

FUGLAR-HRÓÐNÝJARSTAÐIR

MINNISBLAÐ

VERKNÚMÉR: 18274002
VERKHLUTI: 02
HÖFUNDUR: Arnór Þ. Sigfússon
RÝNIR: Sigurlaug Sigurðardóttir
DREIFING: Verkkaupi

DAGS.: 2025-01-28
NR.: 01
ÚTGÁFA 01

Efni: Fuglaathuganir vegna vindorkuvers Stormorku að Hróðnýjarstöðum í Dalasýslu.

VP athugun

Verkís framkvæmdi athugun frá tveim útsýnisstöðum (VP rannsókn) við fyrirhugað vindorkuverssvæði að Hróðnýjarstöðum í Dalasýslu í 14 mánuði á árunum 2018–2019. Rannsóknin var framkvæmd í samræmi við tillögu Storm Orku sem send var Skipulagsstofnun 8. apríl 2019, þar sem lagt var til að árs löng VP rannsókn yrði framkvæmd í samræmi við aðferðafræði NatureScot (NS)¹. Skipulagsstofnun gaf út leiðbeiningar í desember 2017² um nýtingu og skipulag vindorku þar sem vísað var til leiðbeininga sem gefnar voru út af Scottish Natural Heritage, nú NatureScot.

Samkvæmt leiðbeiningum NS þá var talið að tveir útsýnispunktar (VP) væru fullnægjandi út frá fjölda vindmylla og stærð vindorkusvæðis. Útsýnispunktarnir voru valdir með tilliti til yfirsýnar yfir fyrirhugað vindorkuverssvæði (mynd 1.). Frá VP1 sem er nærri suðurjaðri framkvæmdasvæðis var horft í norðaustur og var athugunarsvæðið 180° og hámarks athugunarsvæði 2 km. Frá VP2 var horft til suðvesturs og var athugunarsvæðið aftur 180° og hámarks athugunarsvæði 2 km. Aðeins stærstu fuglar eru sjáanlegir svo vel sé á 2 km færi svo mest af athugunum sem skráðar voru sáust á mun skemmra færi. Á hvorum útsýnispunkti voru athugunardagar 8, fjórir á varptíma og fjórir utan varptíma. Við hverja athugun var skráð samkvæmt leiðbeiningum NS:

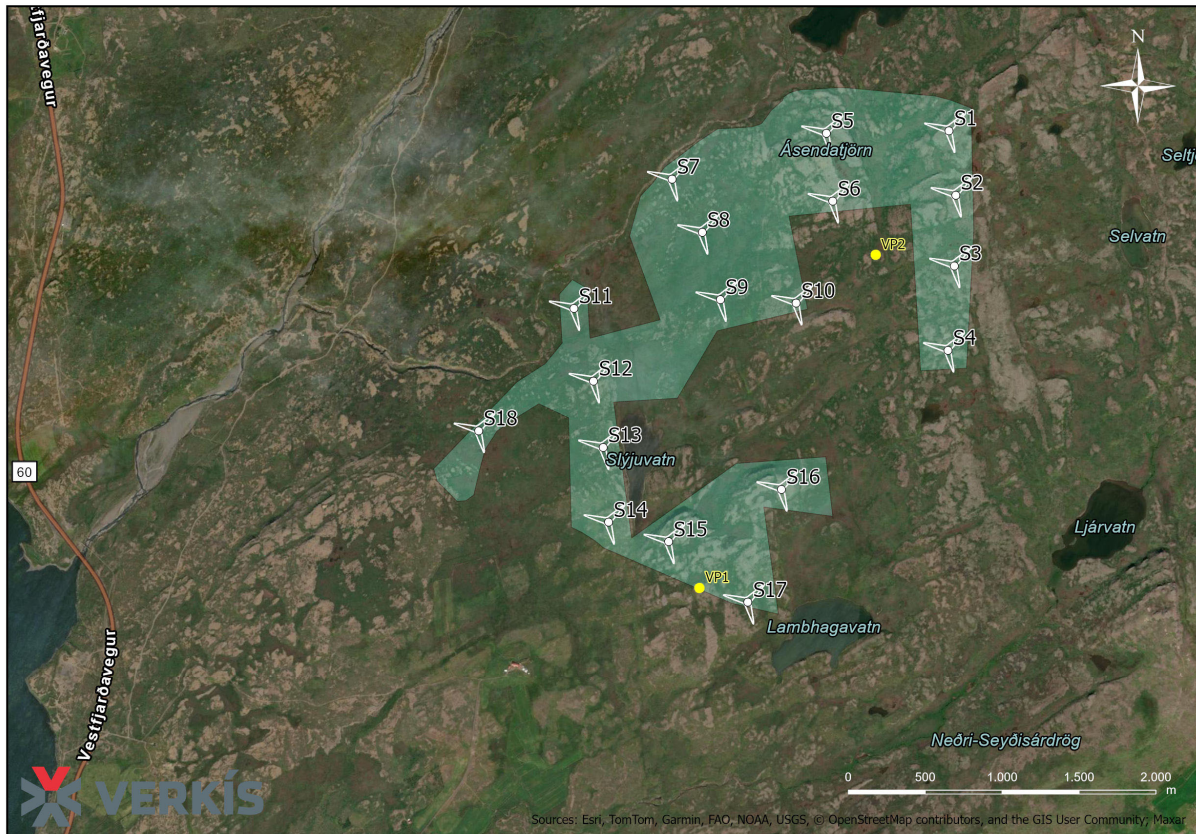
- Tegund
- Klukkan hvað fuglinn sást
- Hve langt var í hann
- Í hvaða hæð yfir jörð flaug hann
- Flugstefna
- Hve lengi sást hann
- Aðrar athugasemdir

Fjarlægð í fugla var mæld með innbyggðum fjarlægðarmæli í Leica Geovid 10X42 sjónauka en flughæð var áætluð. Notaður var dróni sem settur var í 40 m hæð yfir jörðu og flogið í einn kílómetra frá athugunarstað. Hann var stoppaður á mismunandi vegalengdum og hann skoðaður í sjónauka. Þannig var þjálfað mat á hæð fugla. Miðað var við að lægsta spaðahæð væri 50 metrar og því var skráð <40 ef talið var að fuglar væru að fljúga meira en 10 metrum undir lægstu spaðahæð. Viðmið fyrir efstu spaðahæð var 180 metrar.

Athugunartími var oftast 9 klukkustundir á dag á hvorum útsýnispunkti en tekið var hlé á um eins til þriggja tíma fresti.

¹ <https://www.nature.scot/recommended-bird-survey-methods-inform-impact-assessment-onshore-windfarms>

² <https://www.skipulag.is/media/pdf-skjol/Um-skipulag-og-vindorkunytingu.pdf>



Mynd 1. Athugunarsvæði í VP athugun. Frá VP1 var horft í norðaustur í átt að S2 og var athugunarsvæðið 180° og hámarks athugunarsvæði 2 km. Frá VP2 var horft til suðvesturs í átt að S12 og var athugunarsvæðið aftur 180° og hámarks athugunarsvæði 2 km. Verkefnasvæði Storm 1 er afmarkað með blágrænum lit.

Svæðið við Hróðnýjarstaði er utan friðlýstra svæða, en í umsögn sinni við matsáætlun bendir Náttúrufræðistofnun Íslands (NÍ) á að mikilvægt fuglasvæði (IBA) sé beggja vegna við Hróðnýjarstaði. Þessi svæði eru Breiðafjörður og Laxárdalsheiði.³

Breiðafjarðarsvæðið er skilgreint sem mikilvægt vegna sjófuglastofna og strandsvæða með grunnsævi. Hvorugt þessara atriða er talið líklegt til að verða fyrir áhrifum af vindorkuverinu á Hróðnýjarstöðum. Hugsanlega gætu dílaskarfar (*Phalacrocorax carbo*) flogið gegnum svæðið á leið í Hrótafjörð og máfar en ekki er líklegt að aðrir sjófuglar fari þar í gegn. Þar af haförnum (*Haliaeetus albicilla*) verpir við ströndina í nokkurra kílómetra fjarlægð og er því sérstakt áhyggjuefni.

