

Merihanhi (*Branta leucopsis*) keväällä ja
syksyllä.

syysmuutto Pohjanlahden yli



Kuva 1. Merihanhi muuttomatalla. Kuva Ulrik Lötberg

Ulrik Lötberg, Sandra Sjöstrand, Henrik Bergendal,
Natalie Isaksson ja Susanne Åkesson.

Deep Wind Offshore -hankkeelle tuotettu tutkimus, 2025-05-14.

Tiivistelmä

Merihanhi on muuttolintulaji, joka liikkuu pitkiä matkoja vuosittain keväällä ja syksyllä. Tämä voi aiheuttaa riskejä, kuten törmäyksiä, estevaikutusta ja siirtymistä, kun merituulivoiman kehittämistä suunnitellaan niiden muuttoväylän läheisyyteen. Tässä raportissa selvitetään mahdollisia vuorovaikutussuhteita Olof Skötkonungin suunnitellun tuulipuiston kanssa. Analysoimme 19 merkityn hanhen GPS-tietoja keskittyen lentokorkeuksiin merenpinnan yläpuolella. Huomasimme, että useat merkityistä hanhista (kolme 19:stä, 16 %) lensivät puistoalueen läpi kevätmuuton aikana, kun taas syksyllä hanhet käyttivät muita reittejä, jotka eivät osuneet alueelle. Näin ollen katsotaan, että hanhille voi aiheutua pieni riski erityisesti kevätmuuton aikana. On todennäköistä, että tuulipuisto muodostaisi esteen sille osalle hanhista, joiden on tällöin valittava pidempi muuttoreitti, mikä aiheuttaa näille yksilöille energiakustannuksia.

Sisältö

Tiivistelmä	2
Johdanto raporttiin	4
Menetelmät	5
GPS-seuranta	5
Pyynti ja kiinnitys	5
Tietojen käsittely ja analysointi	5
Tutkimuksen tulokset	6
Keskustelu ja arviointi	10
Viitteet	11



Kuva 2: Merihanhi seisoo vartiassa pesänsä lähellä. Kuva Ulrik Lötberg

Johdanto tutkimukseen

Tukkihanhi on 1980- ja 1990-luvuilla vakiinnuttanut asemansa Itämeren saaristossa pesivänä lintuna. Näiden populaatioiden muuttoreitti on paljon pohjoisemmassa kuin niiden, jotka kulkevat suurissa määrin Öölannin ja Gotlannin ohi ja pesivät tundralla. Laajentuminen Itämeren saaristossa oli varsin nopeaa 1980-1990-luvuilla, ja nykyisin Keski-Ruotsissa/Mälardalenissa tavataan hieman alle 20 000 lintua joka syksy, jolloin ne kokoontuvat pääasiassa Närkeen Örebron ympärillä sijaitseville tasangoille.

Taulukko 1. Levähtävien merihanhien määrä Keski-Ruotsissa/Mälardalenissa, jossa parvissa on yli 1000 lintua. Tiedot Artportalenista (Artportalen, n.d.).

Laji	Sijainti	Maisema	Esiintymispäivä	Lintujen lukumäärä
Valkoposkihanhi	Hjälstaviken		2023-10-11	15000
Merihanhi	Hjälstaviken		2024-10-05	9400
Merihanhi	Revelsta-järvi		2024-10-08	1130
Merihanhi	Fjärdhundraslätten		2024-10-11	1330
Merihanhi	Loskälva, Lohärad		2024-10-11	2000
Metsähanhi	Kvismaren		2024-10-22	4000

Nämä linnut talvehtivat pääasiassa Alankomaissa, aivan kuten tundralla pesivät linnut. Olemme pystyneet toteamaan tämän muun muassa GPS-merkittyjen naurulokkihanhiemme avulla, jotka kaikki on merkitty Hjälstavikenissa. Myös Fågelsundetissa useiden vuosien muuttolaskentojen aikana keräämistämme tiedoista (taulukko 2) käy ilmi, että nokihanhia on hyvin vähän ja suurin osa nokihanhista kulkee toista reittiä Perämeren yli.

Taulukko 2. Muuttomuuttavien merihanhien määrä Fågelsundetissa, Hållnäsissä. Tiedot Artportalenista (Artportalen, n.d.).

	2020	2021	2022	2023	2024
Muuttolintu	14		9	25	115

Menetelmä

GPS-tiedot kerättiin muuttavista merihanhistä. Tietoja käytettiin muuttoreittikarttojen laatimiseen ja niiden perusteella analysoitiin lentokorkeuksia Pohjanlahden yllä.

