



Áflugshætta umferðafugla í fyrirhuguðu vindorkuveri að Hróðnýjarstöðum í Dalabyggð



Aðalsteinn Örn Snæþórsson, Yann Kolbeinsson, Snæþór Aðalsteinsson, Thorsten
J. Skovbjerg Balsby, Ib Krag Petersen og Þorkell Lindberg Þórarinnsson

Október 2023

N á t t ú r u s t o f a
Norðausturlands

 Náttúrustofa Norðausturlands		Hafnarstétt 3 640 Húsavík Sími: 464 5100	www.nna.is nna@nna.is
Skýrsla nr. NNA-2303	Dags. Október 2023	Dreifing: Lokuð fram að útgáfu frummatsskýrslu	
Heiti skýrslu/aðal- og undirtitill: Áflugshætta umferðafugla í fyrirhuguðu vindorkuveri að Hróðnýjarstöðum í Dalabyggð		Upplag: Rafrænt	
		Síðufjöldi: 30	
		Fjöldi viðauka: 5	
Höfundar: Aðalsteinn Örn Snæþórsson, Yann Kolbeinsson, Snæþór Aðalsteinsson, Thorsten J. Skovbjerg Balsby, Ib Krag Petersen og Þorkell Lindberg Þórarinsson			
Unnið fyrir: Unnið fyrir Stormorku ehf.			
Samstarfsaðilar: Árósháskóli			
Samantekt: Náttúrustofa Norðausturlands tók að sér rannsókn á flugumferð fugla í landi Hróðnýjarstaða í Dalabyggð árið 2022. Þar hyggst Stormorka ehf. reisa 80 – 130 MW vindorkuver og var rannsókninni ætlað að varpa ljósi á líkleg afföll fugla vegna áflugs við vindmyllurnar. Beitt var ratsjá og beinum athugunum til að greina flugumferð fugla um svæðið. Náði gagnasöfnun frá mars til nóvember og var áherslan lögð á fartíma vor og haust þar sem um áhrifamat umferðarfugla var að ræða. Safnaðist á þessu tímabili mikið magn gagna sem lá til grundvallar útreikningum og mati á áflugshættu. Niðurstöður reiknilíkans bentu til að heildarfjöldi áfluga meðal algengustu umferðarfuglanna gætu orðið 132 á tímabilinu mars til nóvember ár hvert. Með umferðarfuglum er átt við fugla aðra en óðalsbundna mófugla. Flest áflug reiknuðust fyrir heiðlóu eða 35 talsins. Gera má ráð fyrir að aðrar tegundir sem helst lendi í áflugi á ferð sinni um fyrirhugað vindorkuver verði spói, svartbakur, hrafn, þúfutittlingur og snjótittlingur. Ekki er talið að möguleg afföll þessara tegunda vegna vindorkuversins hafi áhrif á stofna þeirra, hvorki á héraðs- eða landsvísu. Rétt er þó að hafa í huga að flestar þeirra eru ýmist á valista eða teljast ábyrgðartegundir Íslands. Mikilvægt er því að huga að uppsöfnuðum áhrifum á þær í tengslum við aðrar framkvæmdir. Gera má ráð fyrir að himbrimar og hafernir lendi í áflugi við vindmyllur í vindorkuverinu að Hróðnýjarstöðum. Báðar þessar tegundir eru á valista, stofnar þeirra eru litlir hér á landi og viðkoma hæg. Miðað við niðurstöður reiknilíkans um áflugshættu gætu áhrif á þessar tegundir mögulega orðið á stofnvísu. Lagt er til að ráðist verði í frekari rannsóknir á þessum tegundum áður en teknar verða frekari ákvarðanir um framkvæmdir við fyrirhugað vindorkuver.			
Lykilorð: ratsjá, áflug, vindorkuver, vindmyllur, haförn, himbrimi		Yfirfarið: SGS	

ÁFLUGSHÆTTA UMFERÐAFUGLA Í FYRIRHUGUÐU VINDORKUVERI AÐ HRÓÐNÝJARSTÖÐUM Í DALABYGGÐ

Aðalsteinn Örn Snæpórsson, Yann Kolbeinsson, Snæpór Aðalsteinsson, Thorsten J. Skovbjerg Balsby,
Ib Krag Petersen og Þorkell Lindberg Þórarinsson

Unnið fyrir Stormorku ehf.

NNA-2303

Húsavík, október 2023



N á t t ú r u s t o f a
N o r ð a u s t u r l a n d s

Efnisyfirlit

Summary	3
Inngangur	4
Rannsóknarsvæði	4
Aðferðir	5
Niðurstöður	9
Umræða.....	17
Heimildir	21
1. viðauki – Fuglategundir og verndarstaða	23
2. viðauki – Gagnamagn úr lóðréttum athugunum	24
3. viðauki – Hlutfall umferðarfugla.....	25
4. viðauki – Mánaðarlegur þéttleiki fugla á flugi og áflugsmat	26
5. viðauki – Umferð GPS merktra hafarna.....	30

Summary

In 2022, the Northeast Iceland Nature Research Centre, in collaboration with Aarhus University, conducted a radar study on bird traffic at Hróðnýjarstaðir in Dalabyggð, W Iceland. The collected data were used to estimate collision risk for a proposed wind farm at Hróðnýjarstaðir. This study was aimed at passing birds, i.e., birds travelling through or within the study area, but not at local breeding birds in display flight. A study on the density of local breeding birds has already been conducted (Ólafur Einarsson 2021).

A radar, situated 1.5 km away from the farm Hróðnýjarstaðir (Figure 1), was operated from 17 March to 23 November 2022. For most of the time, the radar was in a vertical position scanning a semicircle shaped area (i.e., above and to both sides) with a radius of 2 km. Captures were taken automatically from the radar screen every 1 minute, providing good coverage and quality data on bird traffic during both day and night (see Appendix 2). To get information on flight routes (Figure 7), species composition and group sizes (Table 3), the radar was switched to a horizontal position and visual observations were carried out in parallel with radar observations. Laser binoculars were used to measure species-specific flight altitudes. The proportion of passing birds vs. local breeding birds was obtained by automatic screen captures with the radar in a horizontal position (Appendix 3). Hróðnýjarstaðir was visited five times during the spring and five times during the autumn to conduct horizontal observations, with each visit lasting from 1 to 4 days. A species-specific flight traffic was calculated from the data and used to estimate the annual collision risk (Table 5). Since information on species composition, group sizes and flight altitudes were only obtained during daytime, collision estimates were also calculated specifically for the daytime traffic, from civil dawn to civil dusk.

Golden Plover (*Pluvialis apricaria*), Snow Bunting (*Plectrophenax nivalis*), Raven (*Corvus corax*), Whimbrel (*Numenius phaeopus*), Great Black-backed Gull (*Larus marinus*) and Meadow Pipit (*Anthus pratensis*) had the highest collision estimates. The proposed windfarm at Hróðnýjarstaðir is however unlikely to affect their populations, although cumulative effects from other proposed windfarms, should be considered.

The species of highest concern were Great Northern Diver (*Gavia immer*) and White-tailed Eagle (*Haliaeetus albicilla*). The Great Northern Diver is rated vulnerable on the Icelandic red list due to its small population. Known territories are around 500 in Iceland, of which 25 (5%) are in Laxárdalsheiði, close to the proposed windfarm. The Great Northern Diver is a long-lived species with low reproductive capacity and the population is therefore sensitive to additional mortality. Great Northern Divers are believed to fly mostly during the daytime and therefore the estimate of 2.0 collisions per year (daytime only) is considered more appropriate than 3.6 (day and night). However, there are uncertainties and further studies are advised before decisions are made on the construction of the windfarm.

The White-tailed Eagle is rated endangered on the Icelandic red list. The total population was 80 pairs in 2018, with most of the territories being in the Breiðafjörður area. There are two known nest sites within 10 km from the proposed wind farm and seven within 20 km. On most visits, eagles were seen within or close to the study area. Information from GPS tagged immatures shows many tracks going through the study area, although most of the traffic was along the coast or following the Laxárdalur valley. Since White-tailed Eagles are mostly active during the day, the daytime estimate of 0.6 collisions per year is likely more appropriate than 1.5 (day and night). However, there is a high degree of uncertainty concerning the estimates since they are based on few observations. For such a small population, every individual is important and further studies on how the White-tailed Eagles use the area are advised.

Inngangur

Áhrif vindorkuvera á fugla eru almennt talin af fenum toga: áflug, hindrun flugleiða, búsvæðatap og forðun (Drewitt & Langston 2006). Augljósustu og mest rannsökuðu áhrifin eru áflug (e. *collision*), þar sem fugl drepst við það að rekast á spaða, turn eða aðra hluti tengdan vindmyllu. Þessi áhrif eru mismikil á ólíka hópa fugla en almennt eru fuglar sem eiga erfitt með að stjórna sér á flugi í meiri hættu og eins þeir sem fljúga að næturlagi eða við slæm birtu- og veðurskilyrði. Þá hefur staðsetning vindorkvers, gerð vindmylla og veðurfar einnig mikil áhrif (Dai o.fl. 2015). Sumir fuglar forðast vindorkuver og reyna að sneiða hjá því að fljúga í gegnum þau, er það kallað hindrun flugleiða (e. *barrier effect*). Hindrun flugleiða getur haft áhrif allt frá því að fuglar breyti lítillega um stefnu yfir í að þeir lengi flugleiðir sínar það verulega að orkutapið sem því fylgir geti haft áhrif á lífslíkur (Dai o.fl. 2015). Búsvæðatap (e. *habitat loss*) verður vegna þess búsvæðis sem fer undir vegi og plön undir vindmyllur. Áhrifasvæðin geta þó orðið stærri en flatarmál innviða, sérstaklega ef uppbyggingin veldur breytingu á flæði grunnvatns, rakastigi jarðvegs og þar með gróðurfari. Forðun (e. *displacement*) er það þegar fuglar forðast vindorkuverin og jafnvel næsta nágrenni svo búsvæðin þar verða þeim ónýtanleg. Þetta getur verið tímabundið á uppbyggingatíma vegna umferðar en einnig vegna þess að fuglar forðist svæðið út frá sjónrænu eða hljóðrænu áreiti. Forðun er breytileg eftir tegundum og svæðum.

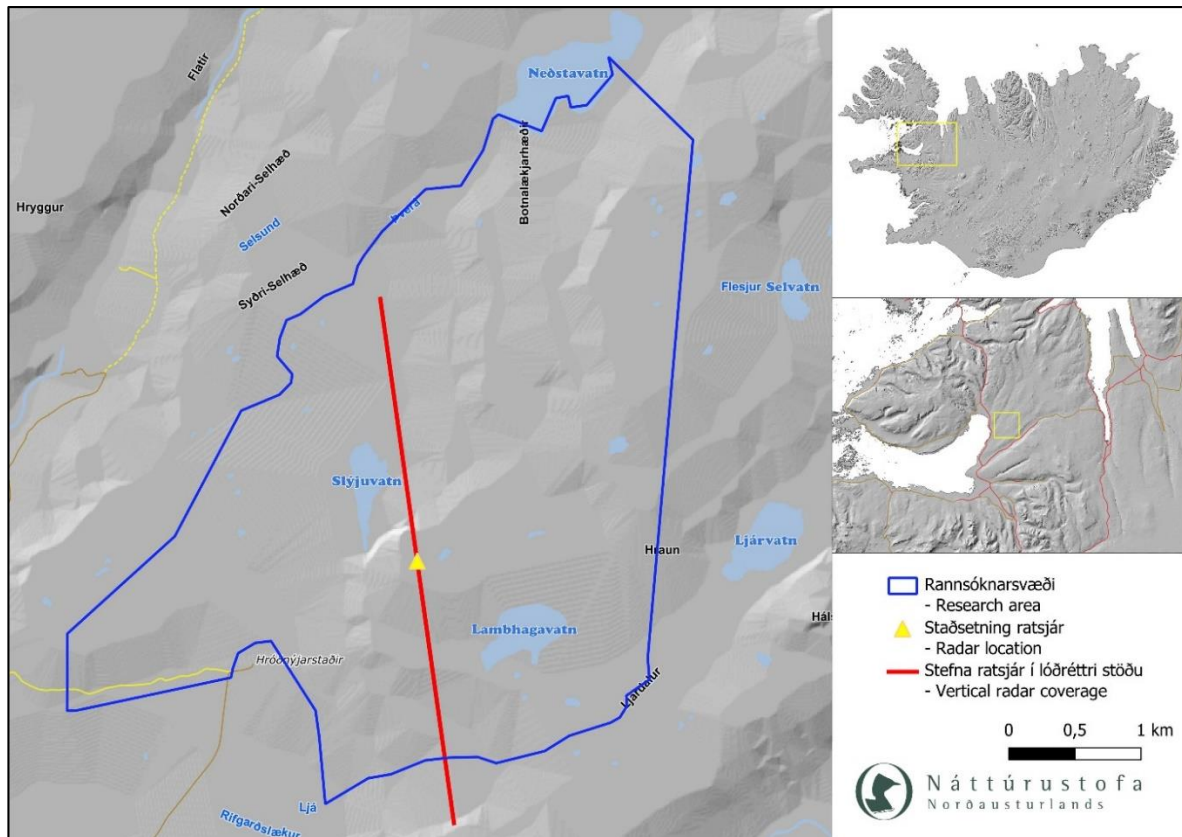
Áhrif vindorkuvera eru breytileg milli svæða og hefur umhverfi og tegundasamsetning þar mikið að segja (Dai o.fl. 2015). Fuglalíf á Íslandi er sérstakt og nokkuð ólíkt því sem gerist almennt í Evrópu. Hér eru fáar tegundir en stofnar sumra mjög stórir. Þannig ber Ísland alþjóðlega ábyrgð á 25 tegundum fugla (Náttúrufræðistofnun Íslands 2023a). Hátt hlutfall fuglategunda á Íslandi er skráð á valista, 41 af 91 tegund (Náttúrufræðistofnun Íslands 2023b). Þrátt fyrir alþjóðlega ábyrgð og hátt hlutfall á valista er þekking á stofnstærðum og vistfræði flestra hérlandra fuglategunda takmörkuð (Guðmundur A. Guðmundsson og Kristinn Haukur Skarphéðinsson 2012).