Í töflu 1. má sjá fjölda einstaklinga af hverri tegund sem sást í fuglaathugunum á útsýnispunktum. Staða tegunda á valista Náttúrufræðistofnunar⁴ er einnig sýnd. Laxárdalsheiði er votlendi með mörgum stöðuvötnum og er skilgreint sem mikilvægt varpsvæði fyrir himbrima (*Gavia immer*) og álftir (*Cygnus cygnus*). Í VP rannsókninni sást himbrimar oft og teljast þeir til lykiltegunda rannsóknarinnar. Þeir virðast ferðast um svæðið, aðallega við VP 1 og fara líklega á milli sjávar í vestri og stöðuvatna austan vindorkusvæðisins. Flestir þeirra fljúga lágt, undir lágpunkti spaðablaða.

³ <https://www.ni.is/midlun/utgafa/kort/vistgerdakort>

⁴ <https://www.ni.is/is/midlun/utgafa/valistar/fuglar/valisti-fugla>



Tafla 1. Fjöldi fugla af hverri tegund á útsýnispunktum. Bláar dagsetningar eru utan varptíma en gráar á varptíma. Staða tegundanna á valista Náttúrufræðistofnunar⁴ er sýnd.

Tegund	Staða á valista*	VP1										VP2							
		21.08.18	10.10.18	15.05.19	04.06.19	24.06.19	08.07.19	21.09.19	16.10.19	13.09.18	04.04.19	16.05.19	05.06.19	25.06.19	09.07.19	22.09.19	17.10.19		
Himbrimi	VU	1			5	2	6	2		1									
Álftr	LC			2	2	2					1	1		2	2		5		
Grágæs	LC													4					
Heiðagæs	LC											14							
Heiðlóa	LC		48	1	3	3	4			23		1	1	2		3			
Hrossagaukur	LC			8	4							7	3						
Spói	LC	4		1	2		4					4	1						
Jaðrakan	LC											2	1						
Rjúpa	NT		10	11	2	2		5				1	2				1		
Kjói	EN	2			2	4	1					3	3	5	3				
Kría	VU				10														
Svartbakur	EN			1	2	4	2							4	2	5			
Stormmáfur	LC														2				
Hvítmáfur	EN								9										
Hrafn	VU	2	8		1		2	7	9	5			1	1		1	6		
Þúfuttlingur	LC	1		19	11	18	8					26	4	7	3				
Steindpill	LC			1	4	1	5												
Skógarbröstur	LC						1						2						
Sólskrikja	VU								2									15	

*Flokkar Valista: LC = tegund metin en ekki í hættu, NT = tegund í yfirvofandi hættu, VU = tegund í nokkurri hættu, EN = tegund í hættu.

Erlendar rannsóknir hafa sýnt að fuglategundir skyldar himbrima hafa háa forðunartíðni við vindmyllur og eru ólíklegar til að lenda í vindmylluspöðum⁵. Nokkrar álftrir sáust fljúga um rannsóknarsvæðið í VP rannsókninni, en þær flugu allar lágt, undir 40 metrum yfir jörðu. Álftrir eru taldar hafa yfir 99% forðunartíðni.

Fáar gæsattegundir sáust á rannsóknarsvæðinu á vor- og haustfarflugi, þó hópar gæsa og álftra hafi sést á nálægum landbúnaðarsvæðum. Ekki virtist sem vötn í nágrenni rannsóknarsvæðisins væru notuð sem hvíldarstaðir og næturalhuganir við Lambhagavatn gáfu ekki til kynna að gæsir heimsæktu vatnið. Einn hópur blesgæsa (*Anser albifrons*) sást í maí 2019 á farflugi í hæð spaðablaða. Það var utan athugunartíma svo þær eru ekki skráðar í töflu 1. Gæsir eru taldar hafa yfir 99% forðunartíðni⁶.

Lóuprælar (*Pluvialis apricaria*) sáust á svæðinu, bæði sem varpfuglar og sem hópur 23 fugla fljúgandi lágt, undir lágpunkti spaðablaða.

Ekkert bendir til þess að árs löng VP rannsókn hafi leitt í ljós að vindorkusvæðið sé á fjölfarinni farleið þar sem mikil næturvirkni viðkvæmra tegunda er líkleg.

Mæling á varpþéttleika

Athugun á varpþéttleika var framkvæmd af Ólafi Einarssyni⁷ auk þess sem Arnór Þ. Sigfússon hjá Verkís taldi á nokkrum punktum. Tíu tegundir voru taldar varpfuglar á svæðinu og var þéttleiki metinn 134 óðul á km². Þéttleiki heiðlóu mælist meiri en almennt gerist á láglandi og þéttleiki lóupræls svipaður og almennt gerist. Varpþéttleiki annarra tegunda var metinn lægri en almennt gerist. Hafa verður þó í huga að öryggismörk þéttleikamælinga eru oftast mjög víð þannig að ekki er víst að um marktækan mun sé að ræða. Áhrif framkvæmda eins og vindorkugarða á varpfugla eru annars vegar tap búsvæða vegna plana með undirstöðum undir vindmyllum, kranaplana og vegna vegslóða um svæðið. Áhrif á varpfugla eru þá í réttu hlutfalli við flatarmál á landi sem raskast. Hins vegar eru áhrif vegna truflunar, bæði á framkvæmdatíma og eftir að vindorkuverið tekur til starfa. Truflun vegna framkvæmda er tímabundin en truflun eftir að vindorkuverið tekur til starfa má segja að valdi varanlegum áhrifum. Þar kemur til hreyfing spaða, flókt og hljóð frá vindmyllum sem geta haft fælandi áhrif á varpfugla og valdið því að fuglar forðist að verpa á svæðinu.⁸ Samkvæmt framkvæmdaaðila verður reynt að staðsetja

⁵ Furness, R.W. 2015. A review of red-throated diver and great skua avoidance rates at onshore wind farms in Scotland. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 885.

⁶ Whitfield, D.P. & Urquhart, B. 2015. Deriving an avoidance rate for swans suitable for onshore wind farm collision risk modelling. Natural Research Information Note 6. Natural Research Ltd, Banchory, UK.

⁷ Ólafur Einarsson 2021. Mófuglar í landi Hróðnýjarstaða, Laxárdal, Dalasýslu. Minnisblað unnið fyrir Verkís.

⁸ Sansom, Alex & Pearce-Higgins, James & Douglas, David. (2016). Negative impact of wind energy development on a breeding shorebird assessed with a BACI study design. Ibis. 158. n/a-n/a. 10.1111/ibi.12364.



vindmyllur og slóða á lítt grónum svæðum eftir því sem unnt er og draga þannig úr áhrifum á varpfugla. Þá er mögulegt að bæta fyrir töpuð búsvæði með endurheimt vistkerfa utan vindorkugarðsins, svo sem með endurheimt votlendis.

Ratsjarmælingar

Náttúrustofa Norðausturlands sá um rannsókn á flugumferð fugla í landi Hróðnýjarstaða og var ratsjá notuð til að varpa ljósi á líkleg afföll fugla vegna áflugs.⁹ Niðurstöður rannsóknarinnar bentu til að fjöldi áfluga hjá algengustu umferðarfuglum, þ.e. fuglar sem fljúga gegnum svæðið en eru ekki með óðul þar, gæti verið um 130 fuglar á tímabilinu mars til nóvember.

Flest áflugin voru áætluð hjá heiðlóu, um 35 talsins. Aðrar tegundir sem helst eru taldar lenda í áflugi eru spói, svartbakur, hrafn, þúfuttlingur og snjóttlingur. Ekki var talið að reiknuð afföll þessara tegunda hafi áhrif á stofna þeirra, hvorki á landsvísi né héraðsvísi.

Mögulegt er að himbrimar og hafnir lendi í áflugi í fyrirhuguðu vindorkuveri, en báðar tegundirnar eru með hættuflokkun á valista NÍ, himbrimi í nokkurri hættu (VU) og haförn í hættu (EN). Niðurstöður áflugsmats benda til að ekki sé hægt að útiloka svæðisbundin áhrif á himbrima og í tilfelli hafarna gætu áhrifin valdið hægari stofnvexti hér á landi til lengri tíma litið þó ólíklegt sé að áflug af þeirri stærðargráðu sem fram komu í rannsókninni geti ein og sér valdið fækkun hjá stofnum þessara tveggja tegunda.

