä työkaluja tuulivoiman vaikutusten arvioimiseksi. Menetelminä työssä olivat KDE ja RSF, joita on käytetty yleisesti elinympäristöjen käytön ja mieltymisen todentamiseen (Wakefield ym. 2009).

Tulokset ovat monella tavalla yhdenmukaisia kansainvälisen kirjallisuuden kanssa, mutta tuovat esiin myös alueellisia erityispiirteitä, joilla on merkitystä vaikutusten arvioinnissa.

### *Alueellinen liikkuminen*

Aiemmin selkälölkien on tiedetty Pohjanmaalla hyödyntävän yleisesti turkistarhoja ravintolähteinä 1990–2000-luvuilla (Tikkanen ym. 1997). Vuonna 2009 GPS-seurannassa olleet selkälölköt Kokkolassa ja Pietarsaassa ruokailivat enimmäkseen turkistarhoilla ja tuskin lainkaan rannikolla (Juvaste ym. 2017). Raahen ja Kalajoen linnut vierailivat hyvin vähän mantereella: kaikista lentopaikannuksista mantereelle sijoittui vain 4 %, lähinnä turkistarhoille ja pelloille. Tämä saattaa liittyä muutokseen ihmisperäisen jäteravinnon saatavuudessa, mikä heijastuu lintujen käyttäytymiseen (Langley ym. 2021; Hario 2025).

Kalaparvien ja kalastustoiminnan esiintyminen on todennäköisesti keskeisin tekijöistä, jotka ohjaavat selkälölkien liikkumista merialueilla. Selkälölköt hyödyntävät erityisesti silakan ja muiden parvia, jotka muodostanevat pesimäkaudella merkittäviä ravintokeskittymiä Perämerellä. Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että lölkien lentoreitit ja oleskelualueet painottuvat voimakkaasti alueille, joilla kalatiheys on korkea tai joissa esiintyy kalastuksen sivusaalista ja perkuujätettä (Camphuysen 2013; van Bemmelen ym. 2021). GPS-seurantatutkimukset ovat osoittaneet, että lölkien lentotiheys kasvaa näillä alueilla ja että ravintokeskittymien sijainti voi ohjata lentojen suuntautumista jopa kymmenien kilometrien päähän pesimäluodoilta (Thaxter ym. 2012; Ottvall 2023). Suomenlahdella selkälölkön pääasiallisen ravinnon todettiin olevan silakka 1980-luvulla (Hario 1989). Kalojen esiintyminen ja saatavuus ja mahdollisesti kalastuksen alueellinen jakautuminen selittänevät nykyään selkälölkien lentojen kohdentumista Perämerelläkin.

KDE- ja RSF-tulokset osoittavat, että Kalajoen-Raahen pesimäyhdyskunnat käyttävät laajaa, osittain päällekkäistä merialuetta. Tiheimmin käytetyt avomerialueet sijoituivat rannikon suuntaisesti 10–30 km etäisyydelle mantereesta. Tämä vastaa noin 15–30 metrin syvyysvyöhykettä. Tätä matalimmilla ja syvemmillä vesialueilla tiheydet olivat pienempiä. Tämä muistuttaa Ruotsin Olof Skötkonungin ja Östra Bankenin seurantoja, joissa selkälölköt käyttivät intensiivisesti samoja matalikoita ja hankealueita (Lötberg ym. n.d. 2025). Nyt laadittu seurantatutkimus vahvistaa aiemminkin todettua rannikkoalueen merkitystä ja suojelun tärkeyttä rannikon pesimälinnustolle (Fauchald ym. 2024; Tikkanen ym. 2025). Selkälölkillä tämä tärkeä rannikon läheinen vyöhyke on laajempi verrattuna moneen muuhun lajiin.

