



HOLTAVÖRÐUHEIÐARLÍNA 1 – ÁFLUG FUGLA

Febrúar 2024



HEITI SKÝRSLU: HOLTAVÖRÐUHEIÐARLÍNA 1 - ÁFLUG FUGLA	DREIFING:
VERKEFNI: 21146002 HOLTAVÖRÐUHEIÐARLÍNA 1 – RANNSÓKN Á FUGLUM	<input type="checkbox"/> OPIN
SKÝRSLA NR. 01	<input type="checkbox"/> LOKUÐ TIL
AFURÐAR- AUÐKENNI: 21146- M00188	<input checked="" type="checkbox"/> HÁÐ LEYFI VERKKAUPA

ÚTGÁFUSAGA:					
ÚTG. NR	DAGS.	HÖFUNDUR	RÝNT AF	SAMP.	ÚTGÁFUSTAÐA
1	2024-02-05	APS	SIAS, SISI		Drög
	2024-02-15	APS	SIAS	SIAS	Útgefið

HÖFUNDAR: Arnór Þórir Sigfússon	VERKEFNISSTJÓRI: Arnór Þórir Sigfússon
------------------------------------	---

UNNIÐ FYRIR: Landsnet	SAMSTARFSADILAR: Carl Mitchell
UMSJÓN: Arnór Þórir Sigfússon	

<p>ÚTDRÁTTUR:</p> <p>Tilgangur rannsókna á áflugi á núverandi og fyrirhugaðar háspennulínur í Hvalfjarðarsveit, Borgarfirði og á Holtavörðuheidi var að meta áhrif háspennulína á fugla, sérstaklega álfir, blesgæsir og margæsir. Notaðar voru þrjár aðferðir við að meta áflug. Línuganga, þar sem björgunarsveitarfólk gekk meðfram völdum köflum línunnar í leit að fuglshræjum, leit að álfum og stærri fuglum með dróna sem flogið var yfir valda kafla línunnar og mat á áflugi blesgæsa sem bera GPS/GSM senda.</p> <p>Í línulabbi um Andakíl fundust nokkur hræ vorið 2022, mest af álfir og eitt blesgæsahræ auk ógreindrar gæsar. Aðeins eitt álftræ fannst haustið eftir. Á Grundartangasvæðinu fannst mun meira af fuglum. Fyrri gangan var farin haustið 2022 og fundust þá leifar af 15 fuglum, þar af voru 7 álfir og tveir máfar. Ein grágæs fannst auk rjúpu og vaðfugla. Vorið eftir fundust þar leifar af 31 fugli, mest var af máfum (11) og álfum (10) en einnig þrjár fýlar, margæs, þrestir og vaðfuglar.</p> <p>Í drónaleit fundust engin ummerki um álfir né aðra fugla. Aðferðin er þó talin henta vel til leitar af stærri fuglum.</p> <p>Við mat á áflugi GPS/GSM merktra blesgæsa í Andakíl (15 gæsir) og á Suðurlandi (31 gæs) fengust upplýsingar um flugleiðir yfir línur, bæði Landsnets og Rarik. Ekki var vitað um að nein gæsanna hefði flogið á línu. Með því að skoða fluglínur gæsanna yfir háspennulínurnar mátti sjá „heit“ svæði þar sem mikið flug var yfir línur. Ef bornar voru saman niðurstöður línulabbs í Andakíl við flug merktra blesgæsa þar kom í ljós að góð samsvörun var milli þeirra staða sem skilgreindir voru sem „heitir“ og staða þar sem leifar álfra og gæsa fundust. Þessi aðferð með merkta fugla hefur ekki verið notuð hér á landi áður og er ný nálgun á að meta áflug ákveðinna tegunda á línur auk þess sem með aðferðinni má finna heita bletti þar sem má gera línur meira áberandi með því að setja á þær merki til að draga úr árekstrarhættu.</p>
--

LYKILORÐ ÍSLENSK: Háspennulínur, áflugshætta, fuglar.	LYKILORÐ ENSK: Power-lines, collision-risk, birds.
--	---

© Geta skal heimilda sé efni skýrslunnar afritað eða birt með einhverjum hætti.



Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	ii
Myndaskrá	ii
Töfluskrá	ii
1 Inngangur	1
2 Aðferðir	3
2.1 Línuganga	3
2.2 Leit með dróna	3
2.3 Mat á áflugi merktra blesgæsa	3
3 Niðurstöður	5
3.1 Línuganga	5
3.1.1 Andakíll	5
3.1.2 Grundartangi	5
3.2 Leit með dróna	9
3.3 Mat á áflugi merktra blesgæsa	10
3.3.1 Andakíll	10
3.3.2 Suðurland	13
4 Umræður	16
Viðaukar	19

Myndaskrá

Mynd 3-1 Staðsetning hræja sem fundust við línugöngu í Andakíl vor og haust 2022.	6
Mynd 3-2 Staðsetning hræja sem fundust við línugöngu á Grundartangasvæðinu haustið 2022.	7
Mynd 3-3 Staðsetning hræja sem fundust við línugöngu á Grundartangasvæðinu vorið 2022.....	8
Mynd 3-4 Álftharæ sem myndað var með dróna í um 50 m. hæð undir Lækjartúnslínu 1 austan við Selfoss. Örin bendir á hræið.....	9
Mynd 3-5 Fimm álftrir í túni í Þverárhlið. Myndin er tekin í um 50 m. hæð.	9
Mynd 3-6 Línukaflar sem flognir voru með dróna yfir Hrútatungulínu í leit að álftrum eru merktir bláir. Gönguleið í línulabbi er græn.....	10
Mynd 3-7 Efri myndin sýnir GPS punkta frá 15 merktum blesgæsum nærri Hvanneyri, frá september 2017 til maí 2022 (hvítir hringir). Fluglínur milli punkta eru grænar. Núverandi línur Landsnets og Holtavörðuheiðarlína 1 eru rauðar og bláar. Rarik línur eru gular. Neðri myndin sýnir þau svæði sem hæsta tíðni yfirflugs var og eru þau svæði sýnd sem bleik-rauð. Því meira rautt því hærri tíðni yfirflugs.	12
Mynd 3-8 Efri myndin sýnir GPS punkta frá 31 merktri blesgæs á Suðurlandi, frá apríl 2013 til maí 2022 (hvítir hringir). Fluglínur milli punkta eru grænar. Línur Landsnets eru rauðar en Rarik línur eru gular. Neðri myndin sýnir svæði þar sem hæsta tíðni yfirflugs var og eru þau svæði sýnd sem bleik-rauð. Því meira rautt því heitari eru þau.	14
Mynd 3-9 Myndin af því svæði sem sýnt er sem rauður ferningur á mynd 3-8 og sýnir þau svæði þar sem hæsta tíðni yfirflugs var, þau svæði eru sýnd sem bleik-rauð. Því meira rautt því hærri tíðni yfirflugs.	15

Töfluskrá

Tafla 3-1 Áætluð tíðni yfirfluga blesgæsa yfir línur í Andakíl og nágrenni auk fyrirhugaðrar Holtavörðuheiðarlínu 1. Úr Carl Mitchell 2022. ³	11
Tafla 3-2 Áætluð tíðni yfirfluga blesgæsa yfir línur á Suðurlandi. Úr Carl Mitchell 2023. ⁴	13





1 Inngangur

Í matsáætlun fyrir mat á umhverfisáhrifum Holtavörðuheiðarlínu 1 kom fram að umfjöllun og mat á vægi áhrifa á fuglalíf yrði byggt á skýrslu Náttúrustofu Norðausturlands um fugla á fyrirhugaðri raflínuleið¹. Þar var metinn þéttleiki mófugla á línleiðinni auk skráninga á öðrum tegundum varpfugla sem þar sáust og talningar fugla á vötnum og tjörnum. Einnig voru gæsir og álfir sérstaklega taldar að vori og hausti á láglandishluta leiðarinnar þangað sem tegundirnar sækja oft í miklu magni.

Ekki var lagt mat á áflugshættu í skýrslunni en hætta á áflugi hinna ýmsu tegundahópa rædd út frá niðurstöðum fyrri rannsókna ásamt öðrum áhrifum raflína á fugla. Í skýrslunni kemur einnig fram að í Andakíl sé mikilvægt búsvæði blesgæsa sem fari um svæðið vor og haust á fari milli varpsvæða á Grænlandi og vetrarstöðva á Bretlandi og Írlandi. Til að meta líkur á árekstrum blesgæsa var sagt í matsáætlun að leitað yrði sérstaklega að blesgæsum á 16 km kafla í Andakíl. Í umsögnum um matsáætlun komu fram athugasemdir við rannsóknir á áflugi frá Náttúrufræðistofnun Íslands og Hvalfjarðarsveit. Náttúrufræðistofnun gerði athugasemdir varðandi tíðni athugana á mögulegum árekstrum blesgæsa og að skoða þyrfti áflugstíðni álfra og himbrima á Holtavörðuheiði. Hvalfjarðarsveit gerði athugasemd er laut að svæðinu við Hólmavatn og Eiðisvatn þar sem hætta væri á áflugi andfugla, himbrima og arna. Í viðbrögðum við athugasemdum var það boðað að gengið yrði með núverandi raflínu á þeim kafla sem næstur er Hvanneyri og blesgæsa helst að vænta, bæði vor og haust. Sami háttur yrði svo hafður á við Grundartanga í Hvalfjarðarsveit, á þeim kafla línunnar sem þverar flugleið milli Grunnafjarðar og Hvalfjarðar, til að leita margæsa, himbrima og álfra. Einnig var boðað að leitað yrði að dauðum álfum, sem mögulega hefðu flogið á línu, með dróna sem flogið yrði yfir núverandi háspennulínu á völdum köflum. Auk þessa fékk Verkís aðgang að gögnum um flugleiðir grænlenkra blesgæsa sem bera GPS/GSM senda á hálshring. Gæsir þessar hafa verið merktar af Greenland Whitefront Study Group (GWFSG) og fleirum. Til eru flugleiðir merktra gæsa á Hvanneyrarsvæðinu yfir línur sem þar eru og einnig frá Suðurlandi en helstu viðkomustaðir blesgæsa eru Suðurlandsundirlendið og Vesturland.

Við athuganir á áflugi fugla á háspennulínur eru ýmis vandkvæði, sérstaklega við að fá magnbundið mat á áfluginu. Fuglar sem drepast við áflug geta verið bornir burt af hrætum eða étnir á staðnum. Þar er helst að nefna refi og minka en einnig fugla eins og máfa, hrafna, skúma, erni og stundum fálka. Minni fugla eins og spörfugla og vaðfugla er auðvelt að bera burt meðan stærri fuglar eins og álf, gæsir, máfar og eins himbrimar eru frekar étnir á staðnum og sjást því frekar ummerki um þá. Þannig sjást ummerki um álfir lengi undir línunum, jafnvel vikum eða mánuðum saman, meðan minni fuglar hverfa fyrir. Þannig eru líkur á að finna tegundir mismiklar og veldur það skekkju við mat á tíðni áflugs milli tegunda. Aukin tíðni göngu meðfram línunum eykur líkur á að finna minni fugla en slíkt er mjög mannfrekt og kostnaðarsamt. Með myndavélatækni má vakta valda kafla á línunum til að meta áflug og sjá viðbrögð tegunda við línunum og hefur slíkt verið gert, m.a. við Laxá í Þingeyjarsýslu.²

Notkun dróna til að leita að fuglum við línu er hagkvæm aðferð þar sem einn maður getur dekkað lengri kafla á skömmum tíma. Sú aðferð er samt annmörkum háð því minni fuglar og fuglar samlitir umhverfinu finnast síður með dróna en stærri og áberandi fuglar eins og t.d. álfir.

Notkun á fuglum með senda er ný leið til að fá mat á áflugshættu og tíðni. Hægt er að fá upplýsingar um fjölda ferða fugla yfir línur og vegna þess að fuglarnir eru með senda þá eru þeir sóttir þegar þeir drepast og þá sést hvort dauðinn hafi verið vegna áflugs á línu eða af öðrum orsökum. Einnig má nota gögn um flugleiðir til að sjá hvort ákveðnir kaflar línunum eru á mikilli flugleið. Slíkar upplýsingar gagnast við ákvörðunartöku um mögulegar mótvægisáðgerðir, til að mynda merkingu lína sem gerir hana sýnilegri og auðveldar fuglum að sjá hana og forðast.

¹ Aðalsteinn Örn Snæþórsson, Yann Kolbeinsson og Þorkell Lindberg Þórarinnsson, 2018. Fuglar á fyrirhugaðri raflínuleið milli Blönduvirkjunar og Brennimeis á Hvalfjarðarströnd. Húsavík: Náttúrustofa Norðausturlands, Skýrsla nr. NNA-1806.

² Verkís, 2016. *Áflug fugla á flutningslínur – þróun vöktunaraðferða*. Unnið fyrir Landsnet.



Hér verður gerð grein fyrir niðurstöðum úr könnunum með ofangreindum aðferðum sem notaðar verða við mat á umhverfisáhrifum Holtavörðuheildarlínu 1.



2 Aðferðir

2.1 Línuganga

Vor og haust 2022 var leitað dauðra eða særðra gæsa og annarra fugla meðfram fyrirhugaðri leið Holtavörðuheildarlínu 1 um Andakíl. Gengið var meðfram línunni á um 16 km kafla, frá hlíðum Brekkufjalls og norður fyrir Grímsá. Leitað var blesgæsa, sem gætu hafa flogið á línuna, á um 80 m belti til beggja handa út frá henni. Var þar fylgt aðferð sem Landsnet hefur notað við leit að fuglum undir háspennulínu. Ef fugl fannst eða ummerki um fugl þá var tekinn GPS punktur við staðinn og ljósmynd tekin af hræi. Hræ voru hirt og þau skoðuð á rannsóknastofu til að kanna ummerki um áflug. Meðlimir í Björgunarsveitinni Ok sáu um leitina meðfram línunum í Andakíl.

Haustið 2022 og vorið 2023 var leitað dauðra eða særðra álftra, gæsa og annarra fugla meðfram fyrirhugaðri leið Holtavörðuheildarlínu 1 um Grundartangasvæðið. Gengið var frá Klafastöðum þar sem línurnar koma út frá Norðuráli, að Brennimel og svo meðfram Vatnshamralínu að því þar sem hún beygir til norðurs vestan við Miðfellsmúla. Meðlimir í Björgunarsveitinni Brák sáu um leitina meðfram línunum á Grundartangasvæðinu.

Aðferð við vöktunina og skráningu upplýsinga er nánar lýst í viðauka 1.

2.2 Leit með dróna

Við leit að álftrum og öðrum fuglum undir háspennulínunni með dróna var notaður DJI Mavic Air 2s dróni og var 11" Apple Ipad notaður sem skjár með fjarstýringunni. Valdar voru leiðir þar sem líklegt var að álftrir væru á ferðinni og leitað var í september og október eftir að álftrir voru komnar með fleyga unga. Drónanum var flogið yfir háspennulínu í 30-50 m hæð yfir jörðu. Fylgst var með í Apple Ipad hvort þar sæjust ummerki um fugla. Ef grunur var um það þá var flug lækkað og flogið að mögulegu fuglshræi og það skoðað í nálægð og myndað.

2.3 Mat á áflugi merktra blesgæsa

Frá árinu 2013 hafa blesgæsir með GPS/GSM merki á hálskring verið á ferðinni við Hvanneyri og annarsstaðar á landinu. Hálsmerkin eru þannig úr garði gerð að í þeim er GPS móttökutæki sem getur staðsett gæsirnar með nokkurra metra nákvæmni og einnig gefið upplýsingar um hreyfingu sem mæld er með þrem hröðunarnemum. Þá má í sumum tilfellum fá mat á flughæð með GPS mælingunni en sú mæling getur verið ónákvæm. Símsendir er einnig í hálsmerkinu og sendir hann upplýsingarnar á vefsíðu með SMS eða GPRS gagnasendingu. Stjórnbúnaður er í merkinu sem stýrir tíðni punktasoöfnunar og sendinga á gögnum og einnig er minniskort sem geymt getur nokkurra vikna gögn sem safnast upp ef fuglarnir eru utan þjónustusvæðis GSM kerfa. Rafhlaða merkisins er svo hlaðin með sólarcellu utan á hálsmerkinu. Hreyfiskynjarar merkisins senda upplýsingar um að fugl sé dauður ef merkið er hreyfingalaust um stund. Þá er reynt að endurheimta merkið sem fyrst m.a. til að meta dánarorsök fuglsins. Ekki tekst þó alltaf að finna gæsina þó sendirinn finnist því rándýr geta bitið hálsinn sundur þannig að merkið verið aðskilið frá gæsinni. Þannig væri það metið sem líklegt áflug ef merki finnst undir eða mjög nærri línu.

Tvenns konar gagnasett voru notuð við athugun á áflugi blesgæsa með senda. Annars vegar frá gæsum sem voru í Andakíl þar sem fyrirhuguð lína á að rísa og svo einnig blesgæsir sem halda til á Suðurlandi og hitta fyrir háspennulínur þar. Þannig mátti stækka gagnamagn og fá fleiri flugleiðir yfir háspennulínur. Carl Mitchell, breskur gæsasérfræðingur var fenginn til að vinna út gögnum um blesgæsir og skilaði hann tveim aðskildum minnisblöðum um sitthvort svæðið og fylgja þau með hér sem viðaukar.³⁴ Gögn sem notuð voru komu annars vegar frá Research Center for Eco-Environmental

³ Carl Mitchell 2022. *Estimated power line crossing rates of Greenland White-fronted Geese near Hvanneyri, west Iceland.* Minnisblað unnið fyrir Verkis.

⁴ Carl Mitchell 2023. *Estimated power line crossing rates of Greenland White-fronted Geese in the South Iceland.* Minnisblað unnið fyrir Verkis



Sciences, Chinese Academy of Sciences (RCEES. CAS) um gæsir í Andakíl og frá The Wildfowl & Wetlands Trust (UK) um gæsir frá Suðurlandi. Þessum aðilum er þakkað fyrir aðgang að gögnunum.



3 Niðurstöður

3.1 Línuganga

3.1.1 Andakíll

Fyrri gangan með línunni í Andakíll var farin um vorið 2022 eftir að blesgæsir voru að mestu farnar til Grænlands. Haustið 2022, í byrjun nóvember, var línan gengin á ný og voru blesgæsir þá horfnar af landinu. Á Mynd 3-1 má sjá hvar fuglar fundust undir línunni og tegund tilgreind í þeim tilfellum sem greining var möguleg.

