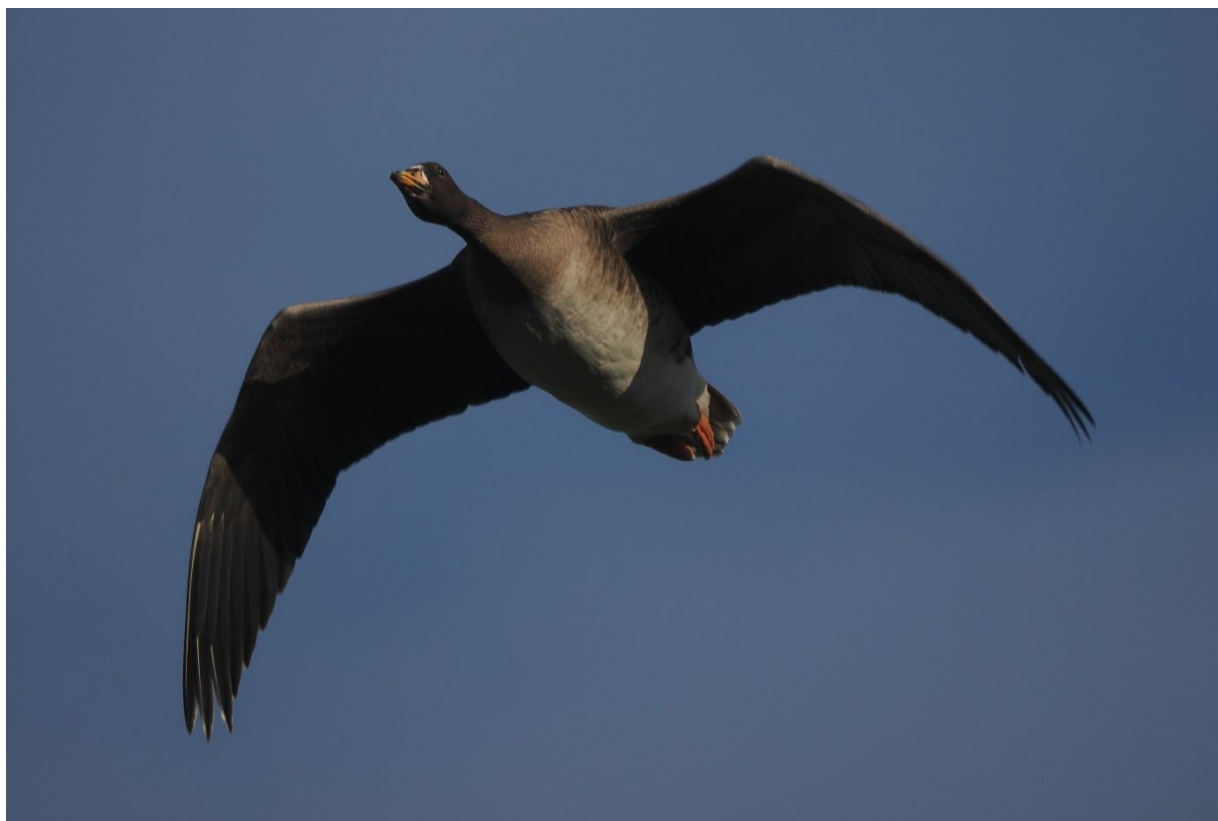


Papuhanhen kevät- ja syysmuutto yli Pohjanlahdella



Kuva 1. Muuttomatalla oleva papuhanhi. Kuva Ulrik Lötberg

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

Deep Wind Offshore -hankkeelle tuotettu tutkimus, 2025-04-22.

Tutkimuksen tiivistelmä

Valkoposkihanhi on muuttolintulaji, josta monet pyrkivät ylittämään Suomenlahden sekä keväällä että 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. Tutkimuksessa analysoidaan 14 merkityn hanhen GPS-tietoja ja keskitytään lentokorkeuksiin meren yllä. Havaitsimme, että merkityt hanhet lensivät pääasiassa Gräsön yli itä-koilliseen, eivätkä siten joutuneet kosketuksiin Olof Skötkonungin tuulipuiston kanssa. Näin ollen Olof Skötkonungin tuulivoimapuiston yhteydessä muuttaviin hanhiin liittyviä riskejä ei voida pitää lähes olemattomina.