Tärkeimpiä saalislajeja kuten silakkaa ja muikkua on mahdollisesti pintakalana tarjolla em. syvyyshyökkäyksillä. Uivien loppien paikannukset olivat lentäviä ryhmittyneempiä (Kuva 2) ja niiden suhteellinen osuus oli selkeästi suurempi sekä avomerellä että rannikon matalikoilla (Kuva 3), mikä viittaa saalistusalueiden suurempaan määrään matalikoilla, (esim. silakan suosimia, alle 10 metrin syvyisiä kutumatalikoita (Aneer 1989). Mm. Suomenlahdella on todettu selkälököiden ruokkivan poikasiaan erityisesti kutusilakoilla (Hario 1989). Uivien osuus oli suurempi myös syvillä (yli 50 m) vesillä, mistä johtuen keskisyvyys oli ennako-odotusten vastaisesti jopa suurempi verrattuna lentäviin lintuihin (-41 m vs. -33 m, yli 2 km etäisyys pesimisluotoon). Jatkokäytöksissä on suositeltavaa selvittää tarkemmin, onko GPS-aineistolla mahdollista löytää lajin kannalta tärkeitä, säännöllisesti käytettäviä ruokailualueita. Apuna GPS-aineiston analysoinnissa voidaan käyttää state-space- ja HMM-malleja, mitkä huomioivat lintujen käyttäytymiseroja ja helpottavat saalistukseen liittyvien paikannusten erottamista muista lennoista (Wakefield ym. 2009; Corbeau 2019; Bemmelen ym. 2021).

Liikkumisen laajuuteen voivat vaikuttaa myös lajin sisäinen kilpailu (Wakefield ym. 2009). Suuret koloniat voivat lisätä kilpailua lähialueen resursseista, mikä pakottaa linnut liikkumaan laajemmalla alueella. Tähän antaa viitteitä se, että naapurikolonioiden läheiset oletetut lintutihentymät nousivat tässä tutkimuksessa RSF-malliin merkitseväksi muuttujaksi.

### *Lentokorkeudet ja määrät*

Aineistomme mukaan avomerellä lentävien selkälököiden mediaanikorkeus oli 55 m ja 65 % lennoista sijoittui 30–350 metrin välille. Riskikorkeudella lentävien osuus oli samaa suurusluokkaa selkälökilla Hollannin GPS-selvityksissä (van Bemmelen 2021) ja Maanahkiaisien merituulipuiston maastonselvityksissä (Tuohimaa ja Tikkanen 2010), mutta selvästi alhaisempi Cormanin ym. (2014) ja Greenin (2023) selvityksissä ja myös Suomen merituulivoimaloiden maastonselvityksissä (Halla Offshore Wind Oy 2025). Pohjanmeren eteläosissa havaittiin 60–90 % lennoista tapahtuvan alle 20 metrin korkeudella (Ross-Smith ym. 2016; Corman & Garthe 2014). Erot voivat johtua Perämeren erilaisista tuuli- ja aallokko- tai lämpötilaolosuhteista, ravinnon saatavuudesta tai siitä, että Kalajoen–Raahen linnut tekevät pitkiä siirtymämatkoja avomerelle, jolloin ne nousevat korkeammalle kuin paikallisilla ravinnonhakulennoilla. Myös vuorokaudenajalla on todettu olevan vaikutusta. Cormanin (2014) ja Greenin (2023) selvityksessä lentokorkeudet olivat yöllä alhaisemmat kuin päivällä. Venelaskentojen havainnot matalista lentokorkeuksista voivat liittyä esim. säätekijöihin tai havaittavuusongelmiin.

Kirjallisuudessa on todettu, että siirtymälennot ja termiikkiliito nostavat selkälökkit roottorien pyyhkäisykorkeudelle (van Erp ym. 2023). Kalajoen–Raahen aineisto tukee tätä tietoa: matalalla tapahtuvan ravinnonhaun lisäksi havaittiin runsaasti korkeita siirtymäjaksoja, erityisesti Raahen linnuilla, joiden lentopaikannusten mediaanikorkeus oli 68 m.

Selkälokit viettivät lennossa keskimäärin 8,4 tuntia vuorokaudessa, mikä vastaa hyvin aiempia havaintoja (Garthe ym. 2016). Huomattava on, että GPS-seuranta alkoi kesken pesintäkauden. Pesintäkauden pituus on tässä määriteltynä mahdollisesti ala-arvio ja vuorokautinen lentoaika yliarvio, koska aineisto ei sisällä haudontakauden edeltävää aikaa ja vain osan haudontakaudesta. Jatkossa onkin tärkeää saada GPS-seuranta koko pesimäkaudelta.