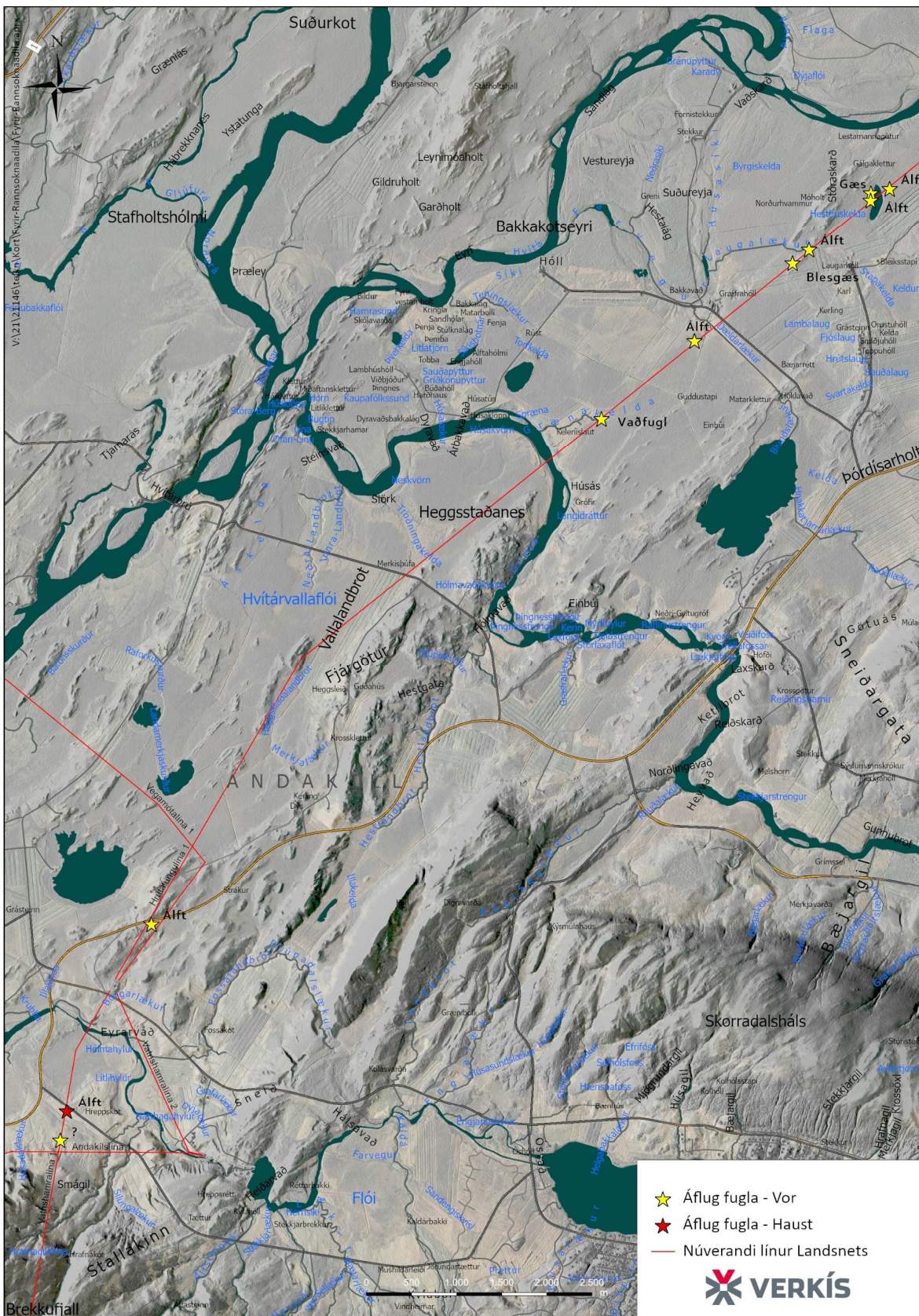
Í göngunni um vorið fundust 9 hræ eða fuglsleifar. Í einu tilviki var um að ræða gamalt bein sem ekki var unnt að greina til tegundar og er það merkt með spurningamerki. Þá fannst gamalt bakbein sem talið var vera af gæs en ekki unnt að greina hvaða gæsategund það var. Af hræjum sem fundust um vorið voru öll talin vera gömul nema vaðfuglsleifar. Eitt álftahræið og blesgæsavængur voru talin vera frá fyrri hausti eða vetri en önnur eldri. Einn vaðfugl fannst og voru það eingöngu fjaðrir sem taldar voru af hrossagauki og var frá vorinu. Við hliðina var æla frá fálka þannig að mögulega var hrossagaukurinn veiddur af fálka og étinn við línuna eða fálki séð hræið og gætt sér á því. Í haustgöngunni fannst eingöngu eitt álftahræ frá sumrinu og var það að stórum hluta étið en eftir var einn vængur og bakbein og bringukjölur.

Mest var af álftum og gæsum á norðausturhluta athugunarsvæðisins (Mynd 3-1). Tvær álftir og ógreind gæs voru við tjörn norðan við bæinn Laugarholt. Þetta er tjörn í námunda við ræktuð tún þar sem línan liggur yfir tjörnina. Ekki er ólíklegt að tjörnin sé notuð sem náttstaður af gæsum og álftum og línan gæti því skapað árekstrarhættu. Hræ af álft og blesgæs fundust svo skammt suðvestur af tjörninni, yfir og í námunda við ræktað land. Ein álft frá vorinu var svo milli Vegmótalínu og Hrutatungulínu í vinstra horni myndarinnar, ekki yfir ræktaðu landi. Álftin frá haustinu var svo í túni við bæinn Skeljabrekku.

3.1.2 Grundartangi

Fyrri gangan á Grundartanga var ekki farin fyrr en í byrjun desember 2022 þar sem erfiðlega gekk að fá fólk til að ganga svæðið. Það vildi til að haustið 2022 var milt á svæðinu og því auð jörð. Í göngunni fundust hræ eða ummerki af 15 fuglum. Af þeim voru sjö álftir, tveir máfar og ein grágæs. Einnig voru leifar af rjúpu og tveir vaðfuglar, annar ógreindur og einn hrossagaukur. Af álftahræjum voru 5 gömul bein sem gætu hafa verið eldri en frá árinu. Á Mynd 3-2 má sjá dreifingu hræjanna. Þar má sjá að fimm af álftunum voru á litlu svæði milli vatnanna þriggja og þar var einnig ógreindi vaðfluglinn. Hinar tvær álftirnar voru nyrst á svæðinu, nærri túnum við bæinn Eystra Miðfell. Þar skammt frá var einnig hræ af máf. Grágæs, rjúpa og máfur voru svo við Skollholt, suðaustan við Eiðisvatn.

Seinni gangan á Grundartanga var uppúr miðjum maí 2023. Mun meira fannst af hræjum eða fuglsleifum eða 31. Þar af voru 10 álftir og 11 máfar. Tvær endur fundust, skúfönd og toppönd og ein margæs. Þá fundust leifar af þrem fýlum, tveim skógarpröstum og af vaðfluglum þá fannst einn hrossagaukur og spói. Álftirnar voru nokkuð jafndreifðar og flestar á svæðinu frá suðvesturhluta Skollholts og norður fyrir Hólmavatn (Mynd 3-3). Ein álft var við tún við bæinn Eystra Miðfell. Máfar voru flestir og voru þetta fjórir sílamáfar, hettumáfur og rita. Fjórir ógreindir stórmáfar þar sem tveir þeirra voru taldir vera svartbakar. Dreifing máfanna var svipuð og álftanna, nokkuð jafndreifðir frá suðvestur enda Skollholts og norður fyrir Hólmavatn (Mynd 3-3). Aðrir fuglar voru á þessu sama svæði nema toppöndin sem var vestur af tengivirkinu við Brennimeil.



Mynd 3-1 Staðsetning hræja sem fundust við línugöngu í Andakíl vor og haust 2022.



Mynd 3-2 Staðsetning hræja sem fundust við línugöngu á Grundartangasvæðinu haustið 2022.



Mynd 3-3 Staðsetning hræja sem fundust við línugöngu á Grundartangasvæðinu vorið 2022.

3.2 Leit með dróna

Drónar henta ágætlega við að meta áflug álfta á raflínur. Á Mynd 3-4 má sjá álfthrae sem myndað var með dróna í um 50 m hæð undir Lækjartúnslínu 1 austan við Selfoss. Þetta hrae var af álft sem bar sendi og flaug að öllum líkindum á línuna. Hraeið var étið þannig að lítið var eftir nema vængir áfastir við bringubein. Á Mynd 3-5 má svo sjá fimm álfthrae í túni í Þverárhlið og gefa þessar myndir hugmynd um sýnileika álfta á drónamyndbandi sem tekið er í 50 m hæð.

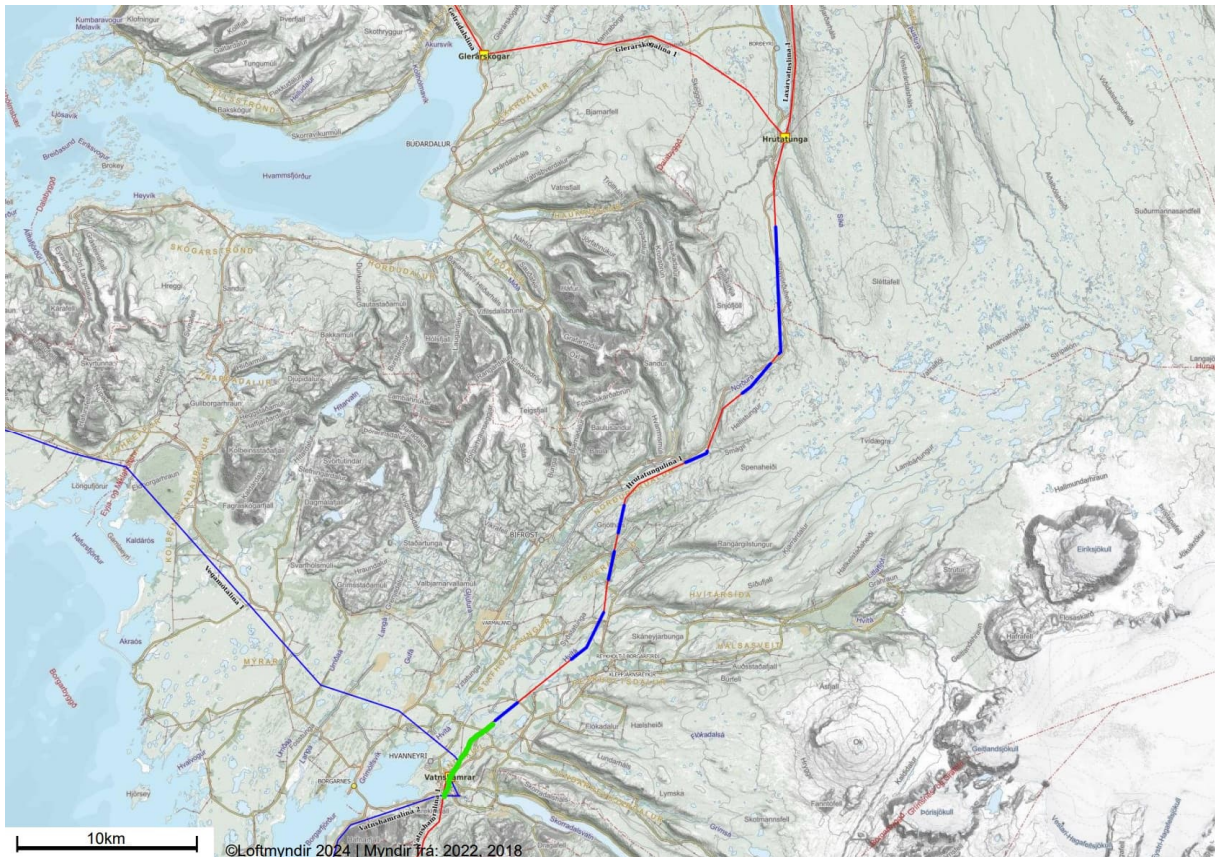


Mynd 3-4 Álfthrae sem myndað var með dróna í um 50 m. hæð undir Lækjartúnslínu 1 austan við Selfoss. Örin bendir á hraeið.



Mynd 3-5 Fimm álfthrae í túni í Þverárhlið. Myndin er tekin í um 50 m. hæð.

Á leið Holtavörðuheidarlínu 1 var leitað að álfum sem kynnu að hafa flogið á línu um haust. Þá má búast við að álftafjölskyldur séu farnar að fljúga auk þess sem búast má við gæsum á Holtavörðuheidi og á láglandinu. Alls voru flognir 32,5 km á tveim dögum (16. september og 28. október 2023) og á Mynd 3-6 má sjá þá hluta núverandi háspennulínu sem flogið var yfir. Engar dauðar álftir né aðrir fuglar fundust í fluginu yfir línurnar. Tvisvar sinnum sáust hvít ummerki sem voru þá skoðuð nánar með því að lækka flugið og reyndust ummerkin ekki vera um fugla.



Mynd 3-6 Línukaflar sem flognir voru með dróna yfir Hrutatungulínu í leit að álfum eru merktir bláir. Gönguleið í línulabbi er græn.

3.3 Mat á áflugi merktra blesgæsa

3.3.1 Andakíll

Grænlenka blesgæsin er umferðarfugl á Íslandi, verpir á vesturströnd Grænlands og á sér vetrarstöðvar aðallega á Írlandi og í Skotlandi. Gæsirnar stoppa hér á Íslandi vor og haust á leið sinni milli vetrar- og varpstöðva og stoppa þá aðallega á vesturlandi, Borgarfirði og Mýrum og á sunnanverðu Snæfellsnesi. Einnig á Suðurlandsundirlendi, aðallega frá Flóa og austur undir Eyjafjöll og upp á Skeiðin og einnig í Meðallandi og Landbroti í Skaftafellssýslum. Á Vesturlandi hefur kjarninn í útbreiðslu blesgæsa verið á Hvanneyri og þar í kring en á Suðurlandi er mest af blesgæsum í Landeyjum og Þykkvabæ. Samkvæmt talningum þá geta um 3.500 blesgæsir verið í Andakíl.⁵ Blesgæsir hafa átt undir högg að sækja og hefur fækkað hratt frá síðustu aldamótum, úr rúmlega 30 þúsund fuglum í um 18 þúsund nú og gæti enn verið að fækka. Vegna þessa voru blesgæsir friðaðar fyrir skotveiði árið 2006 en fram að því voru að meðaltali um 3.300 gæsir skotnar á ári⁶. Enn eru að meðaltali um 330 gæsir

⁵ <https://www.ni.is/is/biota/animalia/chordata/aves/anseriformes/blesgaes-anser-albifrons-flavirostris>

⁶ Umhverfisstofnun | Veiðitölur (ust.is)



skotnar á ári að mestu fyrir slysi að talið er. Vegna þessarar fækkunar er blesgæsin á valista Náttúrufræðistofnunar Íslands⁷ og er þar í flokknum í hættu (EN). Vegna þessarar verndarstöðu blesgæsa og mikilvægis Andakíls fyrir tegundina var sérstaklega hugað að því hvort líklegt teldist að eitthvað væri um dauðsföll þeirra af völdum núverandi raflína. Með því að styðjast við flugferla gæsa með senda þá er hægt að áætla hve oft gæsir fljúga yfir línur og hvort einhverjar þeirra lendi í áflugi sem verði þeim að aldurtíla. Þessi aðferð er því laus við þann vafa sem er um hvort hræ af fuglum séu borin burt af hrættum og einnig þann vafa að þau finnast ekki við línulabb eða drónaleit.

Niðurstöður frá merktum gæsum í Andakíl byggja á minnisblaði Carl Mitchell frá 2022.³ Frá Andakíl fengust upplýsingar um 15 blesgæsir sem notaðar voru í greininguna. Það gerir um 49 sendaár og frá þeim fengust og gögn frá 1.255 dögum. Alls voru það um 29 dagar á gæs á ári sem er miðgildi (2-48 dagar). Á tímabilinu voru 99.394 flug skráð og af þeim voru 550 flug yfir línur í eigu Landsnets sem gerir um 0,59 yfirflug á dag. Ef aðeins eru teknar gæsir sem flugu yfir línur þá eru flugin um 1,12 á dag (Tafla 3-1). Gæs nr. 14 fór oftast yfir línur eða 88 sinnum á 30 dögum.

Flug yfir línur í eigu Rarik á svæðinu voru 24 eða um 0,03 yfirflug á dag (Tafla 3-1) eða eitt yfirflug á 33 dögum.