GPS-seuranta

Vuonna 2023 yhteensä 19 hanhelle asennettiin GPS-lähettimet. Tunnisteet olivat mallia OT-NL35-4GC-S (Ornitela), joka tallentaa linnun sijainnin ja lähettää kerätyt tiedot olemassa olevan puhelinverkon kautta. Laitteessa on myös sisäinen akku ja aurinkokennoja, joiden ansiosta se voi toimia useita vuosia.

Vangitseminen ja kokoaminen

Hanhet on pyydystetty Hjälstavikenissa niin sanotuilla ampumaverkoilla, joiden avulla lintuihin on asennettu GPS-lokit kaulapannan muodossa. on auttanut pyydystämisessä sekä tunnettu hanhiasiantuntija Alankomaista.



Kuva 3. Niklas Liljebäck Ruotsin metsästäjäliitosta ja hanhiasiantuntija Gerard Muskens haravoivat verkkoa Hjälstavikenin pyynnin jälkeen. Kuva Ulrik Lötberg

Tietojen käsittely ja analysointi

Kunkin yksilön tiedot ladattiin kevät- ja syysmuuton osalta. Korkeustiedot esiprosessoitiin ensin Rueda-Uriben (2023) mukaisesti, joitakin muutoksia tehtynä. Lyhyesti sanottuna tämä tarkoitti sitä, että tiedot, joiden koordinaatit olivat epäluotettavia (0.0), joissa oli vähemmän kuin 5 satelliittia, hdop yli 10 ja joissa oli epärealistinen nousu- tai laskunopeus, suodatettiin pois. Lajien maksimipystynopeus laskettiin morfologisista parametreista käyttäen *afpt-pakettia* (KleinHeerenbrink, 2023). Tämän jälkeen käytettiin symmetristä liukuvaa keskiarvoa suodattamaan poikkeamat, joissa tämä teoreettinen maksiminopeus muuten ylittyisi. Lopuksi käytettiin nopeuskynnystä (joka perustui nopeuksien histogrammiin, 5 km/h) sellaisten pisteiden suodattamiseksi pois, joita ei katsottu kirjatuksi lennon aikana.

Koska ainoastaan Suomenlahden yläpuolinen lentokorkeus oli kiinnostava, tämän alueen ulkopuoliset tiedot suodatettiin pois ennen jatkoanalyysiä.

Esikäsittelyn jälkeen jäljelle jäi vielä huomattava osa pisteistä (41 % kevätmuuton aikana, 43 % syksyllä), joiden korkeusarvot olivat negatiivisia. Ei ole harvinaista, että tämäntyyppiset korkeustiedot sisältävät negatiivisia arvoja (Schaub *et al.*, 2024), sillä GPS:n korkeustarkkuus on huomattavasti alhaisempi kuin vaakatasossa. Mittausvirheiden jakautuminen voi johtaa negatiivisiin arvoihin, jos todellinen lentokorkeus on lähellä nollaa.

Tämän vuoksi suoritimme ylimääräisen tietojenkäsittelyn negatiivisten ja poikkeavien korkeusarvojen käsittelemiseksi. Käytimme menetelmää, joka mallintaa korkeustiedot jatkuva-aikaisena stokastisena liikkeenä, joka sisältää mittausvirheet (Péron *et al.*, 2017). Käytimme tilaavaruusmallia, jolla erotimme tiedot järjestelmällisesti prosessikomponenttiin (todellinen pystysuuntainen liike, joka mallinnettiin äärelliseen alueeseen sidottuna Ornstein-Uhlenbeck-prosessina) ja otoskomponenttiin (mittausvirhe, jonka oletettiin kuuluvan yleistettyyn Studentin t-jakaumaan, jonka keskipisteenä on linnun todellinen korkeus). Template Model Builder (TMB; Kristensen *ym.* 2014) -ohjelmalla sovitettiin tilamalli korkeustietoihin erikseen kunkin yksilön osalta todennäköisysoptimoinnilla, jossa lähtöarvona oli keskimääräinen lentokorkeus.

Kytkeäntäfunktio on määritelty siten, että lentokorkeudet eivät voi ottaa negatiivisia arvoja, ks. määritelmä ja perustelut Péron, 2017.