Fyrirtækið Stormorka ehf. áformar að reisa vindorkuver í landi Hróðnýjarstaða í Dalabyggð. Gert er ráð fyrir að orkuverið verði með 80 – 130 MW uppsett afl og því háð mati á umhverfisáhrifum. Samkvæmt tillögu að matsáætlun kemur fram að Verkis sjái um rannsóknir á fuglum (Stormorka 2019). Þar er gert ráð fyrir tvenns konar athugunum á fuglalífi, athugun á þéttleika fugla með Distance aðferð og flugmælingar frá útsýnispunktum að skoskri fyrirmynd. Fuglarannsóknir voru þegar hafnar þegar tillaga að matsáætlun kom fram og hefur minnisblaði um þéttleika varpfugla verið skilað (Ólafur Einarsson 2021).

Vegna athugasemda Náttúrufræðistofnunar Íslands við tillögu að matsáætlun var það álit Skipulagsstofnunar að bæta þyrfti við ratsjarmælingum sem gæfu upplýsingar um umfang flugumferðar á tímaeiningu og flughæð, að nóttu og degi (Skipulagsstofnun 2020). Í framhaldi af því óskaði Stormorka eftir því að Náttúrustofa Norðausturlands tæki að sér þessar ratsjarmælingar og mæti áflughættu umferðarfugla á grundvelli þeirra. Rannsóknir fóru fram árið 2022.

Rannsóknarsvæði

Við afmörkun rannsóknarsvæðis var miðað við upplýsingar sem fengust í tölvupósti þann 4. febrúar 2022 (Sigurður Jóhannesson 2022). Það svæði er nokkuð stærra en það sem gefið er upp í tillögu að matsáætlun og nær vestar. Rannsóknarsvæðið er fyrst og fremst norðan og austan við bæinn og ræktuð tún á Hróðnýjarstöðum (1. mynd). Svæðið er mishæðótt og einkennist af lítt grónum klapparásum með mó- og mýrlendi á milli. Vötn og tjarnir eru víða.



1. mynd. Rannsóknarsvæðið á Hróðnýjarstöðum. – The study area at Hróðnýjarstaðir.

Aðferðir

Fuglum á flugi á rannsóknarsvæðinu má skipta í tvennt eftir fluglagi þeirra í óðalsbundna mófugla og umferðarfugla. Flug óðalsbundna mófuglanna er bundið við tiltölulega lítið svæði, óðalið, og flug þeirra oftast hringlaga eða óreglulegt og endurtekið. Flug umferðarfuglanna er beinna og lengra þar sem þeir eru á ferðalagi til eða frá ákveðnum stað sem getur verið hvort sem er innan eða utan rannsóknarsvæðisins. Búið var að gera grein fyrir þéttleika mófuglanna á svæðinu (Ólafur Einarsson 2021) og því snéri rannsókn Náttúrustofunnar eingöngu að umferðarfuglum. Notast var við ratsjá til að fá upplýsingar um flugumferð umferðarfugla um svæðið. Út frá þeim upplýsingum var áflugshætta fyrir hverja tegund reiknuð.

Við rannsóknir á flugumferð og útreikninga á áflugshættu var beitt ratsjórathugunum, sem gefið hafa góða raun hér á landi (sjá Aðalsteinn Örn Snæþórsson o.fl. 2015 og Aðalsteinn Örn Snæþórsson o.fl. 2020). Ratsjá af gerðinni Furuno DRS25A X-Class með 6 feta blaði var notuð. Hún sendir út 22° breiðan geisla sem merkir að geislinn fer 11° upp og niður frá blaðinu. Við hvern heilan snúning ratsjárblaðsins er hringlaga rými skannað sem er mjóst næst ratsjanni en breikkar eftir því sem fjær dregur. Hér eftir verður þetta rými kallað ratsjarrými. Ratsjain er tengd tölvu með stýribúnaði (TimeZero; (<https://mytimezero.com/>)) til að stjórna ratsjanni s.s. drægni og næmni hennar. Á skjá ratsjartölvunar sást svo öll endurköst innan ratsjarrýmisins sem tvívíð mynd. Hægt var að láta ratsjána sýna feril hluta á hreyfingu ákveðið langt aftur í tímann.

Rannsóknarsvæðið er mishæðótt sem gerði val á staðsetningu fyrir ratsjána erfiða vegna endurkasts frá landi og „skuggasvæða“ sem ratsjárgeislinn náði ekki til. Ratsjanni var valinn staður um 1,5 km ANA við bæinn á Hróðnýjarstöðum, nokkurn veginn mitt á milli Slyjuvatns og Lambhagavatns (1. mynd). Ratsjain var fest á lítið mastur sem boltað var niður í klöpp þannig að ratsjárblaðið var í 2 m hæð yfir

landi (2. mynd). Mastrið var þannig útbúið að hægt var að færa ratsjána milli láréttrar og lóðréttrar stöðu án mikillar fyrirhafnar. Frá ratsjónni var lagður rafmagnskapall og ljósleiðari að Hróðnýjarstöðum þar sem ratsjártölvan var staðsett. Ratsjain var látin snúa þannig að í lóðréttri stöðu færi geisli hennar þvert á líklegustu flugleiðir fugla sem eru eftir dölum og ám og með hryggjum og fjöllum (Avian Power Line Interaction Committee 2012).



2. mynd. Ratsjain á Hróðnýjarstöðum í láréttri stöðu. – *The radar at Hróðnýjarstaðir in horizontal position.*

Ratsjórathuganirnar voru tvíþættar, lóðréttar og láréttar. Lóðréttar ratsjórathuganir gáfu nákvæmar upplýsingar um flugumferð fugla og hæðardreifingu umferðarinnar en engar um hópastærðir eða tegundasamsetningu. Til að fá þær upplýsingar var notast við láréttar ratsjórathuganir sem jafnframt gáfu upplýsingar um flugleiðir fugla um rannsóknarsvæðið. Við láréttu ratsjórathuganirnar var einnig beitt stefnuvirkum fjarlægðarsjónauka til að greina flughæðir einstakra fugla.

Lóðréttar ratsjórathuganir fóru fram með sjálfvirkum hætti allan sólarhringinn, alla daga nema þegar láréttar athuganir fóru fram eða bilun varð í búnaði. Ratsjain var höfð í lóðréttri stöðu, drægnin stillt á 2 km og ratsjain látin skanna til hliðar og upp en ekki niður í jörð. Ratsjarrýmið var því í laginu eins og hálfur hringur, mjóst næst ratsjá en breikkaði eftir því sem fjær dró og varð um 777 m í 2 km fjarlægð. Fuglar inni í ratsjarrýminu komu fram sem merki á skjá ratsjártölvunnar en ratsjain var stillt á að sýna ekki ferla. Skjámynd var tekin frá ratsjártölvunni á einnar mínútu fresti allan tímann sem ratsjain var í lóðréttri stöðu. Notast var við forritið ScreenHunter 7 Plus (<https://www.wisdomsoft.com/products/screenhunter.htm>) til að taka skjámyndirnar. Ratsjártölvan var nettengd, sem gerði mögulegt að komast inn á hana og hafa eftirlit með gagnasöfnun án þess að vera á staðnum, í gegnum forritið TeamViewer (<https://www.teamviewer.com/>).

Við láréttar ratsjórathuganir voru tveir starfsmenn á svæðinu og ratsjain höfð í láréttu plani. Annar starfsmannanna, skrásetjarinn, var staðsettur við ratsjártölvuna en hinn, athugandinn, skammt frá ratsjónni. Þeir voru í stöðugu símasambandi sín á milli. Ratsjain var látin sýna ferla og þegar flugferill umferðarfugls kom fram hnitsetti skrásetjarinn hann og lét athugandann vita um fjarlægð hans og stefnu frá ratsjá. Athugandinn reyndi að finna fuglana með handsjónauka (12x42) og fjar sjá (30-70x95).

Í þeim tilvikum sem það tókst voru fuglarnir greindir til tegundar og fjöldi einstaklinga skráður með viðkomandi ferli. Ekki var raunhæft að hnitsetja nema 2-3 ferla samtímis og því voru ekki allir ferlar sem sáust hnitsettir. Stefnuvirkur fjarlægðarsjónauki af gerðinni Vector 21 (<https://safran-vectronix.com/product/vector-21/>) var notaður til að fá upplýsingar um nákvæma flughæð fuglanna. Að jafnaði var ekki reynt að hæðarmæla fugla í meira en 2 km fjarlægð.

Hlutdeild umferðarfugla af heildarumferð skv. lóðréttum ratsjórathugunum var metin út frá skjámyndum sem teknar voru með sjálfvirkum hætti þegar ratsjórinn var í láréttri stöðu. Myndir voru teknar að nóttu sem degi í apríl, maí, ágúst, september og október. Ferill var stilltur á 1 mínútu og skjámynd tekin á 1 mínútu fresti. Þannig mátti fylgja öllum flugferlum eftir. Tiltölulega beinir og langir flugferlar voru flokkaðir sem umferðarfuglar en staðbundnir, hlykkjóttir og hringlaga ferlar sem óðalsbundnir mófuglar. Þar sem mat á þessu hlutfalli fór ekki fram í mars, júní, júlí og nóvember þurfti að áætla gildi fyrir þá mánuði út frá gögnum sem til voru fyrir þá mánuði sem mat fór fram. Fyrir sumarmánuðina, júní og júlí var notað sama hlutfall og í maí en það er líklegra til að vera ofmat en vanmat, sérstaklega fyrir júní þegar flestir fuglar halda sig á varpstöðvum. Í mars og nóvember var ekki gert ráð fyrir óðalsflugi mófugla og öll umferð skráð sem umferðarfuglar.

Þar sem engar láréttar athuganir fóru fram mánuðina mars, júní, júlí og nóvember voru ekki til upplýsingar um tegundasamsetningu þessa mánuði. Fyrir mars var notað sama tegundahlutfall og í apríl, fyrir júní og júlí sama tegundahlutfall og í maí, og fyrir nóvember sama hlutfall og í október.

Við úrvinnslu gagna frá lóðréttum athugunum var notast við tvö sérhönnuð forrit. Fyrst voru allar skjámyndir sendar í gegnum forritið RAIN sem flokkaði þær í tvo flokka, skjámyndir með rigningu og án rigningar. Þær skjámyndir sem ekki voru með rigningu voru sendar í gegn um forritið RADAR sem greindi og staðsetti í tvívíðu plani öll merki af ratsjármyndunum. Þannig fékkst nákvæm hæð yfir jörðu og fjarlægð frá ratsjá fyrir hvert merki. Merkjum var skipt í 50 m hæðarbil og rúmmál hvers hæðarbils í ratsjárrýminu reiknað. Þannig var hægt að finna meðalfjölda merkja á rúmmetra. Notast var við gögn frá 0 upp í 350 m hæð sem er það hæðarbil sem athuganir á tegundasamsetningu og hópastærð náðu til.

Meðalþéttleiki merkja á flatareiningu lands (m^2) undir 350 m hæð var fundinn með því að margfalda meðalfjölda merkja á rúmmetra með 350. Til að finna heildarumferð hvernar tegundar á mánuði sem flýgur í gegnum snúningsflöt vindmyllanna sjálfra þurfti að margfalda meðalþéttleikann með eftirfarandi gildum (liðir 4-8 eru fengnir úr formúlu 2 sem gefin er á bls. 15 í Band 2012):

1. Hlutfalli umferðarfugla í viðkomandi mánuði.
2. Hlutfalli viðkomandi tegundar af tegundagreindum ferlum fyrir viðkomandi mánuð.
3. Meðalhópastærð viðkomandi tegundar.
4. Flughraða viðkomandi tegundar í m/s.
5. Hlutfalli hæðarmælinga af viðkomandi tegund í áflugshæð (25-180 m) af öllum hæðarmælingum viðkomandi tegundar í 0-350m hæð.
6. Flatarmáli snúningsflatar einnar vindmyllu í m^2 , deilt með þvermáli snúningsflatarins í m.
7. Fjölda sekúndna í mánuði. Hér var gert ráð fyrir að reiknaður meðalþéttleiki væri ekki frábrugðinn á þeim tímabilum sem gögn fengust ekki s.s. vegna rigningar eða ratsjá ekki í gangi í lóðréttari stöðu.
8. Fjölda vindmylla.

Þetta gefur áætlaða heildarumferð hvernar tegundar í gegnum snúningsflöt vindmyllnanna fyrir hvern mánuð sem athuganir fóru fram. Skref 2 (e. *Stage 2*) í „Band-reiknilíkani“ (Band o.fl. 2007) var notað til að reikna áflugshættu út frá flugumferðinni, upplýsingum um vindorkuverið (1. tafla) og stærð, flughraða og forðunarhlutföllum fuglategunda. Notuð voru forðunarhlutföll tegunda sem mælt er með

í Skotlandi (Scottish Natural Heritage 2018). Fyrir þær tegundir sem ekki er getið þar var notast við almenna forðunarhlutfallið, 98%. Undantekning frá því er himbrimi, í hans tilfelli var notast við forðunarhlutfall lóms, 99.5%, enda skyldar tegundir og ekki ólíklegt að forðunarhlutfall sé svipað. Upplýsingar um stærð fugla voru fengin úr Collins Bird Guide (Svensson o.fl. 2009) en heimildir um flughraða voru nokkrar (Cochran & Applegate 1986, Alerstam o.fl. 2007, Piersma o.fl. 2008, Pennycuick o.fl. 2013, Hendenström & Åkesson 2016, Montgomerie & Lyon 2020). Ekki fannst heimild um flughraða allra tegunda og var þá notaður flughraði skyldra tegunda. Þannig var flughraði blesgæsar notaður fyrir heiðagæs, grálóu fyrir heiðlóu, lappajaðrakans fyrir jaðrakan og lóms fyrir himbrima.

Ekki var gert áflugsmat fyrir fátíðustu tegundirnar. Fyrir sumar tegundir voru ekki til hæðarmælingar eða þær ófullnægjandi. Í þeim tilfellum var gert ráð fyrir að tegundirnar flygju í áflugshæð. Þetta átti við um rauðbrysting, lóupræl, kríu, smyrl og snjótittling.

1. tafla. Kennistærðir sem notaðar voru við útreikninga á áflugshættu á Hróðnýjarstöðum samkvæmt Band-reiknilíkani. – *Turbine details used for the Band-model.*

Kennistærð – <i>Field</i>	Notað gildi – <i>Used value</i>
Fjöldi vindmylla – <i>Number of wind turbines</i>	20
Hæð turns – <i>Hub height</i>	102,5 m
Lengd spaða – <i>Blade length</i>	76 m
Mesta breidd spaða – <i>Max chord</i>	4,5 m
Hæsta staða spaða – <i>Max height of blade</i>	180 m
Lægsta staða spaða – <i>Min height of blade</i>	25 m
Snúningshraði – <i>Nominal rotations per minute</i>	9,31 sn./mín.
Hættusvæði fugla – <i>Hazard zone for birds</i>	25– 180 m hæð

Þar sem athuganir á tegundasamsetningu, hópastærðum og flughæð einstakra tegunda fóru fram í dagsbirtu en á flugumferð allan sólarhringinn er líklegt að áflugshætta verði ofmetin fyrir fugla sem fljúga eingöngu að degi til en vanmetin fyrir þær tegundir sem fljúga að næturlagi. Því var áflugshætta einnig metin fyrir dagsbirtu sérstaklega. Miðað var við þann tíma sem miðja sólar er ofan 6° undir sjóndeildarhring, m.ö.o. frá sólarupprás til sólseturs auk almannarökkurs (e. *civil twilight*). Þetta var sá tími sem láréttar ratsjárathuganir náðu til.