Tässä tutkimuksessa keskimääräiseksi lentonopeudeksi saatiin 32 km/h. Samanlaisia havaintoja GPS-linnuilla on tehty mm. Pohjanmereltä, missä todettiin merellä lentävien keskinopeudeksi 32,6 km/h (Vanermen ym. 2022).

### *Yksilöiden välinen vaihtelu*

Sekä oma aineistomme että kirjallisuus korostavat selkälökkien suurta yksilökohtaista vaihtelua (Camphuysen 2013; Juvaste ym. 2017; Lötberg ym. 2025). Raahen-Kalajoen linnuista kolme yksilöä liikkui mantereella selvästi muita enemmän, ja Raahen linnut lensivät keskimäärin korkeammalla kuin Kalajoen linnut. Myös avomerialueen käytössä oli vaihtelua. Tämä vaihtelu vaikeuttaa yleistämistä ja korostaa tarvetta laajemmalle seurannalle.

Kirjallisuudessa on myös osoitettu, että sama yksilö voi käyttäytyä eri vuosina eri tavoin (Lötberg ym. 2025).

### *Mallinnuksen mahdollisuudet ja rajoitteet*

RSF-malli osoitti, että lentojen todennäköisyyttä selittävät erityisesti etäisyys pesimisluotoon, turkistarhoihin ja rannikkoon sekä naapurikolonioiden lentotiheys. Tämä on linjassa kansainvälisten mallien kanssa, joissa pesimäyhdyskunnan sijainti ja ravinnon saatavuus ovat keskeisiä selittäjiä (van Bemmelen ym. 2021; Thaxter ym. 2019).

Kuitenkin sekä tutkimuksemme että kirjallisuus korostavat rajoitteita: yksilömäärä oli pieni tarkempien päätelmien tekoon huomioitaessa seudun populaatiokoko ja em. vaihtelut. Käyttämisen perimmäisiä syitä kuten saalislajien esiintymiseen ja saatavuuteen liittyviä tekijöitä sekä hienorakenteita kuten termiikkiliittoa ei vielä tarkoin tunneta.

Täten sekä KDE-analyysiä että RSF-mallia tulee pitää alustavina ja suuntaa antavina tietoina, mikäli tuloksia käytetään vaikutusten arvioinneissa. Kalajoen-Raahen vuoden 2025 aineisto on vasta ensimmäinen askel kohti luotettavaa pitkän aikavälin mallinnusta ja vaikutusten arviointeja Suomen rannikolla. Sekä ajallisesti että määrällisesti kattavamman aineiston analysoinnin ja ympäristömuuttujien tarkennusten jälkeen voidaan Suomen merialueen selkälökkien liikkeitä todennäköisesti ennustaa kohtalaisella tarkkuudella myös ilman GPS-aineistoa.

## Jatkotutkimusten tarve

Tässä selvityksessä ei arvioitu tuulivoiman vaikutuksia selkälokkiin, mutta esitettyjä tietoja ja mallinnuksia voidaan käyttää työkaluina tulevissa arvioinneissa huomioiden alueelliset erityispiirteet ja mm. HELCOM:in toimenpidesuunnitelmaan sisältyviä suosituksia (Tikkanen ym. 2025). Selkälokki on populaatiotasolla mahdollisesti herkin merituulivoimaan reagoiva lajimme. Tämän tutkimuksen tulokset vahvistivat tätä arviota. Laaja-alaisesti ja intensiivisesti liikkuvana lajina suuri osa lennoista suuntautuu samoille avomerialueille, jotka ovat myös potentiaalisia tuulivoima-alueita (kts. Kuva 6).

Lajiin onkin erityisen tärkeää kiinnittää huomiota YVA-arvioinneissa. Yhteisvaikutusten arvioiminen on oleellista huomioiden erityisesti törmäyskuolleisuus, esiintymisalueiden pirstoutuminen ja estevaikutukset sekä vaikutusten merkittävyydet lajin elinvoimaisuuteen sekä suoraan että välillisesti mm. saalislajien esiintymis- ja saatavuusmuutosten kautta.