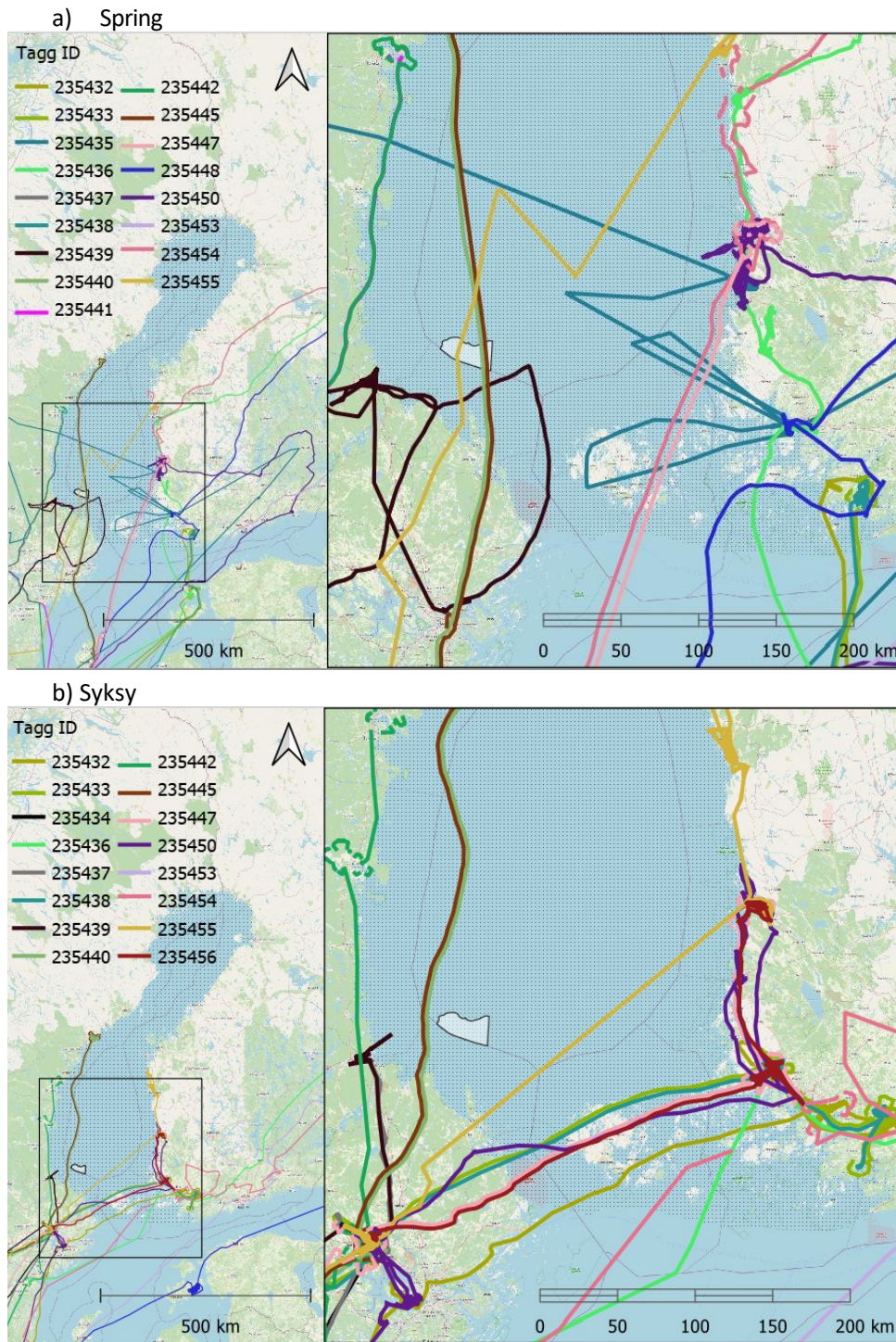
Tulokset

Tiedot kerättiin 19 hanhasta, jotka oli varustettu GPS-lähettimillä vuonna 2023, ks. taulukko 3.

Taulukko 3. Yhteenveto vuonna 2023 merkityistä hanhista saatavilla olevista tiedoista.

Värirengas	Tunnisteen tunnus	Kevät 2024	Syksy 2024
R1YC	235432	Y	Y
R1YD	235433	Y	Y
R2Y5	235434	-	Y
R1YG	235435	Y	-
R1YJ	235436	Y	Y
R1YK	235437	Y	Y
R1YL	235438	Y	Y
R1YN	235439	Y	Y
R2Y3	235440	Y	Y
R1YR	235441	Y	-
R1YS	235442	Y	Y
R1YV	235445	Y	Y
R1YH	235447	Y	Y
R2YF	235448	Y	-
R2Y1	235450	Y	Y
R1YU	235453	Y	Y
R2Y2	235454	Y	Y
R1YA	235455	Y	Y
R2Y0	235456	Y	Y

Esikäsitellyt GPS-tiedot (ennen typistämistä Pohjanlahteen) esitetään kuvassa 1.