Raportin sisältö

Tiivistelmä.....	2
Johdanto raporttiin	4
Menetelmät	6
GPS-seuranta	6
Pyynti ja kiinnitys	6
Tietojen käsittely ja analysointi	6
Tutkimuksen tulokset.....	8
Keskustelu ja arviointi.....	12
Raportin laatijat	13
Kiitokset	14
Viitteet	15



Kuva 2: Lepäävä merihanhi Nordupplandissa. Kuva Ulrik Lötberg

Johdanto raporttiin

Metsähanhi (*Anser fabalis*) kuvataan Natura 2000 -alueen Finngrundet - Östra banken suojelusuunnitelmassa muuttolajina (Länsstyrelsen Gävleborg, 2014). Ruotsissa papuhanhea esiintyy kahtena alalajina, taigapapuhanheena (*Anser fabalis fabalis*), entinen metsäpapuhanhi, ja tundrapapuhanheena (*Anser fabalis rossicus*). Tundravalkoposkihanhi esiintyy Ruotsissa muuttoaikana ja talvehtimalla vain pieninä määrinä verrattuna taigaposkihanheen. Taigapapuhanhi pesii Taigalla Pohjois-Skandinaviasta länteen Pohjois-Siperiaan idässä. Ruotsissa arvioidaan pesivän alle 1 000 paria, ja maailmanlaajuisesti vähenevän vaaleaposkihanhen kannan arvioidaan olleen vuonna 2010 noin 70 000-85 000 yksilöä. Suuri osa maailman valkoposkihanhipopulaatiosta (yli 50 000 yksilöä) talvehtii Etelä-Ruotsissa (Artfakta, n.d.). Suurin osa niistä pesii Upplannissa, itäisessä Västmanlandissa ja eteläisessä Gästriklandissa, ja niiden uskotaan ylittävän Ahvenanmaan tai Selkämeren joka kevät ja syksy. Suuret määrät papuhania muuttavat siis Keski-Ruotsin ohi luoteeseen Perämeren yli saavuttaakseen pesimäalueensa Pohjois-Suomessa ja Luoteis-Venäjällä. On arvioitu, että vähintään 55 000 nokihanhea kulkee tämän alueen kautta joka kevät ja syksy. Näistä alle 5 prosenttia kulkee luoteeseen Fågelsundetissa, Hållnäsissä, ks. taulukko 1.

Taulukko 1. Fågelsundetin kautta kevätmuuton aikana kulkevien hanhien määrä. Tiedot Artportalenista (Artportalen, n.d.).

	2020	2021	2022	2023	2024
Muuttohanhi			1244	2524	3456

Aiemmat tutkimukset osoittavat, että pesinnässä epäonnistuneet yksilöt saattavat käyttäytyä syysmuuton aikana eri tavalla kuin onnistuneet yksilöt, lähinnä viivästyttämällä muuton aloittamista epäonnistuneen pesinnän jälkeen (Piironen *ym.*, 2021).



Kuva 3. Lepäävä tukkakoskelohanhi Nordupplandissa. Kuva Ulrik Lötberg

Menetelmät

GPS-tiedot kerättiin muuttavista merihanhistä. Näiden tietojen avulla tuotettiin karttoja muuttoreiteistä ja niitä käsiteltiin analysoimaan Pohjanlahden yläpuolella olevia korkeustietoja.

GPS-seuranta

Yhteensä 14 merihanheen asennettiin GPS-lähettimet vuonna 2023. Tunnisteet olivat mallia OT-N44-4GEC (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 pyydystettiin Hjälstavikenissa niin sanotulla tykkiverkolla, minkä jälkeen lintuihin asennettiin GPS-lokit kaulusten muodossa.