Myös selkälökin osalta haittojen vähentämismenetelmiä on tärkeää tutkia ja ottaa käyttöön. Mahdollisia menetelmiä ovat mm. pysäytysautomaatiikat, lapojen värjäys ja lapojen nosto korkeammalle (Hodos 2003; May ym. 2020; Martin ym. 2023; Lötberg ym. n.d.).

Olemme Suomessa uuden edessä laajojen avomerialueiden hyödyntämisessä. Laajojen offshore-tuulivoimala-alueiden suunnittelu edellyttää erityistä varovaisuutta, sillä monien merialueiden lajien ekologiaa, liikkumista ja herkkyyttä ihmistoiminnalle tunnetaan yhä puutteellisesti. Alueiden sijoittelussa on siksi tärkeää noudattaa varovaisuusperiaatetta ja hyödyntää kaikkea saatavilla olevaa tutkimustietoa pesimäalueista, muuttoreiteistä ja ravinnonhankinnan ydinalueista, vaikka tieto olisi osin epätäydellistä. Rakentamisessa on tärkeää välttää tunnettuja ja potentiaalisia avainalueita sekä huomioida laajempien merialueiden ekologinen kokonaisuus, jotta yksittäisten hankkeiden vaikutukset eivät kumuloidu lajien kannalta kriittisiksi. Epävarmuuksien vuoksi on olennaista tarkastella vaihtoehtoisia sijoitteluratkaisuja, arvioida yhteisvaikutuksia useiden hankkeiden välillä ja varmistaa, että suunnitteluprosessiin sisältyy mahdollisuus päivittää ratkaisuja uuden tutkimustiedon karttuessa. Näin voidaan turvata herkille lajeille riittävät elinolosuhteet samalla kun avomerialueiden uusia käyttömuotoja kehitetään vastuullisesti. Koska populaatiotason yhteisvaikutukset ovat kumulatiivisia, niin hyvä suunnittelu edistää herkkien lajien säilymistä elinvoimaisina ja mahdollistaa laajemman tuulivoimatuotannon ilman merkittäviä haitallisia luontovaikutuksia.

Keskeisiä tuulivoimasuunnittelussa tarvittavia jatkokysymyksiä loppien liikkeiden ja käyttäytymisen sekä vaikutusten selvittämiseksi ovat:

#### **A. Kysymykset selkälökkien liikkeiden ja käyttäytymisen luotettavaan ymmärtämiseen**

- Missä sijaitsevat pesimäkauden keskeiset ravinnonhankinta-alueet, ja miten niiden käyttö vaihtelee yksilöiden ja vuosien välillä?
- Millä tarkkuudella nykyiset GPS-aineistot ja -mallit kuvaavat selkälökkien liikkumismalleja, lentokorkeuksia ja reittivalintoja eri sää- ja valaistusolosuhteissa?
- Kuinka hyvin paikalliset liikkumismallit ovat yleistettävissä koskemaan laajempia alueita?
- Miten tuuliolosuhteet, kalojen esiintyminen ja kalastustoiminta ja muut ympäristötekijät ohjaavat selkälökkien liikkumista avomerellä?
- Kuinka suurta yksilöiden ja vuosien välinen vaihtelu on liikkumisessa, ja miten se vaikuttaa mallinnuksen epävarmuuksiin?
- Miten hyvin nykyiset lentokorkeusmittaukset kuvaavat todellista törmäyskorkeutta?
- Miten oman ja naapurien pesimäkolonian sijainti ja koko ja lajin sisäinen ravintokilpailu vaikuttavat liikkumisen laajuuteen ja reittien pysyvyyteen?