Samlegð með öðrum Vinorkuverum

Samlegðaráhrifa við önnur vindorkuver er helst að vænta við fyrirhuguð vindorkuver við Sólheima í Laxárdal (9 km.) og Garpsdal við Gilsfjörð (30 km.). Helst er að vænta þess að fuglalíf sé líkara því sem er að Sólheimum vegna nálægðar.

Varpþéttleiki á Hróðnýjarstöðum og að Sólheimum var áþekkur, eða 134 pör/km² að Hróðnýjarstöðum og 121 pör/km² að Sólheimum og er þar vart um marktækan mun að ræða. Fleiri tegundir sáust í talningum að Sólheimum, eða 15 samanborið við 10 að Hróðnýjarstöðum. Allar tegundir sem sáust að Hróðnýjarstöðum utan skógarþrastar, sáust í þéttleikatalningu að Sólheimum. Þær tegundir sem voru algengar á báðum stöðum voru heiðlóa, hrossagaukur og lóupræll þannig að samlegðaráhrif yrðu helst þar hvað varðar áhrif á varptegundir vegna búsvæðataps. Hrossagaukur og lóupræll eru votlendistegundir og með því að forðast að raska votlendi má draga úr áhrifum á þær tegundir. Allar þessar þrjár tegundir eru algengar á lands- og héraðsvísi þannig að ekki er líklegt að um áhrif á stofnstæðir þessara tegunda verði merkjanleg.

Hvað varðar samlegðaráhrif vegna áflugs þá var sett upp samanburðartafla fyrir matsskýrslu Stormorku sem sýnir áflugsmat á Hróðnýjarstöðum, Sólheimum og Garpsdal en það eru þau vindorkuver nálægt sem gögn eru til fyrir. Við skoðun töflunnar þá stingur það verulega í augu hve mikill munur er milli þessara svæða. Árekstartíðni er oftast margfalt hærri að Hróðnýjarstöðum en á hinum tveim stöðunum og sérstaklega er lág tíðni í Garpsdal. Þetta veldur því að nær allir árekstrar eru metnir að Hróðnýjarstöðum. Ef borin eru saman vindorkuverin að Hróðnýjarstöðum og Sólheimum þar sem helst er að vænta sambærilegra tegunda og umferðar þá eru Hróðnýjarstaðir hærri hjá öllum tegundum þar sem umferð mælist og sem dæmi þá er árekstartíðni heiðlóu metin 18 sinnum hærri. Haförnninn er með sambærilega tíðni þó mun fleiri hafnir hafi sést að Sólheimum og vindmyllur þar fleiri. Hér vakna spurningar um aðferðafræði sem ætti að vera sambærileg. En séu þessar tölur réttar þá er það eingöngu fyrir fáeinar tegundir sem einhver samlegð verður og þá helst hjá haförnum. En samanlagt spá líkönin því að einn haförn gæti fallið í þessum þrem vindorkuverum á ári. Þau afföll ættu ekki að hafa merkjanleg áhrif á stofninn.

⁹ Aðalsteinn Örn Snæþórsson, Yann Kolbeinnsson, Snæþór Aðalsteinsson, Thorsten J. Skovbjerg Balsby, Ib Krag Petersen og Þorkell Lindberg Þórarinnsson 2023. Áflugshætta umferðafugla í fyrirhuguðu vindorkuveri að Hróðnýjarstöðum í Dalabyggð. Náttúrustofa Norðausturlands, Húsavík, nóvember 2023



Heildstætt mat á áhrifum framkvæmdar á fugla

Eins og segir að framan þá eru helstu áhrif vindorkuvera á fuglalíf á varppéttleika, á umferð fugla um svæðið og á dauðsföll fuglastofna.

Varppéttleiki var um 134 pör á km² og áætlað er samkvæmt matsskýrslu að land sem fer undir vegi, undirstöður og plön sé um 0,51 km². Því er það um helmingur eða 68,3 pör ef varp er jafndreift. Við byggingu vindorkuversins verður forðast að raska votlendi og reynt verður að leggja vegi og undirstöður í land sem er lítt gróið. Áhrif á fuglastofna eins og heiðlóu, lóupræls og hrossagauks sem allt eru stórir stofnar verða því lítil á lands- og héraðsvísu. Mótvægisáðgerðum s.s. endurheimt vistgerða eins og votlendis myndu draga enn úr áhrifum á varpstofna.

Áhrifa gætir af vindorkuverum eins og öðrum mannvirkjum sem rísa upp úr jörðu á þann hátt að fuglar á leið sneiða framhjá og velja aðrar flugleiðir. Slík forðun er ekki líkleg til að hafa áhrif á stærð eða viðkomu fuglastofna svo neinu nemi. Helst er að flugleið gæti lengst í einhverjum tilfellum og haft áhrif á orkuþörf.

Dauðsföll af völdum áflugs verða og spáir líkanið að þau gætu orðið um 130 fuglar á ári. Slík dauðsföll eru tilviljanakennd og líkjast að mörgu leyti dauðsföllum af völdum veiði og áhrif á fuglastofna önnur en af völdum búsvæðataps. Þekkt er að dauðsföll verða af völdum áflugs á raflínur, girðingar og mannvirki þannig að reikna má með að dauðsföll af völdum áflugs að Hróðnýjarstöðum verði aðeins lítill hluti heildaraffalla fuglastofna af völdum áflugs. Við samanburð á reiknuðum dauðsföllum í nálægustu vindorkuverum, að Sólheimum og í Garpsdal, þá var þar svo mikill munur að samlegð með þeim var nær enginn nema hvað varðar haferni með Sólheimum. Samanlagt má búast við að einn haförn lendi í áflugi á ári og er það ekki líklegt til að hafa áhrif á stofninn. Líklegast yrði einnig að um ungfugl væri að ræða þar sem þeir flakka víðar um en varpfuglar á óðali. Himbrimar gætu verið viðkvæm tegund en þeir hafa háa forðunartíðni og ef það eru fuglar sem fara reglulega um þá er líklegt að þeir læri á hindranir á flugleið sinni og sneiði hjá þeim. Örar framfarir eiga sér stað í mótvægisáðgerðum við áflugi sem eru líklegar til að draga úr áflugstíðni, svo sem með því að gera spaða meira áberandi og með gervigreindartækni í myndatökum og greiningum á fuglum.

Í heildina er ekki líklegt að vindorkuver að Hróðnýjarstöðum eins og það er kynnt í matsskýrslu muni hafa mikil neikvæð áhrif á fuglastofna á landsvísu eða héraðsvísu en þau áhrif sem verða teljast neikvæð.

Mófuglar í landi Hróðnýjarstaða, Laxárdal, Dalasýslu

Minnisblað unnið fyrir Verkís

Í júní 2019 tók undirritaður að sér að kanna mófugla og þéttleika þeirra í landi Hróðnýjarstaða vegna fyrirhugaðra vindmylla á jörðinni, en þær eiga að vera notaðar til raforkuframleiðslu. Undirritaður var þarna sem undirverktaki en Arnór Þ. Sigfússon sá um aðrar fuglaathuganir fyrir hönd Verkís.

Aðferðir

Mófuglar voru taldir þann 11. til 13. júní og svo 25. júní 2019. Í mófuglatalningunum var beitt punktatalningum og síðar var reiknaður þéttleiki út frá talninganiðurstöðum með svokallaðri *Distance* aðferð. Talið var 60 punktum á svæði þar sem fyrirhugaðrar vindmyllur eiga að vera staðsettar. Undirritaður taldi á 56 punktum en Arnór taldi á 4 punktum þann 25. júní. Punktatalningaraðferðinni var beitt til að meta þéttleika og tegundasamsetningu mófugla. Þær byggja á því að allir mófuglar eru taldir frá ákveðnum punkti í vissan tíma, hér var talið í 5 mínútur. Skráð var hvort fugl sýndi varpatferli eða ekki. Fjarlægð frá talningarmanni í fugl var mæld með fjarlægðarmæli. Staðsetning hvers talningarpunkts var tekin með GPS tæki. Aðrir fuglar en mófuglar voru einnig skráðir.