Kuva 4. Niklas Liljebäck Ruotsin metsästäjäliitosta ja hanhiasiantuntija Gerard Muskens tarkastavat verkkoa Hjälstavikenin pyynnin jälkeen. Kuva Ulrik Lötberg

Tietojen käsittely ja analysointi

Kunkin yksilön tiedot ladattiin kevät- ja syysmuuton ajalta. Korkeustiedot esiprosessoitiin ensin Rueda-Uriben (2023) mukaisesti, ja niihin tehtiin joitakin muutoksia. Lyhyesti sanottuna tämä tarkoitti sitä, että tiedot, joiden koordinaatit olivat epäluotettavia (0,0), joissa oli vähemmän kuin 5 satelliittia, hdop oli suurempi kuin 10 ja joissa oli epärealistinen nousu- tai laskeutumisnopeus, 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. Koska myöhemmän analyysin kannalta kiinnostavia ovat vain Pohjanlahden yläpuolella olevat GPS-pisteet, myös tämän alueen ulkopuoliset tiedot suodatettiin pois. Lopuksi käytettiin nopeuskynnystä (joka perustui nopeuksien histogrammiin, 5 km/h) sellaisten pisteiden suodattamiseksi pois, joita ei katsottu lennon aikana tallennetuiksi.

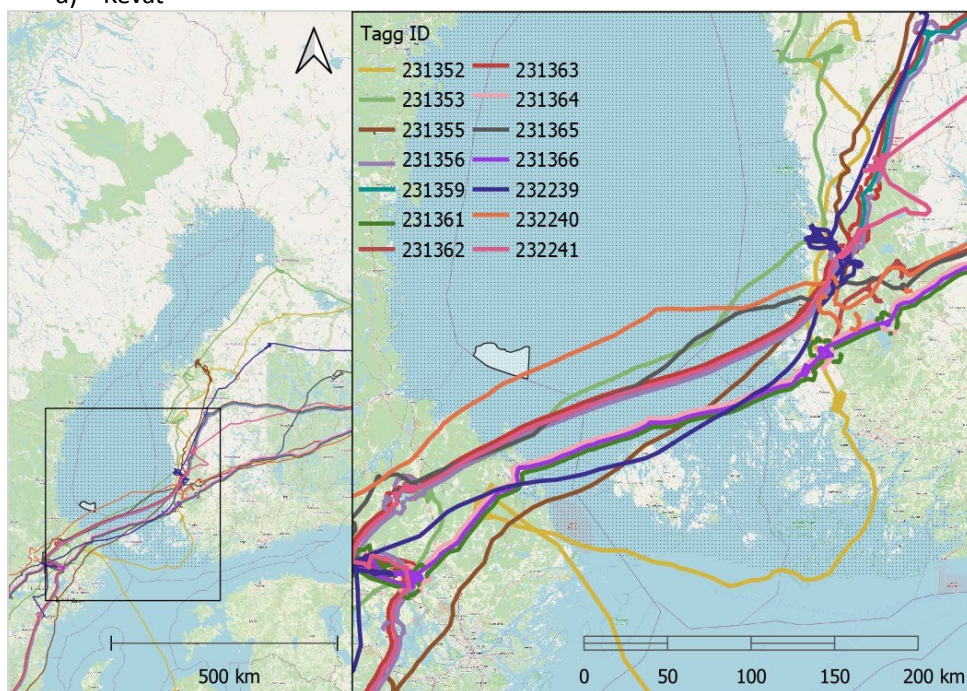
Esikäsittelyn jälkeen jäljelle jäi huomattava osa pisteistä (26,5 % kevätmuuton aikana ja 7,5 % syksyllä), joiden korkeusarvot olivat edelleen negatiivisia. Ei ole harvinaista, että tämäntyyppiset korkeustiedot sisältävät negatiivisia arvoja (Schaub *et al.*, 2024), sillä GPS:n tarkkuus korkeuden mittaamisessa on huomattavasti pienempi kuin vaakatasossa. Mittausvirheiden jakautuminen voi johtaa negatiivisiin arvoihin, jos todellinen lentokorkeus on lähellä nollaa.