#### **B. Kysymykset vaikutusten arvioimiseksi tuulivoimahankkeissa**

- Kuinka suuren törmäysriskin tuulivoima-alueet aiheuttavat?
- Kuinka laajasti selkälökit välttelevät tuulivoima-alueita, ja missä tilanteissa ne kulkevat niiden läpi?
- Miten selkälökkien käyttäytyminen muuttuu, jos merialueelle tulee uusia rakenteita (esim. tuulivoima, merikaapelit, huoltoliikenne)?
- Miten tuulivoima-alueet vaikuttavat pesimäkolonian ja ravinnonhankinta-alueiden väliin kulkureitteihin ja niiden pituuteen?
- Kuinka merkittävä on mahdollinen estevaikutus (barrier effect) ja kuinka paljon se lisää energiankulutusta mahdollisesti pesimätulosta vähentäen pesimäkaudella?
- Miten tuulivoimarakentaminen muuttaa saalislajien esiintymistä, saavutettavuutta ja ruokailualueiden käyttöä?
- Kuinka herkkiä selkälökkipopulaatiot ovat pesimämenestyksen heikkenemiselle tai aikuiskuoilleisuuden kasvulle?
- Miten useiden tuulivoimahankkeiden yhteisvaikutukset muuttavat liikkumisen kokonaiskuvaa ja pirstovat merialuetta?

- Miten epävarmuudet liikkumis- ja käyttäytymisdatassa vaikuttavat törmäys- ja estevai-  
kutussmallien luotettavuuteen?
- Miten vaikutukset heijastuvat pitkällä aikavälillä populaatiotason elinvoimaisuuteen  
(PVA-tarkastelu)?
- Mikä on haittojen vähentämistoimien, kuten lapojen värityksen ja pysäytysautomaatiikan  
tehokkuus selkälokille.

## Kiitokset

Tutkimuksen tilaajana ja rahoittajana toimi Rajakiiri Oy. Maanahkiaisien tuulivoimahankkeen konsulttina toimivan Ramboll Finland Oy:n yhteyshenkilöinä toimivat linnustoasiantuntijat Juho Jolkkonen ja Aku Kalliomäki. Raahen lähettimien asennuksen suorittivat Hannu Tikkasen kanssa BirdLife Keski-Pohjanmaan Juhani Hannila ja Jukka Ylikarjula. Kalajoen GPS-data saatiin Metsähallituksen kiinteistökehitykseltä Ville Suorsan kautta. Raahen selkälokkien parimäärätietoja luovutti käyttöömmme Heikki Tuohimaa. Lämmin kiitos kaikille tutkimuksen mahdollistamisesta.



*Juhani Hannila ja Jukka Ylikarjula rengastamassa ja kiinnittämässä lähetintä.*

## Kirjallisuus

- Aneer, G. (1989). *Herring (Clupea harengus L.) spawning and spawning ground characteristics in the Baltic Sea*. Fisheries Research, 8(2), 169–195.
- Camphuysen, C. J. (2013). *A historical ecology of two closely related gull species (Laridae): Multiple adaptations to a man-made environment* (PhD-thesis). University of Groningen.
- Camphuysen, C. J. (2013). Individual differences in foraging behaviour and habitat use in large gulls. *Marine Ecology Progress Series*, 479, 277–293.
- Cantlay, J. C., Portugal, S. J., & Martin, G. R. (2025). Visual fields, foraging and collision vulnerability in gulls (Laridae). *Ibis*, 167(2), 386–396.
- Corbeau, A., Collet, J., Fontenille, M., & Weimerskirch, H. (2019). How do seabirds modify their search behaviour when encountering fishing boats? *PLoS ONE*, 14(9), e0222615.
- Corman, A. M., & Garthe, S. (2014). What flight heights tell us about foraging and potential conflicts with wind farms: A case study in Lesser Black-backed Gulls (*Larus fuscus*). *Journal of Ornithology*, 155(4), 1037–1043.
- Fauchald, P., Ollus, V. M. S., Ballesteros, M., Breistøl, A., Christensen-Dalsgaard, S., Molværsmyr, S., ... & Moe, B. (2024). Mapping seabird vulnerability to offshore wind farms in Norwegian waters. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1335224.
- Furness, R. W., Wade, H. M., & Masden, E. A. (2013). Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. *Journal of Environmental Management*, 119, 56–66.
- Garthe, S., Schwemmer, P., Paiva, V. H., Corman, A. M., Fock, H. O., Voigt, C. C., & Adler, S. (2016). Terrestrial and marine foraging strategies of an opportunistic seabird species breeding in the Wadden Sea. *PloS one*, 11(8), e0159630.
- Green, R. M., Thaxter, C. B., Johnston, D. T., Boersch-Supan, P. H., Bouten, W., & Burton, N. H. K. (2023). *Assessing movements of Lesser Black-backed Gulls using GPS tracking devices in relation to the Galloper Wind Farm* (BTO Research Report No. 758).
- Halla Offshore Wind Oy. (2025). Hallan merituulivoimahanke, Perämeri. Osa A: Merituulivoimapiisto ja vedyn tuotanto Suomen talousvyöhykkeellä sekä energiansiirto Suomen talousvyöhykkeellä ja aluevesillä. AFRY Finland Oy.
- Hario, M. (1989). Miksi selkälokki vähenee itäisellä Suomenlahdella. *Lintumies* 24:204-212.
- Hario, M. (2025). Vuoden lintu 2024. Selkälokin väheneminen jatkuu. *Linnut vuosikirja* 2024:6-15.
- Hodos, W. (2003). *Minimization of motion smear: Reducing avian collision with wind turbines* (NREL/SR-500-33249). National Renewable Energy Laboratory.