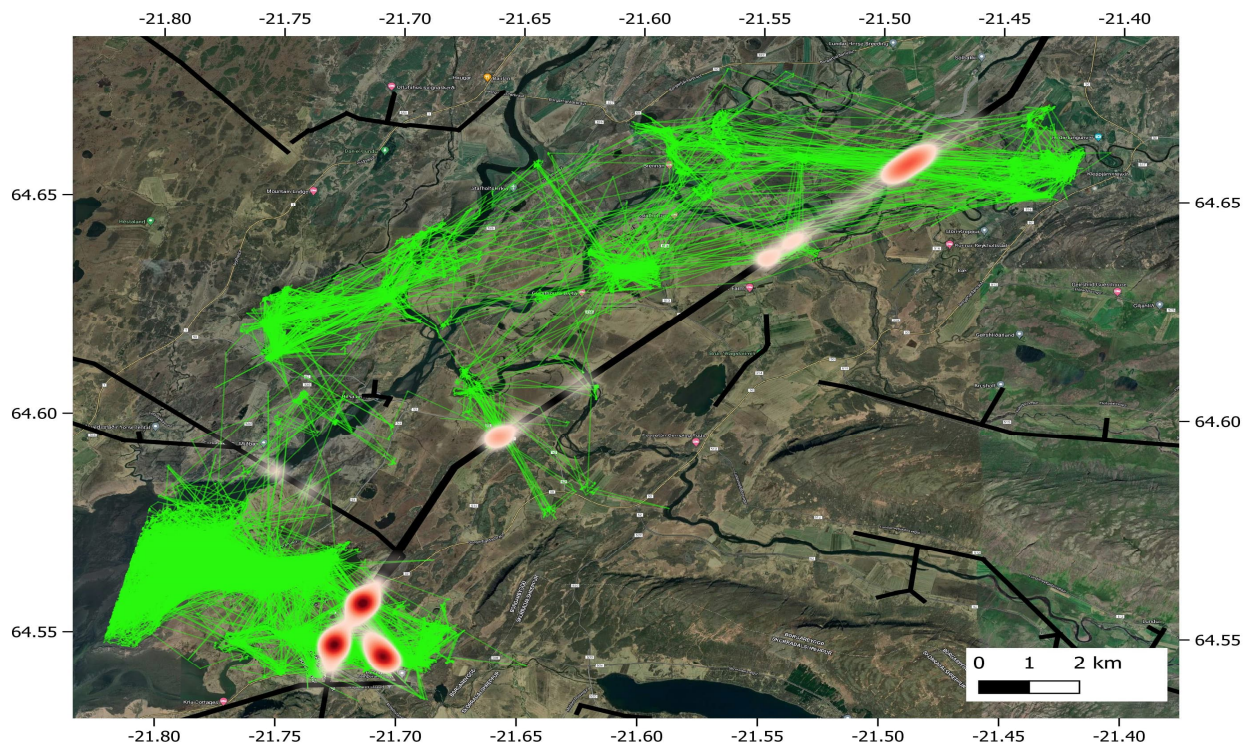
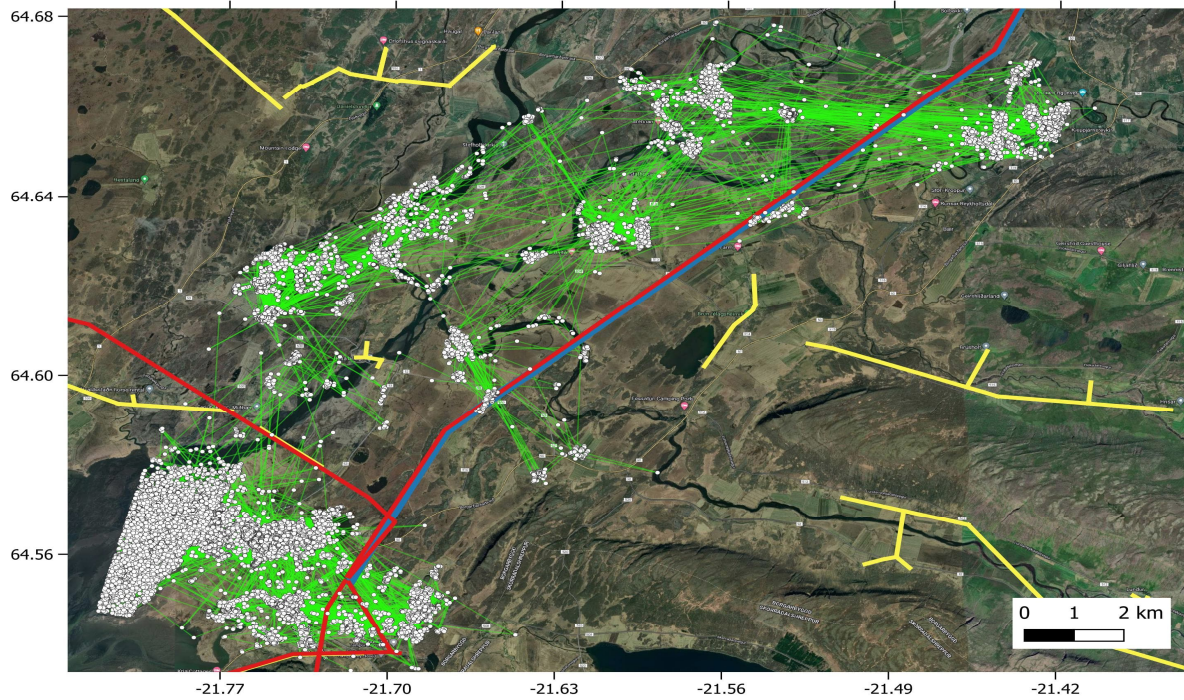
Flug yfir fyrirhugaða Holtavörðuheildarlínu 1 voru 295. Það gerir um 0,42 yfirflug á dag fyrir þessar 15 gæsir með senda.

Út frá fluglínunum gæsanna má sjá þá kafla á línunum þar sem mest umferð gæsa er yfir og ástæða til að ætla að þar séu líkur á að áflug verði mestar. Á Mynd 3-7 má sjá hvar þessir helstu kaflar eru. Þrír punktar eru þar sem Vatnshamralína og Hrutatungulína mynda þríhyrning. Á þessu svæði eru tún þar sem gæsirnar sækja í og svo er stutt í náttstað á Andakílsá og í ósum hennar þar sem hún rennur inn í Borgarfjörðinn. Auk þess að náttá sig á ánni og leirunni þá fara gæsirnar fram og aftur frá túnunum á leirurnar til að sækja sér sand í fóarnið. Á rauða litnum á blettunum má sjá að þetta eru „heitustu“ staðirnir. Annar heitur blettur er í mynni Reykholtisdals þar sem gæsir eru að fara að því er virðist milli ræktarsvæða. Þrír bleikari blettir eru svo við bæinn Laugarholt, tveir blettir og yfir Hvítárvallavegi þar sem gæsirnar virðast fara milli Grímsár og ræktarlands við bæinn Hest.

Tafla 3-1 Áætluð tíðni yfirfluga blesgæsa yfir línur í Andakíl og nágrenni auk fyrirhugaðrar Holtavörðuheildarlínu 1. Úr Carl Michell 2022.³ SE stendur fyrir staðalskekkju (standard error).

Lína	Fjöldi flugferla sem fara yfir háspennulínur	Áætluð tíðni yfirflugs á dag (allar gæsir) (SE, bil)	Áætluð tíðni yfirflugs á dag (eingöngu gæsir sem flugu yfir línu) (SE, bil)
Landsnet	550	0.59 (0.14, 0-2.93)	1.12 (0.21, 0.03-2.93)
Rarik	24	0.03 (0.01, 0-0.33)	0.08 (0.02, 0.03-0.22)
Holtavörðuheildarlína 1	295	0.42 (0.14, 0-4.89)	1.22 (0.35, 0.06-4.89)

⁷ <https://www.ni.is/is/midlun/utgafa/valistar/fuglar/valisti-fugla>



Mynd 3-7 Efri myndin sýnir GPS punkta frá 15 merktum blesgæsnum nærri Hvanneyri, frá september 2017 til maí 2022 (hvítir hringir). Fluglínur milli punkta eru grænar. Núverandi línur Landsnets og Holtavörðuheidarlína 1 eru rauðar og bláar. Rarík línur eru gular. Neðri myndin sýnir þau svæði sem hæsta tíðni yfirflugs var og eru þau svæði sýnd sem bleik-rauð. Því meira rautt því hærri tíðni yfirflugs.



3.3.2 Suðurland

Niðurstöður frá merktum gæsum á Suðurlandi byggja á minnisblaði Carl Mitchell frá 2023.⁴ Frá Suðurlandi fengust upplýsingar um 31 blesgæs sem notaðar voru í greininguna. Frá þeim fengust 27.772 staðsetningar frá 2.802 dögum. Alls voru það um 27 dagar á gæs á ári sem er miðgildi (2-108 dagar). Alls voru 897 flug yfir línur í eigu Landsnets og gerir það um 0,41 yfirflug á dag eða eitt yfirflug á 2,4 dögum (Tafla 3-2).

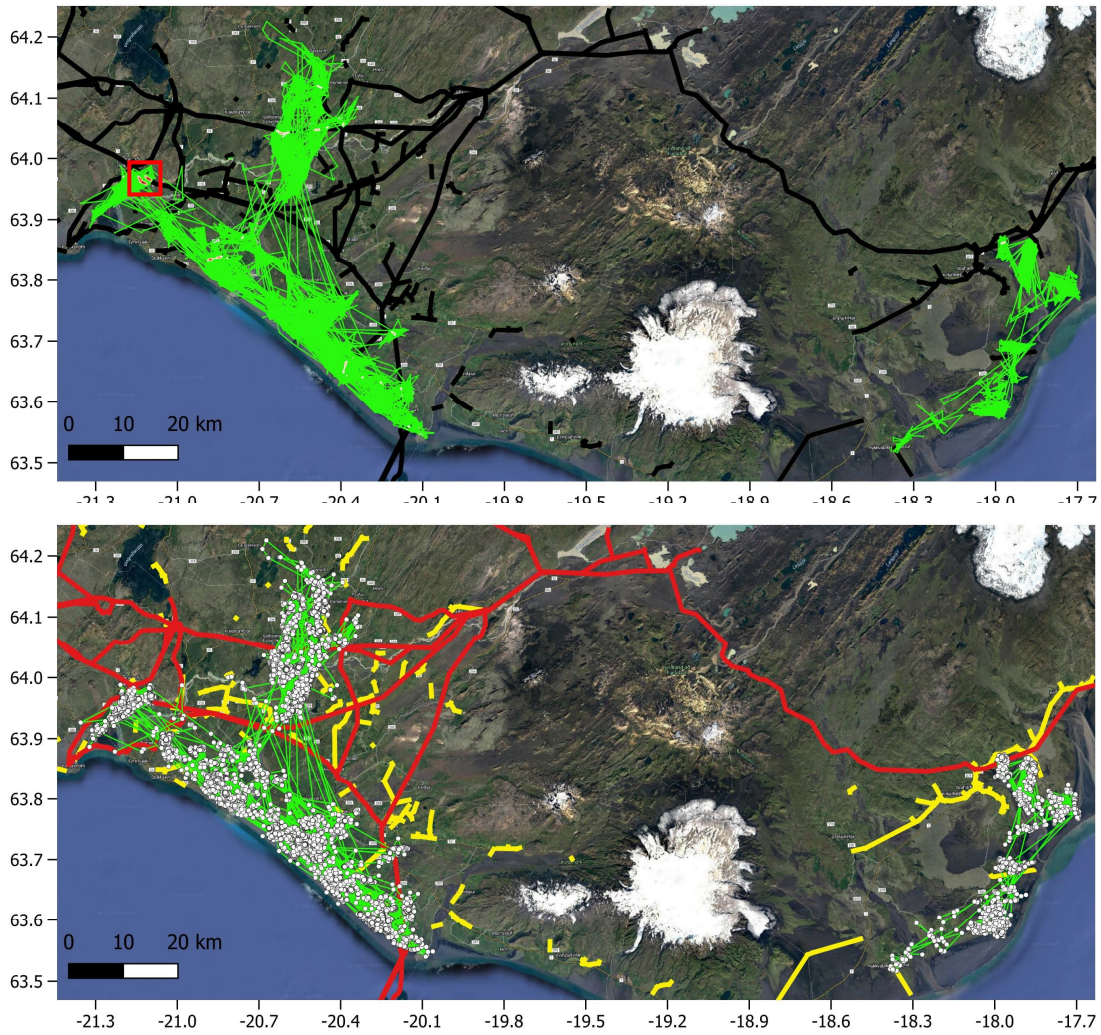
Flug yfir línur á svæðinu í eigu Rarik voru 1.023 og gerir það um 0,43 yfirflug á dag, eða eitt yfirflug á 2,3 dögum.

Sú gæs sem oftast fór yfir línur Landsnets fór 10 ferðir á þrem dögum. Engin gæs var talin hafa flogið á línu á athugunartímanum.

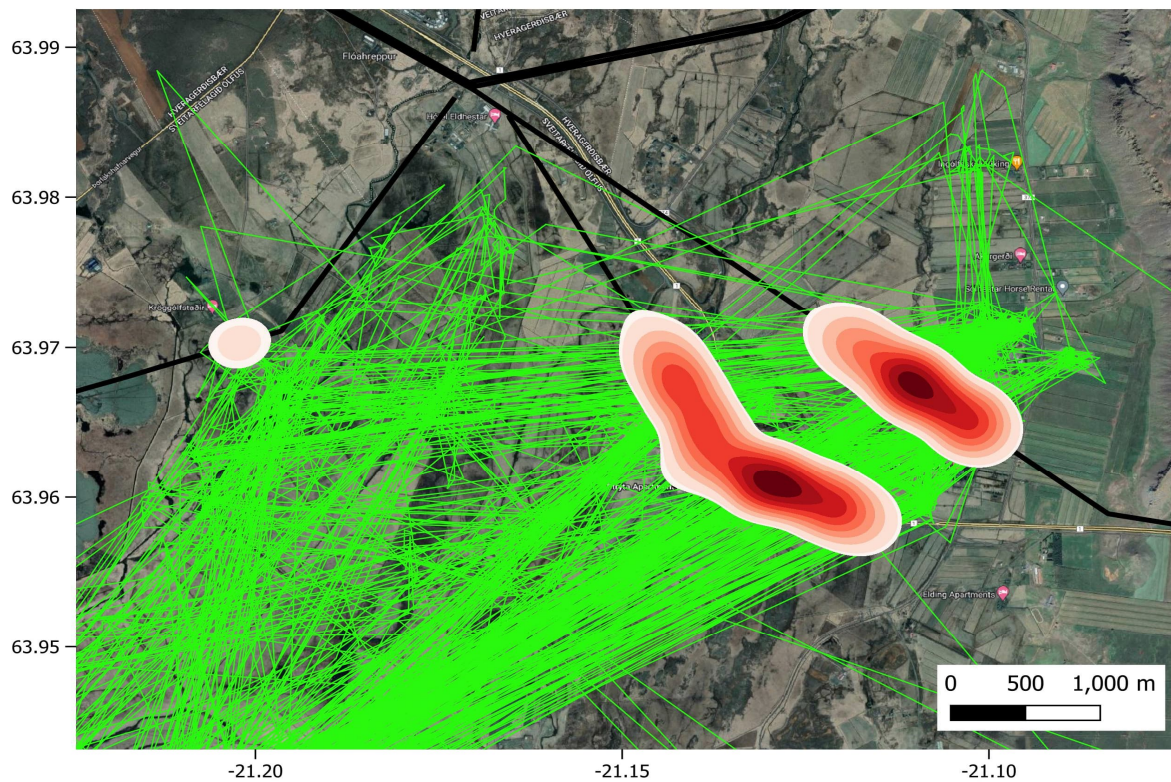
Tafla 3-2 Áætluð tíðni yfirfluga blesgæsa yfir línur á Suðurlandi. Úr Carl Michell 2023.⁴

Eigandi línu	Fjöldi flugferla sem fara yfir háspennulínur.	Áætluð tíðni yfirflugr á dag (allar gæsir) (SE, bil)	Áætluð tíðni yfirflugr á dag (eingöngu gæsir sem flugu yfir línu) (SE, bil)
Landsnet	2802	0.41 (0.07, 0-3.33)	0.66 (0.10, 0.04-3.33)
Rarik	1023	0.43 (0.06, 0-2.48)	0.49 (0.07, 0.02-2.48)

Út frá fluglínunum gæsanna má sjá þá kafla á línunum á Suðurlandi þar sem mest umferð blesgæsa er yfir og ástæða til að ætla að þar séu líkur á að áflug verði mest. Á Mynd 3-8 má sjá hvar þessir helstu kaflar eru og eru heitustu blettirnir yfir Lækjartúnslínu 1 við Kögunarhól og yfir Rarik línu þar skammt sunnan við Mynd 3-9.



Mynd 3-8 Efri myndin sýnir GPS punkta frá 31 merktri blesgæs á Suðurlandi, frá apríl 2013 til maí 2022 (hvítir hringir). Fluglínur milli punkta eru grænar. Línur Landsnets eru rauðar en Rarik línur eru gular. Neðri myndin sýnir svæði þar sem hæsta tíðni yfirflugs var og eru þau svæði sýnd sem bleik-rauð. Því meira rautt því heitari eru þau.



Mynd 3-9 Myndin af því svæði sem sýnt er sem rauður ferningur á mynd 3-8 og sýnir þau svæði þar sem hæsta tíðni yfirflugs var, þau svæði eru sýnd sem bleik-rauð. Því meira rautt því hærri tíðni yfirflugs.



4 Umræður

Hér voru notaðar þrjár aðferðir við að meta áflugshættu á núverandi háspennulínur yfir Holtavörðuheidi og um sveitir Borgarfjarðar og Hvalfjarðarsveitar. Línulabb og drónaflug eru sambærilegar aðferðir á nokkurn hátt en mat á árekstrahættu með notkun GPS/GSM senda er ný aðferð hér á landi við að meta áflugstíðni. Áhyggjur af áflugi beinast ekki síst að blesgæsinni sem eins og áður segir hefur átt undir högg að sækja frá aldamótum og mun Holtavörðuheildarlína 1 liggja um svæði sem eru mikilvæg blesgæsinni. Hvanneyri og bæir þar í kring hafa verið friðlýstir sem Ramsarsvæði og er það m.a. vegna mikilvægis svæðisins fyrir blesgæsastofninn og einnig er mikið af blesgæs norðan við það svæði. Ef háspennulínur eru að skapa mikla hættu fyrir blesgæsirnar þá væru það neikvæð umhverfisáhrif sem þyrfti að reyna að draga úr.