Niðurstaða mófuglatalninga

Í mófuglatalningunum voru 10 tegundir skráðar í varpi, varppéttleiki mófugla var metin 134 óðul á km². Þéttleiki þúfutittlinga var metinn hæstur eða 63 varppör á km² og var það töluvert meiri þéttleiki en hjá öðrum tegundum sem þarna eiga bústað. Þúfutittlingar voru nærri helmingur allra varppara sem skráð voru. Töluvert var af lóupræl (22 varppör/km²) og heiðlóu (20 varppör á km²). Í landinu var einnig þó nokkuð af hrossagauk og var þéttleikinn áætlaður vera 14 varppör/km². Spói, skógarþröstur og steindepill mældust í töluvert minni þéttleika þ.e. 4 varppör/km² en þessir fuglar voru í varpi á stöku stað þar sem búsvæði var fyrir hendi. Skógarþrösturinn þar sem birkikjarr var mest og steindeplar í klapparholtum og spói í lyngmóum sem eru á svæðinu. Stöku stelkspar og jaðrakanspar var skráð í varpi og þéttleikinn álitin vera þar á km². Fáeinir rjúpukarrar voru einnig skráðir, þ.e. því sem jafngilti einu óðali á km².

Aðrir fuglar

Á meðan mófuglatalningar stóðu yfir sást gólandi lómur á tjörn suðvestur af Lambhagavatni og einn flaug hjá rétt norðan við Slýjuvatn og annar sunnan við vatnið. Nokkrir hettumáfur flugu hjá hér og þar um svæðið. Hrafnar flugu nokkrum sinnum hjá. Álftir flugu yfir miðja vegu á milli bæjar og Lambhagavatns, þar var á Slýjuvatni. Kjói var á flugi við tjörn sem er norðnorðaustur af Lambhagavatni og annar skammt vestur af túnum. Sex grágæsir flugu yfir rétt sunnan við Lambhagavatn.

Fáein hreiður fundust en engin áhersla var á hreiðurleit þar sem slíkt hefði tekið tíma frá punktatalningum. Þúfutittlingshreiður fannst norðaustur af Slýjuvatni, annað var rétt norðaustan við tún samkvæmt atferli fuglanna. Þúfutittlingshreiður með ungum fannst við Lambhagavatn. Heiðlóuhreiður var um 400 m austnorðaustur af bænum. Ekki var skoðað í hreiður með eggjum og því voru ekki upplýsingar um urpt.

1. tafla. Niðurstöður punktatalninga á 60 talningapunktum í landi
Hróðnýjarstaða sumarið 2019. Þéttleiki var reiknaður með skv. svonefndri
Distance aðferð.

Tegund	Fjöldi fugla	Óðul á km ²	Hlutfall %	% CV	95 % öryggisbil
Heiðlóa	68	20	14,8	17,0	14,2-27,8
Hrossagaukur	64	14	10,4	18,7	9,7-20,1
Jaðrakan	4	1	0,4	48,7	0,20-1,4
Lóupræll	35	22	16,7	21,6	14,7-34,4
Rjúpa	8	1	0,6	39,0	0,4-1,7
Skógarpröstur	11	4	3,1	41,5	1,8-9,2
Spói	30	4	2,7	17,0	2,60-5,1
Steindepill	7	4	3,2	56,1	1,4-13,2
Stelkur	14	1	1,0	32,4	0,7-2,5
Púfutittlingur	96	63	47,0	17,6	44,7- 89,3
Alls	337	134	100	9,9	110,7-163,0

Umræða

Í ritinu „Mikilvæg fuglasvæði á Íslandi“ eru gefnar upplýsingar yfir varppéttleika mófugla á Íslandi (Kristinn H. Skarphéðinsson o.fl. 2016). Í samanburði hér á eftir verður stuðst við það rit. Þéttleiki heiðlóu í móavistum á láglendi Íslands var metinn 13 varppör á km² og var því þéttleiki heiðlóu í landi Hróðnýjarstaða aðeins hærri en almennt gerist á láglendi. Þéttleiki hrossagauks á jörðinni var hins vegar ívið lægri, en í mýravist á láglendi, þar var hann 21 varppör/km² og í láglendis grasvist 18 varppör/km². Varppéttleiki lóupræla var svipaður á Hróðnýjarstöðum í mýravistum á láglendi sem var metið um 20 varppör/km².

Varppéttleiki jaðrakans, spóa, stelks, steindepils, skógarprastar og rjúpu var lægri en almennt gerist annars staðar á landinu. Mófuglatalningar í landi Hróðnýjarstaða fóru fram í júní en rjúpnatalningar á Íslandi fara fram í maí (Ólafur K. Nielsen 1996). Tímasetning þessara mófuglatalninga gáfu því ekki góða mynd af þéttleika rjúpu þar sem talningin var eftir þann tíma sem karrinn er mest áberandi sínu óðali, enda var ekki markmið þessara talninga að meta varppéttleika rjúpa.

Það er líklegt að svæðið gæti framleitt fleiri mófuglum þar sem víða eru merki jarðvegseyðingar, rofblettir og melar (1. mynd). Samkvæmt vefkorti Grólinnar er svæðið víða með talsvert rof eða lítið rof, landsvæðið nær ekki flokki 5 en þau svæði eru með mikla virkni í vistkerfinu og lítið rof (GróLind 2021).



1. mynd. Melur með melatígllum nærri Stýjuvatni. Ljósmynd ÓE 12.6.2019.

Heimildir

GróLind 2021. Kortavefsjá. Sótt af <https://grolind.is/kortavefsja/> þann 29.11.2021.

Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Borgný Katrínardóttir, Guðmundur A. Guðmundsson og Svenja N.V. Auhage 2016. Mikilvæg fuglasvæði á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr.: 55: 295 bls.

Ólafur K. Nielsen 1996. Rjúpnatalningar á Norðausturlandi 1981-1994. Náttúrufræðingurinn 65, 3-4 hefti: 137-151.

Reykjavík 29.11.2021



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

Nóvember 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. Nóvember 2023	Dreifing: Takmörkuð fram að útgáfu frummatsskýrslu eða í eitt ár frá útgáfu	
Heiti skýrslu/aðal- og undirtitill: Áflugshætta umferðafugla í fyrirhuguðu vindorkuveri að Hróðnýjarstöðum í Dalabyggð		Upplag: Rafræn útgáfa	
		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, þúfuttittlingur 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 válista 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 fyrirhuguðu vindorkuveri að Hróðnýjarstöðum. Báðar tegundirnar eru á válista, stofnar þeirra eru litlir hér á landi og viðkoma hæg. Þessum tegundum er því mest hættu búin af fyrirhuguðu vindorkuveri. Áflugsmat sem byggir á dagumferð gerir ráð fyrir tveimur áflugum himbrima á ári og fyrirhugað vindorkuver er við jaðar alþjóðlega mikilvægs svæðis fyrir himbrima, Laxárdalsheiði, sem telur um 25 pör. Áflugsmat hafarna byggir á tiltölulega fáum flugferlum og óvissa því mikil en niðurstaðan var 0,6 áflug á birtutíma yfir 9 mánaða tímabil. Miðað við niðurstöður áflugsmats er ekki hægt að útiloka svæðisbundin áhrif á himbrima en í tilfelli hafarna gætu áhrif mögulega birst í hægari stofnvexti hér á landi til lengri tíma lítið. Ekki er þó talið líklegt að áflug af þeirri stærðargráðu sem fram komu í rannsókninni geti ein og sér valdið fækkun hjá stofnum þessara tveggja tegunda.			
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, nóvember 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

Inngangur	3
Rannsóknarsvæði	3
Aðferðir	4
Niðurstöður	8
Umræða.....	16
Heimildir	20
1. viðauki – Fuglategundir og verndarstaða	22
2. viðauki – Gagnamagn úr lóðréttum athugunum.....	23
3. viðauki – Hlutfall umferðarfugla.....	24
4. viðauki – Mánaðarlegur þéttleiki fugla á flugi og áflugsmat	25
5. viðauki – Umferð GPS merktra hafarna.....	29

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.