Juvaste, R., Arriero, E., Gagliardo, A., Holland, R., Huttunen, M. J., Mueller, I., Thorup, K., Wikelski, M., Penttinen, M.-L., Hannila, J., & Wistbacka, R. (2017). Satellite tracking of red-listed nominate lesser black-backed gulls (*Larus f. fuscus*): Habitat specialisation in foraging movements raises novel conservation needs. *Global Ecology and Conservation*, *10*, 220-230.

Langley, L. P., Bearhop, S., Burton, N. H., Banks, A. N., Frayling, T., Thaxter, C. B., ... & Votier, S. C. (2021). GPS tracking reveals landfill closures induce higher foraging effort and habitat switching in gulls. *Movement Ecology*, *9*(1), 56.

Li, P., Tian, Z., Yang, Y., & Lin, Y. (2025). Trajectory data preprocessing: Methods and models. *Electronics*, *14*(23), 4694.

Lötberg, U., Sjöstrand, S., Bergendal, H., Isaksson, N., & Åkesson, S. (n.d.). *GPS-märkta silltrutars (*Larus fuscus fuscus*) nyttjande av projekteringsområdet Olof Skötkonung*. Heliaca Naturvårdskonsulting.

Lötberg, U., Bergendal, H., & Hansson, O. (2025). *Silltrutars rörelser i Olof Skötkonung och vid Östra Banken*. Heliaca Naturvårdskonsulting AB.

Mallory, M. L., & Gilbert, C. Y. N. T. H. I. A. D. (2008). Leg-loop harness design for attaching external transmitters to seabirds. *Marine Ornithology*, *36*, 183–188.

Martin, G. R., & Banks, A. N. (2023). Marine birds: Vision-based wind turbine collision mitigation. *Global Ecology and Conservation*, *42*, e02386.

Masden, E. A., Haydon, D. T., Fox, A. D., & Furness, R. W. (2010). Barriers to movement: modelling energetic costs of avoiding marine wind farms amongst breeding seabirds. *Marine Pollution Bulletin*, *60*(7), 1085-1091.

Masden, E. A., & Cook, A. S. C. P. (2016). Avian collision risk models for wind energy impact assessments. *Environmental Impact Assessment Review*, *56*, 43–49.

May, R., Nygård, T., Falkdalen, U., Åström, J., Hamre, Ø., & Stokke, B. G. (2020). Paint it black: Efficacy of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. *Ecology and Evolution*, *10*(16), 8927–8935.

Ottvall Consulting AB. (2024). *Fåglar och vindkraft: Fågelförekomst i Bores krona*.

Ottvall, R. (2023). *Fåglar och vindkraft: Fågelförekomst och konsekvensbedömning för Najaderna vindkraftpark*. Ottvall Consulting AB.

Ottvall, R. (2024). *Fåglar och vindkraft: Fågelförekomst i Vindpark Sylen*. Ottvall Consulting AB.