Suoritimme myös ylimääräistä tietojenkäsittelyä 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 todennäköisyysoptimoinnilla, jossa lähtöarvona oli keskimääräinen lentokorkeus. Kytkentäfunktio on määritelty siten, että lentokorkeudet eivät voi ottaa negatiivisia arvoja, ks. määritelmä ja perustelut Péron, 2017.

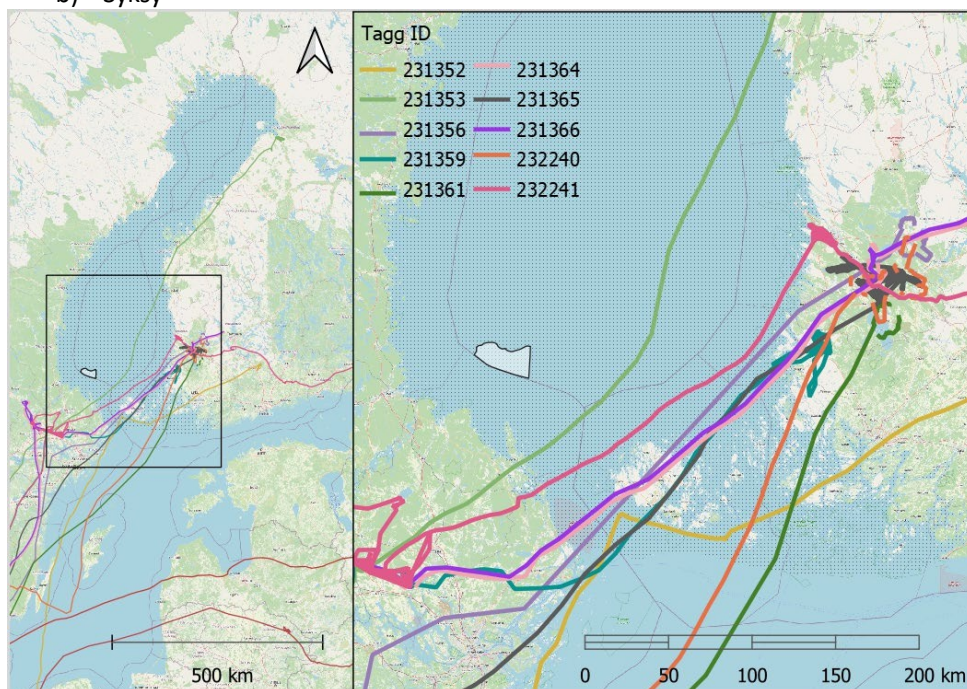
Tulokset

Esikäsittellyt GPS-tiedot on esitetty alla olevassa kuvassa 1.