Við línulabb um Andakíl að vori fundust aðallega gömul hræ, sum frá fyrri árum og mest af álfum en einnig ein blesgæs og ógreind gæs. Um haustið fannst einungis eitt hræ, af álfum sem var frá sumrinu. Ef dreifing álfum og gæsa sem fundust við línulabb í Andakíl (Mynd 3-1) er borin saman við heitu reitina sem komu í ljós við athugun á GPS/GSM fuglum (Mynd 3-7) þá sést að fuglarnir fundust helst á þessum heitu reitum. Fjöldi blesgæsa á rannsóknasvæðinu er mun meiri en álfum þó gæsirnar dvelji þar í mun styttri tíma. Samkvæmt leitar- og sendagögnum virðist ekki algengt að blesgæsir fljúgi á línur en samt gerist það í einhverju mæli. Meiri líkur virðast á að álfir fljúgi á línur. Sérstaklega sést það þegar línulabb á Grundartanga er skoðað en þar fundust alls leifar af 17 álfum en til samanburðar sex í Andakíl. Á Grundartanga fannst mjög mikið af hræjum á svæðinu frá suðvesturluta Skollholts og norður fyrir Hólmavatn (Mynd 3-2 og Mynd 3-3). Þetta voru bæði hræ af álfum en einnig mikið af máfum og fýlum. Aðeins ein margæs fannst og ein grágæs. Grundartangasvæðið er með mikið af línur og þar eru vötn og tjarnir sem álfir leita á. Einnig er Grundatangasvæðið í fluglínu milli Hvalfjarðar og Grunnafjarðar og er t.d. líklegt að fýlar sem eru að rekast á línur séu að stytta sér leið yfir land milli fjarðanna og lenda þá á línur. Máfafjöldi er mikill og kemur það kannski bæði til vegna þess að máfar séu á leið milli fjarðanna líkt og fýlar en einnig er nokkuð máfavarp í nágrenninu, s.s. í Akrafjalli og á Hvalfjarðarströnd. Máfar sem eru í fæðuleit yfir mómum og votlendi eru gjarnan að horfa niður eftir mófuglsungum eða öðru hnossgæti og eru því í hættu á að fljúga á línur. Álfir eru að horfa fram á við á flugi sínu en bæði eru þær oft á ferð í ljósaskiptum og einnig eru þær þungar og kannski ekki mjög fimar að lyfta sér yfir línuna. Líkur eru á að margæsir fljúgi milli Hvalfjarðar og Grunnafjarðar yfir land. Margæsir eru umferðarfarfuglar hér og stoppa vor og haust líkt og blesgæsir. Aðeins fundust leifar af einni margæs í línulabbi og það bendir ekki til að mikið sé um árekstra þeirra við línur. Arnavarp hefur verið í Grunnafirði og Hvalfirði auk þess sem ungir ernir hafa sést á svæðinu þannig að hætta gæti verið fyrir erni á flugi milli fjarðanna og yfir athugunarsvæðinu.⁸ Ekki fundust þó nein ummerki um áflug arna við línulabbið.

Á svæðum eins og Grundartanga og á heitum reitum eins og sjást í Andakíl út frá sendafuglum ætti að athuga að setja einhverskonar fælur á línurnar þannig að þær verði meira áberandi og fuglar geti beygt frá í tæka tíð.

Leit með dróna að álfum leiddi ekki í ljós neina árekstra á svæðinu sem leitað var. Ekki sáust heldur önnur hræ í þeirri leit en minni líkur eru á að sjá minni fugla en álfir. Þessi aðferð krefst mun minni mannafla til leitar en línulabbið og gæti nýst vel í framtíðar rannsóknum og vöktun.

Niðurstöður athugana á sendafuglum er athyglisverð og ný nálgun við mat á áflugi auk þess sem sú aðferð teiknar upp heita bletti þar sem umferð fugla er mikil. Hér voru aðeins skoðuð gögn um blesgæsir en til eru gagnasöfn um fleiri tegundir fugla sem mætti skoða, s.s. grágæsir, heiðagæsir og helsingja auk álfum. Þá hefur Náttúrfræðistofnun Íslands verið með senda á ungum haförnum sem einnig mætti skoða með tilliti til línuleiða.

Af þeim tegundum sem virðast helst fljúga á línur þá ber einna mest á álfum. Það vill þó til að válista staðar álfum er LC, eða ekki í hættu. Álfum hefur fjölga mjög í seinni tíð þannig að ólíklegt er að áflug á

⁸ Menja von Schmalensee & Kristinn Skarphéðinsson. (2021). Áflug arna á raflínur [White-tailed sea eagle collisions with power lines in Iceland]. Fuglar nr. 13 (ISSN 1670-5572). 26-29.



línur hafi mikil áhrif á stofn álfta. Svartbakur er með válistastöðuna EN, í hættu og sílamáfar með stöðuna DD, gögn vantar. Þeim hefur fækkað nokkuð að talið er vegna skorts á sandsílum. Líklegt er að það sé fyrst og fremst á Grundatangasvæðinu sem sjófuglar líkt og máfar og fýlar eru í hættu á að fljúga á línur. Minni tegundir s.s. rjúpur, þrestir, endur og vaðfuglar eru frekar vanmetnar við línulabb þar sem hræ af þeim gætu verið borin burt af hræætum eins og ref, mink og máfum. Út frá fjölda yfirfluga blesgæsa þá virðist ekki mikið um áflug blesgæsa. Engin blesgæs með sendi hefur flogið á línu hér á landi svo vitað sé. Ein blesgæs fannst í línulabbinu sem bendir þó til að það gerist að þær fljúgi á línu.



5 Heimildir

Aðalsteinn Örn Snæþórsson, Yann Kolbeinsson og Þorkell Lindberg Þórarinsson, 2018. *Fuglar á fyrirhugaðri raflínuleið milli Blönduvirkjunar og Brennimeis á Hvalfjarðarströnd*. Húsavík: Náttúrustofa Norðausturlands, Skýrsla nr. NNA-1806.

Carl Mitchell 2022. Estimated power line crossing rates of Greenland White-fronted Geese near Hvanneyri, west Iceland. Minnisblað unnið fyrir Verkís.

Carl Mitchell 2023. Estimated power line crossing rates of Greenland White-fronted Geese the South Iceland. Minnisblað unnið fyrir Verkís

<https://www.ni.is/is/biota/animalia/chordata/aves/anseriformes/blesgaes-anser-albifrons-flavirostris>

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

Menja von Schmalensee & Kristinn Skarphéðinsson. (2021). *Áflug arna á raflínur [White-tailed sea eagle collisions with power lines in Iceland]*. Fuglar nr. 13 (ISSN 1670-5572). 26-29.

Verkís, 2016. *Áflug fugla á flutningslínur – þróun vöktunaraðferða*. Unnið fyrir Landsnet



Viðaukar

Viðauki 1. Lýsing aðferða við vöktun háspennulína – Línulabb

Viðauki 2. Carl Mitchell 2022. Estimated power line crossing rates of Greenland White-fronted Geese near Hvanneyri, west Iceland. December 2022.

Viðauki 3. Carl Mitchell 2023 Estimated power line crossing rates of Greenland White-fronted Geese in south Iceland



Viðauki 1 Lýsing aðferða við vöktun háspennulína – Línulabb

Vöktun á fugladauða við línur.

Markmið vöktunarinnar er að leita að fuglum, dauðum eða særðum, sem kunna að finnast undir raflínum og gætu hafa flogið á línu. Bæði getur verið um að ræða heilt hræ, hluta úr hræi eða fjaðraflekkur hafi fuglinn verið étinn eða fjarlægður.

Þriggja manna hópur leitar svæðið og gengur fyrirfram ákveðna leið. Númer á mastri í línu er ákveðið með slembiúrtaki. Gengin er um 3 km. leið fram og til baka og helmingur svæðis leitaður í senn. Hver leitarmaður leitar um 7 metra til hvorrar handar og leitarsvæði því um 42 metrar á hvorum helming eða samtals um 84 metra breitt svæði. Leitarmenn nota 28 metra band sem strengt er á milli leitarmanna og er einn í miðjunni. Sá sem næstur línunum gengur 7 metra frá miðju þeirra.

Athugun á vettvangi:

- Farið er að staur sem valinn hefur verið og gengið í átt að herra númeri
- Merkja skal bilið sem gengið er með númerum á upphafsstaur og lokastaur ásamt nafni á línu. Taka GPS punkt við upphafsstaur og endastaur
- Ljósmyndir eru teknar af staurabili við hvern staur svo sjá megi gróður og land milli staura
- Leitarmenn ganga hægt milli staura og horfa vel í kringum sig til beggja átta
- Ef fugl finnst eða ummerki um fugl þá er tekinn GPS punktur við staðinn
- Fjarlægð fugls frá ystu línu er mæld. Sé fugl undir línu þá fjarlægð frá miðlínu
- Ljósmynd tekin af hræi/flekk og númerað með heiti GPS punkts – nærmynd svo hægt sé að greina tegund og mynd fjær sem sýnir umhverfi
- Hræ af fugli er sett í poka og merkt með heiti GPS punkts
- Þegar heim er komið er hræjum komið til Arnórs Þ. Sigfússonar hjá Verkís ef hægt er, annars sett í frost.

Arnór Þ. Sigfússon sími 8434924, ats@verkis.is



Viðauki 2 Carl Mitchell 2022. Estimated power line crossing rates of Greenland White-fronted Geese near Hvanneyri, west Iceland. December 2022.

Estimated power line crossing rates of Greenland White-fronted Geese near Hvanneyri, west Iceland

Carl Mitchell
December 2022

Summary

Greenland White-fronted Geese stage in Iceland in spring and autumn on their way to and from their breeding grounds in west Greenland. The population is small (approx 18,000 individuals) and declining. GPS data from tagged individuals were examined near Hvanneyri in western Iceland. Data were available during spring and autumn migration from September 2017 to May 2022. Possible flight segments (lines connecting successive locations of individually marked geese) were compared with existing power lines and a proposed new power line route in the Hvanneyri area. There was an overall mean rate of **0.59** (Standard Error 0.14, range 0-2.93), **0.03** (0.01, 0-0.33) and **0.42** (0.14, 0-4.89) crossings per day during their period of stay in the area, or one crossing every 1.7, 33.3 and 2.4 days, for the Landsnet, Rarik and the proposed new Landsnet power lines, respectively. No GPS-tagged Greenland White-fronted Geese were recorded colliding with power lines in the study area. In order to facilitate the possible deployment of bird diverter markers, on both the existing and proposed power lines, based on the movements of tagged individuals, kernel density estimation maps were prepared for the Hvanneyri area showing the locations of the most frequent crossing points.

Introduction

Greenland White-fronted Geese *Anser albifrons flavirostris* breed in west Greenland, mainly between 66-72°N and stage in Iceland in spring and autumn, and winter in Ireland and Britain (Fox & Walsh 2018). The spring 2022 survey produced a population estimate of 18,027 birds (Fox *et al.* 2022). The population showed a 4.3% per annum increase during 1983-1999, followed by 2.5% per annum decline during 2000-2013 and the trend continues downwards. Ringing analyses of marked individuals has confirmed some tendency for leapfrog migration; those breeding furthest north tending to stage through the Hvanneyri area of west Iceland and winter furthest south; those breeding furthest south tending to stage in the southern lowlands of Iceland and winter furthest north (Madsen *et al.* 1999, Francis & Fox 1987). The farmland at Hvanneyri, and areas surrounding Borgarfjörður in west Iceland, is a well-known staging site for the geese and is one of the largest known aggregations of these geese anywhere in their flyway (e.g. Tierney & Stroud 2018). The importance of the area for Greenland White-fronted Geese significantly influenced it being designated by the Icelandic Government as a Wetland of International Importance, under the Ramsar Convention on Wetlands, in 2013.

Many large terrestrial and wetland birds are prone to colliding with overhead wires associated with power infrastructure and there is extensive literature on avian mortality due to such collisions (e.g. Drewitt & Langston 2008; Rubolini *et al.* 2005; Jenkins *et al.* 2010; Prinsen *et al.* 2011). Exposure and susceptibility to the risk of collision is largely a function of behaviour and morphology. Terrestrial species, such as geese, spend relatively little time in flight each day, but their effective exposure can be increased if most of their flying is at around power line height. Exposure is further increased by a tendency to make regular, direct flights between feeding and roosting locations. Geese are large and heavy-bodied, which increases the time required to make the necessary adjustments to the flight to take evasive action. In addition, poor weather conditions, such as fog or low cloud, can affect visibility and studies of bird collisions with power lines found that birds are much more susceptible to flying accidents under such circumstances (e.g. Barrientos *et al.* 2012).

In order to assess the collision risk of existing and potential power lines, a better understanding of the daily movements of important bird populations is required. In this study, lines connecting location positions derived from Global Positioning System (GPS) tags fitted to Greenland White-fronted Geese were analysed

near Hvanneyri and compared to existing overhead power lines (named 'Landsnet' and 'Rarik', approx 12-17m height above ground) and a proposed new Landsnet power line (approx 18-28m height above ground) in order to estimate daily crossing rates.

Data preparation

Geese were caught using cannon-nets on the wintering grounds in Ireland or at Hvanneyri in Iceland. The GPS tags were fitted to *Ornitela* collars which weighed ~45g (or ~2% of body mass). The GPS tags were fitted to female geese (sexed by cloacal examination) either less than one year of age or geese that were older (adults) based on plumage characteristics. Greenland White-fronted Geese generally pair for life, and offspring of a successful breeding pair will remain with their parents during their first winter and on spring migration. Geese that belong to a pair, or family unit, cannot be considered as independent sources of location data, since they are likely to undertake very similar movements. Hence only female geese were fitted with GPS tags and any geese marked as less than one year of age at capture were excluded from the analysis during their first year of life (i.e. up to July of the year after marking) when they were likely to be part of a family unit.

GPS data from 21 female tagged Greenland White-fronted Geese provided 106,014 locations near the Hvanneyri study area. The data covered the period 24/09/2017 to 4/5/2022. Five tagged birds were not included in the analysis due to having too few data points in the study area: Tag-15 (2 GPS points), Tag-16 (1), Tag-18 (1), Tag-19 (2) and Tag-20 (1).

GPS locations for individual tags were separated into spring and autumn seasons. The analysis was further limited to tags that gave GPS locations for more than 24 hrs, reducing the tag data availability to 15 tagged geese covering 49 'tag-seasons'. The number of days that the locations were available each season was then calculated. The median number of locations was 2,470 per tagged individual per season (range 96-3,942 locations). Tag-12 was caught and tagged during its first winter, however it yielded no location points in the Hvanneyri study area in its first spring, so this exclusion of location data was not needed.

Separate flight line segments were created by connecting successive locations. Within the data set, there were time gaps in location availability (e.g. due to low battery power). Where the time gaps amounted to less than 6 hours (360 minutes), flight line segments (connecting successive locations) were retained, on the basis that if two locations were either side of a power line, the individual bird likely crossed the power line at some point during the day. This is likely to slightly underestimate the number of crossings, due to an absence of data. That is to say, the tagged goose could have undertaken more unrecorded power line crossings during the period of no location data. Therefore, the estimated rates of crossing power lines should be treated as minimum values. However, it has not been possible to exclude a flight line segment (two successive location points) which related to a goose walking underneath a power line within a field, and this should be borne in mind. The number of tagged geese is small compared to the number of geese that regularly stage in the Hvanneyri area and these may not be representative of the majority of the birds using the area. In 2017 and September 2017, peak daily counts of 1,054 and 1,835 Greenland White-fronted Geese were recorded respectively in 485 ha of the Hvanneyri study area. However, repeated resightings of individually marked birds showed considerable turnover throughout the staging seasons, which means that the proportion of the population that pass through the site in both spring and autumn is likely to be much higher than peak daily counts (Tierney & Stroud 2018).

Note that the estimated crossing rates reported here only refer to the study area (Figure 1) for which data were made available and may not be representative of other areas in Iceland.

In order to facilitate the possible deployment of bird diverter markers to either the existing or the proposed power lines near Hvanneyri, kernel density estimation maps were prepared for each area showing the locations of the most frequent crossing points. Kernel density estimation maps were produced in QGIS (QGIS 2022) using a radius of 400m.

Results

The location of the GPS data from the 15 tagged Greenland White-fronted Geese used in the analysis is shown in Figure 1. Over the 49 'tag-seasons', data were available for a total of 1,255 days (median 29 days per tagged individual per season, range 2-48 days) and included 99,394 flight line segments. There were 550 flight line segments that crossed Landsnet power lines, an overall estimated mean rate of **0.59 crossings per day** (+/- 0.14 SE) for all 15 tagged individuals (Table 1, Appendix 1). However, in 23 'tag-seasons' (46.9% of the total), individual tagged geese did not cross Landsnet power lines. In the other 26 'tag-seasons', the rate of crossings ranged from 0.03 to 2.93 crossings per day, with a mean of **1.12 crossings per day** (+/- 0.21 SE).

The GPS-tagged Greenland White-fronted Goose that crossed existing power lines most frequently was Tag-14, which crossed Landsnet power lines 88 times in 30 days (rate 2.93 crossings per day, Figure 2).

There were 24 flight line segments that crossed Rarik power lines, an overall rate of **0.03 crossings per day** (+/- 0.01 SE), or one crossing every 33 days, for all 15 tagged individuals. However, in 37 'tag-seasons' (75.5% of the total), individual tagged geese did not cross Rarik power lines. In the other 12 'tag-seasons', the rate of crossings ranged from 0.03 to 0.22 crossings per day, with a mean of **0.08 crossings per day** (+/- 0.02 SE), or one crossing every 12.5 days.

There were 295 flight line segments that crossed the proposed Landsnet power line near Hvanneyri; an overall rate of **0.42 crossings per day** (+/- 0.14 SE) for all 15 tagged individuals. However, in 32 'tag-seasons' (65.3% of the total), individual tagged geese did not cross the proposed power lines. In the other 17 'tag-seasons', the rate of crossings ranged from 0.06 to 4.89 crossings per day, with a mean of **1.22 crossings per day** (+/- 0.35 SE).

Table 1. Estimated summary rates of Greenland White-fronted Geese crossing power lines at Hvanneyri, west Iceland.

Power line	No. flight line segments crossing power lines	Estimated mean rate of crossings per day (all geese) (SE, range)	Estimated mean rate of crossings per day (geese crossing power lines) (SE, range)
Landsnet	550	0.59 (0.14, 0-2.93)	1.12 (0.21, 0.03-2.93)
Rarik	24	0.03 (0.01, 0-0.33)	0.08 (0.02, 0.03-0.22)
Proposed	295	0.42 (0.14, 0-4.89)	1.22 (0.35, 0.06-4.89)

No GPS-tagged Greenland White-fronted Geese were recorded colliding with power lines in the study area.

The effect of individual behaviour and the sample size of available 'tag-seasons' on the estimated rates of crossing is explored in Appendix 2.

The kernel density map showing the most frequently crossed sections of the existing and the proposed power lines (combined) near Hvanneyri is shown in Figure 3.

Acknowledgements

GPS data were kindly provided by the Research Centre for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences (China). The report was reviewed by Arnór Þórir Sigfússon and Larry Griffin.