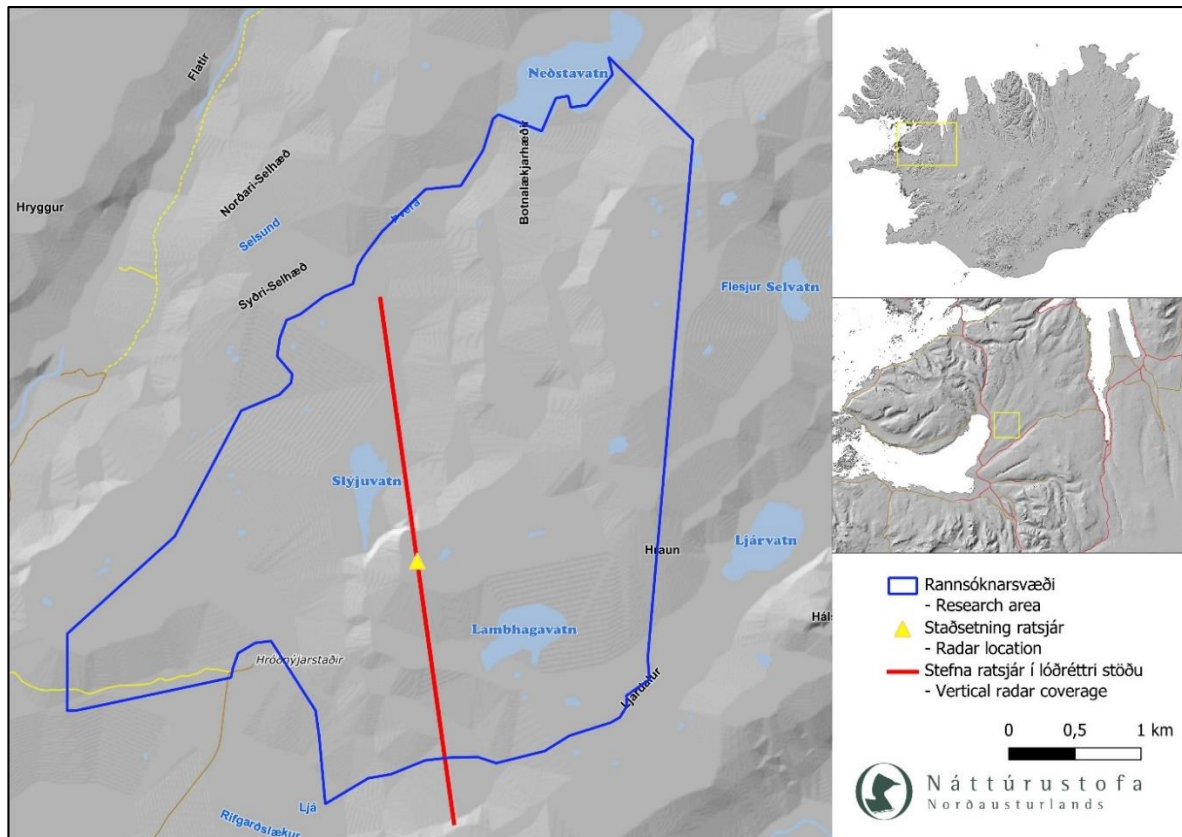
Áhrif vindorkuvera eru breytileg milli svæða og hefur umhverfi og tegundasamsetning þar mikið að segja (Dai o.fl. 2015). Fuglalíf á Íslandi er sérstakt og nokkuð ólíkt því sem gerist almennt í Evrópu. Hér eru fáar tegundir en stofnar sumra mjög stórir. Þannig ber Ísland alþjóðlega ábyrgð á 25 tegundum 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. Ratsjónin 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. Ratsjónin 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. Ratsjónin var höfð í lóðréttri stöðu, drægnin stillt á 2 km og ratsjónin látin skanna til hliðar og upp en ekki niður í jörð. Ratsjórýmið 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 ratsjórýminu komu fram sem merki á skjá ratsjártölvunnar en ratsjónin var stillt á að sýna ekki ferla. Skjámynd var tekin frá ratsjártölvunni á einnar mínútu fresti allan tímann sem ratsjónin 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 ratsjónin 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. Ratsjónin 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 mest gagnamagn var til fyrir auk hafarnar sem þykir sérstaklega viðkvæm tegund fyrir áflugi við vindmyllur. Gert var 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 ratsjárathugana, 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 ratsjárathuganir 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
Oktober – 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

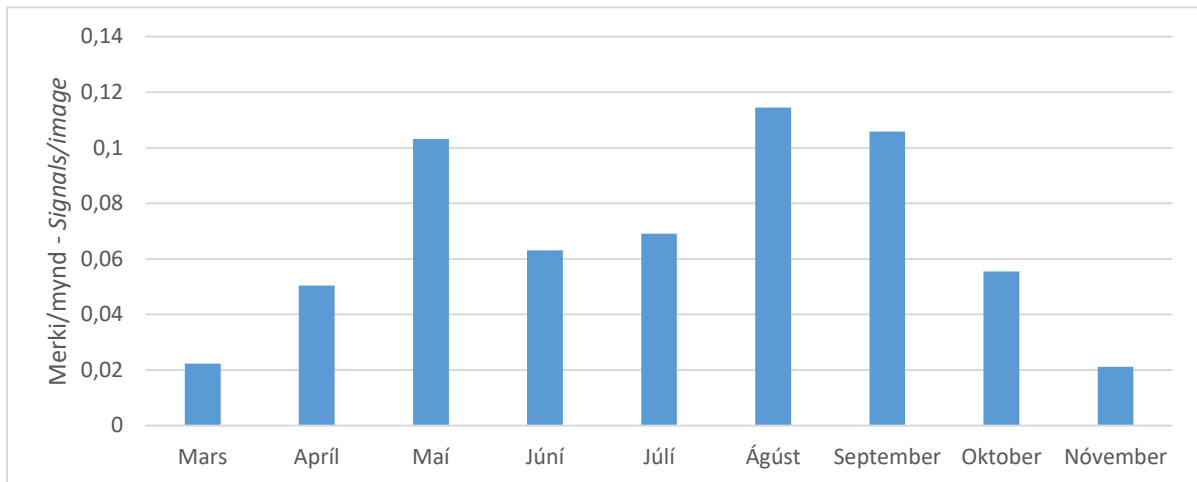
september um 0,11 merki/skjámynd en eftir það dró úr umferðinni sem var í nóvember orðin svipuð því sem var í mars.

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
Kjóí – <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			
Þúfutittlingur – <i>Anthus pratensis</i>	2,49	43	46,500	0,700	10
Snjóttittlingur – <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.