a) Kevät



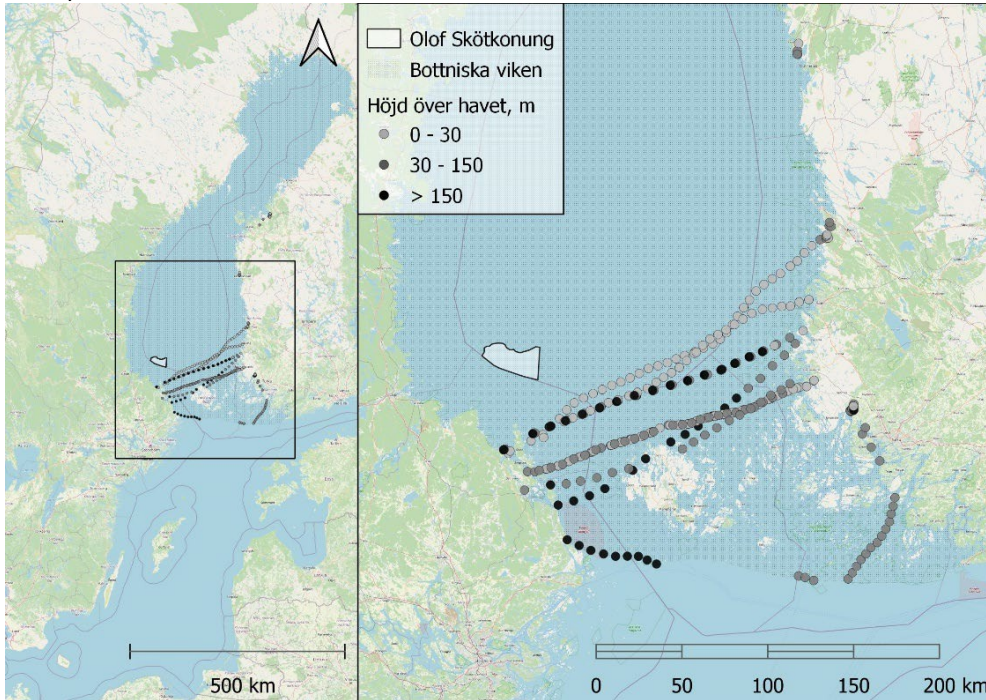
b) Syksy



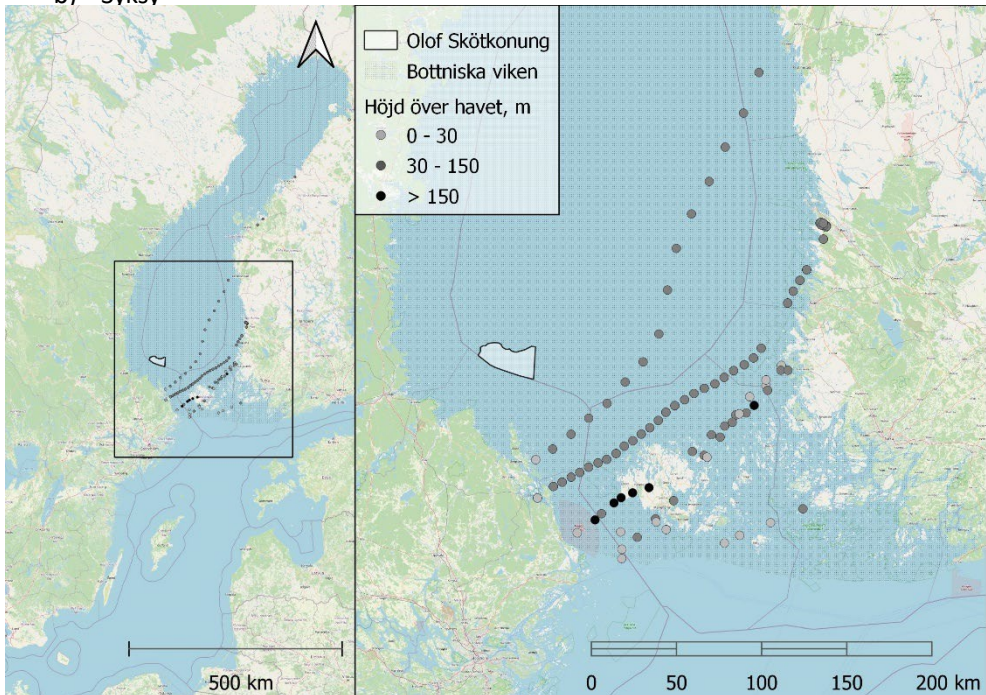
Kuva 1. Kartta, jossa näkyy a) papuhanhien kevätmuutto 2024 ja b) syysmuutto 2024 Pohjanlahden yllä. Keväällä kaikki 14 hanhea lensivät kokonaan tai osittain Pohjanlahden yli, mutta osa lensi parvissa toistensa kanssa, jolloin niiden pisteet ovat päällekkäisiä. Keväällä oli kaksi kolmen yksilön ryhmää. Syksyllä oli yhteensä 12 hanhea, joilla oli toimiva lähetin, ja näistä 10 lensi kokonaan tai osittain Pohjanlahden yli, joista kaksi lensi yhdessä muodostelmassa. Kaksi hanhea valitsi syksyllä eteläisemmän reitin.