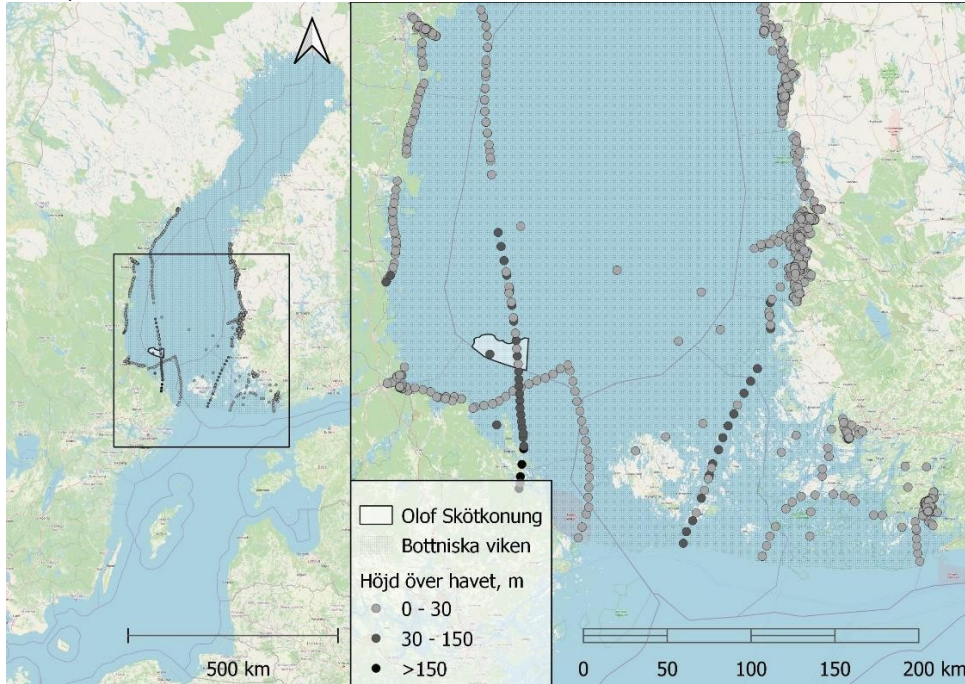


Kuva 1: Kartta, jossa näkyy a) naurulokkihanhien kevätmuutto ja b) syysmuutto vuonna 2024 Pohjanlahden yllä.

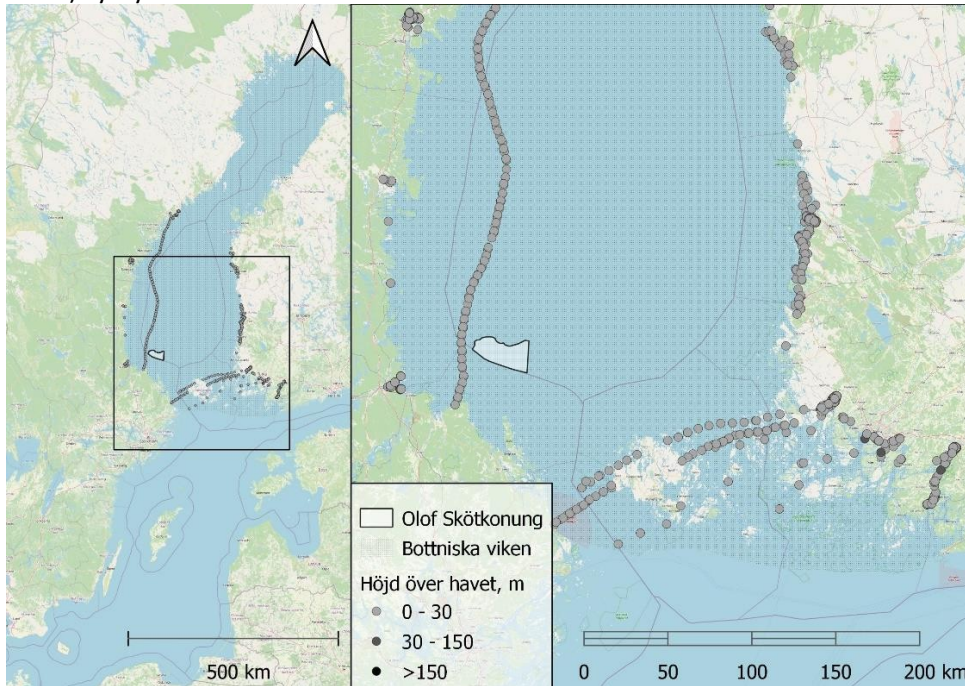
Näistä yksilöistä kolme ylitti Olof Skötkonungin alueen kevätmuuton aikana eikä yksikään syysmuuton aikana. Molempien muuttojen aikana suurin osa lensi kokonaan tai osittain Pohjanlahden yli. Pohjanlahden alueella sijaitsevien pisteiden mallinnetut korkeudet on esitetty kuvassa 2. Kartta mallinnetuista muuttavien hanhien korkeustiedoista a) kevät- ja b) syysmuutolla. Kolme näistä yksilöistä lensi