Öryggismörk (95%) voru reiknuð fyrir heiðlóu, spóa, svartbak, himbrima, haförn og hrafn. Þetta eru þær tegundir sem teknar voru fyrir í umræðum og gagnamagn nægt fyrir útreikninga á öryggismörkum. Þó var gert ráð fyrir að meðalhópastærð hafarna væri alltaf einn, enda sáust þeir eingöngu stakir á flugi. Þar sem áflugsmatið byggir á margfeldi margra stærða, sem hver og ein hefur sín óháðu öryggismörk, var notast við formúlu sem gefin er á bls. 29 í Band 2012 til að reikna heildaröryggismörkin (e. *overall uncertainty*).

Fyrir myndræna framsetningu og umfjöllun um flugumferð almennt var notaður fjöldi merkja á skjámynd innan innan 350 m hæðar yfir landi. Fjöldinn var leiðréttur fyrir hlutfalli umferðarfugla en ekki staðlaður yfir á flatarmálseiningu.

Vegna þess hve viðkvæmir hafernir eru fyrir árekstri við vindmyllur var óskað eftir upplýsingum frá Náttúrufræðistofnun Íslands um ferðir hafarna um svæðið. Frá 2019 hefur Náttúrufræðistofnun sett GPS senda á 39 hafarnarunga til að fá upplýsingar um svæðanotkun þeirra, m.a. með hliðsjón af staðsetningum fyrirhugaðra vindorkuvera. Gögn úr þessum sendum gefa upplýsingar um mikilvæg svæði hafarna.

Í öllum vettvangsferðum voru skráðar þær fuglategundir sem sáust innan rannsóknarsvæðisins hvort sem þær komu fram á ratsjá eða ekki. Til að ákvarða viðkvæmni tegunda m.t.t. verndarstöðu var horft

til þeirra þriggja þátta sem Náttúrufræðistofnun Íslands notaði til að velja forgangstegundir fyrir tillögur að B-hluta Náttúruminjaskrár (Náttúrufræðistofnun Íslands 2023a): 1) Staða á valista (Náttúrufræðistofnun Íslands 2023b). 2) Hvort tegundin er skráð á endurskoðaðan 1. viðauka Bernarsamningsins (European Environment Agency 2023). Ísland er aðili að Bernarsamningnum og ber sem slíkum að vernda tegundir og búsvæði þeirra sem skráðar eru í 1. viðauka. 3) Hvort tegundin telst ábyrgðartegund Íslands, þ.e. ef 20% eða meira af Evrópustofni nýti Ísland til varps eða komi reglulega við hér á ferðum sínum (Náttúrufræðistofnun Íslands 2023a). Ekki verður vitnað til heimilda í umræðum þar sem þessir þrír þættir koma fyrir en listar yfir tegundir sem falla undir þá voru allir skoðaðir þann 20. maí 2023.

Landfræðilegt upplýsingakerfi (QGIS Desktop 3.22.1) var notað við alla vinnslu landfræðilegra gagna og kortagerð. Tölfræðiforritið R (útg. 4.3.1, R Core Team 2023) var notað við útreikninga á flugumferð.

Ratsjain var sett upp fimmtudaginn 17. mars 2022 og var gagnasöfnun hætt þann 23. nóvember sama ár. Að kvöldi 24. september datt ratsjain út þegar mikið hvassviðri var á svæðinu. Við athugun á staðnum kom í ljós að ratsjain hafði skemmst. Hún var því tekin niður til viðgerðar og sett upp aftur 6. október. Þar dattu því út 12 dagar í röð á fartíma. Að öðru leyti var ekki mikið um eyður í óhreinsum gögnum. Farið var tíu sinnum til láréttra ratsjathugana, fimm sinnum að vori og fimm sinnum að hausti. Athuganirnar fóru fram dagana 11., 12., 23. og 24. apríl., 2., 5., 15., 16., 17. og 18. maí, 25., 26. og 27. ágúst, 5., 6., 14., 15. og 16. september og 17., 18., og 28. október 2022.

Niðurstöður

Alls sáust 40 tegundir fugla við vettvangsathuganir á Hróðnýjarstöðum árið 2022 (1. viðauki). Af þeim teljast 23 viðkvæmar m.t.t. verndarstöðu, þ.e. eru á valista, í 1. viðauka Bernarsamning eða teljast ábyrgðartegundir.

Ratsjain var í gangi í lóðréttri stöðu í um 75% athugunartímans. Eftir hreinsun voru nothæf skjáskot 193.231 eða um 55% af mesta mögulega fjölda skjáskota og var dreifing þeirra nokkuð jöfn yfir tímabilið (2. tafla, 2. viðauki). Hnitaðir voru alls 698 tegundagreindir flugferlar með hópastærðum innan rannsóknarsvæðisins (3. tafla). Gagnamagn var mun meira um vorið (506 ferlar, 34 tegundir) en haustið (192 ferlar, 16 tegundir). Hæðarmælingar urðu 931 í heild, 614 um vorið og 317 um haustið. Hæðarmælingar náðust af fleiri tegundum um vorið (28) en haustið (12). Hlutfall umferðarfugla í apríl var 30%, 35% í maí, 83% í ágúst, 95% í september og 99% október (3. viðauki).

2. tafla. Fjöldi nothæfra skjáskota sem náðust í hverjum mánuði við lóðrétta ratsjathuganir á Hróðnýjarstöðum árið 2022. – *Number of useable screen captures from the radar computer at Hróðnýjarstaðir during 2022.*

Mánuður – Month	Nothæf skjáskot – Used screen captures
Mars – March	7.299
Apríl – April	24.505
Maí – May	22.403
Júní – June	22.007
Júlí – July	24.499
Ágúst – August	23.739
September – September	23.969
Október – October	19.836
Nóvember – November	24.974
Alls - Total	193.231

Flugumferð umferðarfugla var um 0,02 merki/skjámynd innan 350 m hæðar í mars (3. mynd). Umferðin jókst fram á vorið og var orðin um 0,10 merki/skjámynd í maí. Umferðin var svo lægri um sumarið (júní og júlí) eða milli 0,06 og 0,07 merki/skjámynd. Umferðin jókst svo aftur síðsumars og var í ágúst og

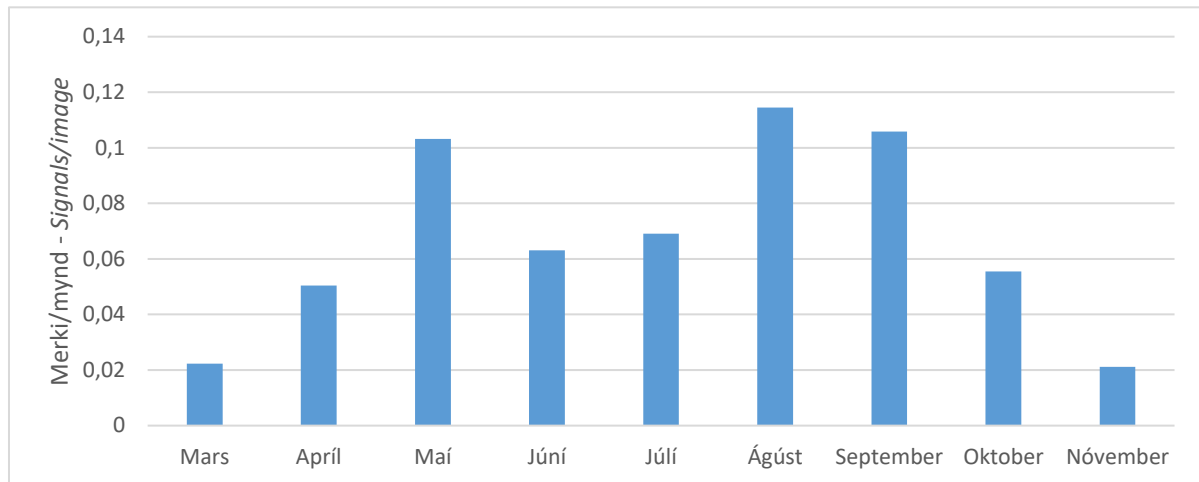
september um 0,11 merki/skjámynd en eftir það dró úr umferðinni sem var í nóvember orðin svipuð því sem var í mars.

3. tafla. Tegundagreind gögn sem aflað var við láréttar ratsjárathuganir á Hróðnýjarstöðum árið 2022. Vegna takmarkaðra gagna voru hæðarmælingar lagðar saman fyrir ⁽¹⁾ stökkönd og ógreinda önd, ⁽²⁾ jaðrakan og stelk og ⁽³⁾ hettumáf og stormmáf. – Overview of species specific data from of horizontal radar observations at Hróðnýjarstaðir in 2022. Due to limited data flight measurements were pooled for ⁽¹⁾ *A. platyrhynchos* and *Anatinae* sp., ⁽²⁾ *L. limosa* and *T. totanus* and ⁽³⁾ *C. ridibundus* and *L. canus*.

Tegund – Species	Hópastærð – Group size		Flughæðir – Flight altitude		
	Meðaltal – Average	Fjöldi – n	Meðaltal – Average	Hlutfall í áflughæð – Risk ratio	Fjöldi – n
Rjúpa – <i>Lagopus muta</i>	1	1	42,667	1,000	3
Helsingi – <i>Branta leucopsis</i>	2	1			
Grágæs – <i>Anser anser</i>	3,92	26	92,964	0,946	56
Heiðagæs – <i>Anser brachyrhynchus</i>	8,32	22	81,953	0,887	106
Ógr. gæs – <i>Anser</i> sp.	7,24	17			
Álft – <i>Cygnus cygnus</i>	2,2	10	95,850	0,450	20
Stökkönd – <i>Anas platyrhynchos</i> ⁽¹⁾	2	4	39,500	0,800	10
Duggönd – <i>Aythya marila</i>	5	1	79,500	1,000	4
Toppönd – <i>Mergus serrator</i>	1	1			
Ógr. önd – <i>Anatinae</i> sp.	2,5	2			
Sandlóa – <i>Charadrius hiaticula</i>	1,5	2	109,000	1,000	1
Heiðlóa – <i>Pluvialis apricaria</i>	2,55	146	87,067	0,933	45
Spói – <i>Numenius phaeopus</i>	2,77	44	90,458	0,917	48
Jaðrakan – <i>Limosa limosa</i> ⁽²⁾	1,55	11	81,000	0,808	26
Rauðbrystingur – <i>Calidris canutus</i>	8,33	3			
Lóupræll – <i>Calidris alpina</i>	1,64	14	104,000	1,000	2
Hrossagaukur – <i>Gallinago gallinago</i>	1,27	37	56,818	1,000	11
Stelkur – <i>Tringa totanus</i> ⁽²⁾	1,5	14	81,000	0,808	26
Ógr. vaðfugl – <i>Wader</i> sp.	3,43	21			
Hettumáfur – <i>Chroicocephalus ridibundus</i> ⁽³⁾	2,2	5	100,412	0,941	17
Stormmáfur – <i>Larus canus</i> ⁽³⁾	2,25	4	100,412	0,941	17
Svartbakur – <i>Larus marinus</i>	1,73	49	127,710	0,817	186
Hvítmáfur – <i>Larus hyperboreus</i>	1	2	136,250	1,000	4
Bjartmáfur – <i>Larus glaucoideus</i>	1	2	229,000	0,000	1
Sílamáfur – <i>Larus fuscus</i>	1,78	18	122,533	0,853	75
Ógr. máfur – <i>Larus</i> sp.	2,11	9			
Kría – <i>Sterna paradisaea</i>	1,78	9	45,167	1,000	6
Kjóli – <i>Stercorarius parasiticus</i>	1,32	19	204,235	0,353	17
Lómur – <i>Gavia stellata</i>	1,29	14	153,976	0,805	41
Himbrimi – <i>Gavia immer</i>	1,37	51	84,827	0,880	75
Ógr. brúsi – <i>Gavia</i> sp.	1	2			
Dílaskarfur – <i>Phalacrocorax carbo</i>	3,71	7	218,063	0,188	16
Ógr. skarfur – <i>Phalacrocoracidae</i> sp.	1	2			
Haförn – <i>Haliaeetus albicilla</i>	1	6	173,000	0,442	52
Smyrill – <i>Falco columbarius</i>	1,33	6			
Hrafn – <i>Corvus corax</i>	1,6	63	106,103	0,641	78
Stari – <i>Sturnus vulgaris</i>	1	1			
Skógarþröstur – <i>Turdus iliacus</i>	2,25	4			
Þúfuttlingur – <i>Anthus pratensis</i>	2,49	43	46,500	0,700	10
Snjóttlingur – <i>Plectrophenax nivalis</i>	50	4	65,000	1,000	1
Ógr. spörfugl – <i>Passeriformes</i> sp.	1	1			
Alls - Total		698			911

Flugumferð eftir tíma sólarhrings var breytileg milli mánaða (4. mynd). Í mars var mjög lítil umferð en greinilegir tveir toppar, rétt eftir birtingu og eftir að myrkur var komið. Í apríl var umferð orðin meiri en mynstur ekki eins greinilegt. Í maí, júní og júlí var mesta umferðin yfir bjartasta tímann, sérstaklega fyrri part dags sem endurspeglar varpfuglana. Í ágúst varð talsverð breyting en þá var flugumferðin mest að næturlagi og dróst fram á morgun. Þá voru umferðarfluglarnir ráðandi í flugumferðinni. Þessi þróun hélt svo áfram í september þegar greina mátti tvo mjög stóra toppa í rökkri, rétt fyrir birtingu og

eftir myrkur. Þessir toppar lækkuðu mikið í október og voru horfnir í nóvember þegar umferð var orðin mjög lítil.