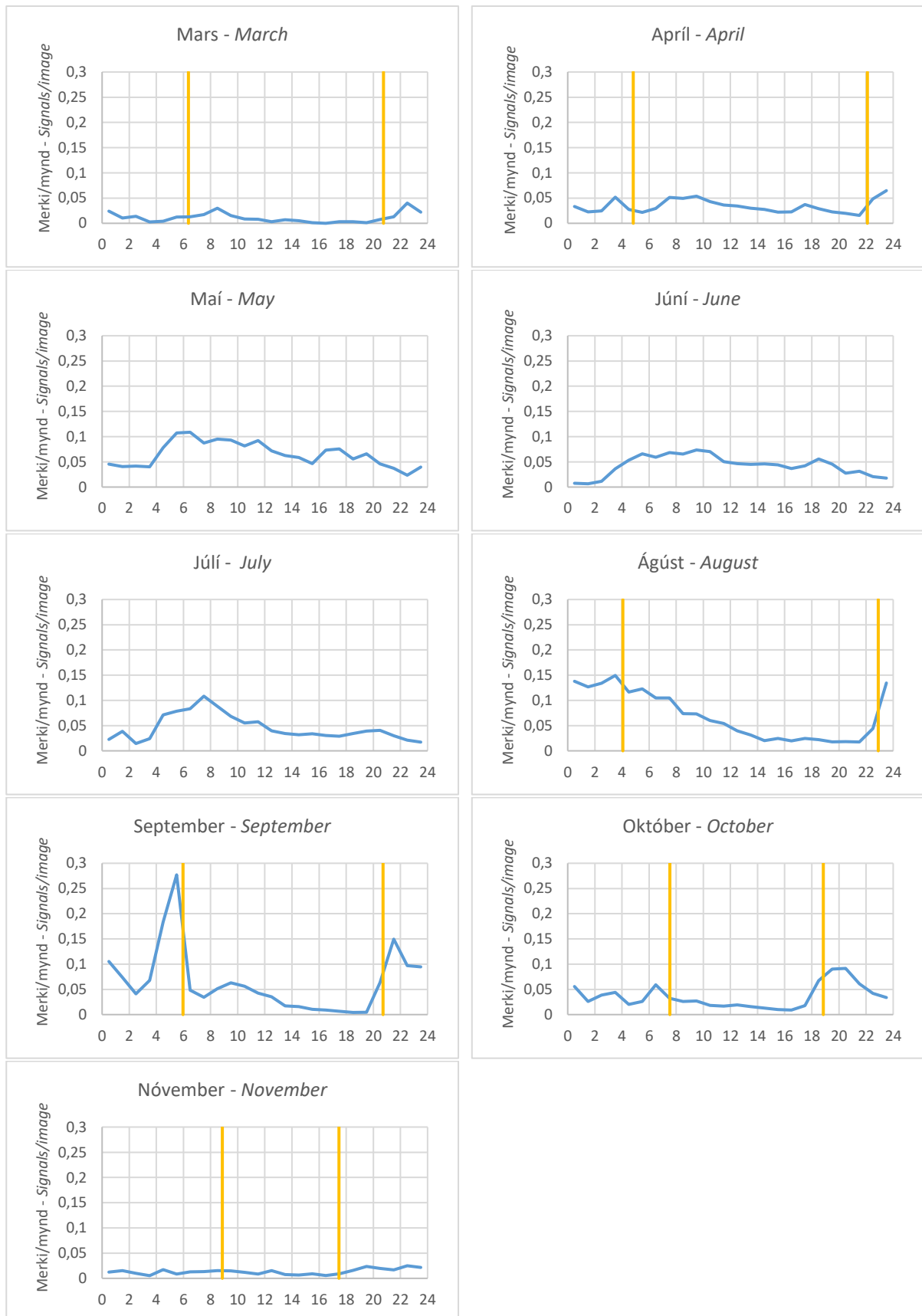
Reiknað áflug umferðafugla var 131,7, þar af 86,0 á birtutíma (5. tafla). Mest afföll reiknuðust í september en minnst í nóvember (4. viðauki).

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).

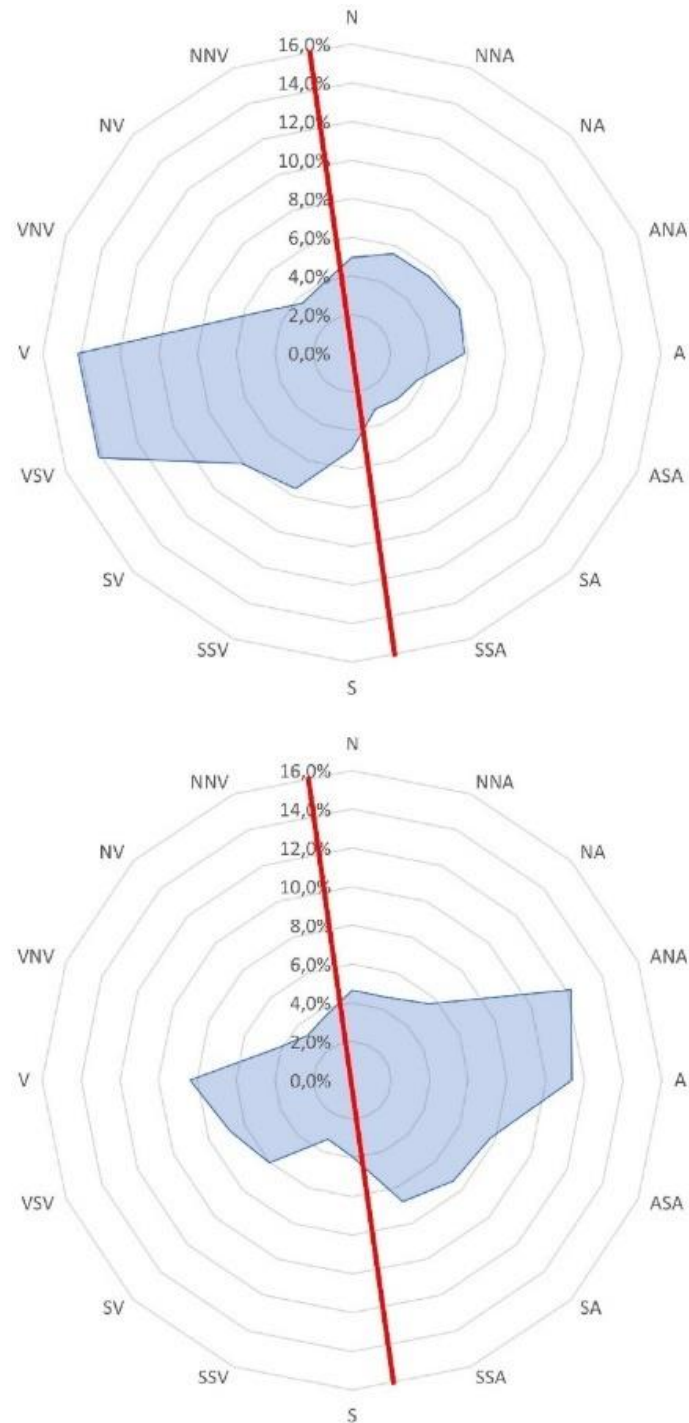
Af vaðflugum voru heiðlóur og spóar í mestri hættu fyrir áflugi en þessar tegundir fljúga að mestu leyti í vindmylluhæð (6. mynd). Heiðlóan var sú tegund sem reiknaðist með flest áflug allra tegunda (35,2). Flugferlar þessara tegunda voru nokkuð jafndreifðir innan þess svæðis þar sem ekki var truflun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