Olof Skötkonungin alueen kautta kevätmuuton aikana. Nämä hanhet lensivät matalalla ja keskikorkeudella (alle 30 m ja enintään 150 m merenpinnan yläpuolella). alla.

a) Kevät

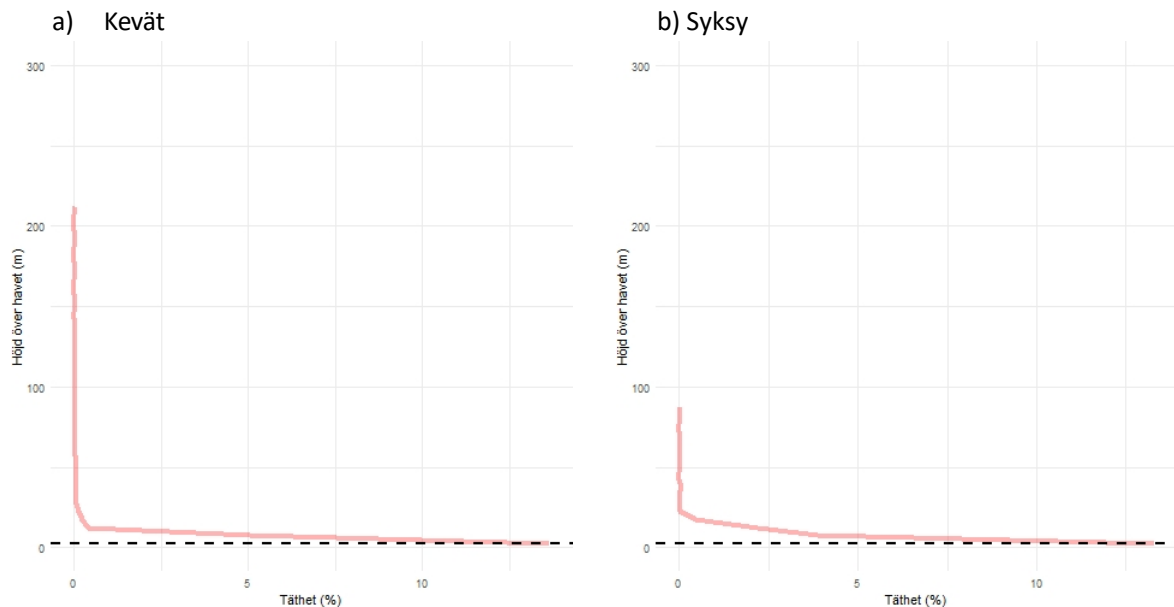


b) Syksy



Kuva 2. Kartta mallinnetuista korkeustiedoista muuttavista nokihanhist a) kevät- ja b) syysmuutolla. Kolme näistä yksilöistä lensi Olof Skötkonungin alueen kautta kevätmuuton aikana. Nämä hanhet lensivät matalalla ja keskikorkealla (alle 30 m ja enintään 150 m merenpinnan yläpuolella). Syysmuuton aikana (b) hanhet lensivät pääasiassa Pohjanlahden rannikoita pitkin, eikä yksikään yksilö ylittänyt Olof Skötkonungin aluetta.

Useat yksilöt ylittivät alueen lähellä merenpinnan tasoa, kun taas toiset lensivät huomattavasti korkeammalla, joissakin tapauksissa yli 150 metrin korkeudessa, ks. kuva 2. Kartta mallinnetuista korkeustiedoista muuttavista nokihanhista a) ja b) kevätmuutollasyysmuutolla. Kolme näistä yksilöistä lensi Olof Skötkonungin alueen kautta kevätmuuton aikana. Nämä hanhet lensivät matalalla ja keskip korkealla (alle 30 m ja enintään 150 m merenpinnan yläpuolella). Kaikkien yksilöiden mallinnetut korkeustiedot on myös esitetty yhteenvetona kuvassa 3.