References

- Barrientos, R., Ponce, C., Palacín, C., Martín, C.A., Martín, B. & Alonso, J.C. (2012). Wire marking results in a small but significant reduction in avian mortality at power lines: a BACI designed study. *PLoS ONE* 7 (3): e32569.
- Drewitt, A.L. & Langston, R.H.W. (2008). Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Annals of the New York Academy of Science* 1134: 233–266.
- Fox, A.D. & Walsh, A.J. (2018). Greenland White-fronted Goose *Anser albifrons flavirostris*. In Fox, A.D. & Leafloor, J.O., editors, A Global Audit of the Status and Trends of Arctic and Northern Hemisphere Goose Populations (Component 2: Population accounts).. Akureyri: CAFF, Conservation of Arctic Flora and Fauna. p. 26-27
- Fox, A. D., Francis, I., Walsh, A., Norriss, D., & Kelly, S. (2022). *Report of the 2021/22 International Census of Greenland White-fronted Geese*. Wildfowl & Wetlands Trust. 26pp
- Francis, I.S. & Fox, A.D. (1987). Spring migration of Greenland White-fronted Geese through Iceland. *Wildfowl* 38: 7-12
- Jenkins, A.R., Smallie, J.J. & Diamond, M. (2010). Avian collisions with power lines: a global review of causes and mitigation with a South African perspective. *Bird Conservation International* 20: 263–278.
- Madsen, J., Cracknell, G. & Fox, A.D. (Eds.) (1999). Goose populations of the Western Palearctic. A review of status and distribution. Wetlands International Publ. No. 48, Wetlands International, Wageningen, The Netherlands. National Environmental Research Institute, Ronde, Denmark, 344pp
- Prinsen, H.A.M., Boere, G.C., Pires, N. & Smallie, J.J. (Compilers) (2011). *Review of the conflict between migratory birds and electricity power grids in the African-Eurasian region*. AEWA/ CMS report, Bonn, Germany
- QGIS Development Team (2022). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. URL <http://qgis.org>
- Rubolini, D., Gustin, M., Bogliani, G. and Garavaglia, R. (2005) Birds and powerlines in Italy: an assessment. *Bird Conservation International*. 15: 131–145
- Tierney, N. & Stroud, R.A. (2018). Greenland White-fronted Geese in Hvanneyri: studies during spring and autumn in 2017. Landbúnaðarháskóli Íslands Report no. 89. 40 pages.

Carl Mitchell, 16, The Glebe, Crail, Anstruther, Fife, UK

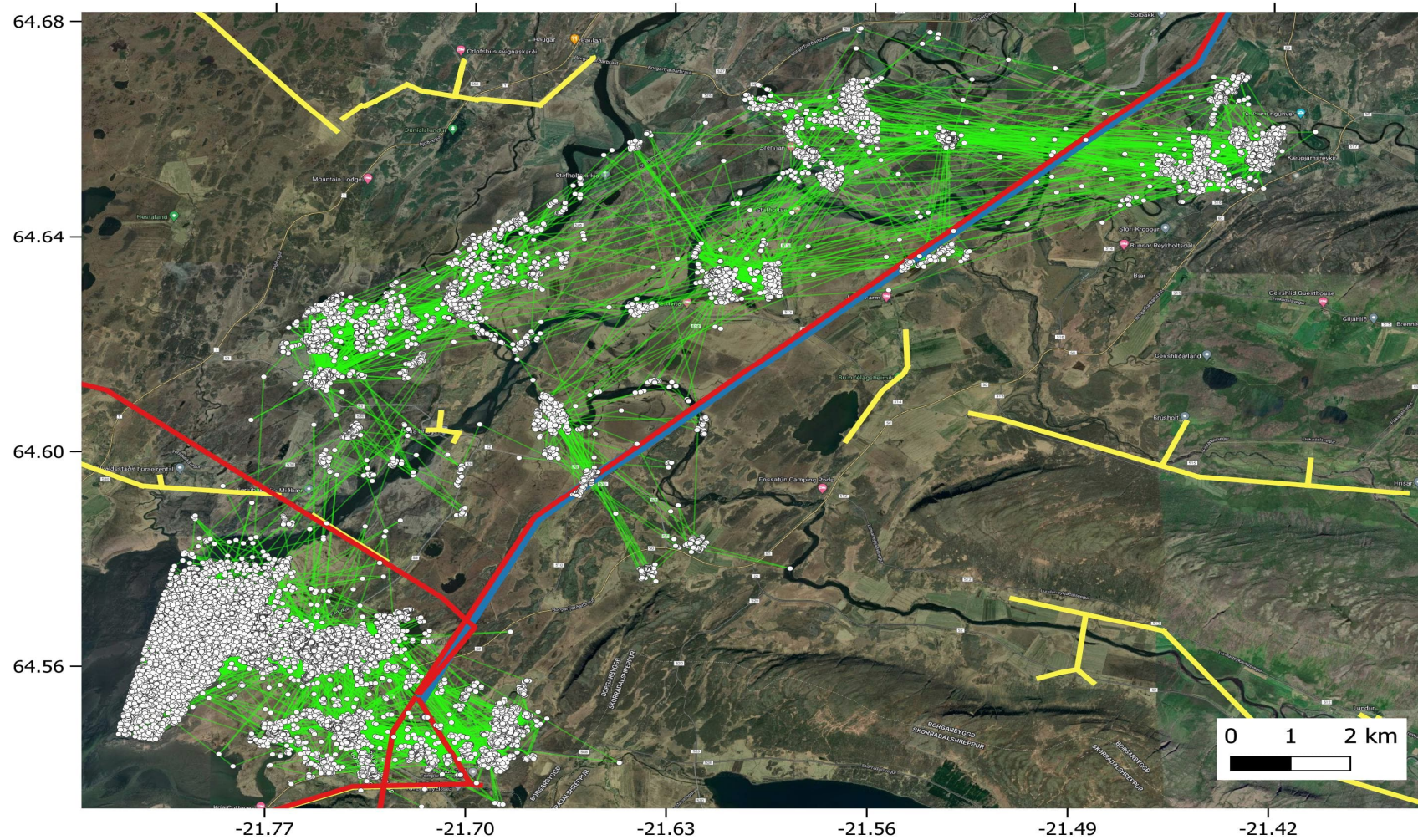


Figure 1. GPS location data from 15 tagged Greenland White-fronted Geese near Hvanneyri, west Iceland from September 2017 to May 2022 (white circles). Flight line segments (green lines) connect successive locations. Landsnet, Rarik and the proposed Landsnet power lines shown as red, yellow and blue lines, respectively. Projection UTM 27N. Grid in decimal degrees.

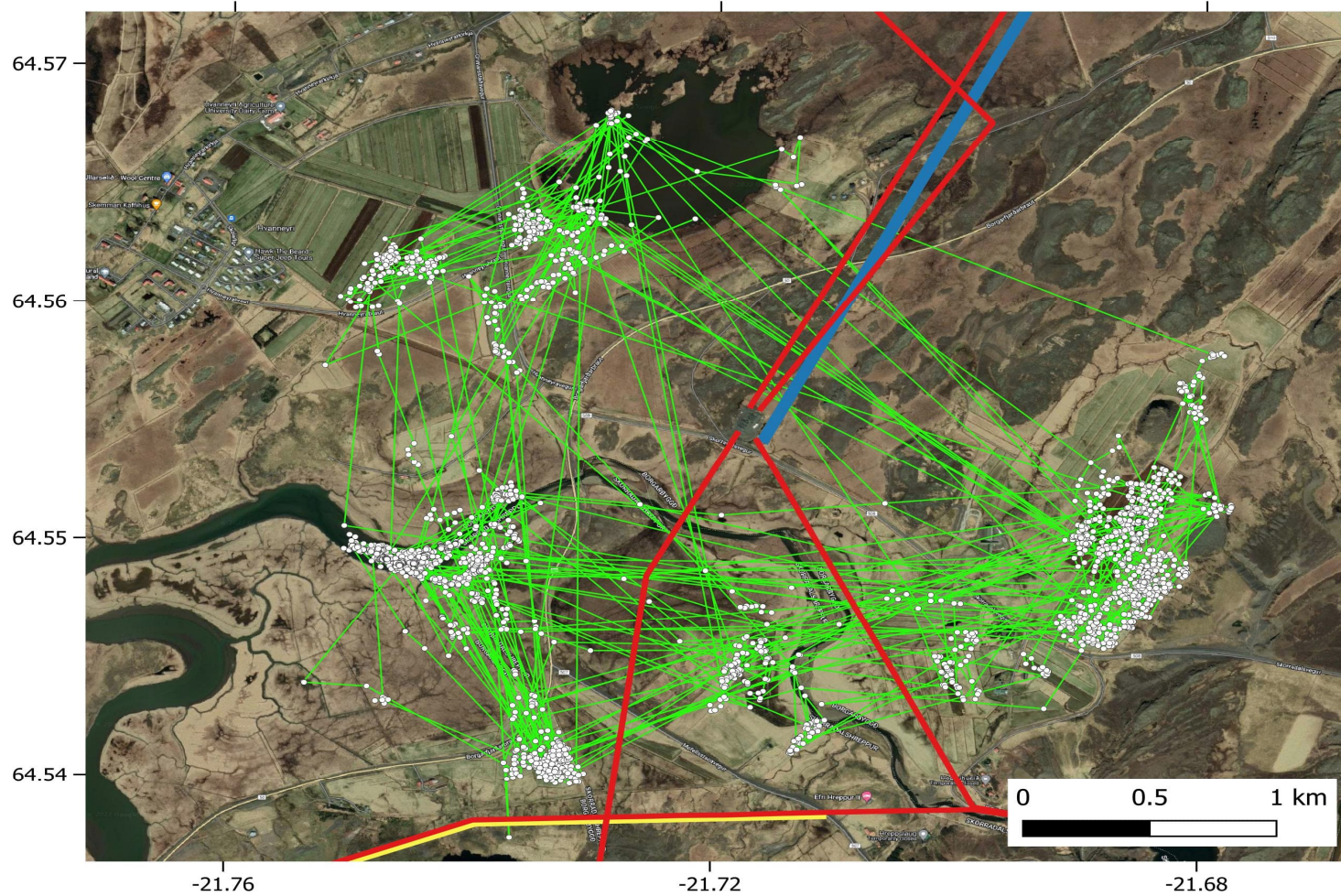


Figure 2. Movements of a GPS-tagged Greenland White-fronted Goose (Tag-14) from 10 April to 9 May 2018. Successive locations shown as white circles. Flight line segments (see text) shown as green lines. Landsnet power lines shown as red lines (Rarik power lines shown as yellow lines and proposed Landsnet power line shown as a blue line for reference only). Tag-14 crossed the Landsnet power line 88 times in 30 days. Projection UTM 27N. Grid in decimal degrees.

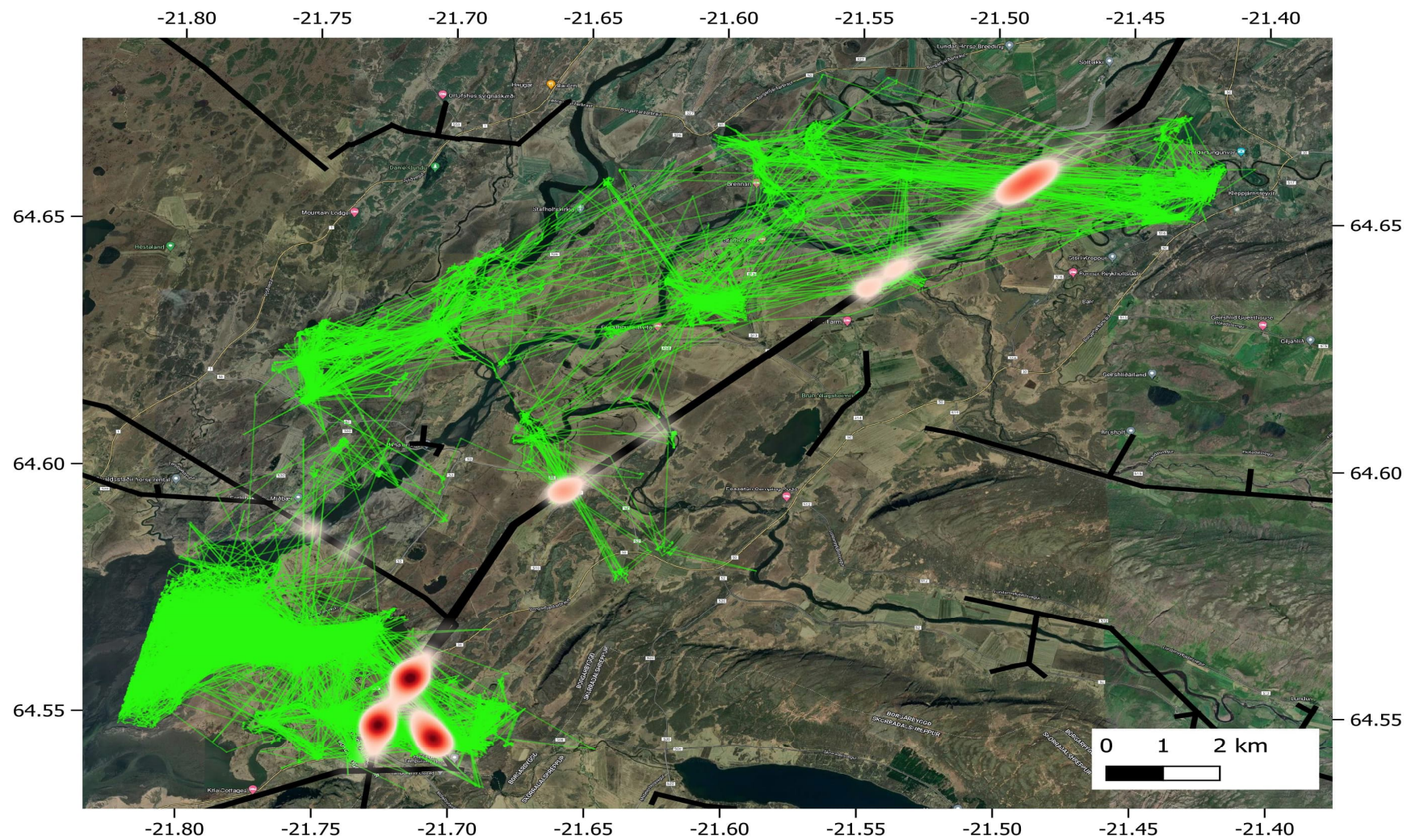


Figure 3. The most frequently crossed sections (red heatmap shaded areas) of the existing and proposed power lines (black lines) near Hvanneyri, illustrated as a kernel density map (see text for explanation). Flight line segments shown as green lines. Projection UTM 27N. Grid in decimal degrees.

Appendix 1. Summary data for 15 GPS-tagged Greenland White-fronted Geese in Hvanneyri, west Iceland, showing dates of data availability, number of locations and number and estimated rates of crossing of power lines in the study area (see text for definition).

GPS tag	Start date	End date	No. locations	No. days	No. flights crossing Landsnet lines	Estimated daily rate (Landsnet lines)	No. flights crossing Rarik lines	Estimated daily rate (Rarik lines)	No. flights crossing proposed line	Estimated daily rate (proposed line)
Tag-1	30/03/22	02/04/22	181	3	2	0.666	1	0.333		0
Tag-2	13/04/19	02/05/19	1796	20	18	0.900		0	18	0.900
Tag-3	24/09/17	27/10/17	2856	34	57	1.676		0	5	0.147
	18/09/18	16/10/18	2359	29		0		0		0
	15/09/19	22/10/19	3023	38	2	0.052	2	0.053		0
	16/09/20	26/10/20	3194	41		0		0		0
Tag-4	24/09/17	25/10/17	2218	32	4	0.125	2	0.063		0
	09/04/18	08/05/18	2846	30		0		0		0
	19/09/18	21/10/18	2725	33	2	0.061	2	0.061		0
	31/03/19	05/05/19	3376	36		0		0		0
	28/09/19	18/10/19	1508	21		0		0		0
	09/04/20	07/05/20	2761	29		0		0		0
	16/09/20	09/10/20	2068	24		0		0		0
	07/04/21	03/05/21	2540	27	4	0.148	1	0.037	2	0.075
	23/09/21	13/10/21	524	21		0		0		0
	31/03/22	01/05/22	2824	32	4	0.125	2	0.063	2	0.063
Tag-5	07/04/19	05/05/19	2585	29		0		0		0
	22/09/19	12/10/19	374	10	6	0.600		0	6	0.600
Tag-6	24/09/17	25/10/17	2152	32	2	0.063	2	0.063		0
	09/04/18	08/05/18	2820	30	10	0.333	4	0.133		0
	20/09/18	21/10/18	2641	32		0		0		0

	31/03/19	05/05/19	3371	36		0		0		0
	15/09/19	18/10/19	2579	34		0		0		0
	09/04/20	07/05/20	2743	29		0		0		0
	12/09/20	09/10/20	2470	28		0		0		0
	07/04/21	04/05/21	2319	28		0		0		0
	12/09/21	13/10/21	2710	32		0		0		0
	31/03/22	04/05/22	2580	35		0		0		0
Tag-8	15/09/18	17/10/18	2754	32	38	1.188		0	38	1.188
Tag-9	29/04/20	07/05/20	857	9	21	2.333	2	0.222	44	4.889
	21/09/20	26/10/20	2306	27	49	1.815		0	58	2.148
	24/09/21	29/10/21	1446	25	12	0.480		0	14	0.560
	26/03/22	19/04/22	1530	20	24	1.200		0	24	1.200
Tag-10	08/04/19	05/05/19	2572	28		0		0		0
	22/09/19	12/10/19	762	11	8	0.727		0	8	0.727
Tag-11	09/09/19	10/09/19	96	2		0		0		0
Tag-12	26/09/17	05/10/17	958	10	29	2.900		0	9	0.900
	12/09/19	14/09/19	171	3	7	2.333		0	14	4.667
Tag-13	26/09/17	27/10/17	2590	32		0		0		0
	14/09/18	22/10/18	1974	26	2	0.077	1	0.038		0
	16/09/19	18/10/19	2668	33	1	0.030	1	0.030		0
	19/04/20	05/05/20	1403	17	2	0.117	2	0.118		0
	14/09/20	31/10/20	3942	48		0		0		0
	03/05/21	04/05/21	191	2		0		0		0
	13/09/21	21/10/21	3102	37		0		0		0
Tag-14	26/09/17	01/11/17	2408	37	102	2.757		0	20	0.541
	10/04/18	09/05/18	2666	30	88	2.933	2	0.067	16	0.533
Tag-17	26/09/17	05/10/17	713	10	28	2.800		0	8	0.800

Tag-21	26/09/17	06/10/17	959	11	28	2.545		0	9	0.818
--------	----------	----------	-----	----	----	-------	--	---	---	-------

Appendix 2. Effect of individual behaviour and sample size on the estimated crossing rates.

