

Búsvæði íslenskra vaðfugla á nútíma

Tómas Grétar Gunnarsson



Árvökulir spóar gæta unga undir Eyjafjöllum. –
Alarming whimbrels guarding chicks by Eyjafjöll
mountains. Ljósni./Photo: Tómas G. Gunnarsson

Áhrif mannsins á náttúrufar eru nú alltumlykjandi og þjóðir heims reyna að taka frá bletti á landi og sjó til verndar líffræðilegri fjölbreytni. Slíkar aðgerðir krefjast þess að sett séu markmið í náttúruvernd og þeim fylgt eftir. Vandkvæði eru á því að setja skýr markmið sem varða líffræði, vilja fólks og sögulega þekkingu. Hið síðastnefnda snýst um að komast að því hvaða stærð eða dreifingu stofna ætti að miða við út frá því hver staða þeirra væri án inngripa mannsins. Víða er lítil þekking á sögulegri útbreiðslu og stofnstærð lífvera og það á til dæmis við um vaðfugla, sem eru áberandi hópur hryggdýra á Íslandi.

Flestir vaðfuglar verpa á opnu landi með lágvöxnum gróðri. Þeir eru háðir ferlum sem halda niðri gróðurhæð eða raska gróðurframvindu. Röskunarferlar eru fjölbreyttir og geta bæði verið náttúrulegir og af mannavöldum. Engar upplýsingar eru til um sögu vaðfuglastofna á nútíma (e. Holocene). Miklar rannsóknir hafa þó farið fram á gróðurfarssögu Íslands og gefa þær vísbendingar um hvernig búsvæði vaðfugla, og þar með stofnar, geta hafa þróast frá því ísöld lauk fyrir um 11.700 árum. Fjölbreyttar rannsóknir á gróðurfari benda til að vaðfuglabúsvæði hafi mestallan nútíma sveiflast mikið að flatarmáli í takti við veðurfar og eldvirkni. Þessi breytileiki minnkar eftir landnám þegar landnotkun mannsins fer að setja ríkari svip á landið. Nýlegar breytingar á landnotkun á Íslandi setja svo náttúrulegum breytileika í búsvæðum enn frekari skorður. Bæta þarf vernd dreifðra náttúruauðlinda, þar með talinna margra fuglastofna, í skipulagi og koma á neti verndarsvæða á landi, sé það markmið að varðveita sterka stofna til framtíðar.

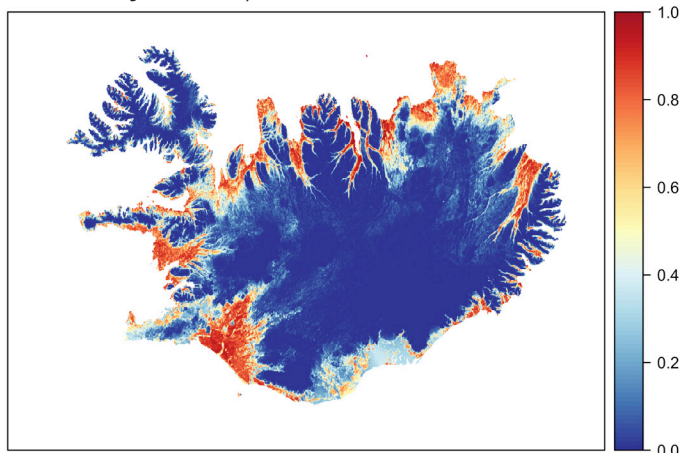
INNGANGUR

Yfirstandandi tímabil jarðsögunnar hefur stundum verið nefnt mannöld (e. Anthropocene) vegna yfirgnæfandi áhrifa mannsins á lífríki jarðar. Þetta er óformlegt heiti og ekki viðurkennt hjá Alþjóðasambandi jarðfræðinga (IUGS) en gagnlegt þrátt fyrir það. Eitt helsta einkenni mannaldrar er hröð hnignun líffræðilegrar fjölbreytni, sem er lífsnauðsynlegt að hemja.¹ Það er margslungin áskorun, ekki síst vegna þess að ofnýting náttúrugæða er nátengd hagkerfum heimsins. Segja má að það sé innbyggt í lífshætti mannfólks að ganga nær náttúrunni en okkur sjálfum er hollt.² En jafnvel þegar við reynum að ná tökum á vernd náttúrunnar skapast fjölmargar tæknilegar áskoranir. Ein er sú að ákveða hvaða þætti líffræðilegrar fjölbreytni á að leggja áherslu á að vernda. Náttúran er nefnilega síbreytileg án þess að mannskepnan komi þar nokkuð við sögu. Því er verið að skjóta á mark sem er á fljúgandi ferð þegar reynt er að ákveða hvað á að vernda. Annað sem huga þarf að er það að líffræðileg fjölbreytni er ekki einfalt fyrirbæri. Hjá Biodice, samstarfsvettvangi um líffræðilega fjölbreytni á Íslandi (biodice.is), hafa alþjóðlegar skilgreiningar á líffræðilegri fjölbreytni verið þýddar á eftirfarandi hátt: „Líffræðileg fjölbreytni (einnig kallað líffræðilegur fjölbreytileiki, lífbreytileiki eða líffjölbreytni) merkir fjölbreytni meðal lífvera í margbreytilegu umhverfi, þar með töldum vistkerfum á landi, í sjó og vötnum, og þau vistfræðilegu kerfi sem þær eru hluti af. Þetta nær til fjölbreytni innan tegunda, milli tegunda og meðal vistkerfa“. Skilgreining líffræðilegrar fjölbreytni er víðfeðm enda er henni ætlað að ná utan um breytileika lífríkisins á öllum stigum. Þá er þekking á vist-