3. mynd. Flugumferð umferðafugla í allt að 350 m hæð yfir landi á Hróðnýjarstöðum frá mars til nóvember 2022. Umferðin er sýnd sem meðalfjöldi merkja á skjámynd. – *Bird traffic in up to 350 m attitude at Hróðnýjarstaðir from March to November 2022, presented as an average number of bird signals per screen shot.*

Um vorið stefndu flestir flugferlar til vesturs á meðan þessu var að mestu öfugt farið um haustið (5. mynd). Stefna ratsjárinnar í lóðréttri stöðu hentaði því mjög vel og var líkleg til að ná vel yfir þá flugumferð sem var um svæðið.

Vegna þess hve landslagið á Hróðnýjarstöðum er mishæðótt voru stór svæði þar sem truflun kom fram á ratsjá vegna endurkasts frá jörðu. Sum svæði voru líka í skugga frá ratsjá eins og svæðið í kringum Neðstavatn. Af þeim sökum var ekki hægt að greina nákvæma flugferla um allt svæðið og þar með ekki hvar mikilvægustu flugleiðirnar eru.

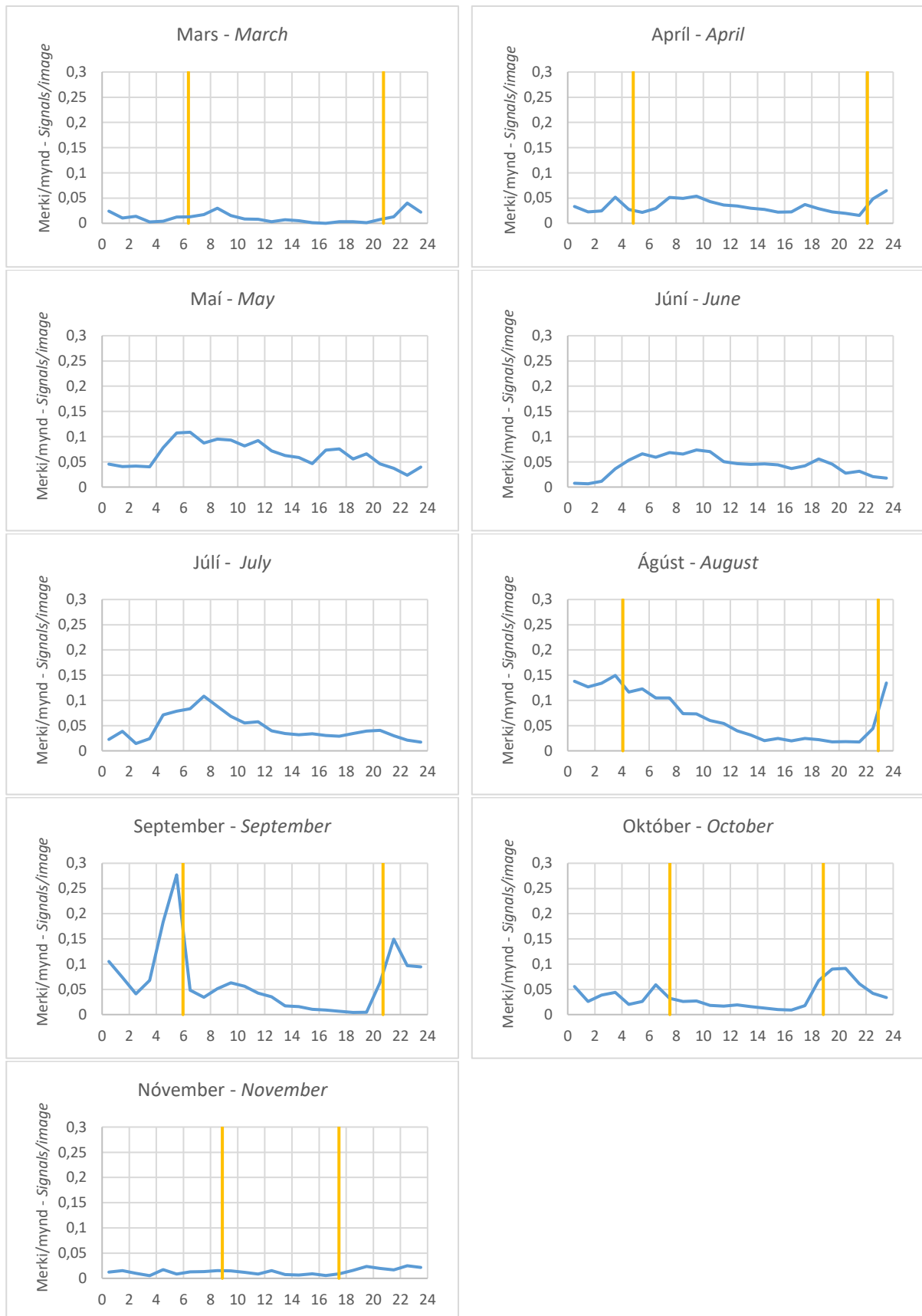
Reiknað áflug umferðafugla var 131,7, þar af 86,0 á birtutíma (5. tafla). Mest afföll reiknuðust í september en minnst í nóvember (4. viðauki).

Vegna hás forðunarhlutfalls er ekki gert ráð fyrir mörgum áflugum meðal álfta og gæsa þrátt fyrir að talsvert hafi sést til þeirra. Af þeim reiknuðust flest áflug hjá heiðagæs (3,4).

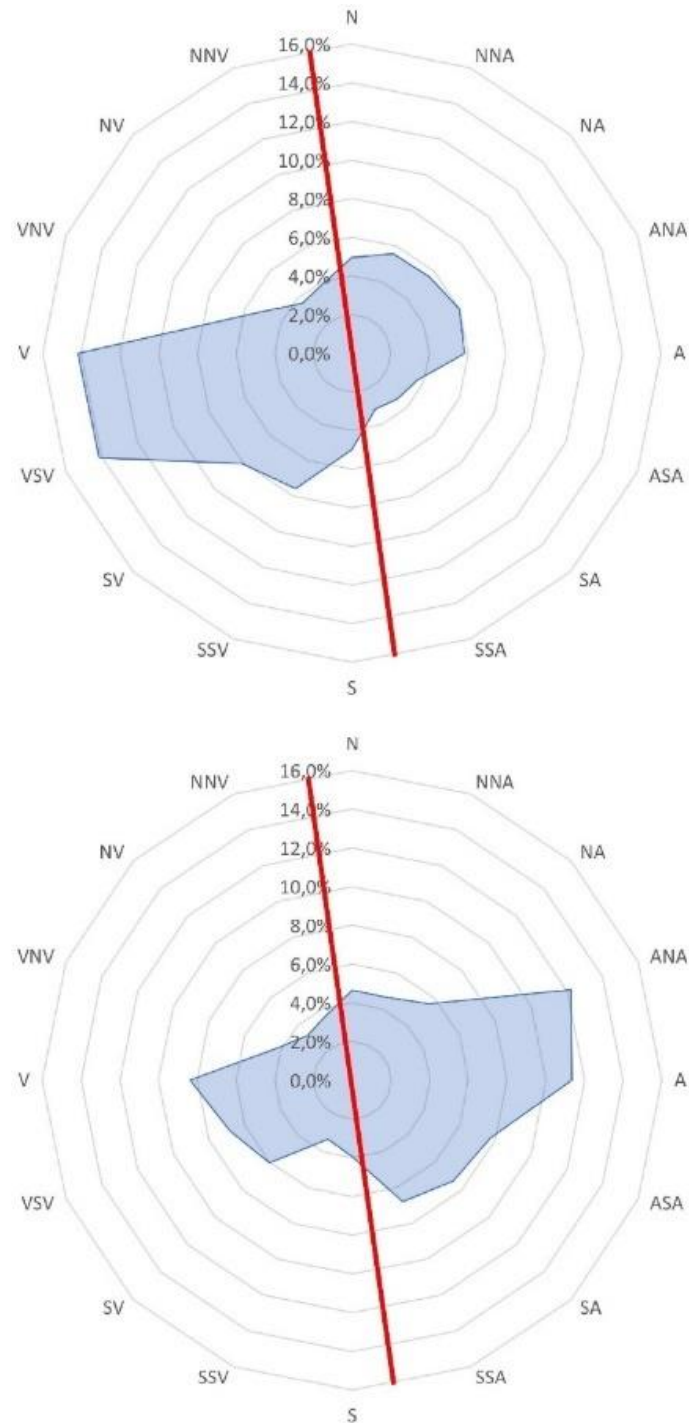
Af vaðflugum voru heiðlóur og spóar í mestri hættu fyrir áflugi en þessar tegundir fljúga að mestu leyti í vindmylluhæð (6. mynd). Heiðlóan var sú tegund sem reiknaðist með flest áflug allra tegunda (35,2). Flugferlar þessara tegunda voru nokkuð jafndreifðir innan þess svæðis þar sem ekki var truflun af landi (7. mynd). Flugferlarnir voru almennt ekki langir enda eru tegundirnar ekki stórar og hópastærðin lítil.

Máfar sem sáust við athuganirnar voru oft í blönduðum hópum, þ.e. fleiri en ein tegund saman. Oft var langt á milli einstaklinga í hópnum og þeir áttu það til að taka sig út úr hópnum og fara aðra leið. Það var því stundum erfitt að greina hvað væri einn hópur. Flugstefna máfanna var samt nokkuð stöðug í VSV-ANA og þeir flugu mest í vindmylluhæð þó nokkrir hópar hafi verið yfir henni. Meðal máfa reiknuðust flest áflug hjá svartbaki (8,5).

Himbrimar flugu oftast í vindmylluhæð og reiknuðust 3,6 áflug hjá þeim á tímabilinu, þar af 2,0 á birtutíma. Þó flestar flugstefnur himbrima væru í VSV-ANA eins og hjá flestum tegundum þá skáru þeir sig frá öðrum tegundum. Himbrimar voru oft að fara á milli vatna eða milli sjávar og vatna og því myndaðist meiri þéttleiki ferla í nágrenni vatnanna þar sem þeir tóku hringi yfir þeim fyrir lendingu og eftir flugtak.



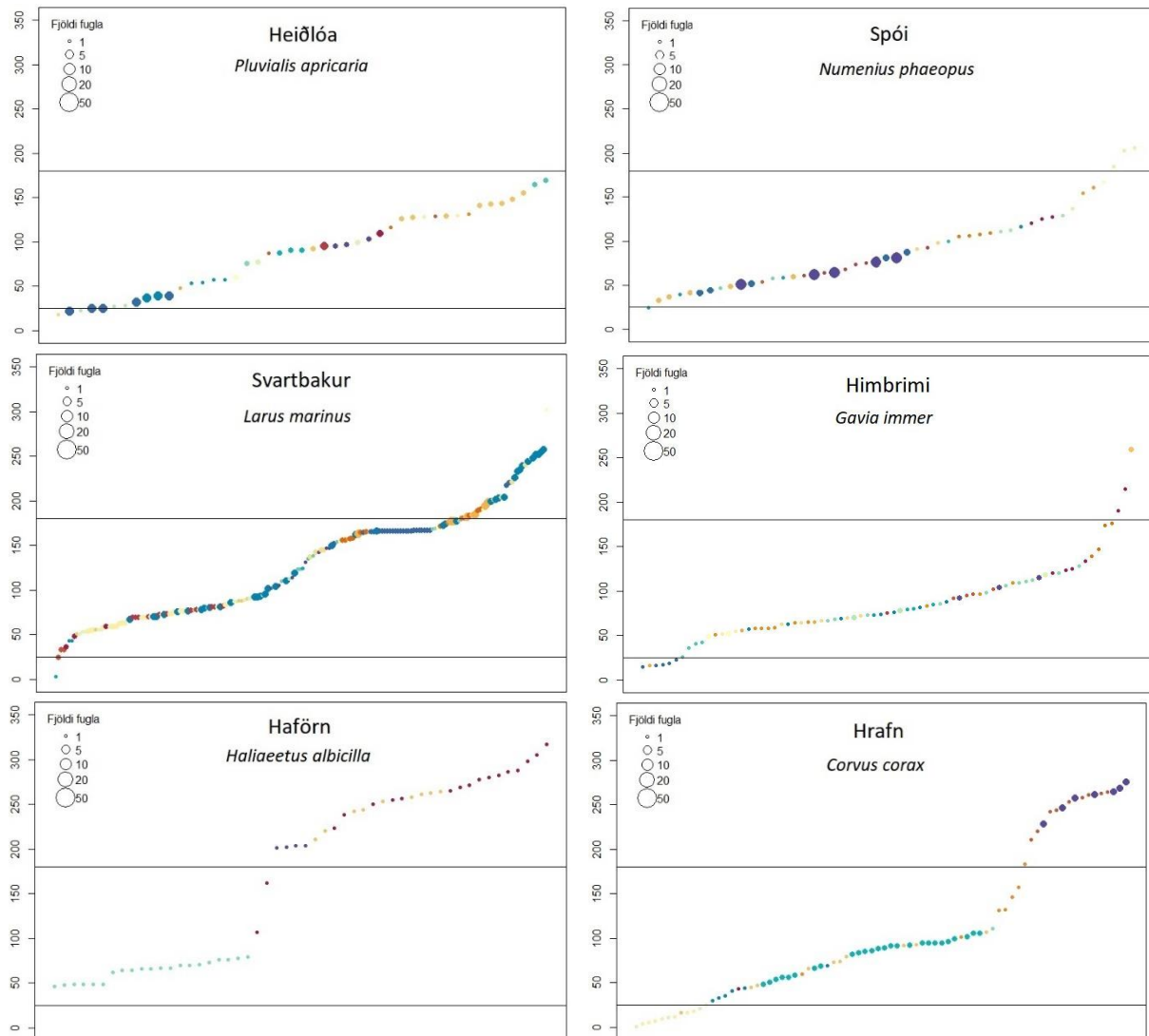
4. mynd. Flugumferð fugla innan 350 m hæðar á Hróðnýjarstöðum árið 2022 eftir tíma sólarhrings þá mánuði sem ratsjá var að safna gögnum. Birtutími er táknnaður með lóðrættum gulum línunum. – Monthly averages of bird traffic each hour of the day at Hróðnýjarstaðir. Civil dawn and dusk are marked by vertical yellow lines.



5. mynd. Hlutfallsleg dreifing flugstefna á flugferlum fugla yfir rannsóknarsvæðinu á Hróðnýjarstöðum árið 2022, að vori (efri mynd) og hausti (neðri mynd). Rauða línan sýnir stefnu ratsjárgeislans í lóðréttri stöðu. – Rose diagram showing the bird flight directions during horizontal radar observations at Hróðnýjarstaðir in spring (above) and autumn (below) 2022. The red line indicates the bearing of the radar beam when the radar was in vertical position.