In order to estimate crossing rates for each 'tag-season', each individually-tagged Greenland White-fronted Goose, in each season, was treated as an independent variable (15 tagged birds led to 49 'tag-seasons'). However, depending on the spatial distribution of each birds' favoured roosts and feeding areas, there were differences in the estimated mean rate of power line crossing over the number of years for which flight data were available. Thus, the estimated mean crossing rates of Landsnet power lines ranged from zero crossings (Tag-11 in one season) through to 2.85 crossings per day (Tag-14 in two seasons) (Figure 4). Using data from several seasons from the same birds to estimate separate crossing rates was considered appropriate, since the feeding and roosting locations of individual geese, and hence the flight segments, may have been different in different years (as shown by differences in season rates (Appendix 1) and standard errors around the mean (Figure 4)).

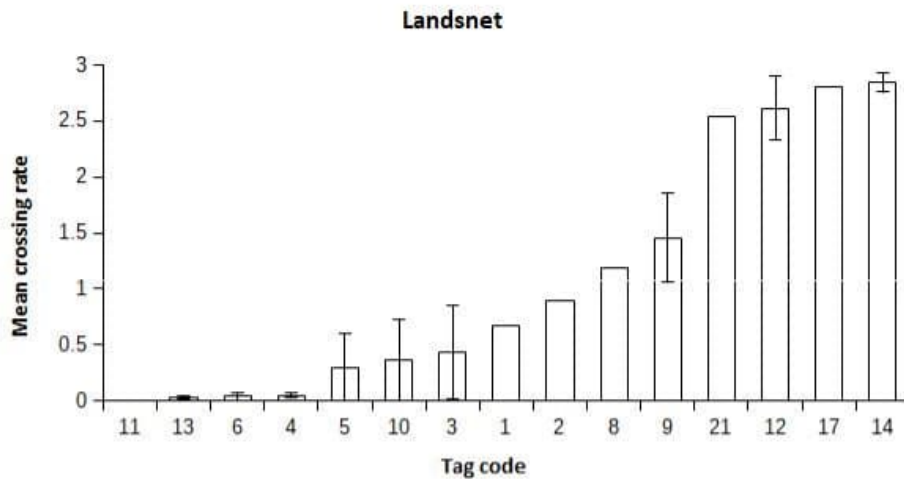


Figure 4. Estimated mean daily crossing rates of Landsnet power lines for 15 GPS-tagged Greenland White-fronted Geese at Hvanneyri, west Iceland. SE values shown for tags with data from several seasons (see Appendix 1 for details).

The estimated mean crossing rates of Rarik power lines ranged from zero crossings (Tags-2, 5, 8, 10, 11, 12, 17 and 21) through to 0.33 crossings per day (Tag-1 in one season) (Figure 5).

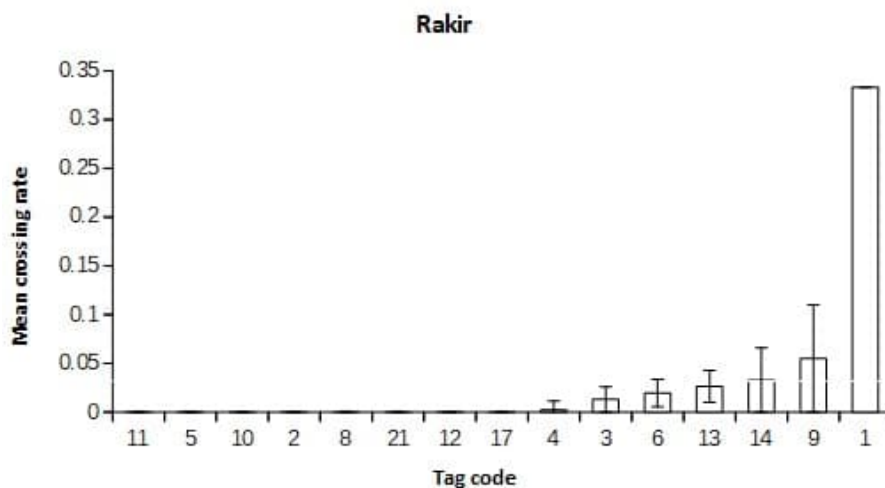


Figure 5. Estimated mean daily crossing rates of Rarik power lines for 15 GPS-tagged Greenland White-fronted Geese at Hvanneyri, west Iceland. SE values shown for tags with data from several seasons (see Appendix 1 for details).

The number of GPS-tagged Greenland White-fronted Geese, and the number of seasons for which data were available (sample size) could potentially affect the estimation of daily crossing rates. For example, if GPS data from only a small number of tagged geese were available (a small sample size) and the data showed them to regularly cross a power line, the crossing rates could be over-estimated. Likewise, if those geese only rarely crossed a power line, the crossing rates could be under-estimated.

In order to investigate this, the 49 estimated 'tag-season' crossing rates (given in Appendix 1) were chosen in random order. A mean estimated crossing rate (and SE) was calculated at each addition of a new crossing rate. This was carried out ten times and a "mean of means" (and mean of means SE) was calculated (Figures 6 & 7). The resulting trend (which inevitably approach the overall estimated rates) show that after the addition of approximately 24 'tag-seasons' the running mean reached the overall estimated rate for crossing Landsnet power lines of 0.59 (Figure 6). After the addition of approximately 12 'tag-seasons', the running mean reached the overall estimated rate for crossing Rarik power lines of 0.026 (rounded up to 0.03 in Table 1 and the summary) (Figure 7). Thus, it appears that the sample size of 49 'tag-seasons' was sufficient to provide reasonably accurate estimates of crossing rates.

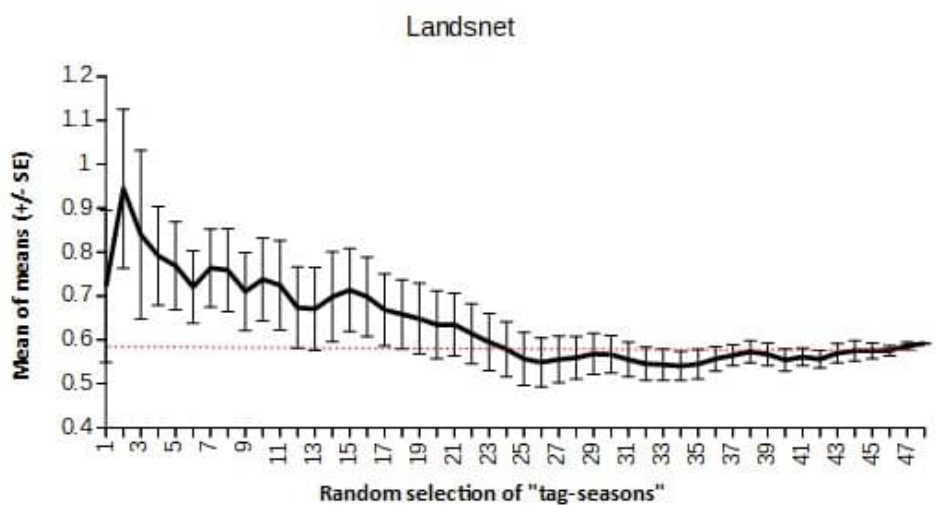


Figure 6. Running mean of means (+/- SE) estimated crossing rates of randomly selected 'tag-seasons' (see text for explanation) for GPS-tagged Greenland White-fronted Geese at Hvanneyri, west Iceland. Overall estimated crossing rate (0.59) shown as red dotted line.

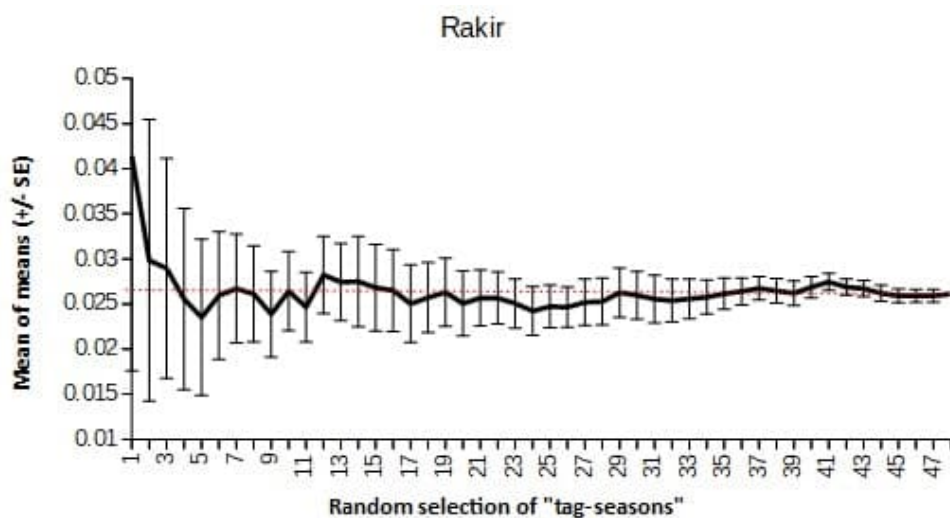


Figure 7. Running mean of means (+/- SE) estimated crossing rates of randomly selected 'tag-seasons' (see text for explanation) for GPS-tagged Greenland White-fronted Geese at Hvanneyri, west Iceland. Overall estimated crossing rate (0.026, rounded up to 0.03 in Table 1) shown as red dotted line.



Viðauki3 Carl Mitchell 2023 Estimated power line crossing rates of Greenland White-fronted Geese in south Iceland

Estimated power line crossing rates of Greenland White-fronted Geese in south Iceland

Carl Mitchell

January 2023

Summary

Greenland White-fronted Geese *Anser albifrons flavirostris* stage in Iceland in spring and autumn on their way to and from their breeding grounds in west Greenland. The population is small (approx. 18,000 individuals) and declining. GPS data from tagged individuals were examined in the southern lowlands of Iceland. Data were available during spring and autumn migration from 2013 to 2022. Possible flight segments (lines connecting successive locations of individually marked geese) were compared with existing power lines. There was an overall estimated rate of **0.41** and **0.43** crossings per day (or, one crossing every 2.4 and 2.3 days) for Landsnet and Rarik power lines, respectively. No GPS-tagged Greenland White-fronted Geese were recorded colliding with power lines in the study area. In order to facilitate the possible deployment of bird diverter markers, on both power lines, based on the movements of tagged individuals, kernel density estimation maps were prepared for the areas showing the locations of the most frequent crossing points.

Introduction

Greenland White-fronted Geese *Anser albifrons flavirostris* breed in west Greenland, mainly between 66-72°N and stage in Iceland in spring and autumn, and winters in Ireland and Britain (Fox & Walsh 2018). The spring 2022 survey produced an estimate of 18,027 birds (Fox *et al.* 2022). The population showed a 4.3% per annum increase during 1983-1999, followed by a 2.5% per annum decline during 2000-2013 and the trend continues downwards. Ringing analyses of marked individuals has confirmed some tendency for leapfrog migration; those breeding furthest north in Greenland tending to stage through the Hvanneyri area of west Iceland and winter furthest south; those breeding furthest south tending to stage in the southern lowlands of Iceland (Arnessýsla, Rangárvallassýsla and Vestur-Skaftafellssýsla) and winter furthest north (Madsen *et al.* 1999, Francis & Fox 1987).

Many large terrestrial and wetland birds are prone to colliding with overhead wires associated with power infrastructure and there is extensive literature on avian mortality due to such collisions (e.g. Drewitt & Langston 2008; Rubolini *et al.* 2005; Jenkins *et al.* 2010; Prinsen *et al.* 2011). Exposure and susceptibility to the risk of collision is largely a function of behaviour and morphology. Terrestrial species, such as geese, spend relatively little time in flight each day, but their effective exposure can be increased if most of their flying is at around power line height. Exposure is further increased by a tendency to make regular, direct flights between feeding and roosting locations. Geese are large and heavy-bodied, which increases the time required to make the necessary adjustments to the flight to take evasive action. In addition, poor weather conditions, such as fog or low cloud, can affect visibility and studies of bird collisions with power lines found that birds are much more susceptible to flying accidents under such circumstances (e.g. Barrientos *et al.* 2012).

In order to assess the collision risk of existing and potential power lines, a better understanding of the daily movements of important bird populations is required. In this study, lines connecting location positions derived from Global Positioning System (GPS) tags fitted to Greenland White-fronted Geese were analysed in the southern lowland staging areas of Iceland and compared to existing overhead power lines (named 'Landsnet' and 'Rarik', approx 12-17m height above ground) in order to estimate daily crossing rates.

Data preparation

Geese were caught using cannon-nets on the wintering grounds in Scotland. The GPS tags were fitted to Ecotone IBIS collars and weighed ~30g (~1.5-2.0% of body mass). GPS data from a total of 68 tagged Greenland White-fronted Geese providing 43,918 locations in the lowlands area of south Iceland were made available. The data covered the period 10/04/2013 to 2/5/2022. The GPS tags were fitted to both male and female geese (sexed by cloacal examination) and to geese less than one year of age and geese that were older (adults) based on plumage characteristics. Greenland White-fronted Geese generally pair for life, and offspring of a successful breeding pair will remain with their parents during their first winter and on spring migration. Geese that belong to a pair, or family unit, cannot be considered as independent sources of location data, since they are likely to undertake very similar movements. In order to address this, geese marked as adult males were excluded from the analysis. In addition, any geese marked as less than one year of age were excluded from the analysis during their first year of life (i.e. up to July of the year after marking) when they were likely to be part of a family unit. GPS location data from Tags-2 and 3 in spring 2018, and from Tags-6, 8, 9 and 10 in spring 2020 were not included in the analysis since these were caught as first-winter birds and may have been associated with their parents (which may or may not have been marked with GPS tags) during the spring staging period following capture. In subsequent spring and autumn staging periods, GPS data from these birds were included.

Three tagged birds were not included in the analysis due to having too few data points in the study area (in a season; see below): Tag-36L, in autumn 2014 (4 GPS points), Tag-42L in autumn 2017 (4) and Tag-11L in spring 2019 (7). The analysis was further limited to tags that gave GPS locations for more than 24hrs. The majority of the GPS tags recorded in the southern lowlands were of a different make and model to those found near the Hvanneyri area (see Mitchell 2023) and tended to give less frequent locations (often at 6-hour intervals). Some gave no location data during the hours of darkness and others were scheduled to collect location data only for short periods within a day (to conserve battery power). GPS data for any 24 hours period were only included in the analysis if there was a roost location before 06:00 (all times GMT) a feeding location between 06:00 and 18:00, and a location after 18:00. The relatively small number of location points recorded each day is likely to slightly underestimate the number of crossings, due to an absence of data. That is to say, the tagged goose could have undertaken more unrecorded power line crossings during the period of no location data. Further, it has not been possible to exclude a flight line segment (two successive location points) which related to a goose walking underneath a power cable within a field, and this should be borne in mind. Bearing all these considerations in mind, the estimated rates of crossing power lines should be treated as minimum values. GPS locations were separated into spring and autumn seasons, separate flight line segments were created by connecting successive locations and the number of days that the locations were available each season was then calculated.

The number of tagged geese is small compared to the number of geese that regularly stage in the southern lowlands of Iceland in spring and autumn and these may not be representative of the majority of the birds using the area. Due to the large land area involved, much of which is inaccessible, there are no systematic counts of Greenland-White-fronted Geese in spring and autumn, although a peak count of 600 birds was made in late April 1992 during a road transect survey of part of the Skeið area (Fox *et al.* 1999). However, repeated resightings of individually marked birds showed turnover throughout the staging seasons, which means that the proportion of the population that pass through the site in both spring and autumn is likely to be much higher than peak daily counts (Fox *et al.* 1999).

In order to facilitate the possible deployment of bird diverter markers to the existing power lines in the southern lowlands, kernel density estimation maps were prepared for each area showing the locations of the most frequent crossing points. Kernel density estimation maps were produced in QGIS using a radius of 400m.

Results

After the removal of tag data that did not meet the criteria for inclusion (see above), the location of the GPS data from 31 tagged Greenland White-fronted Geese were used in the analysis (Figure 1, Appendix 1). Over the 89 'tag-seasons', 27,772 location points were available from a total of 2,802 days (median 27 days per tagged individual per season, range 2-108 days). There were 897 flight line segments that crossed Landsnet power lines, an overall estimated mean rate of **0.41 crossings per day** (or one crossing every 2.4 days) for all 31 tagged individuals. However, in 34 tag-seasons (38.2% of the total), tagged geese did not cross Landsnet power lines. In the other 55 tag-seasons, the rate of estimated crossings ranged from 0.04 to 3.33 crossings per day, with an estimated mean rate of **0.66 crossings per day** (median = 0.40).

There were 1,023 flight line segments that crossed Rarik power lines, an overall estimated mean rate of **0.43 crossings per day** (or one crossing every 2.3 days) for all 31 tagged individuals. However, in 11 tag-seasons (12.4% of the total), tagged geese did not cross Rarik power lines. In the other 78 'tag-seasons', the rate of estimated crossings ranged from 0.02 to 2.48 crossings per day, with an estimated mean of **0.49 crossings per day** (median = 0.21).

The GPS-tagged Greenland White-fronted Geese that crossed existing power lines most frequently was Tag-11 in spring 2016, which crossed Landsnet power lines 10 times in three days (rate 3.33 crossings per day, Figure 2), although the tagged goose bird was in the area for a short duration, compared to the median of 27 days.

Table 1. Estimated summary rates of Greenland White-fronted Geese crossing power lines in the southern lowlands of Iceland.

Area	No. flight line segments crossing power lines	Estimated mean rate of crossings per day (all geese) (SE, range)	estimated mean rate of crossings per day (geese crossing power lines) (SE, range)
Landsnet	2802	0.41 (0.07, 0-3.33)	0.66 (0.10, 0.04-3.33)
Rarik	1023	0.43 (0.06, 0-2.48)	0.49 (0.07, 0.02-2.48)

No GPS-tagged Greenland White-fronted Geese were recorded colliding with power lines in the study area.