OX2. (2023). *Toimitetut lähtötiedot*.

Ross-Smith, V. H., Thaxter, C. B., Masden, E. A., Shamoun-Baranes, J., Burton, N. H., Wright, L. J., ... & Johnston, A. (2016). Modelling flight heights of lesser black-backed gulls and great skuas from GPS: A Bayesian approach. *Journal of Applied Ecology*, *53*(6), 1676–1685.

- Schaub, T., Millon, A., De Zutter, C., Buij, R., Chadœuf, J., Lee, S., ... & Klaassen, R. H. G. (2023). How to improve the accuracy of height data from bird tracking devices? An assessment of high-frequency GPS tracking and barometric altimetry in field conditions. *Animal Biotelemetry*, 11(1), 31.
- Thaxter, C. B., Lascelles, B., Sugar, K., Cook, A. S., Roos, S., Bolton, M., ... & Burton, N. H. (2012). Seabird foraging ranges as a preliminary tool for identifying candidate Marine Protected Areas. *Biological Conservation*, 156, 53–61.
- Thaxter, C. B., Ross-Smith, V. H., Bouten, W., Clark, N. A., Conway, G. J., Masden, E. A., ... & Burton, N. H. (2019). Avian vulnerability to wind farm collision through the year: Insights from lesser black-backed gulls tracked from multiple breeding colonies. *Journal of Applied Ecology*, 56(11), 2410–2422.
- Tikkanen, H., Hannila, J., Hongell, H. (1994). Selkälökki Keski-Pohjanmaalla. *Ornis Bottnica* 12-13 vuosikirja 1991-1992.
- Tikkanen, H., Hannila, J., Hongell, H. (1997). Dyykkarin ja frakkipukuisen kalastajan yhteiselo Kokkolan saaristossa. *Ornis Bottnica* 16 vuosikirja 1996/1997, 25-43.
- Tikkanen, H., Below, A., Ekblad, C., Lehtiniemi, T., Lindén, A., Mikkola-Roos, M., & Pöllänen, A. (2025). Itämeren toimintasuunnitelman sensitiiviset lintualueet Suomen merialueella: Linnuston huomiointi tuulivoimala-alueiden suunnittelussa merelle. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja* 24/2025.
- Tuohimaa, H., & Tikkanen, H. (2010). *Maanahkiaisen merituulipuiston linnustaselvitys*. Ramboll Finland Oy. <https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/maanahkiainenlinnustonselvitys.pdf>
- Urbano, F., Cagnacci, F., Calenge, C., Dettki, H., Cameron, A., & Neteler, M. (2010). Wildlife tracking data management: A new vision. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365, 2177–2185.
- Van Bemmelen, R. S. A., Soudijn, F. H., Benden, D. P. L. D., Potiek, A., Chen, C., Hintzen, N., ... & Gyimesi, A. (2021). *Individual-based model lesser black-backed gulls in the Netherlands*. Bureau Waardenburg.
- van Erp, J., Sage, E., Bouten, W., van Loon, E., Camphuysen, K. C., & Shamoun-Baranes, J. (2023). Thermal soaring over the North Sea and implications for wind farm interactions. *Marine Ecology Progress Series*.
- Vanermen, N., Courtens, W., Daelemans, R., Lens, L., Müller, W., Van de Walle, M., ... & Stienen, E. W. (2020). Attracted to the outside: A meso-scale response pattern of lesser black-backed gulls at an offshore wind farm revealed by GPS telemetry. *ICES Journal of Marine Science*, 77(2), 701–710.

Vanermen, N., Fijn, R. C., Rebolledo, E. B., Buijs, R. J., Courtens, W., Duijns, S., ... & Stienen, E. W. M. (2022). *Tracking lesser black-backed and herring gulls in the Dutch Delta: Distribution, behaviour, breeding success and diet in relation to (future) offshore wind farms* (Rapport 21-318).

Wakefield, E. D., Phillips, R. A., & Matthiopoulos, J. (2009). Quantifying habitat use and preferences of pelagic seabirds using individual movement data: A review. *Marine Ecology Progress Series*, 391, 165–182.