5. tafla. Reiknað áflug umferðarfugla vegna fyrirhugaðs vindorkuvers á Hróðnýjarstöðum, frá apríl til nóvember. – *Estimated bird collisions of passing birds in the proposed wind farm at Hróðnýjarstaðir, from April to November.*

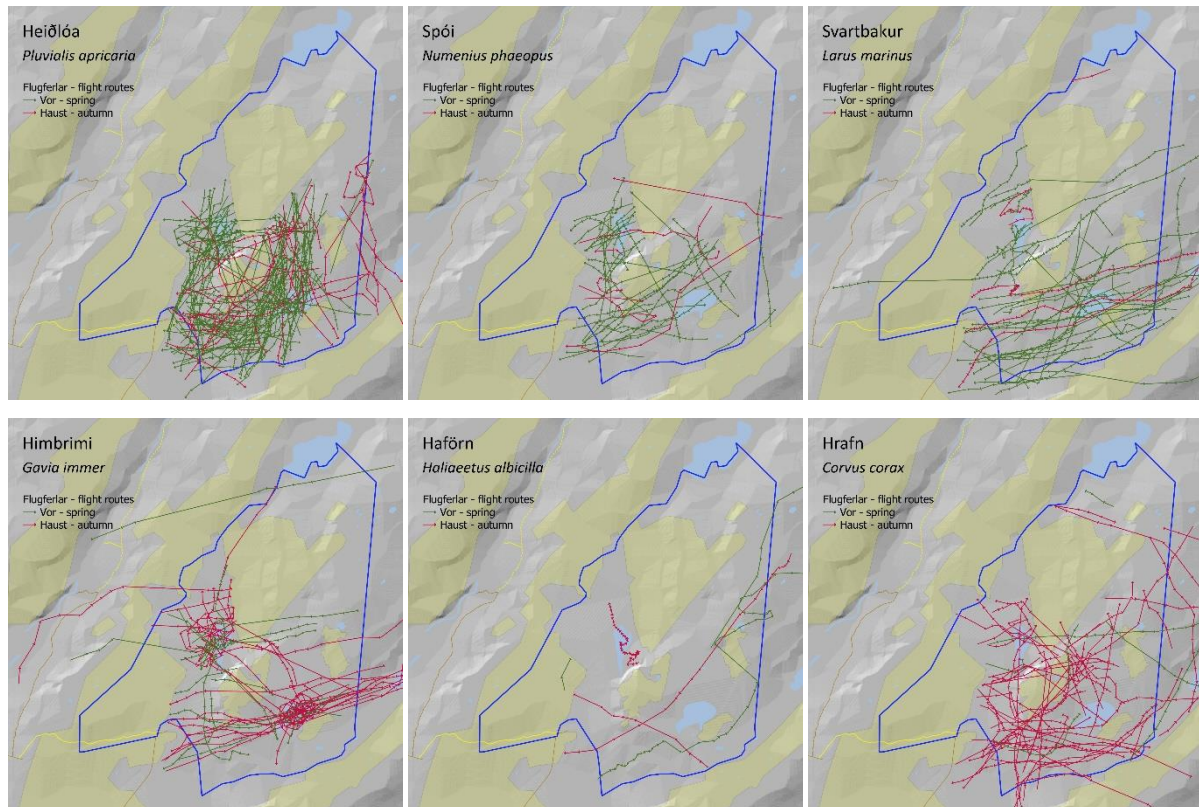
Tegund - Species	Forðunarhlutfall – Avoidance rate	Reiknað áflug á birtutíma – Collision estimate for daylight hours	95% öryggismörk – 95% confidence interval	Reiknað áflug miðað við allan sólarhringinn – Collision estimate based on 24 hour traffic	95% öryggismörk – 95% confidence interval
Grágæs – <i>Anser anser</i>	99,8%	1,4		2,3	
Heiðagæs – <i>Anser brachyrhynchos</i>	99,8%	2,5		3,4	
Álft – <i>Cygnus cygnus</i>	99,5%	0,2		0,5	
Stökkönd – <i>Anas platyrhynchos</i>	98%	0,8		1,0	
Heiðlóa – <i>Pluvialis apricaria</i>	98%	24,4	13,4 – 36,8	35,2	18,2 – 55,8
Spói – <i>Numenius phaeopus</i>	98%	13,3	6,4 – 21,6	15,5	7,0 – 26,8
Jaðrakan – <i>Limosa limosa</i>	98%	1,8		1,9	
Rauðbrystingur – <i>Calidris canutus</i>	98%	2,4		2,5	
Lóupræll – <i>Calidris alpina</i>	98%	2,4		2,5	
Hrossagaukur – <i>Gallinago gallinago</i>	98%	4,1		4,8	
Stelkur – <i>Tringa totanus</i>	98%	1,2		1,3	
Hettumáfur – <i>Chroicocephalus ridibundus</i>	98%	0,7		0,8	
Stormmáfur – <i>Larus canus</i>	98%	0,9		0,9	
Svartbakur – <i>Larus marinus</i>	98%	6,2	3,2 – 10,8	8,5	4,0 – 16,2
Sílamáfur – <i>Larus fuscus</i>	98%	2,7		3,7	
Kría – <i>Sterna paradisaea</i>	98%	1,2		1,2	
Kjóí – <i>Stercorarius parasiticus</i>	99,5%	0,2		0,2	
Lómur – <i>Gavia stellata</i>	99,5%	0,5		0,6	
Himbrimi – <i>Gavia immer</i>	99,5%	2,0	1,1 – 3,3	3,6	2,0 – 5,8
Dílaskarfur – <i>Phalacrocorax carbo</i>	98%	0,6		1,1	
Haförn – <i>Haliaeetus albicilla</i>	95%	0,6	0,0 – 2,8	1,5	0,1 – 5,9
Smyrill – <i>Falco columbarius</i>	98%	0,5		1,4	
Hrafn – <i>Corvus corax</i>	98%	5,1	2,6 – 8,3	15,6	9,0 – 23,2
Púfutittlingur – <i>Anthus pratensis</i>	98%	3,7		5,8	
Snjótittlingur – <i>Plectrophenax nivalis</i>	98%	6,5		16,1	
Alls - Total		86,0		131,7	



6. mynd. Dreifing hæðarmælinga valinna tegunda umferðarfugla. Hæðarmælingum er raðað frá þeirri lægstu til þeirrar hæstu en aðeins sýndar flughæðir undir 350 m. Sami litur vísar til sama hóps og stærð punkts miðast við stærð hóps. Hæsta og lægsta staða á spöðum vindmylla er sýnd með láréttum línum. – *Flight altitude distribution of passing birds. Measurements are in ascending order, each colour refers to the same track and the size of each dot refers to the group size. Two horizontal lines indicate the sweep area. Only observations below 350 m are shown.*

Flestar hæðarmælingar hafarna sýndu flug yfir spöðum vindmylla. Hafarnir reiknuðust með 1,5 áflug, þar af 0,6 á dagtíma enda með lægra forðunarhlutfall en aðrar tegundir. Vegna fárra flugferla er ekki hægt að álykta mikið um flugleiðir. Gögn sem fengust frá Náttúrufræðistofnun Íslands um ferðir hafarna með GPS senda um rannsóknarsvæðið og nágrenni þess sýndu flestar flugleiðir með ströndinni og eftir Laxárdal og talsverða umferð um rannsóknarsvæðið og næsta nágrenni (5. viðauki).

Hrafnar flugu mest um svæðið um haustið og voru reiknuð áflug 15,6 talsins hjá þeim enda sýndu flestar mælingar flug innan þess svæðis sem spaðar vindmylla ná yfir. Flugstefnur hrafnar voru breytilegar en dreifing flugferla nokkuð jöfn á því svæði sem ratsjain gat greint örugglega.



7. mynd. Flugferlar valinna tegunda fugla sem sáust yfir Hróðnýjarstöðum árið 2022. Gulir flákar tákna truflun af landi – *Flight routes of selected species at Hróðnýjarstaðir in 2022. Yellow polygons represent echo from the ground.*

Einn snjótittlingur sást um vorið og mældist hæð hans innan hæðarbils vindmylluspaða. Í september sáust þrír hópar með allt að 100 fuglum. Ekki náðust hæðarmælingar í hópana en gert var ráð fyrir að þeir væru innan hættusvæðis. Niðurstaða áhættumatsins var 17,5 áflug, langflest í september.

Af öðrum tegundum sem sáust við ratsjárathuganir en komu ekki fram í áflugsmatinu ber að nefna rjúpu og fálka. Rjúpur sáust reglulega á svæðinu, bæði um vorið og haustið. Um haustið mátti heyra í þeim í rökkri. Fálkar sáust ekki á flugi um svæðið en sáust sitjandi í þrígang um haustið.

Umræða

Rannsóknarsvæðið er það mishæðótt að ekki var unnt að greina ferla fugla um það allt. Af þeim sökum er almennt ekki hægt að leggja mat á hvaða staðsetningar vindmylla væru hentugastar m.t.t. umferðar fugla. Engar vísbendingar eru um að einhverjar flugleiðir hafi verið meira nýttar en aðrar. Frá þessu er þó ein undantekning. Himbrimar flugu mest til og frá vötnum á svæðinu og því voru flestir ferlar þeirra tengdir við Slýjuvatn, Lambhagavatn eða Ljárvatn. Vegna landslags var Neðstavatn og nágrenni í skugga frá ratsjanni og því óvíst um flug himbrima í kringum það.

Gagnasöfnun flugumferðar gekk nokkuð vel og fengust mikil og góð gögn þó eyður hafi komið í gagnasöfnunina vegna rigningar, bilana og þegar láréttar ratsjárathuganir voru í gangi. Gert var ráð fyrir að umferð í þessum eyðum hafi ekki verið frábrugðin öðrum tímabilum sama mánaðar. Líklega hefur umferðin þó verið eitthvað minni í úrkomutímabilunum. Á móti kemur að farið var í láréttar athuganir þegar veðurskilyrði bentu til mikillar flugumferðar. Ekki er hægt að leggja mat á hve mikil áhrif þetta hefur á heildarniðurstöðu en þau eru talin óveruleg.

Áflugsmatið er talið nokkuð öruggt fyrir apríl og maí enda náðust góð gögn í þeim mánuðum, bæði úr lóðréttum og láréttum ratsjárathugunum. Ákveðinnar óvissu gætir í mati fyrir júní og júlí þar sem engar láréttar athuganir voru gerðar í þeim mánuðum. Þessir mánuðir marka þann tíma sem fuglar eru hvað mest bundnir við varpsvæði sín. Þar sem notast var við hlutfall umferðarfugla frá maí fyrir þessa mánuði má gera ráð fyrir að líkur á ofmati séu meiri en á vanmati hvað áflugshættu varðar.

Um haustið, frá ágúst til október, náðust mun færri tegundagreindir ferlar en um vorið. Er það vegna færri daga við láréttar athuganir, styttri vinnudags (birtutíma) og mun minni umferðar á birtutíma. Fleiri athugunardagar að hausti hefðu skilað meiri gögnum en ekki bætt stærstu óvissuna í matinu sem tengist umferð að næturlagi. Umferð að næturlagi um haustið var mikil en engra upplýsinga var aflað um tegundasamsetningu eða hópastærðir fyrir þennan tíma sólarhringsins. Þetta getur valdið því að heildaráflug sé vanmetið eða jafnvel ekki metið fyrir tegundir sem fljúga aðallega eða eingöngu að næturlagi. Að sama skapi má búast við að áflugshættan sé ofmetin fyrir þær tegundir sem fljúga að mestu á birtutíma.

Í mars og nóvember var mun minni umferð en hina mánuðina og telja verður líklegt að umferð yfir vetrarmánuðina þrjá sem ekki voru skoðaðir hafi verið enn minni. Þær tegundir sem eru líklegastar til að nýta svæðið að vetri eru fálki, rjúpa, hrafn og snjótittlingur en auk þeirra er mögulegt að máfar, skarfar og hafernir fljúgi í gegn á leið milli Hvammsfjarðar og Hrótafjarðar.

Hér eftir verður fjallað um þær tegundir sem líkanið spáði mestu áflugi við vindmyllur og þær tegundir sem viðkvæmastar teljast. Þær tegundir sem ekki verður fjallað um sérstaklega eru ekki taldar verða fyrir merkjanlegum áhrifum á lands- eða svæðisvísu. Rétt er þó að að hafa í huga uppsöfnuð áhrif við mat á umhverfisáhrifum, því áform eru um að reisa fleiri vindorkuver hér á landi.

Heiðlóa og spói

Matið gerði ráð fyrir miklu áflugi hjá heiðlóu og spóa. Báðar þessar tegundir teljast ábyrgðartegundir Íslands en auk þess er heiðlóa skráð í 1. viðauka Bernarsamningsins. Stofnar þessara tegunda eru stórir, heiðlóustofninn talinn vera 396.000 pör og spóastofninn 256.000 pör (Kristinn Haukur Skarphéðinsson o.fl. 2016). Þó áflug yrðu talsverð myndi fyrirhugað vindorkuver eitt og sér ekki hafa áhrif á stofnana, hvorki á lands- né héraðsvísu. Hins vegar er rétt að hafa í huga uppsöfnuð áhrif vegna ýmissa annarra framkvæmda sem stöðugt þrengja að búsvæðum mófugla eins og heiðlóu og spóa. Vegna hárrar hlutdeildar getur breyting á stærð íslensku stofnanna haft áhrif á þann evrópska og í því felst ábyrgð Íslendinga.

Snjótittlingur

Reiknað áflug snjótittlings byggir mest á fáum en stórum hópum sem sáust í september og því nokkur óvissa í gögnunum. Hann er auk þess ein af fáum tegundum sem gætu farið um svæðið að vetrarlagi. Snjótittlingur er skráður sem tegund í nokkurri hættu á válista vegna fækkunar (Kristinn Haukur Skarphéðinsson 2018a). Stofninn er 136.000 pör (Kristinn Haukur Skarphéðinsson o.fl. 2016) og því ólíklegt að merkjanleg áhrif verði á stofninn, þó einhver afföll yrðu.

Hrafn

Stofn hrafnsins var talinn vera um 2.000 pör árið 1985 (Kristinn Haukur Skarphéðinsson o.fl. 1992). Síðan þá hefur hrafni fækkað og hann því á válista sem tegund í nokkurri hættu þó nýtt stofnmat hafi ekki verið gert (Kristinn Haukur Skarphéðinsson 2018b). Við útreikninga á áflugshættu hrafns var notast við almenna 98% forðunarhlutfallið en sumar heimildir gefa þó til kynna að hrafnar séu lunknir við að sneiða hjá spöðum vindmylla (American Wind Wildlife Institute 2019). Auk þess eru hrafnar á ferli að degi til en mesta áflugið reiknast á haustin þegar næturumferð er mikil. Það má því gera ráð fyrir að áflugsmat fyrir dagumferð sé raunsærra en þar sem heildarumferð á sólarhring er notuð til grundvallar. Á móti kemur eru hrafnar líklegir til að fara um svæðið að vetrarmánuðina sem ekki voru metnir.