Näiden yksilöiden osalta Olof Skötkonungin alueella ei kirjattu GPS-pisteitä kevät- eikä syysmuuton aikana. Mallinnetut korkeudet on esitetty kuvassa 2. Kartta mallinnetuista korkeustiedoista muuttavien hanhien a) kevät- ja b) syysmuutolla. Nämä yksilöt eivät lentäneet Olof alueen kautta. Skötkonungin Suurin osa hanhista lensi matalalla (alle 30 m), mutta on myös yksilöitä, jotka lentävät osittain korkeammalla, jopa useiden satojen metrien korkeudessa.

a) Kevät



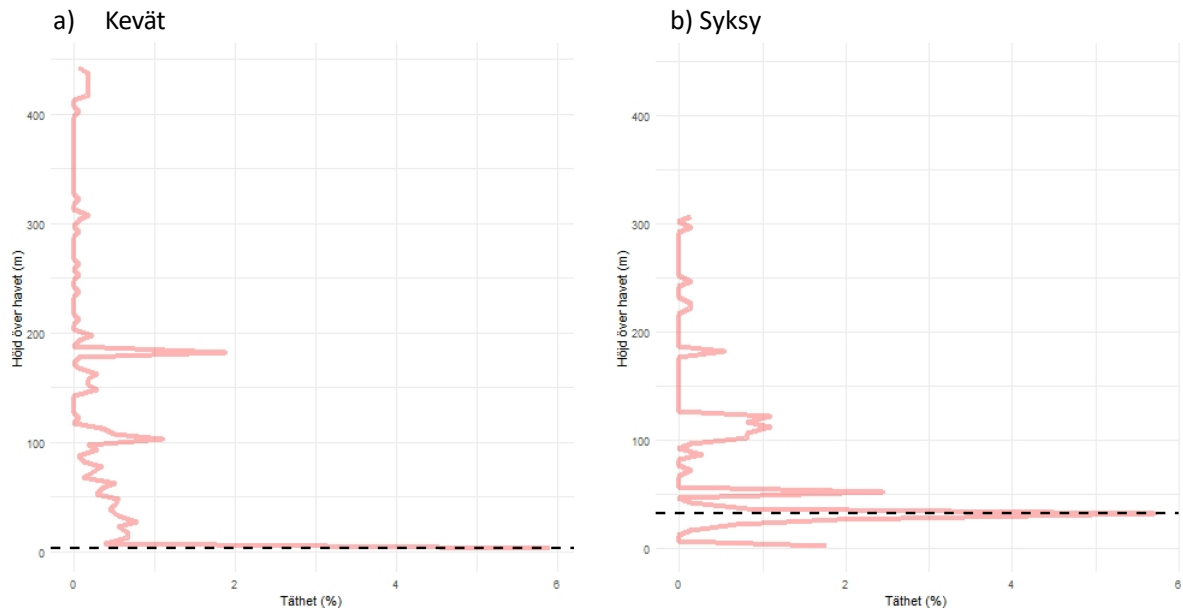
b) Syksy



Kuva 2. Kartta mallinnetuista korkeustiedoista muuttavista nokihanhasta a) kevät- ja b) syysmuutolla. Nämä yksilöt eivät lentäneet Olof Skötkonungin alueen kautta. Suurin osa hanhista lensi matalalla (alle 30 m), mutta on myös yksilöitä, jotka lentävät osittain korkeammalla, jopa useiden satojen metrien korkeudessa.

Useat yksilöt lensivät lähellä merenpinnan tasoa, kun taas toiset lensivät paljon korkeammalla, joissakin tapauksissa yli 150 metrin korkeudessa, ks. kuva 2. Kartta mallinnetuista korkeustiedoista muuttavien papuhanhien a) kevät- ja b) syysmuutosta. Nämä yksilöt eivät lentäneet Olof Skötkonungin alueen kautta. Useimmat hanhet lensivät matalalla (alle 30 m),

mutta on myös yksilöitä, jotka lentävät osittain korkeammalla, jopa useiden satojen metrien korkeudella. Kaikkien yksilöiden mallinnetut korkeustiedot on myös esitetty yhteenvetona jäljempänä kuvassa 3.