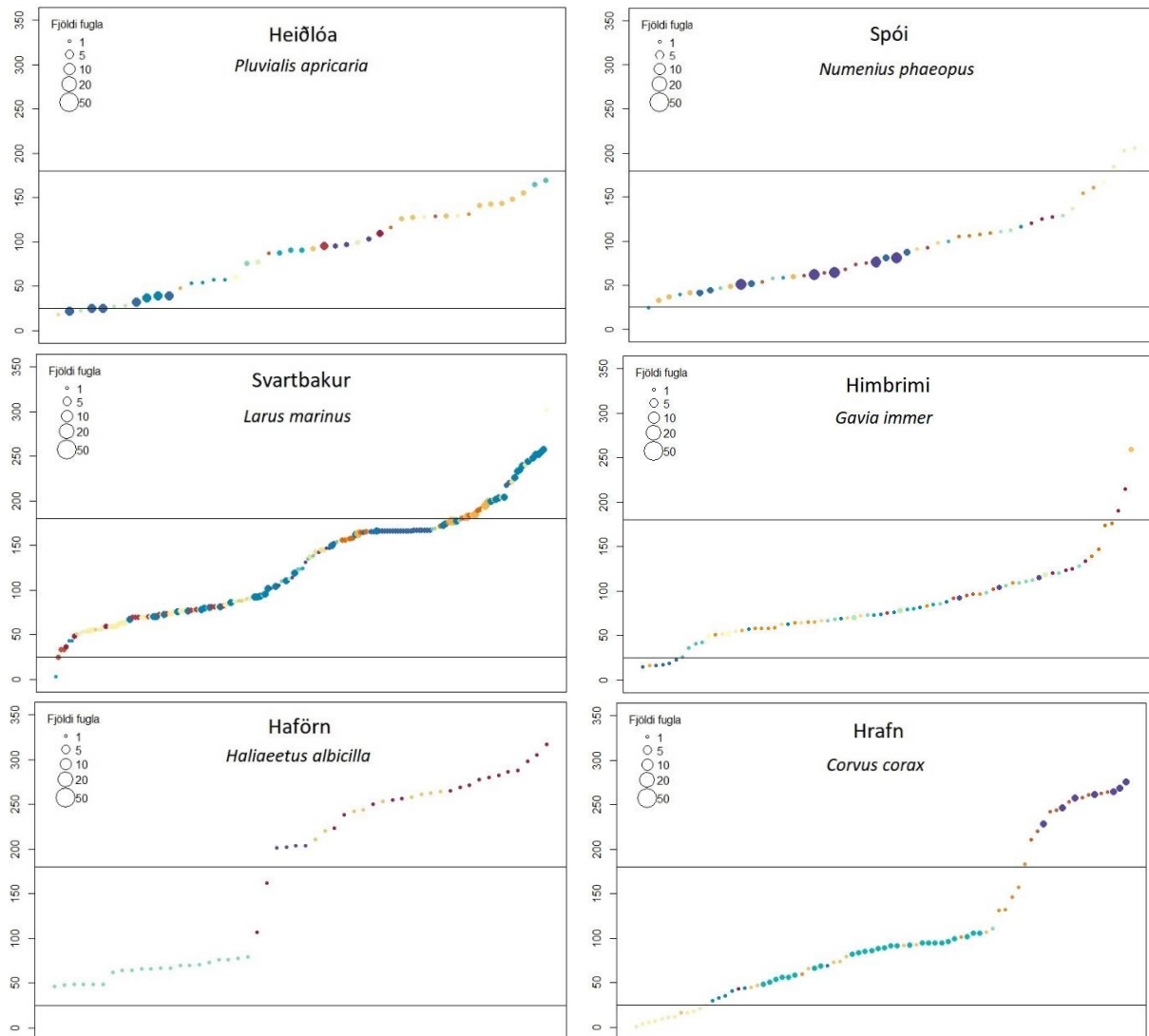
4. mynd. Flugumferð fugla innan 350 m hæðar á Hróðnýjarstöðum árið 2022 eftir tíma sólarhrings þá mánuði sem ratsjá var að safna gögnum. Birtutími er táknaður með lóðréttum gulum línunum. – Monthly averages of bird traffic each hour of the day at Hróðnýjarstaðir. Civil dawn and dusk are marked by vertical 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 umferðafugla vegna fyrirhugaðs vindorkuvers á Hróðnýjarstöðum, frá mars til nóvember. – *Estimated bird collisions of passing birds in the proposed wind farm at Hróðnýjarstaðir, from March to November.*

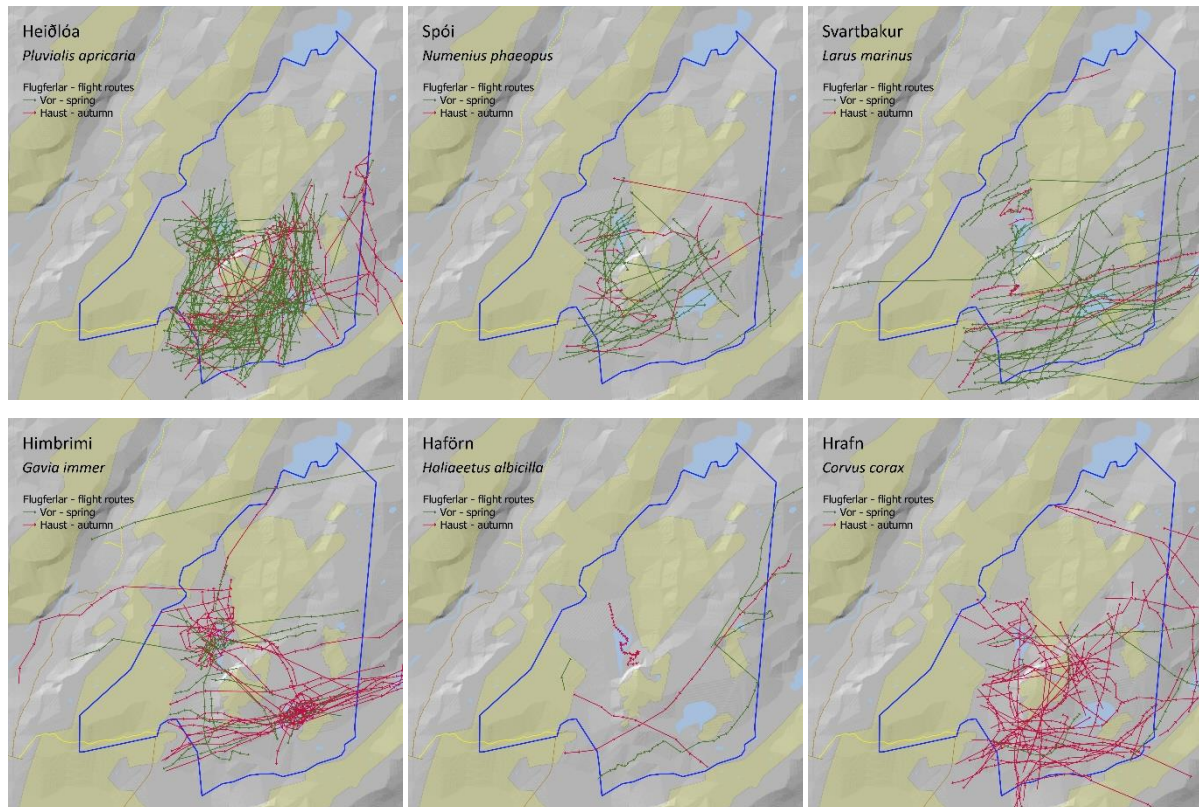
Tegund - Species	Forðunarhlutfall – Avoidance rate	Reiknað áflug á birtutíma – Collision estimate for daylight hours	95% öryggismörk – 95% confidence interval	Reiknað áflug miðað við allan sólarhringinn – Collision estimate based on 24 hour traffic	95% öryggismörk – 95% confidence interval
Grágæs – <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 mikil 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. Reiknað áflug er vel innan við 1% af árlegri veiði hér á landi (Umhverfisstofnun 2023). Möguleg áhrif vegna áflugs eru lítil í þeim samanburði.

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 Breiðafjörð (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 Hrótafjarðar 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 nemur um 0,1% af árlegri veiði síðustu ára (Umhverfisstofnun 2023). Möguleg áhrif vegna áflugs eru lítil í þeim samanburði.

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 íslenska 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 hæg (Paruk o.fl. 2021). Stofnar slíkra tegunda eru viðkvæmir fyrir afföllum umfram náttúruleg afföll og áflug fátta einstaklinga, sérstaklega fullorðinna fugla, á ári gætu því mögulega haft áhrif á íslenska stofninn til lengri tíma litið (Saether & Bakke 2000, Schippers o.fl. 2020). 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. Það er óljóst hve margir einstakir himbrimar eru að baki því mikla flugi sem skráð var í rannsókninni og sömuleiðis óvíst hve stór hluti þeirra eru varpfuglar eða geldfuglar. Af þeim sökum er erfitt að fullyrða um áhrif en ólíklegt er að afföll af þeirri stærðargráðu sem kom fram í rannsókninni hafi neikvæð áhrif á stofnvísu hér á landi. Rannsóknarsvæðið að Hróðnýjarstöðum er við það þess svæðis sem skilgreint hefur verið alþjóðlega mikilvægt fyrir himbrima. Ekki er hægt að útiloka að tvö áflug himbrima á ári geti haft áhrif á því svæði til lengri tíma litið.