Svartbakur

Svartbakur er skráður í hættu á válista vegna mikillar fækkunar en stofninn var talinn vera 6.000-8.000 pör árið 2016, þar af um helmingur við Breiðarfjörð (Kristinn Haukur Skarphéðinsson 2018c). Svartbakur og aðrar máfategundir sáust ýmist fljúga í vesturátt til sjávar í Hvammsfirði eða í austurátt, og stefndu þá inn til heiðar. Líklegt verður að teljast að máfar fljúgi í einhverjum mæli milli Hvammsfjarðar og Hrutafjarðar og fari þá meðal annars um Hróðnýjarstaði. Þessi umferð gæti átt sér stað að vetrarlagi einnig þar sem máfar eru við strendur landsins allt árið. Það reiknaða áflug sem fram kemur í þessari rannsókn er hvorki talið hafa áhrif á fjölda svartbaka á lands- né héraðsvisu eitt og sér.

Himbrimi

Himbrimi er á válista, ábyrgðartegund Íslands og skráður í 1. viðauka Bernarsamningsins. Á válista er hann skráður sem tegund í nokkurri hættu vegna stofnstærðar en þekktir varpstaðir eru um 500 talsins (Kristinn Haukur Skarphéðinsson 2018d). Á Laxárdalsheiði eru talin vera 25 himbrimapör eða um 5% af stofninum og telst það svæði því alþjóðlega mikilvægt fyrir tegundina. Himbrimar sáust reglulega á Slýjuvatni en ekkert varp var þar sumarið 2022. Himbrimi er langlíf tegund sem verður kynþroska seint (6-7 ára) og viðkoman er því hæg (Paruk o.fl. 2021). Stofnar slíkra tegunda eru viðkvæmir fyrir afföllum og áflug fárra einstaklinga á ári getur hæglega haft áhrif á íslenska stofninn til lengri tíma lítið. Himbrimar fljúga mest að degi til (Paruk o.fl. 2021) og því líklegt að áflugsmat fyrir dagumferð sé raunsærra en mat sem byggir á sólarhringsumferð. Óvissan er hins vegar mikil og af þeim sökum er lagt til að ráðist verði í frekri rannsóknir áður en frekari ákvarðanir verða teknar um uppbyggingu vindorkuversins. Lagt er til að rannsóknirnar miði að eftirfarandi þáttum:

- 1) *Hvaða einstaklingar eru á ferðinni.* Ef um margendurtekið flug sömu einstaklinga er að ræða er áflugsmatið ofmetið. Þá hafa afföll varpfugla mun meiri áhrif á stofninn en ef um ókynþroska fugla er að ræða.
- 2) *Nákvæmari greiningu á flugtíma.* Ákveðin óvissa er í matinu vegna þess hve mikill hluti umferðar var að næturlagi en athuganir fóru fram að degi til. Að sama skapi er óvissa með sumarmánuðina þar sem mannaðar athuganir fóru ekki fram á þeim tíma.
- 3) *Nákvæm greining flugleiða til og frá vötnum.* Til að hægt sé að staðsetja vindmyllur á þeim stöðum þar sem minnstar líkur eru á áflugi þarf góða greiningu á flugleiðum.

Haförn

Haförn er önnur viðkvæm tegund vegna hægrar viðkomu (Orta o.fl. 2020) og er Breiðafjörður aðal varpsvæði hafarna hér á landi. Haförn er skráður í 1. viðauka Bernarsamningsins og sem tegund í hættu

á válista vegna lítils stofns sem metinn var um 80 pör árið 2018 (Kristinn Haukur Skarphéðinsson 2018e). Líklega er áflugsmatið sem nær yfir birtutímann raunsærra þar sem ernir eru lítið virkir á næturnar (Krone o.fl. 2009) en óvissan er mikil þar sem útreikningar áflugs byggja á tiltölulega fáum ferlum. Ungfuglar með GPS senditæki fara greinilega um svæðið þó aðal flugleiðir liggi utan rannsóknarsvæðisins. Erlendis eru dæmi um að hafarnir hafi orðið fyrir talsverðum skakkaföllum vegna vindorkuvera (May o.fl. 2010). Vegna viðkvæmni tegundarinnar og óvissu í niðurstöðum er lagt er til að farið verði í frekari rannsóknir á notkun hafarna á rannsóknarsvæðinu áður en ákvörðun verður tekin um uppbyggingu vindorkuvers, enda eru tvö hafarnaróðul innan 10 km fjarlægðar frá því og sjö innan 20 km fjarlægðar samkvæmt upplýsingum frá Náttúrufræðistofnun Íslands. Rannsóknirnar þyrftu að taka til sömu þátta og fyrir himbrima, þ.e. hvaða einstaklingar eru á ferðinni, á hvaða tíma sólarhrings og árs á flugið sér helst stað og hvaða flugleiðir eru notaðar.

Rjúpa

Algjör óvissa er með rjúpur og áflugshættu þeirra. Þær sáust ítrekað og það heyrðist í þeim í myrkri um haustið en aðeins einn flugferill var greindur. Rjúpur eru þekktar fyrir að ferðast að næturlagi og eru viðkvæmar fyrir áflugi við vindmyllur (Bevanger o.fl. 2008). Það eru því líkur á að afföll rjúpna gætu orðið nokkur. Rjúpan fellur ekki undir neinn þeirra verndarflokka sem skoðaðir voru en er vinsæl veiðibrað hér á landi.

Að lokum er rétt að benda á að þessi rannsókn tók aðeins til umferðarfugla en ekki varpfugla. Þéttleiki mófugla var metinn 134 óðul/km² innan rannsóknarsvæðisins árið 2019 (Ólafur Einarsson 2021) og áhrif á þá voru ekki hluti rannsóknarinnar. Auk áflugs geta áhrif vindorkuversins á staðbundna mófugla falist í búsvæðatapi og forðun.

Mótvægisaðgerðir

Mikilvæg almenn forsenda hvers konar mótvægisaðgerða er að fyrir liggi góð og svæðisbundin þekking á þeim tegundum sem aðgerðirnar beinast að. Ýmsar mótvægisaðferðir hafa verið reyndar til að koma í veg fyrir neikvæð áhrif vindorkuvera á fuglalíf og hafa sumar þeirra gefið ágæta raun fyrir ákveðnar tegundir á ákveðnum stöðum (Bennun o.fl. 2021). Margar þessara mótvægisaðgerða eru í þróun og hafa sumar virkað misjafnlega eftir svæðum og tegundum. Það er því ekki hægt að segja til um hve skilvirkar þessar aðferðir yrðu á Hróðnýjarstöðum en hér er verða nokkrar nefndar sem gætu komið til álita:

Aukning á sýnileika mannvirkja

Fuglar virðast eiga auðveldara með að greina spaða vindmylla á hreyfingu ef einn þeirra er málaður svartur (Hodos 2003). Áhrif þess á afföll í vindorkuveri hafa aðeins einu sinni verið athuguð (May o.fl. 2020). Niðurstaðan var rúmlega 70% fækkun fuglahræja í nágrenni þeirra vindmylla sem voru með einn svartan spaða. Áhrifin voru misjöfn eftir tegundum en þar sem aðeins er um eina rannsókn er að ræða er ekki hægt að yfirfæra niðurstöðurnar yfir á önnur svæði. Dalrjúpur (*Lagopus lagopus*) voru undanskildar í rannsókninni þar sem sýnt þótti að þær flygju frekar á turna vindmyllanna en spaðana. Gerð var önnur rannsókn í sama vindorkuveri þar sem neðstu 10 m af turnum vindmylla voru málaðir svartir (Stokke o.fl. 2020). Við það fækkaði hræjum dalrjúpna um næstum helming. Dalrjúpan er náskyld rjúpunni sem er á Íslandi og því er mögulegt að þessi aðferð gæti nýst við að draga úr afföllum rjúpna.

Tækni til að draga út afföllum

Ýmiss tæknibúnaður hefur verið hannaður til að draga úr áflugi fugla við vindmyllur (Bennun o.fl. 2021). Slíkur búnaður byggir vanalega á annað hvort á myndavélum eða ratsjá til að greina fugla sem stefna í átt að ratsjá. Ef búnaðurinn greinir hættu við ákveðna vindmyllu þá er annað hvort slökkt á þeirri vindmyllu eða kveikt á hljóðgjafa sem gefur hljóð sem fuglar forðast, oftast viðvörunarhljóð einhvern

tegundar. Aðlaga þarf þessa búnaði að hverjum stað fyrir sig, þeim tegundum sem þar eru og ef notuð eru viðvörunarhljóð fugla þá þarf að finna út hvaða hljóð virka best.

Af tækjum sem byggja á ljósmyndun virðist IdentiFlight (<https://www.identiflight.com/>) hafa staðið sig vel í greiningu fugla, sérstaklega arna og nákvæma skráningu á flugferlum þeirra innan vindorkuvera (McClure o.fl. 2018, Rogers 2022). Ókostur við þessa aðferð er að hún virkar aðeins í dagsbirtu en ekki að næturlagi og í slæmri birtu sem oft er á Íslandi. DTBird (<https://www.dtbird.com/index.php>) byggir á svipaðri tækni en er með minni greiningarhæfni en IdentiFlight (H.T. Harvey & Associates 2018).

Ratsjár geta greint flug fugla í myrkri en með þeim er ekki hægt að greina tegundir eins og með ljósmyndataekninni. Drægni þeirra er mun meiri en myndavélanna en þær eru á móti mun dýrari búnaður. Af ratsjárkerfum má nefna Robin Radar Max (<https://www.robinradar.com/max-avian-radar-system>) sem er fullkominn en mjög dýr búnaður. Slíkur búnaður er notaður við vindorkuver í sjó við Finnland til að draga út afföllum hafarna og svartbaka (Bennun o.fl. 2021). STRIX Birdrack (<https://strixinternational.com/>) er annar ratsjárþúnaður sem verið hefur notaður með ágætum árangri en ávallt tengdur mönnum athugunum.

Heimildir

- Aðalsteinn Örn Snæþórsson, Ib Krag Petersen, Thorsten J. Skovbjerg Balsby, Yann Kolbeinsson og Þorkell Lindberg Þórarinnsson (2015). *Fuglar og vindmyllur í Búrfellslundi*. Náttúrustofa Norðausturlands, NNA-1504.
- Aðalsteinn Örn Snæþórsson, Ib Krag Petersen, Thorsten J. Skovbjerg Balsby, Yann Kolbeinsson og Þorkell Lindberg Þórarinnsson (2020). *Áætluð afföll fugla vegna áflugs við vindmyllur í Búrfellslundi. Rannsóknir vegna nýrrar útfærslu árið 2019*. Náttúrustofa Norðausturlands, NNA-2003.
- Alerstam T., Rosén, M., Bäckman, J., Ericson, P.G.P. og Hellgren, O. (2007). *Flight speeds among bird species: allometric and phylogenetic effects*. Plos Biology 5(8): e197. <https://www.doi.org/10.1371/journal.pbio.0050197>
- American Wind Wildlife Institute (2019). *Wind turbine interactions with wildlife and their habitats. A summary of research results and priority questions*. <https://rewi.org/wp-content/uploads/2019/05/Wind-Wildlife-Impacts-Summary-2019.pdf>.
- Avian Power Line Interaction Committee (2012). *Reducing avian collisions with power lines: The state of the art in 2012*. Edison Electric Institute and APLIC.
- Band, B. (2012). *Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore windfarms*. The Crown Estate, SOSS report.
- Band, W., Madders, M. og Whitfield, D.P. (2007). *Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms*. Í De Lucas, M., Janss, G. Og Ferrer, M. (ritstjórar), Birds and Wind Power. Quercus Editions. https://www.natural-research.org/application/files/4114/9182/2839/Band_et_al_2007.pdf.
- Bevanger, K., Follestad, A., Gjershaug, J.O., Halley, D., Hanssen, F., Johnsen, L., May, R., Nygård, T., Pedersen, H.C., Reitan, O. og Steinheim, Y. (2008). *Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway*. A status report January 1 2008. NINA Report 355. <https://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rapport/2008/355.pdf>.
- Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, C., Phair, N. og Caarbone, G. (2021). *Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development. Guidelines for project developers*. IUCN and Cambridge. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2021.04.en>
- Cochran, W.W. og Applegate, R.D. (1986). *Speed of flapping flight of merlins and peregrine falcons*. The Condor 88(3), 397-398.
- Dai, K., Bergot, A., Liang, C., Xiang, W-N. og Huang Z. (2015). *Environmental issues associated with wind energy – A review*. Renewable Energy 75: 911-921. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.074>.
- Drewitt, A.L. og Langston, R.H.W. (2006). *Assessing the impacts of wind farms on birds*. Ibis 148: 29-42. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>.
- European Environment Agency 2023. *Revised Annex I of Resolution 6 (1998) of the Bern Convention listing the species requiring specific habitat conservation measures (year of revision 2011)*. skoðað þann 22.5.2023 á síðunni: <https://eunis.eea.europa.eu/references/2443/species>.
- Guðmundur A. Guðmundsson og Kristinn Haukur Skarphéðinsson (2012). *Vöktun íslenskra fuglastofna: Forgangsröðun tegunda og tillögur að vöktun*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-12010.
- Hendenström, A. og Åkesson S. (2016). *Ecology of tern flight in relation to wind topography and aerodynamic theory*. Phil. Trans. R. Soc. B 371, 20150396. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0396>.
- Hodos, W. (2003). *Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collision with Wind Turbines*. National Renewable Energy Laboratory, NREL/SR-500-33249. <https://www.nrel.gov/docs/fy03osti/33249.pdf>.
- H.T. Harvey & Associates (2018). *Evaluating a Commercial-Ready Technology for Raptor Detection and Deterrence at a Wind Energy Facility in California*. American Wind Wildlife Institute. <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/AWWI-DTBird-Technical-Report-2018.pdf>.
- Kristinn Haukur Skarphéðinsson (2018a). *Snjótittlingur (Plectrophenax nivalis)*. Skoðað þann 3.5.2023 á síðunni: <https://www.ni.is/is/biota/animalia/chordata/aves/passeriformes/snjotittlingur-plectrophenax-nivalis>.
- Kristinn Haukur Skarphéðinsson (2018b). *Hrafn (Corvus corax)*. Skoðað þann 3.5.2023 á síðunni: <https://www.ni.is/is/biota/animalia/chordata/aves/passeriformes/hrafn-corvus-corax>.
- Kristinn Haukur Skarphéðinsson (2018c). *Svartbakur (Larus marinus)*. Skoðað þann 3.5.2023 á síðunni: <https://www.ni.is/is/biota/animalia/chordata/aves/charadriiformes/svartbakur-larus-marinus>.
- Kristinn Haukur Skarphéðinsson (2018d). *Himbrimi (Gavia immer)*. Skoðað þann 3.5.2023 á síðunni: <https://www.ni.is/is/biota/animalia/chordata/aves/ciconiiformes/himbrimi-gavia-immer>.
- Kristinn Haukur Skarphéðinsson (2018e). *Haförn (Haliaeetus albicilla)*. Skoðað þann 3.5.2023 á síðunni: <https://www.ni.is/is/biota/animalia/chordata/aves/falconiformes/haforn-haliaeetus-albicilla>.
- Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Borgný Katrínardóttir, Guðmundur A. Guðmundsson og Svenja N.V. Auhage (2016). *Mikilvæg fuglasvæði á Íslandi*. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 55. Rafræn útgáfa leiðrétt í maí 2018. https://utgafa.ni.is/fjolrit/Fjolrit_55.pdf.
- Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Ólafur K. Nielssen, Skarphéðinn Þórisson og Ib Krag Pedersen (1992). *Varpútbreiðsla og fjöldi hrafna á Íslandi*. Bliki 11: 1-26.
- Krone, O., Berger, A. og Shulte, R. (2009). *Recording movements and activity pattern of a White-tailed Sea Eagle (Haliaeetus albicilla) by a GPS datalogger*. Journal of Ornithology 150:273-280. <https://doi.org/10.1007/s10336-008-0347-1>.
- May, R., Hoel, P.L., Langston, R., Dahl, E.L., Bevanger, K., Reitan, O., Nygård, T., Pedersen, H.C., Røskft, E. og Stokke, B.G. (2010). *Collision risk in white-tailed eagles. Modelling collision risk using vantage point observations in Smøla wind-power plant*. NINA Report 639. <https://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rapport/2010/639.pdf>.