Kuva 3. Kaikkien hanhien mallinnettujen lentokorkeuksien jakauma a) kevät- ja b) syysmuuton aikana vuonna 2024. Keväällä suurin osa pisteistä oli lähellä merenpinnan tasoa (katkoviiva osoittaa moduulin 2,5 m, moduulin $\pm 2,5$ m:n sisällä olevien pisteiden osuus oli 29 %). Myös huomattavasti suurempia lentokorkeuksia esiintyy, erityisesti 100 ja 200 m:n välillä, jossa havaitaan kaksi huippua. Syksyllä (b) suurempi osa pisteistä oli hieman korkeammalla merenpinnan yläpuolella (moduuli 23,5 m, moduulin $\pm 2,5$ m sisällä olevien pisteiden osuus oli 29 %). Myös syksyllä joitakin pisteitä esiintyy yli 100 m:n korkeudessa.

Moduuli osoittaa korkeuden, jonka ympärillä suurin hanhiyhdyksunta sijaitsi, joka oli 2,5 m keväällä ja 23,5 m syksyllä.

Keskustelu ja arviointi

GPS-tietomme osoittavat, että merihanhilla on tapana ylittää Pohjanlahti suuremmissa määrin keväällä kuin syksyllä. Keväällä kaikki (14) yksilöä antoivat tietoja Pohjanlahden alueelta, kun taas syksyllä vastaava luku oli 10 yksilöä. Tämä johtui osittain siitä, että kahdesta tunnisteesta puuttui tietoja, jotka eivät enää olleet yhteydessä toisiinsa, mutta myös siitä, että kaksi yksilöä valitsi syksyllä eteläisemmän reitin. Kahdesta muusta yksilöstä ei ollut riittävästi tietoja, jotta korkeuksia olisi voitu analysoida kuvattun menetelmän mukaisesti. Tiedot osoittavat lisäksi, että kevät- ja syysmuuton aikana papuhanhi lentää suurelta osin lähellä merenpinnan tasoa, mutta lentokorkeuksia on myös 100 metrin tuntumassa ja sen yläpuolella.

Koska metsähanhet näyttävät käyttävän pääasiassa eteläisempää muuttoreittiä, joka kulkee Olof Skötkonungin tuulivoimapuiston eteläpuolella, tuulivoimapuistolla ei todennäköisesti ole vaikutusta metsähanhiin. Aiemmista tutkimuksista tiedämme, että pesinnässä epäonnistuneet hanhet muuttavat ylös Novalya Zemljaa kohti hautomaan, kun taas ne, jotka onnistuvat pesinnässä, hautovat pesimäpaikalla. (Piironen *ym.*, 2021) Jäämerelle asti nousseet hanhet kulkevat pohjoisemman muuttoreitin, joka saattaa kulkea Olof Skötkonungin tuulipuiston ohi, kun taas pesimäpaikoilla hautoneet hanhet kulkevat Lounais-Suomeen, ennen kuin ne kulkevat Selkämeren yli Ruotsiin eli samaa reittiä, jota pitkin ne kulkevat keväällä. Voimme siis päätellä, että GPS-laitteilla seuraamistamme hanhista useimmat ovat onnistuneet pesimään ja näyttävät valitsevan eteläisen muuttoreitin sekä syksyllä että keväällä. Eteläinen reitti kiertää Olof Skötkonungin tuulipuiston. Kaiken kaikkiaan Olof Skötkonungin tuulivoimapuistoon liittyvät riskit muuttaville hanhille arvioidaan lähes olemattomiksi.



Kuva 5 Levähtävät nokihanhet. Kuva Ulrik Lötberg

Raportin laatija

Merilintuasiantuntija Ulrik Lötberg on johtanut BirdLife Swedenin lintujen seurantahankkeita vuodesta 2012 lähtien. Ulrik johtaa tällä hetkellä kahta hanketta: Kaspiantiira-hanketta (joka on kansallisesti uhanalaisen kaspiantiiraan suojeluhanke) ja IBA-kartoitusprojektia (Important Bird Areas, jonka tavoitteena on päivittää merelliset IBA-alueemme Ruotsissa pääasiassa Itämeren pesimälinnuston GPS-lokien avulla kerättyjen tietojen perusteella, mutta myös inventoinneista).