Kuva 3. Kaikkien niiden hanhien, joilla on tietoja Pohjanlahdella, mallinnettujen lentokorkeuksien jakauma a) kevät- ja b) syysmuuton aikana vuonna 2024. Suurin osa pisteistä oli lähellä merenpinnan tasoa (katkoviiva osoittaa 2,5 m:n moduulin, $\pm 2,5$ m:n moduulin sisällä olevien pisteiden osuus oli keuhällä 68 % ja syksyllä 66 %). Myös suurempia lentokorkeuksia esiintyy.

Moduuli osoittaa korkeuden, jonka ympärillä suurin hanhihdyskunta sijaitsee, joka oli nollan ja viiden metrin välillä merenpinnan yläpuolella. Olof Skötkonungin alueen ylittäneet yksilöt olivat silloin kuitenkin korkeammalla. Alueella rekisteröitiin vain viisi pistettä, ja ne olivat keskimäärin 48 metrin korkeudella merenpinnasta (vaihteluväli 26-74 metriä).

Keskustelu ja arviointi

GPS-tietomme osoittavat, että merihanhilla on tapana lentää Persianlahden yli sekä kevät- että syysmuuton aikana. Keväällä tiedot olivat saatavilla kaikista (18) yksilöstä ja syksyllä 16 yksilöstä. Suurin osa lensi Pohjanlahden yli. Tiedot osoittavat lisäksi, että kevät- ja syysmuuton aikana hanhet lentävät suurelta osin lähellä meren pintaa, mutta lentokorkeutta on myös korkeammalla.

Kolme Olof Skötkonungin alueen ylittänyttä yksilöä lensi suhteellisen korkealla, keskimäärin 48 metrin korkeudessa merenpinnasta.

Arvioimme, että pieni osa keväällä lentävistä hanhista joutuu osittain kiertämään Olof Skötkonungin tuulivoimapuiston tai ohittamaan sen, sillä hanhet eivät mielellään lennä tuulivoimapuistoihin (Drachmann ym., 2021).

Arvioimme, että tällä on vain vähäinen vaikutus nokihanhiin, joiden muuttoreitti on hieman pidempi.



Kuva 4. Merihanhi lentää meren yllä. Kuva Ulrik Lötberg

Viitteet

KleinHeerenbrink M (2023). afpt: Tools for Modelling of Animal Flight Performance. R-paketin versio 1.1.0.4, <<https://CRAN.R-project.org/package=afpt>>.

Kristensen, K., Nielsen, A., Berg, C. W., Skaug, H., & Bell, B. M. (2016). TMB: Automaattinen differentiointi ja Laplace-approksimaatio. *Journal of Statistical Software*, 70(5), 1-21. doi:10.18637/jss.v070.i05.

Péron, G., Fleming, C. H., Duriez, O., Fluhr, J., Itty, C., Lambertucci, S., Safi, K., Shepard, E. L. C & Calabrese, J. M. (2017). Energiamaisema ennustaa lentokorkeutta ja tuulivoimaloiden törmäysvaaraa kolmella suurten lentävien petolintujen lajilla. *Journal of Applied Ecology*, 54(6), 1895-1906.

Rueda-Uribe, C., Byholm, P., Lötberg, U., Isaksson, N., Beal, M., Pant, S. R., & Åkesson, S. (2023). Timing rather than movement decisions explains age-related differences in wind support for a migrator bird. *Animal Behaviour*, 196, 23-42.

Schaub, T., Klaassen, R. H., De Zutter, C., Albert, P., Bedotti, O., Bourrioux, J. L., Buij, R., Chadoëuf, J., Grande, C., Illneri, H., Isambert, J., Janssens, K., Julius, E., Lee, S., Lionnet, A., Müskens, G., Raab, R., van Rijn, S., Shamoun-Baranes, J., Spanoghe, G., Van Hecke, B., Waldenström, J., & Millon, A. (2024) Effects of wind turbine dimensions on the collision risk of raptors: A simulation approach based on flight height distributions. *Science of the Total Environment*, 954, 176551.



Kuva 5. Naaras merihanhi suojelee poikasiaan. Kuva Ulrik Lötberg