- May, R., Nygård, T., Falkdalen, U., Åström, J., Hamre, Ø. og Stokke B.G. (2020). *Paint it black: Efficiency of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities*. Ecology and Evolution, 2020;10:8927-8935. <https://doi.org/10.1002/ece3.6592>
- McClure, C.J.W., Martinson, L. og Allison, T. (2018). *Automated monitoring for birds in flight: proof of concept with eagles at a wind power facility*. Biological Conservation 224:26-33. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.04.041>
- Montgomerie, R. Og Lyon, B. (2020). *Snow bunting (Plectrophenax nivalis), version 1.0*. Í Billerman, S.M., Keeney, B.K., Rodewald, P.G. og Schulenberg, T.S. (ritstjórar), Birds of the World. Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.snobun.01>.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2023a). *Forgangstegundir fugla*. Skoðað þann 20. júní 2023 á vefslóðinni: <https://www.ni.is/is/midlun/natturuminjaskra/forgangstegundir-fugla>.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2023b). *Válisti fugla*. Skoðað þann 20. júní 2023 á vefslóðinni: <https://www.ni.is/is/midlun/utgafa/valistar/fuglar/valisti-fugla>.
- Orta, J., Kirwan, G.M., Christie, D.A., Boesman, P.F.D. og Marks J.S. (2020). *White-tailed Eagle (Haliaeetus albicilla), version 1.0*. Í del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. og de Juana, E. (ritstjórar), Birds of the World. Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.whteag.01>.
- Ólafur Einarsson (2021). *Mófuglar í landi Hróðnýjarstaða, Laxárdal, Dalasýslu*. Minnisblað unnið fyrir Verkís, 3 bls.
- Paruk, J. D., Evers, D.C., McIntyre, J.W., Barr, J.F., Mager, J., og Piper W.H. (2021). *Common Loon (Gavia immer), version 2.0*. Í Rodewald P.G. og Keeney, B.K. (ritstjórar). Birds of the World. Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.comloo.02>.
- Pennycuik C.J., Åkesson, S. & Hedenström, A. (2013). *Air speeds of migrating birds observed by ornithodolite and compared with predictions from flight theory*. J. R. Soc. Interface 10:20130419. <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2013.0419>.
- Piersma T., Hedenström J. og Bruggemann J.H. (2008). *Climb and flight speeds of shorebirds embarking on an intercontinental flight; do they achieve the predicted optimal behaviour?* Ibis 139(2), 299-304. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1997.tb04628.x>
- R Core Team (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vín, Austurríki. <https://www.R-project.org/>.
- Rogers, D. (2022). *Assessment of Effectiveness of the IdentiFlight Avian Detection System*. Goldwind, CH-PM-REP-0125. https://cattlehillwindfarm.com/wp-content/uploads/2022/03/Assessment-of-IDF-Avian-Detection-System-FINAL_updated.pdf
- Scottish Natural Heritage (2018). *Avoidance rates for the onshore SNH wind farm collision risk model*. Sótt þann 21. sept. 2023 á: <https://www.nature.scot/sites/default/files/2018-09/Wind%20farm%20impacts%20on%20birds%20-%20Use%20of%20Avoidance%20Rates%20in%20the%20SNH%20Wind%20Farm%20Collision%20Risk%20Model.pdf>
- Sigurður Jóhannesson (2022). Tölvupóstur sendur 4. febrúar 2022.
- Skipulagsstofnun (2020). *80 – 130 MW vindorkuver í landi Hróðnýjarstaða, Dalabyggð*. Ákvörðun um matsáætlun, 8 bls.
- Stokke, B.G., Nygård, T., Falkdalen, U., Pedersen, H.C. og May, R. (2020). *Effect of tower base painting on willow ptarmigan collision rates with wind turbines*. Ecology and Evolution 2020;110:5670-5679. <https://doi.org/10.1002/ece3.6307>
- Stormorka (2019). *Storm I. 80 – 130 MW vindorkugarður, Hróðnýjarstöðum, Dalasýslu. Mat á umhverfisáhrifum*. Tillaga að matsáætlun, 50 bls.
- Svensson, L., Mullarney, K. og Zetterström, D. (2009). *Collins Bird Guide, 2nd edition*. HarperCollins Publishers.

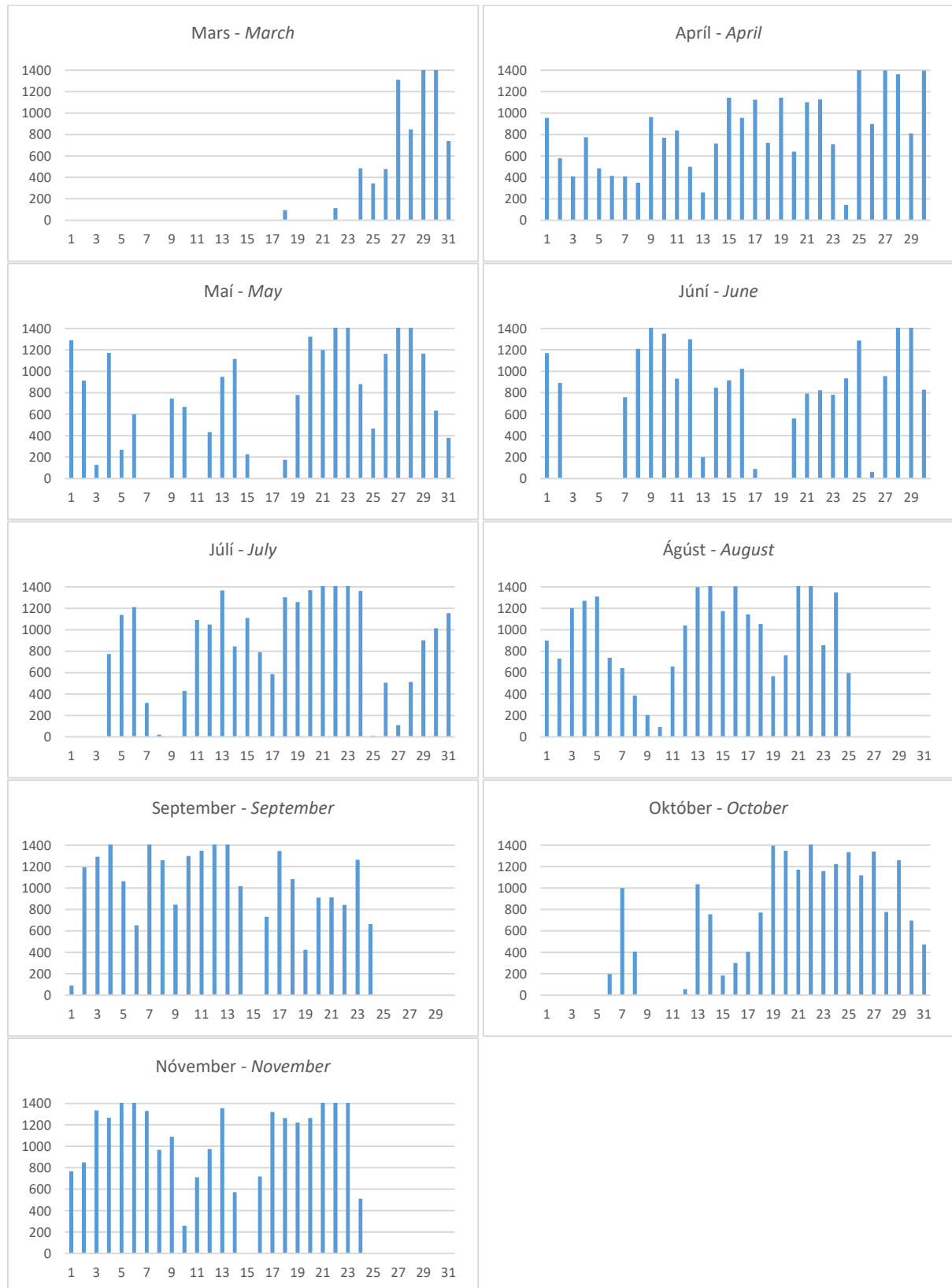
1. viðauki – Fuglategundir og verndarstaða

Fuglategundir sem sáust á Hróðnýjarstöðum árið 2022 og verndarstaða þeirra. Undir válista eru eftirfarandi tákn notuð: EN = tegund í hættu, VU = tegund í nokkurri hættu. – *Bird species observed at Hróðnýjarstaðir in 2022. Válisti = status on the Icelandic red list, Bernarsamningur = species requiring specific conservation according to the Annex I of the Bern Convention, Ábyrgðartegund = species where 20% or more of the European population is in Iceland at any time.*

Tegund	Fræðiheiti	Válisti	Bernarsamningur	Ábyrgðartegund
Rjúpa	<i>Lagopus muta</i>			
Helsingi	<i>Branta leucopsis</i>		x	
Grágæs	<i>Anser anser</i>			
Heiðagæs	<i>Anser brachyrhynchus</i>			x
Álft	<i>Cygnus cygnus</i>		x	
Stökkönd	<i>Anas platyrhynchos</i>			
Duggönd	<i>Aythya marila</i>	EN		
Toppönd	<i>Mergus serrator</i>			
Gulönd	<i>Mergus merganser</i>	VU		
Sandlóa	<i>Charadrius hiaticula</i>			x
Heiðlóa	<i>Pluvialis apricaria</i>		x	x
Spói	<i>Numenius phaeopus</i>			x
Jaðrakan	<i>Limosa limosa</i>			x
Rauðbrystingur	<i>Calidris canutus</i>			x
Lóupræll	<i>Calidris alpina</i>		x	x
Hrossagaukur	<i>Gallinago gallinago</i>			
Óðinshani	<i>Phalaropus lobatus</i>		x	
Stelkur	<i>Tringa totanus</i>			
Hettumáfur	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>			
Stormmáfur	<i>Larus canus</i>			
Svartbakur	<i>Larus marinus</i>	EN		
Hvítmáfur	<i>Larus hyperboreus</i>	EN		
Bjartmáfur	<i>Larus glaucoides</i>			
Sílamáfur	<i>Larus fuscus</i>			
Kría	<i>Sterna paradisaea</i>	VU	x	x
Kjóí	<i>Stercorarius parasiticus</i>	EN		
Lómur	<i>Gavia stellata</i>		x	
Himbrimi	<i>Gavia immer</i>	VU	x	x
Dílaskarfur	<i>Phalacrocorax carbo</i>			
Haförn	<i>Haliaeetus albicilla</i>	EN	x	
Smyrill	<i>Falco columbarius</i>		x	
Fálki	<i>Falco rusticolus</i>	VU	x	x
Hrafn	<i>Corvus corax</i>	VU		
Stari	<i>Sturnus vulgaris</i>			
Skógarpröstur	<i>Turdus iliacus</i>			
Steindepill	<i>Oenanthe oenanthe</i>			
Maríuerla	<i>Motacilla alba</i>			
Þúfuttittlingur	<i>Anthus pratensis</i>			
Auðnutittlingur	<i>Acanthis flammea</i>			
Snjótittlingur	<i>Plectrophenax nivalis</i>	VU		

2. viðauki – Gagnamagn úr lóðréttum athugunum

Yfirlit um gagnamagn sem fékkst við lóðréttar ratsjárrannsóknir á Hróðnýjarstöðum árið 2022. Súluritín sýna fjölda skjáskota sem fengust hvern dag. – *Number of useable screen captures pr. day from vertical radar at Hróðnýjarstaðir in 2022.*



3. viðauki – Hlutfall umferðarfugla

Hlutfall umferðarfugla sem notað var í mati á áflugshættu á Hróðnýjarstöðum. Hlutföllin í apríl, maí, ágúst, september og október byggja á athugunum frá láréttri ratsjá. – *Migrant ratio used for the Band model on data from Hróðnýjarstaðir in 2022. The ratio for April, May, August, September and October are based on observations from horizontal radar.*

	Varpfuglar – <i>Breeders</i>	Umferðarfuglar – <i>Migrants</i>	Hlutfall umferðarfugla – <i>Migrant ratio</i>	Notað hlutfall – <i>Ratio used</i>
Mars – <i>March</i>				100%
Apríl – <i>April</i>	418	179	30%	30%
Maí – <i>May</i>	1263	683	35%	35%
Júní – <i>June</i>				35%
Júlí – <i>July</i>				35%
Ágúst – <i>August</i>	102	508	83%	83%
September – <i>September</i>	13	268	95%	95%
Október – <i>October</i>	3	231	99%	99%
Nóvember – <i>November</i>				100%