The effect of individual behaviour and the sample size of available 'tag-seasons' on the estimated rates of crossing is explored in Appendix 2.

The kernel density map showing the most frequently crossed sections of the existing power lines in the southern lowlands is shown in Figure 3. Due to the size of the southern lowlands, the most frequently crossed sections are hard to visualise at this scale of map. The area within the red box (left hand side) of Figure 3 is re-projected in Figure 4.

Acknowledgements

GPS data were kindly provided by The Wildfowl & Wetlands Trust (UK). The report was reviewed by Arnór Þórir Sigfússon and Larry Griffin.

References

Barrientos, R., Ponce, C., Palacín, C., Martín, C.A., Martín, B. & Alonso, J.C. (2012). Wire marking results in a small but significant reduction in avian mortality at power lines: a BACI designed study. *PLoS ONE* 7 (3): e32569.

Drewitt, A.L. & Langston, R.H.W. (2008). Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Annals of the New York Academy of Science* 1134: 233–266.

Fox, A.D., Hilmarsson, J.O. *et al.*, (1999) Phenology and distribution of Greenland White-fronted Geese *Anser albifrons flavirostris* staging in Iceland. *Wildfowl* 50: 29-43

Fox, A.D. & Walsh, A.J. (2018). Greenland White-fronted Goose *Anser albifrons flavirostris*. In Fox, A.D. & Leafloor, J.O., editors, *A Global Audit of the Status and Trends of Arctic and Northern Hemisphere Goose Populations (Component 2: Population accounts)*. Akureyri: CAFF, Conservation of Arctic Flora and Fauna. p. 26-27

Francis, I.S. & Fox, A.D. (1987). Spring migration of Greenland White-fronted Geese through Iceland. *Wildfowl* 38: 7-12

Jenkins, A.R., Smallie, J.J. & Diamond, M. (2010). Avian collisions with power lines: a global review of causes and mitigation with a South African perspective. *Bird Conservation International* 20: 263–278.

Madsen, J., Cracknell, G. & Fox, A.D. (Eds.) (1999). *Goose populations of the Western Palearctic. A review of status and distribution.* Wetlands International Publ. No. 48, Wetlands International, Wageningen, The Netherlands. National Environmental Research Institute, Ronde, Denmark, 344pp

Mohr, C. O. (1947). Table of equivalent populations of north american small mammals. *American Midland Naturalist* 37: 223-449.

Prinsen, H.A.M., Boere, G.C., Pires, N. & Smallie, J.J. (Compilers) (2011). *Review of the conflict between migratory birds and electricity power grids in the African-Eurasian region.* AEWA/ CMS report, Bonn, Germany

QGIS Development Team (2022). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. URL <http://qgis.org>

Rubolini, D., Gustin, M., Bogliani, G. and Garavaglia, R. (2005) Birds and powerlines in Italy: an assessment. *Bird Conservation International*. 15: 131–145

Carl Mitchell, 16, The Glebe, Crail, Anstruther, Fife, UK

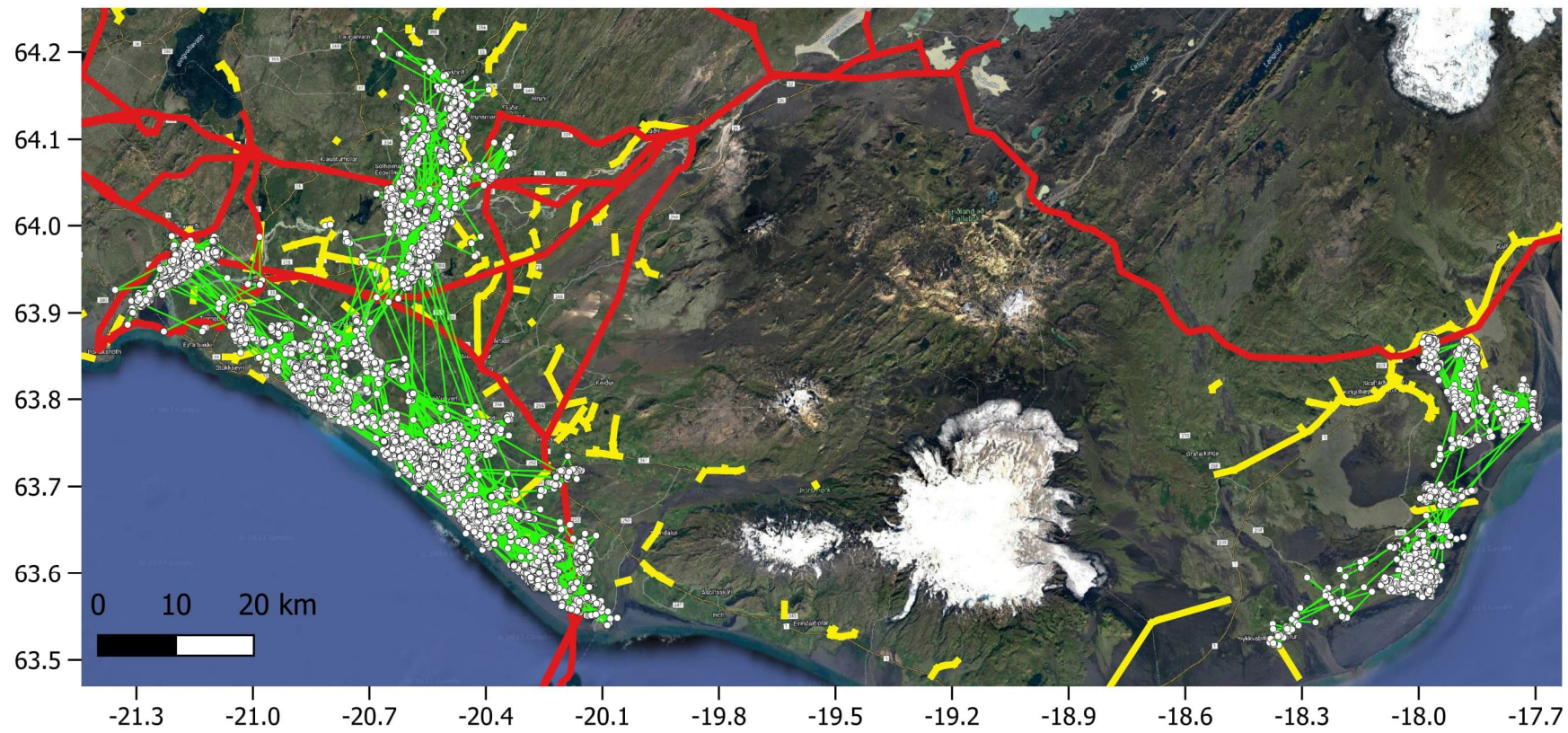


Figure 1. Location of GPS data from 31 tagged Greenland White-fronted Geese in the southern lowlands of Iceland from April 2013 to May 2022 (white circles). Flight line segments (green lines) connect successive locations. Landsnet and Rarik power lines shown as red and yellow lines, respectively. Projection UTM 27N. Grid in decimal degrees.

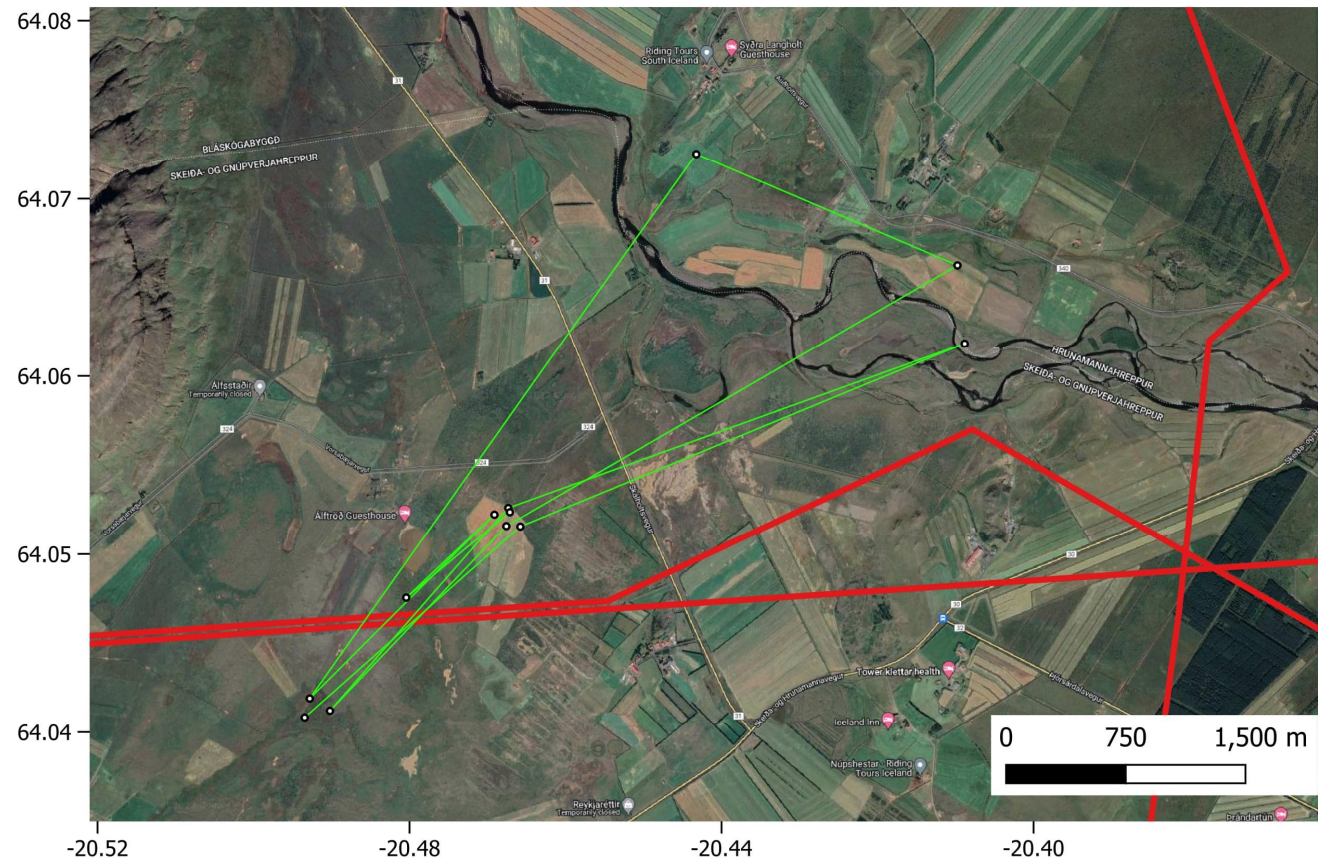


Figure 2. Movements of GPS-tagged Greenland White-fronted Goose (Tag-11) from 30 April to 2 May 2016 in the southern lowlands of Iceland. Successive locations shown as white dots. Flight line segments (see text) shown as green lines. Landsnet power lines shown as red lines. Tag-11 crossed the Landsnet power cables 10 times in three days. Projection UTM 27N. Grid in decimal degrees.

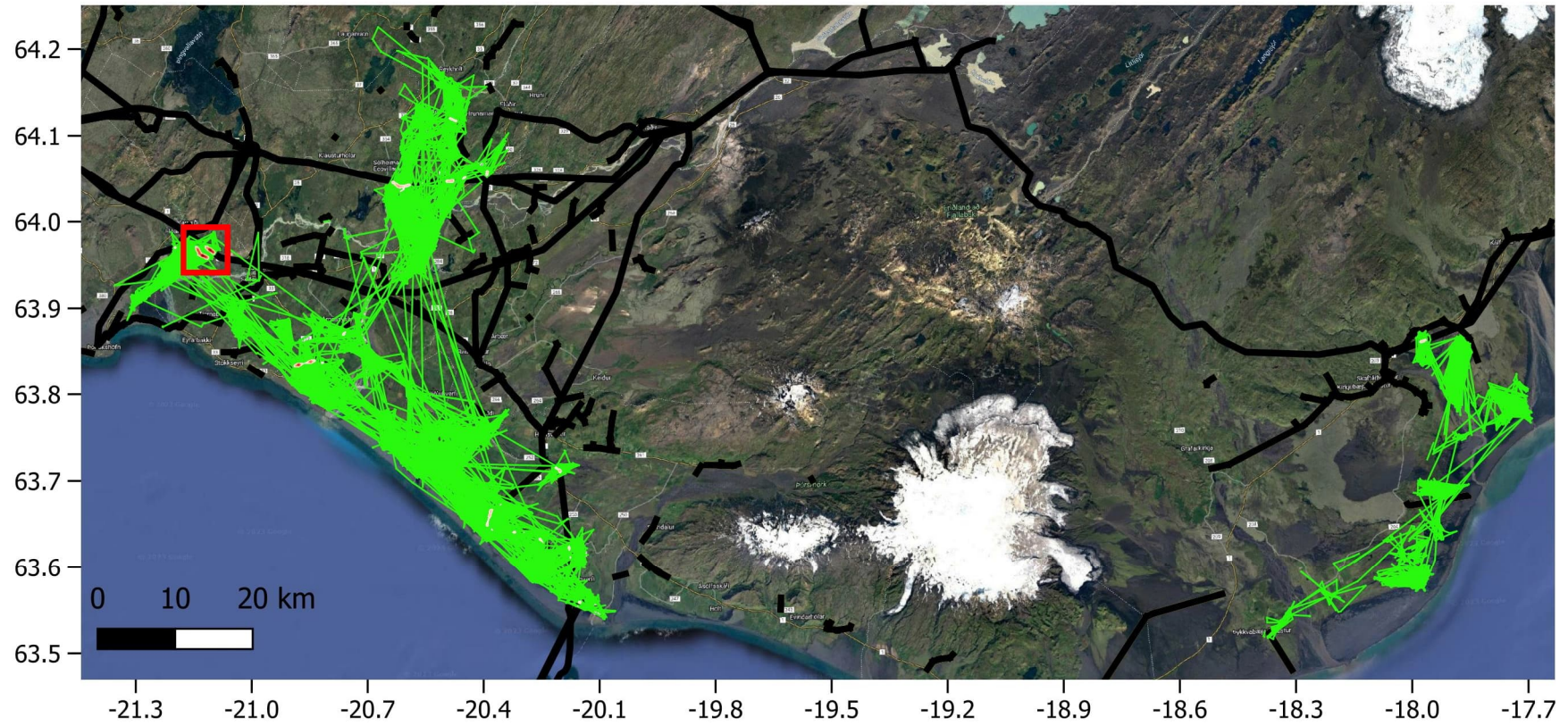


Figure 3. The most frequently crossed sections (red heatmap shaded areas) of the existing power lines (black lines) in the southern lowlands of Iceland, illustrated as a kernel density map (see text for explanation). Flight line segments shown as green lines. Projection UTM 27N. Grid in decimal degrees. Due to the size of the area, the most frequently crossed sections are hard to see at this scale. The area within the red box (left hand side) is re-projected in Figure 4 (below).

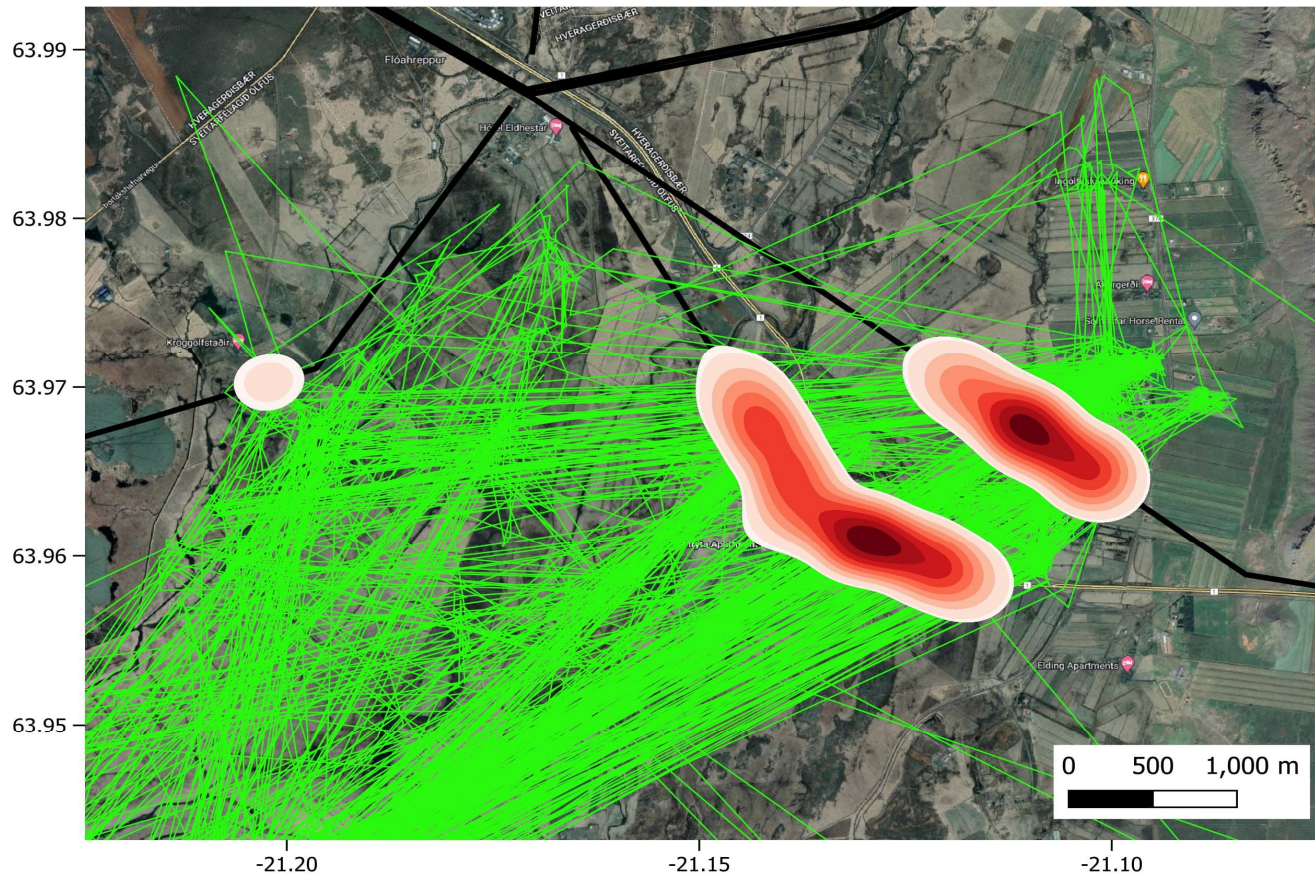


Figure 4. The most frequently crossed sections (red heatmap shaded areas) of the existing power lines (black lines) in a part of the southern lowlands of Iceland (taken from Figure 3), illustrated as a kernel density map (see text for explanation). Flight line segments shown as green lines. Projection UTM 27N. Grid in decimal degrees.