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). Erlendis eru dæmi um að hafarnir hafi orðið fyrir talsverðum skakkaföllum vegna vindorkuvera (May o.fl. 2010). Líklega er áflugsmatið sem nær yfir birtutímann raunsærra þar sem ernir eru lítið virkir á næturnar (Krone o.fl. 2009). Óvissa matsins er þó mikil þar sem útreikningar áflugs byggja á tiltölulega fáum ferlum. Þá nær matið aðeins til 9 mánaða og árlegt áflugsmat gæti því verið hærra. Ungfuglar með GPS senditæki fara greinilega um svæðið þó aðal flugleiðir liggi utan rannsóknarsvæðisins. Samkvæmt upplýsingum frá Náttúrufræðistofnun Íslands eru tvö hafarnaróðul innan 10 km fjarlægðar frá rannsóknarsvæðinu og sjö innan 20 km. Bæði sáust fullorðnir og ungfuglar við athuganirnar en áhrif verða meiri ef fullorðnir fuglar lenda í áflugi þar sem það getur spilt varpi það ár auk þess sem lífslíkur fullorðinna fugla eru að jafnaði hærri en hjá ungfuglum (Kruger o.fl. 2010). Vegna óvissu í áflugsmati og aldurssamsetningu er erfitt að segja til um áhrif á heildarstofn hafarna hér á landi. Líkt og nefnt var í tilfelli himbrimans er þó rétt að hafa í huga að afföll umfram náttúruleg afföll þurfa ekki að vera upp á marga fugla á ári, sérstaklega ef um fullorðna fugla er að ræða, til að það geti haft áhrif á stofnvísu (Saether & Bakke 2000, Schippers o.fl. 2020). Áflug hafarna upp á 0,6 frá mars til nóvember gætu mögulega dregið úr stofnvexti hafarnar hér á landi til lengri tíma lítið og um leið gert stofninn viðkvæmari fyrir öðrum viðbótarafföllum. Miðað við núverandi stofnvöxt myndu áflug af þessari stærðargráðu þó líklega ekki valda neikvæðri stofnþróun ein og sér.

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 veiðibráð 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.

Mótvægisáðgerðir

Mikilvæg almenn forsenda hvers konar mótvægisáðgerða er að fyrir liggi góð og svæðisbundin þekking á þeim tegundum sem aðgerðirnar beinast að. Ítarlegar rannsóknir eru því mikilvægur grunnur markvissra mótvægisáðgerða. Ýmsar mótvægisáðferðir 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 mótvægisáðgerða 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 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 mest á haförn, þar sem afföllum fækkaði úr 6 á 7,5 ára tímabili fyrir málun spaðanna niður í 0 á 3,5 ára tímabili eftir málun spaðanna. Höfundar mæltu með frekari rannsóknum og á fleiri svæðum áður en farið yrði að alhæfa um áhrifin, enda aðeins fjórar málaðar vindmyllur og fá hræ að baki rannsókninni. Dalrjúpur (*Lagopus lagopus*) voru undanskildar í rannsókn May og félaga, 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 úr afföllum

Ýmiss tæknibúnaður hefur verið hannaður til að draga úr áflugi fugla við vindmyllur (Bennun o.fl. 2021). Slíkur búnaður byggir vanalega annað hvort á myndavélum eða ratsjá til að greina fugla sem stefna í átt að vindmyllum. 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 einherrar 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 hefur verið notaður með ágætum árangri en ávallt tengdur mönnum athugunum.

Heimildir

- Aðalsteinn Örn Snæþórsson, Ib Krag Petersen, Thorsten J. Skovbjerg Balsby, Yann Kolbeinnsson 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 Kolbeinnsson 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., Røskift, 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>
- Saether, B. E., & Bakke, O. (2000). *Avian life history variation and contribution of demographic traits to the population growth rate*. Ecology, 81(3), 642–653. <https://doi.org/10.2307/177366>.
- Shippers, P., Buij, R., Schotman, A., Verboom, J., van der Jeugd, H. og Jongejans, E. 2020. *Mortality limits used i wind energy impact assessment underestimate impacts of wind farms on bird populations*. Ecology and Evolution 2020;10:6274-6287. <https://doi.org/10.1002/ece3.6360>.
- 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.
- Umhverfisstofnun (2023). *Veðitölur*. Hlaðið niður af <https://ust.is/veidi/veiditolur/> þann 30.11.2023.

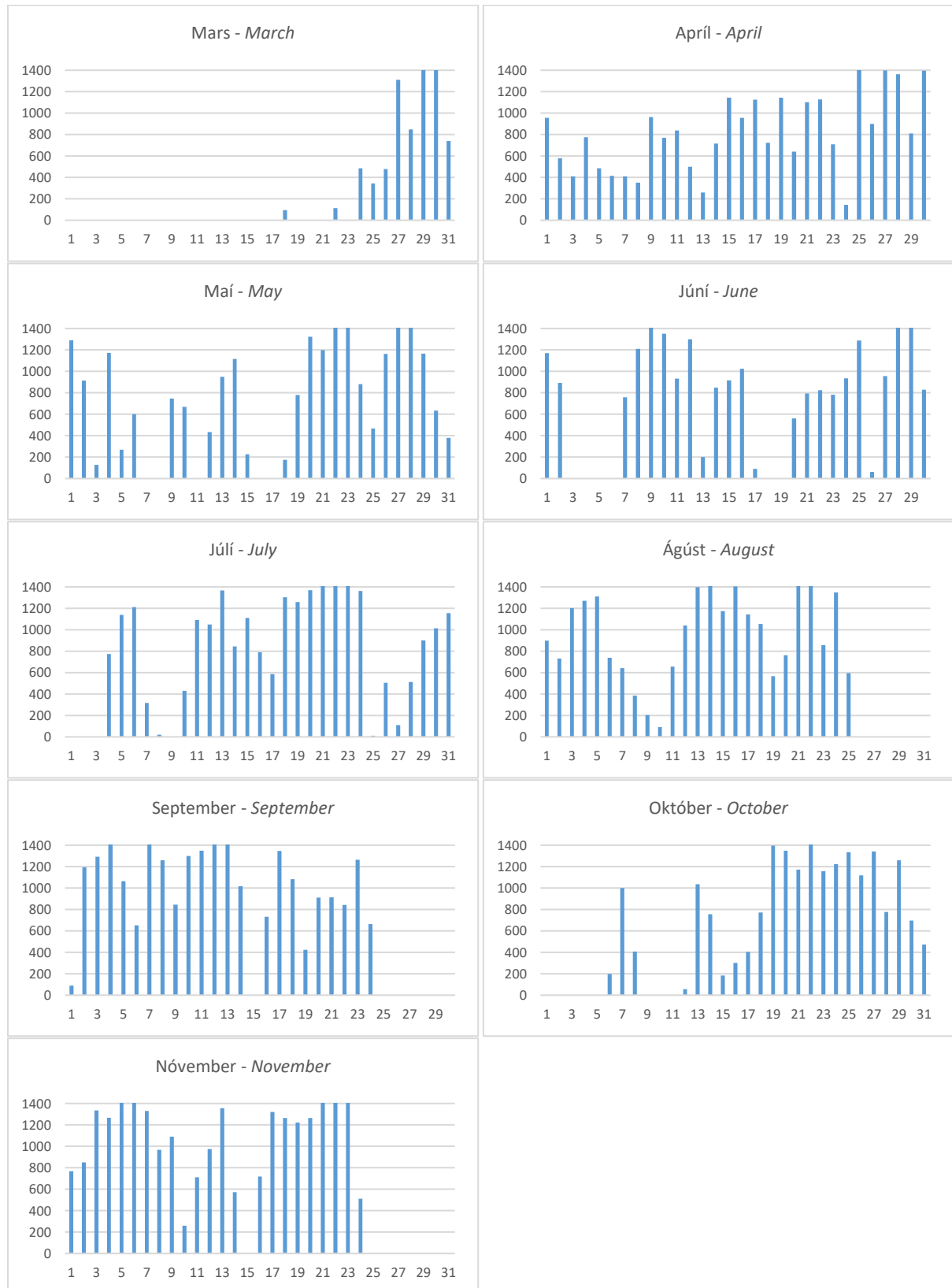
1. viðauki – Fuglategundir og verndarstaða

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>			
Skógarþröstur	<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
Þúfutittlingur – <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										Alls -
Tegund - Species	3	4	5	6	7	8	9	10	11	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	
Púfutittlingur – <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 blárri línu. Myndin sýnir meginflugleiðir ungra hafarna í með ströndinni og eftir Laxárdal. – *GPS tracks from immature White-tailed Eagles (Haliaeetus albicilla) around Hróðnýjarstaðir in 2019-2022 showing the main flight routes along the coast and the Laxárdalur valley. The proposed construction area is outlined in blue. Unpublished data from the Icelandic Institute of Natural History.*