4. viðauki – Mánaðarlegur þéttleiki fugla á flugi og áflugsmat

Mánaðarlegur þéttleiki fugla á flugi innan 350 m hæðar á Hróðnýjarstöðum. Gildin gefa meðalfjölda fugla á flugi yfir 1 km² lands. – *Monthly flight density below 350 m above ground at Hróðnýjarstaðir. Given values are the average number of birds in flight over 1km² of land.*

Tegund - Species	Mánuður - Month								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Grágæs – <i>Anser anser</i>	0,0125	0,0490	0,0149	0,0099	0,0102	0,0498	0,0302	0,0000	0,0000
Heiðagæs – <i>Anser brachyrhynchos</i>	0,0055	0,0216	0,0657	0,0437	0,0449	0,0598	0,0577	0,0000	0,0000
Álft – <i>Cygnus cygnus</i>	0,0009	0,0035	0,0010	0,0007	0,0007	0,0000	0,0172	0,0060	0,0017
Stökkönd – <i>Anas platyrhynchos</i>	0,0009	0,0035	0,0025	0,0016	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Heiðlóa – <i>Pluvialis paricaria</i>	0,0240	0,0941	0,0775	0,0516	0,0529	0,0289	0,0718	0,0208	0,0059
Spói – <i>Numenius phaeopus</i>	0,0000	0,0000	0,0527	0,0351	0,0360	0,0439	0,0043	0,0000	0,0000
Jaðrakan – <i>Limosa limosa</i>	0,0002	0,0010	0,0089	0,0059	0,0061	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Rauðbrystingur – <i>Calidris canutus</i>	0,0000	0,0000	0,0122	0,0081	0,0083	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lóupræll – <i>Calidris alpina</i>	0,0000	0,0000	0,0130	0,0087	0,0089	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hrossagaukur – <i>Gallinago gallinago</i>	0,0033	0,0130	0,0151	0,0101	0,0103	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000
Stelkur – <i>Tringa totanus</i>	0,0010	0,0037	0,0087	0,0058	0,0059	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hettumáfur – <i>Chroicocephalus ridibundus</i>	0,0003	0,0012	0,0041	0,0028	0,0028	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Stormmáfur – <i>Larus canus</i>	0,0000	0,0000	0,0049	0,0033	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Svartbakur – <i>Larus marinus</i>	0,0064	0,0249	0,0188	0,0125	0,0128	0,0118	0,0000	0,0094	0,0026
Sílamáfur – <i>Larus fuscus</i>	0,0016	0,0061	0,0071	0,0047	0,0048	0,0201	0,0000	0,0000	0,0000
Kría – <i>Sterna paradisaea</i>	0,0000	0,0000	0,0076	0,0050	0,0052	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Kjóí – <i>Stercorarius parasiticus</i>	0,0002	0,0007	0,0112	0,0074	0,0076	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lómur – <i>Gavia stellata</i>	0,0004	0,0014	0,0071	0,0047	0,0048	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000
Himbrimi – <i>Gavia immer</i>	0,0007	0,0029	0,0096	0,0064	0,0065	0,0434	0,0407	0,0000	0,0000
Dílaskarfur – <i>Phalacrocorax carbo</i>	0,0001	0,0005	0,0035	0,0023	0,0024	0,0190	0,0174	0,0000	0,0000
Haförn – <i>Haliaeetus albicilla</i>	0,0003	0,0011	0,0005	0,0003	0,0003	0,0023	0,0000	0,0054	0,0015
Smyrill – <i>Falco columbarius</i>	0,0000	0,0000	0,0006	0,0004	0,0004	0,0030	0,0021	0,0108	0,0031
Hrafn – <i>Corvus corax</i>	0,0007	0,0026	0,0030	0,0020	0,0021	0,0290	0,0551	0,1131	0,0319
Þúfuttlingur – <i>Anthus pratensis</i>	0,0041	0,0160	0,0176	0,0117	0,0120	0,0564	0,0195	0,0068	0,0019
Snjótittlingur – <i>Plectrophenax nivalis</i>	0,0000	0,0000	0,0235	0,0156	0,0160	0,0000	0,2345	0,0000	0,0000

Áflugsmat eftir mánuðum ársins á Hróðnýjarstöðum. – *Collision estimate divided by months at Hróðnýjarstaðir.*

	Mánuður - Month									Alls -
Tegund - Species	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Grágæs – <i>Anser anser</i>	0,2	0,6	0,2	0,1	0,1	0,7	0,4	0,0	0,0	2,3
Heiðagæs – <i>Anser brachyrhynchos</i>	0,1	0,2	0,7	0,5	0,5	0,7	0,6	0,0	0,0	3,4
Álft – <i>Cygnus cygnus</i>	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,5
Stökkönd – <i>Anas platyrhynchos</i>	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Heiðlóa – <i>Pluvialis paricaria</i>	2,0	7,6	6,5	4,2	4,4	2,4	5,8	1,7	0,5	35,2
Spói – <i>Numenius phaeopus</i>	0,0	0,0	4,8	3,1	3,3	4,0	0,4	0,0	0,0	15,5
Jaðrakan – <i>Limosa limosa</i>	0,0	0,1	0,8	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9
Rauðbrystingur – <i>Calidris canutus</i>	0,0	0,0	1,2	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
Lóupræll – <i>Calidris aplina</i>	0,0	0,0	1,1	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
Hrossagaukur – <i>Gallinago gallinago</i>	0,3	1,1	1,4	0,9	0,9	0,0	0,2	0,0	0,0	4,8
Stelkur – <i>Tringa totanus</i>	0,1	0,2	0,5	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
Hettumáfur – <i>Chroicocephalus ridibundus</i>	0,0	0,1	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
Stormmáfur – <i>Larus canus</i>	0,0	0,0	0,4	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
Svartbakur – <i>Larus marinus</i>	0,6	2,1	1,6	1,0	1,1	1,0	0,0	0,8	0,2	8,5
Sílamáfur – <i>Larus fuscus</i>	0,1	0,5	0,6	0,4	0,4	1,7	0,0	0,0	0,0	3,7
Kría – <i>Sterna paradisaea</i>	0,0	0,0	0,5	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
Kjóí – <i>Stercorarius parasiticus</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Lómur – <i>Gavia stellata</i>	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,6
Himbrimi – <i>Gavia immer</i>	0,0	0,1	0,3	0,2	0,2	1,4	1,3	0,0	0,0	3,6
Dílaskarfur – <i>Phalacrocorax carbo</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,5	0,4	0,0	0,0	1,1
Haförn – <i>Haliaeetus albicilla</i>	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,7	0,2	1,5
Smyrill – <i>Falco columbarius</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,7	0,2	1,4
Hrafn – <i>Corvus corax</i>	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	1,9	3,5	7,5	2,0	15,6
Þúfuttlingur – <i>Anthus pratensis</i>	0,2	0,6	0,7	0,5	0,5	2,3	0,8	0,3	0,1	5,8
Snjótittlingur – <i>Plectrophenax nivalis</i>	0,0	0,0	1,3	0,9	0,5	0,0	13,0	0,0	0,0	16,1
Alls - Total	3,7	14,0	23,7	15,3	16,2	17,0	26,9	11,8	3,2	131,7

Mánaðarlegur þéttleiki fugla á flugi innan 350 m hæðar á birtutíma á Hróðnýjarstöðum. Gildin gefa meðalfjölda fugla á flugi yfir 1 km² lands. – *Monthly flight density during daylight hours below 350 m height at Hróðnýjarstaðir. Given values are the average number of birds on flight above 1km² area.*

Tegund - Species	Mánuður - Month								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Grágæs – <i>Anser anser</i>	0,0082	0,0483	0,0148	0,0099	0,0102	0,0370	0,0132	0,0000	0,0000
Heiðagæs – <i>Anser brachyrhynchos</i>	0,0036	0,0213	0,0653	0,0437	0,0449	0,0444	0,0252	0,0000	0,0000
Álft – <i>Cygnus cygnus</i>	0,0006	0,0035	0,0010	0,0007	0,0007	0,0000	0,0075	0,0032	0,0012
Stökkönd – <i>Anas platyrhynchos</i>	0,0006	0,0034	0,0025	0,0016	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Heiðlóa – <i>Pluvialis apricaria</i>	0,0158	0,0927	0,0770	0,0516	0,0529	0,0214	0,0313	0,0111	0,0043
Spói – <i>Numenius phaeopus</i>	0,0000	0,0000	0,0524	0,0351	0,0360	0,0326	0,0019	0,0000	0,0000
Jaðrakan – <i>Limosa limosa</i>	0,0002	0,0009	0,0088	0,0059	0,0061	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Rauðbrystingur – <i>Calidris canutus</i>	0,0000	0,0000	0,0121	0,0081	0,0083	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lóupræll – <i>Calidris alpina</i>	0,0000	0,0000	0,0130	0,0087	0,0089	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hrossagaukur – <i>Gallinago gallinago</i>	0,0022	0,0128	0,0150	0,0101	0,0103	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000
Stelkur – <i>Tringa totanus</i>	0,0006	0,0037	0,0086	0,0058	0,0059	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hettumáfur – <i>Chroicocephalus ridibundus</i>	0,0002	0,0012	0,0041	0,0028	0,0028	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Stormmáfur – <i>Larus canus</i>	0,0000	0,0000	0,0049	0,0033	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Svartbakur – <i>Larus marinus</i>	0,0042	0,0246	0,0187	0,0125	0,0128	0,0087	0,0000	0,0050	0,0019
Sílamáfur – <i>Larus fuscus</i>	0,0010	0,0060	0,0070	0,0047	0,0048	0,0150	0,0000	0,0000	0,0000
Kría – <i>Sterna paradisaea</i>	0,0000	0,0000	0,0075	0,0050	0,0052	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Kjóí – <i>Stercorarius parasiticus</i>	0,0001	0,0007	0,0111	0,0074	0,0076	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lómur – <i>Gavia stellata</i>	0,0002	0,0014	0,0071	0,0047	0,0049	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000
Himbrimi – <i>Gavia immer</i>	0,0005	0,0029	0,0095	0,0064	0,0065	0,0322	0,0178	0,0000	0,0000
Dílaskarfur – <i>Phalacrocorax carbo</i>	0,0001	0,0005	0,0035	0,0023	0,0024	0,0141	0,0076	0,0000	0,0000
Haförn – <i>Haliaeetus albicilla</i>	0,0002	0,0011	0,0005	0,0003	0,0003	0,0017	0,0000	0,0029	0,0011
Smyrill – <i>Falco columbarius</i>	0,0000	0,0000	0,0006	0,0004	0,0004	0,0022	0,0009	0,0058	0,0022
Hrafn – <i>Corvus corax</i>	0,0004	0,0025	0,0030	0,0020	0,0021	0,0215	0,0240	0,0605	0,0232
Þúfuttittlingur – <i>Anthus pratensis</i>	0,0027	0,0157	0,0175	0,0117	0,0120	0,0418	0,0085	0,0036	0,0014
Snjótittlingur – <i>Plectrophenax nivalis</i>	0,0000	0,0000	0,0233	0,0156	0,0160	0,0000	0,1023	0,0000	0,0000

Áflugsmat á birtutíma eftir mánuðum ársins á Hróðnýjarstöðum. – *Collision estimate each month based on daylight bird traffic at Hróðnýjarstaðir.*

	Mánuður - Month									
Tegund - Species	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Alls - Total
Grágæs – <i>Anser anser</i>	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,4	0,1	0,0	0,0	1,4
Heiðagæs – <i>Anser brachyrhynchos</i>	0,0	0,2	0,7	0,5	0,5	0,4	0,2	0,0	0,0	2,5
Álft – <i>Cygnus cygnus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2
Stökkönd – <i>Anas platyrhynchos</i>	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
Heiðlóa – <i>Pluvialis apricaria</i>	0,7	5,4	6,1	4,2	4,4	1,4	1,6	0,4	0,1	24,4
Spói – <i>Numenius phaeopus</i>	0,0	0,0	4,5	3,1	3,2	2,3	0,1	0,0	0,0	13,3
Jaðrakan – <i>Limosa limosa</i>	0,0	0,1	0,7	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
Rauðbrystingur – <i>Calidris canutus</i>	0,0	0,0	1,0	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4
Lóupræll – <i>Calidris alpina</i>	0,0	0,0	1,0	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4
Hrossagaukur – <i>Gallinago gallinago</i>	0,1	0,8	1,3	0,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1
Stelkur – <i>Tringa totanus</i>	0,0	0,1	0,4	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
Hettumáfur – <i>Chroicocephalus ridibundus</i>	0,0	0,1	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
Stormmáfur – <i>Larus canus</i>	0,0	0,0	0,4	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
Svartbakur – <i>Larus marinus</i>	0,2	1,5	1,5	1,0	1,1	0,6	0,0	0,2	0,1	6,2
Sílamáfur – <i>Larus fuscus</i>	0,0	0,4	0,6	0,4	0,4	1,0	0,0	0,0	0,0	2,7
Kría – <i>Sterna paradisaea</i>	0,0	0,0	0,5	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
Kjóí – <i>Stercorarius parasiticus</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Lómur – <i>Gavia stellata</i>	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Himbrimi – <i>Gavia immer</i>	0,0	0,1	0,3	0,2	0,2	0,8	0,4	0,0	0,0	2,0
Dílaskarfur – <i>Phalacrocorax carbo</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,6
Haförn – <i>Haliaeetus albicilla</i>	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,6
Smyrill – <i>Falco columbarius</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,5
Hrafn – <i>Corvus corax</i>	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	1,1	0,9	1,9	0,5	5,1
Þúfuttlingur – <i>Anthus pratensis</i>	0,1	0,4	0,7	0,5	0,5	1,3	0,2	0,1	0,0	3,7
Snjótittlingur – <i>Plectrophenax nivalis</i>	0,0	0,0	1,3	0,9	0,9	0,0	3,5	0,0	0,0	6,5
Alls - Total	1,4	10,0	22,3	15,3	16,1	10,0	7,2	3,0	0,8	86,0

5. viðauki – Umferð GPS merktra hafarna

Ferðir ungra hafarna með GPS-senda við Hróðnýjarstaði 2019-2022 (Náttúrufræðistofnun Íslands, óbirt gögn). Rannsóknarsvæðið er afmarkað með blárrí línu. – *GPS tracks from immature White-tailed Eagles (Haliaeetus albicilla) around Hróðnýjarstaðir in 2019-2022. The proposed construction area is outlined in blue. Unpublished data from the Icelandic Institute of Natural History.*