Appendix 1. Summary data for 31 GPS-tagged Greenland White-fronted Geese in south Iceland, showing dates of data availability, number of locations and number and rates of crossing of power lines in the study area (see text for definition).

GPS tag	Start date	End date	No.locations	No.days	No. flights crossing		Estimated daily rate (Landsnet lines)	Estimated daily rate	
					Landsnet lines	Rarik lines		(Rarik lines)	(Rarik lines)
Tag-1	2016-04-15	2016-05-06	108	22	3	0.136	5	0.227	
	2016-09-18	2016-11-13	290	57	0	0.000	1	0.018	
	2017-04-09	2017-05-02	126	24	1	0.042	2	0.083	
	2017-09-20	2017-11-10	258	52	6	0.115	5	0.096	
Tag-2	2018-09-20	2018-10-24	273	35	24	0.686	4	0.114	
	2019-09-16	2019-10-27	309	42	64	1.524	4	0.095	
	2020-04-15	2020-05-05	188	21	6	0.286	1	0.048	
	2020-09-09	2020-10-31	516	53	18	0.340	17	0.321	
	2021-04-13	2021-05-01	175	19	12	0.632	5	0.263	
	2021-09-11	2021-10-22	352	42	20	0.476	6	0.143	
Tag-3	2018-09-17	2018-10-24	294	38	19	0.500	1	0.026	
Tag-4	2019-05-01	2019-05-02	21	2	0	0.000	2	1.000	
Tag-5	2019-09-07	2019-11-13	279	68	6	0.088	19	0.279	
	2020-04-03	2020-04-17	126	15	9	0.600	4	0.267	
Tag-6	2020-09-13	2020-10-14	200	32	0	0.000	29	0.906	
Tag-7	2018-04-20	2018-05-07	155	18	25	1.389	1	0.056	
Tag-8	2020-09-04	2020-09-30	165	27	1	0.037	22	0.815	
Tag-9	2020-09-03	2020-10-18	232	46	0	0.000	56	1.217	
Tag-10	2020-09-03	2020-11-04	279	63	0	0.000	61	0.968	
	2021-04-03	2021-05-01	186	29	0	0.000	11	0.379	
	2021-09-09	2021-11-04	157	57	0	0.000	18	0.316	
	2022-04-05	2022-04-28	103	24	0	0.000	2	0.083	
Tag-11	2015-04-19	2015-05-10	186	22	67	3.045	0	0.000	
	2016-04-30	2016-05-02	131	3	10	3.333	2	0.667	
Tag-12	2015-04-10	2015-05-03	511	24	0	0.000	1	0.042	
Tag-13	2018-04-13	2018-05-01	282	19	14	0.737	27	1.421	
	2018-09-16	2018-10-25	1178	40	26	0.650	28	0.700	
	2019-09-17	2019-11-06	256	51	0	0.000	5	0.098	
	2020-04-07	2020-05-02	180	26	7	0.269	38	1.462	

	2020-09-23	2020-10-31	309	39	0	0.000	10	0.256
	2021-04-10	2021-05-03	153	24	9	0.375	58	2.417
Tag-14	2018-04-13	2018-05-01	131	19	10	0.526	28	1.474
Tag-15	2017-04-05	2017-05-03	301	29	54	1.862	2	0.069
	2018-04-16	2018-05-01	133	16	2	0.125	3	0.188
	2017-09-09	2017-10-19	288	41	0	0.000	1	0.024
	2018-09-21	2018-10-21	162	31	0	0.000	2	0.065
	2017-09-09	2017-10-04	238	26	46	1.769	0	0.000
Tag-16	2017-04-19	2017-05-07	160	19	0	0.000	1	0.053
Tag-17	2017-04-12	2017-05-02	309	21	1	0.048	0	0.000
	2017-09-14	2017-11-03	363	51	35	0.686	1	0.020
Tag-18	2017-04-17	2017-05-05	240	19	0	0.000	2	0.105
	2017-09-14	2017-10-27	566	44	2	0.045	0	0.000
	2019-10-11	2019-10-15	24	5	2	0.400	0	0.000
Tag-19	2017-04-10	2017-05-03	104	24	4	0.167	2	0.083
	2017-09-11	2017-10-31	244	51	16	0.314	4	0.078
	2018-04-18	2018-05-06	257	19	0	0.000	8	0.421
	2018-09-17	2018-10-14	676	28	6	0.214	0	0.000
	2019-09-12	2019-10-27	209	46	18	0.391	2	0.043
	2020-04-07	2020-04-30	187	24	4	0.167	5	0.208
Tag-20	2017-04-09	2017-05-03	399	25	6	0.240	3	0.120
	2017-09-08	2017-10-28	661	51	0	0.000	1	0.020
	2018-04-16	2018-05-01	261	16	0	0.000	2	0.125
	2018-09-14	2018-10-24	1431	41	0	0.000	7	0.171
	2019-05-01	2019-05-02	18	2	2	1.000	0	0.000
	2020-09-09	2020-10-31	420	53	0	0.000	6	0.113
	2021-04-15	2021-05-04	133	20	0	0.000	1	0.050
	2021-09-08	2021-10-15	220	38	0	0.000	1	0.026
Tag-21	2017-04-12	2017-05-02	191	21	0	0.000	26	1.238
Tag-22	2017-04-16	2017-05-03	255	18	1	0.056	2	0.111
Tag-23	2018-04-13	2018-05-07	185	25	8	0.320	1	0.040
	2018-09-21	2018-10-23	997	33	40	1.212	0	0.000
	2019-04-02	2019-05-02	653	31	24	0.774	4	0.129
	2019-09-12	2019-10-27	140	46	2	0.043	0	0.000
	2020-04-15	2020-05-06	141	22	8	0.364	1	0.045

Tag-24	2020-09-09	2020-12-25	208	108	4	0.037	3	0.028
	2018-04-16	2018-05-08	552	23	46	2.000	46	2.000
	2018-09-18	2018-11-01	1033	45	49	1.089	41	0.911
	2019-05-01	2019-05-04	18	4	4	1.000	4	1.000
	2019-09-16	2019-10-24	171	39	26	0.667	8	0.205
	2020-04-12	2020-05-05	142	24	40	1.667	31	1.292
	2020-09-09	2020-10-27	176	49	36	0.735	37	0.755
Tag-25	2021-04-12	2021-05-02	109	21	27	1.286	27	1.286
	2018-04-16	2018-05-08	479	23	3	0.130	5	0.217
Tag-26	2018-09-13	2018-10-24	1308	42	6	0.143	10	0.238
	2018-04-19	2018-05-08	420	20	0	0.000	1	0.050
Tag-27	2018-09-18	2018-10-26	1040	39	0	0.000	25	0.641
	2018-04-11	2018-05-08	591	28	0	0.000	35	1.250
Tag-28	2018-09-23	2018-10-02	340	10	4	0.400	24	2.400
	2018-04-14	2018-05-06	438	23	0	0.000	57	2.478
	2018-09-21	2018-10-25	316	35	0	0.000	35	1.000
	2019-09-15	2019-10-23	164	39	0	0.000	14	0.359
	2020-04-18	2020-05-07	130	20	0	0.000	2	0.100
	2020-09-15	2020-11-03	307	50	0	0.000	16	0.320
	2021-04-04	2021-05-01	164	28	0	0.000	9	0.321
Tag-29	2018-04-14	2018-05-06	173	23	0	0.000	27	1.174
Tag-30	2018-04-13	2018-05-07	429	25	4	0.160	3	0.120
	2018-10-03	2018-10-09	161	7	8	1.143	0	0.000
Tag-31	2019-03-31	2019-05-04	51	35	0	0.000	2	0.057
	2019-09-12	2019-11-03	177	53	2	0.038	0	0.000

Appendix 2. Effect of individual behaviour and sample size on the estimated crossing rates.

In order to estimate crossing rates for each 'tag-season', each individually-tagged Greenland White-fronted Goose, in each season, was treated as an independent variable (31 tagged birds led to 89 'tag-seasons'). However, depending on the spatial distribution of each birds' favoured roosts and feeding areas, there were differences in the estimated mean rate of power line crossing over the number of years for which flight data were available. Thus, the estimated mean crossing rates of Landsnet power lines ranged from zero crossings (Tags-4, 6, 9, 10, 12, 14, 16, 21, 22, 26, 28 and 29) through to 3.19 crossings per day (Tag-11 in two seasons) (Figure 5). Using data from several seasons from the same birds to estimate separate crossing rates was considered appropriate, since the feeding and roosting locations of individual geese, and hence the flight segments, may have been different in different years (as shown by differences in season rates (Appendix 1) and standard errors around the mean (Figure 5)).

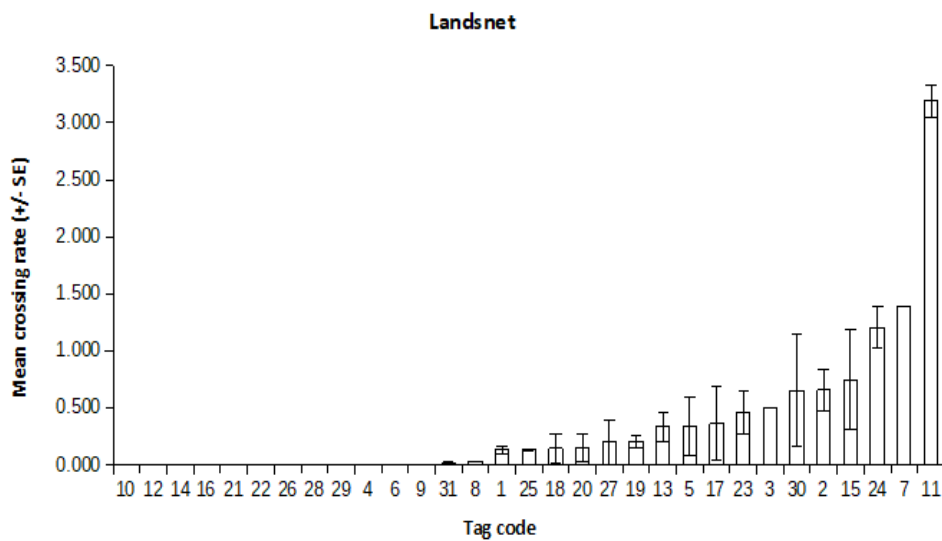


Figure 5. Estimated mean daily crossing rates of Landsnet power lines for 31 GPS-tagged Greenland White-fronted Geese in the southern lowlands of Iceland. SE values shown for tags with data from several seasons (see Appendix 1 for details).

The estimated mean crossing rates of Rarik power lines ranged from 0.01 crossings (Tag-17 in two seasons) through to 1.83 crossings per day (Tag-27 in two seasons) (Figure 6).

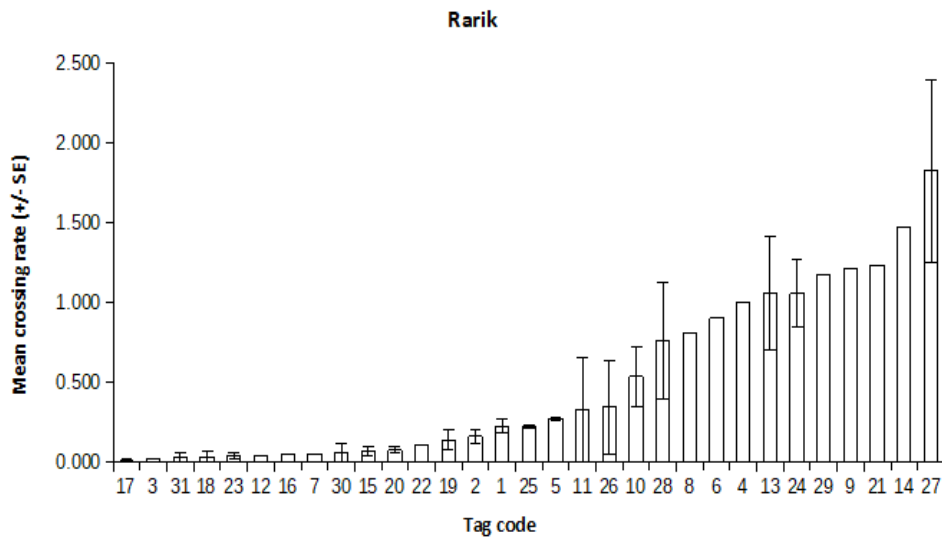


Figure 6. Estimated mean daily crossing rates of Rarik power lines for 15 GPS-tagged Greenland White-fronted Geese at Hvanneyri, west Iceland. SE values shown for tags with data from several seasons (see Appendix 1 for details).

The number of GPS-tagged Greenland White-fronted Geese, and the number of seasons for which data were available (sample size) could potentially affect the estimation of daily crossing rates. For example, if GPS data from only a small number of tagged geese were available (a small sample size) and the data showed them to regularly cross a power line, the crossing rates could be over-estimated. Likewise, if those geese only rarely crossed a power line, the crossing rates could be under-estimated.

In order to investigate this, the 89 estimated ‘tag-season’ crossing rates (given in Appendix 1) were chosen in random order. A mean estimated crossing rate (and SE) was calculated at each addition of a new crossing rate. This was carried out ten times and a “mean of means” (and mean of means SE) was calculated (Figures 7 & 8). The resulting trend (which inevitably approach the overall estimated rates) show that after the addition of approximately 12 ‘tag-seasons’ the running mean reached the overall estimated rate for crossing Landsnet power lines of 0.41 (Figure 7). After the addition of approximately 45 ‘tag-seasons’, the running mean reached the overall estimated rate for crossing Rarik power lines of 0.418 (rounded up to 0.42 in Table 1 and the summary) (Figure 8). Thus, it appears that the sample size of 89 ‘tag-seasons’ was sufficient to provide reasonably accurate estimates of crossing rates.

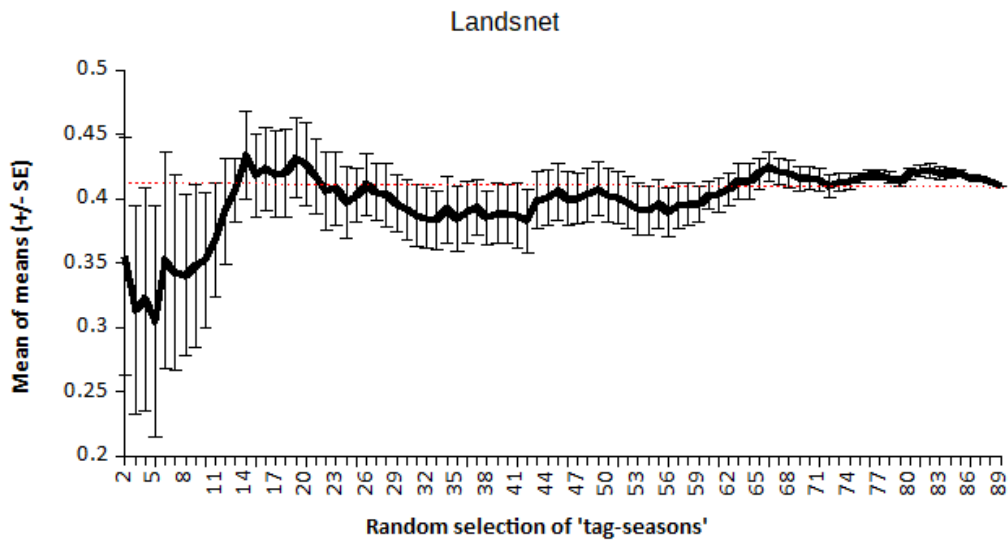


Figure 7. Running mean of means (+/- SE) estimated crossing rates of randomly selected 'tag-seasons' (see text for explanation) for GPS-tagged Greenland White-fronted Geese in the southern lowlands of Iceland. Overall estimated crossing rate (0.41) shown as red dotted line.

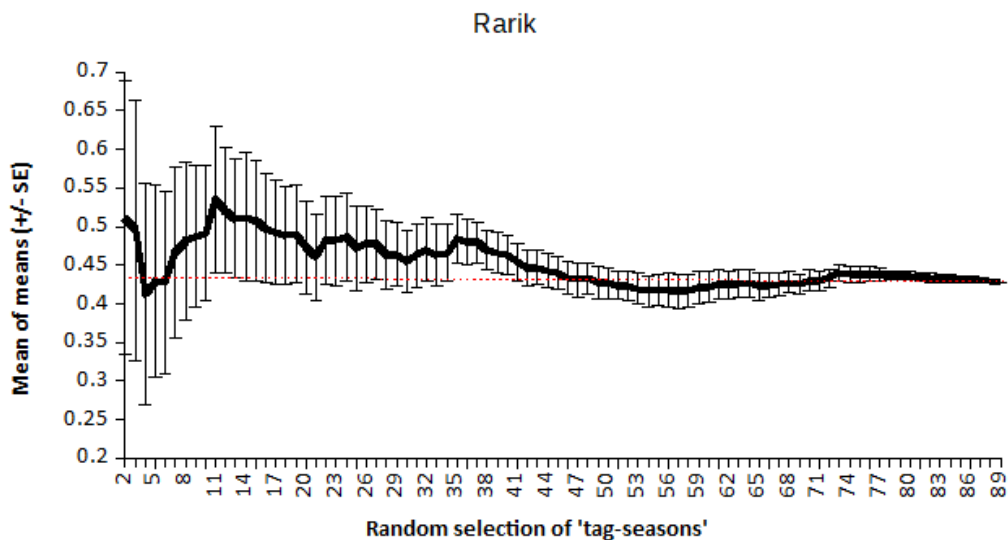


Figure 8. Running mean of means (+/- SE) estimated crossing rates of randomly selected 'tag-seasons' (see text for explanation) for GPS-tagged Greenland White-fronted Geese in the southern lowlands of Iceland. Overall estimated crossing rate (0.427, rounded up to 0.43 in Table 1) shown as red dotted line.