Henrik Bergendalilla on pitkä kokemus rengastuksesta ja linnustoselvityksistä. Henrik on osallistunut rengastukseen useilla lintuasemilla Etelä- ja Keski-Ruotsissa, kuten Ottenbyn, Torhamnin, Utklippanin ja Hammarön lintuasemilla.

Natalie Isaksson, biologi ja ympäristötieteiden tohtori University of the Highlands and Islands, UK. Natalie on aiemmin työskennellyt Lundin yliopistossa ja on vuodesta 2014 lähtien ollut mukana BirdLife Swedenin tekemissä tutkimuksissa/projekteissa. Natalie on perehtynyt pääasiassa merilintujen GPS-seurantaan ja on asiantuntija merellä sijaitsevien uusiutuvien energialähteiden ympäristövaikutuksista.

Sandra Sjöstrand, maisteri ja tohtori Lundin yliopistosta. Sandra on työskennellyt merilintujen parissa kenttäassistenttina sekä kerättyjen GPS-tietojen visualisoinnin ja analysoinnin parissa vuodesta 2019 lähtien. Hänellä on myös laaja kokemus tietojen kokoamisesta raporteja ja muunlaisia julkaisuja varten.

Susanne Åkesson, Lundin yliopiston professori ja muuttojen ekologian ja eläinten, erityisesti lintujen, seurannan asiantuntija. Susanne on antanut panoksensa tieteellisellä tietämyksellään ja laajalla kokemuksellaan alalta. Hän on myös tutkinut Ruotsin energiaviraston rahoittamassa hankkeessa, miten hyönteiset ja lepakot houkuttelevat tuulivoimaloita ja miten tuulivoimalat vaikuttavat niihin.

Kiitokset

Suuri kiitos Deep Wind Offshore -yhtiölle, joka pyysi meitä laatimaan tämän raportin ja antoi meille mahdollisuuden kerätä nämä tiedot.

Kiitokset myös Niklas Liljebäckille Ruotsin metsästäjäliitosta ja Gerard Muskensille, tunnetulle hanhi- ja joutsenasiantuntijalle Alankomaista, joka auttoi hanhien pyydystämisessä ja merkitsemisessä.



Kuva 6: Pesiviä hanhia Tämnaressa, Nordupplandissa. Nokihanhet ovat aikaisia ja saapuvat usein keväällä melko talviseen maisemaan. Kuva Ulrik Lötberg

Lajia koskevat viitteet

Artfakta (n.d.). Nokihanhi *Anser fabalis* - Lajitietoa - Artfakta from SLU Artdatabanken.
<https://artfakta.se/artinformation/taxa/anser-fabalis-100009/detaljer> [24/1-2024].

Drachmann, J., Waagner, S. R., & Haaning Nielsen, H. (2021). Pinkkihanhi ja kurki osoittavat korkeaa törmäysten välttelyä Tanskan maatuulivoimapuistossa. *Danish Orn. Foren. Tidsskr*, 115, 253-271.

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-aproksimaatio. *Journal of Statistical Software*, 70(5), 1-21. doi:10.18637/jss.v070.i05.

Länsstyrelsen Gävleborg (2014). Bevarandeplan för Finngrundet - Östra banken. 1-14.
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.6ae610001636c9c68e54dcd2/1530785619907/finngrundet-.ostrabanken-se0630260-2014.pdf>

Péron, G. ja 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.

Piironen, A., Paasivaara, A., & Laaksonen, T. (2021). Birds of three worlds: moult migration to high Arctic expands a boreal-temperate flyway to a third biome. *Movement Ecology*, 9(1), 1-13.
<https://doi.org/10.1186/s40462-021-00284-4>. <https://doi.org/10.1186/s40462-021-00284-4>

Rueda-Urbe, 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., Chadœuf, 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.