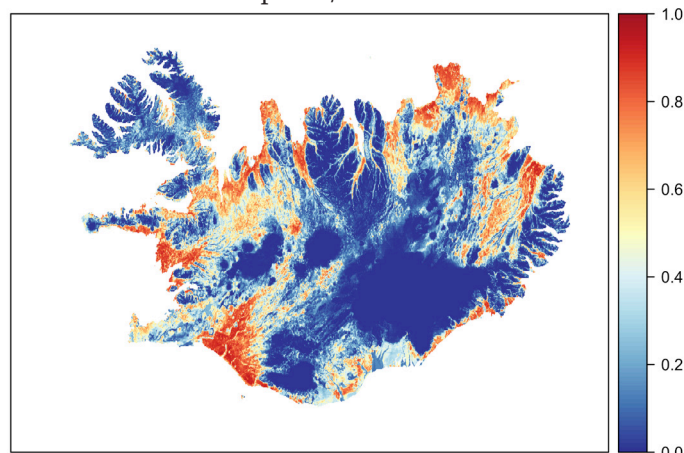
kerfum enn yfirborðskennd af tæknilegum ástæðum enda eru vistkerfi einhver flóknustu kerfi sem mannfólk fæst við.^{3,4} Þegar við setjum okkur markmið í náttúruvernd er því algengt að horfa til vistkerfisþátta sem við þekkjum vel, svo sem stórra lífvera eða einhverra þátta sem hafa sérstakt og augljóst gildi fyrir manninn. Minni áhersla er á lítt þekkta hluta vistkerfa eða verur sem falla okkur ekki í geð.⁵ Breytingar á ólíkum þáttum vistkerfa fylgjast ekki endilega að og því má gera ráð fyrir að oft komi það niður á einhverjum þáttum vistkerfis að leggja áherslu á vernd annarra þátta. Vönduð markmiðasetning í náttúruvernd snýst því um málamiðlanir þar sem reynt er að taka tillit til sögulegra breytinga, bæði náttúrulegra og af völdum manna, en jafnframt þarf að horfa á verndarstöðu tegunda, út frá staðbundnum mælikvörðum og allt upp í hnattræna.

Skýrt dæmi um viðfangsefni af þessu tagi á Íslandi er vernd vaðfugla (*Charadrii*). Þetta eru fuglar á borð við spóa (*Numenius phaeopus*), heiðlóu (*Pluvialis apricaria*), lóuþræl (*Calidris alpina*) og jaðrakan (*Limosa limosa*). Vaðfuglar verpa dreift og kjósa flestir opið land með lágvöxnum gróðri og fáum mannvirkjum til varps og viðhalds.⁶ Á Íslandi verpa nokkrir mjög stórir vaðfuglastofnar. Þegar hátt hlutfall heimsstofnanna verpur hér bera Íslendingar sérstaka ábyrgð á vernd þeirra samkvæmt alþjóðlegum samningum.⁷ Slík vernd er þó torsótt því vaðfuglar eru svo dreifðir um landið að það er erfitt að afmarka fyrir þá verndarsvæði, og þéttleiki þeirra er mestur á láglandi þar sem ágangur á búsvæði þeirra er mikill og vaxandi.⁸⁻¹⁰ Þetta birtist í því að vernduð svæði á Íslandi (friðlönd og þjóðgarðar)

Jaðrakani / Black-tailed Godwit



Lóupræll / Dunlin



1. mynd. Samanburður á útbreiðslu tveggja vaðfuglategunda, jaðrakans og lóupræls. Rauður litur sýnir mestu líkur á að fugl finnist og blár minnstu líkur. Jaðrakani hefur meginútbreiðslu sína í tempraða beltinu og er nær bundinn við láglendi á Íslandi. Lóupræll hefur lágarkítiska útbreiðslu og verpur aðallega á láglendinu en útbreiðsla hans teygir sig jafnframt víða um hálendið þar sem finna má gróðurlendi. (Aðlagð frá Méndez o.fl. 2025).¹⁰ – Comparison of the distribution of two wader species in Iceland, Black-tailed godwit (top left) and Dunlin. Red shows highest probability of occurrence and blue lowest. Black-tailed godwits breed mainly in temperate areas and are restricted to the lowlands in Iceland. Dunlins have a sub-arctic distribution and breed mainly in the lowlands in Iceland but their distribution stretches into the highlands on vegetated land (adapted from Méndez et al. 2025).¹⁰

skarast lítið við útbreiðslu vaðfuglastofna.¹⁰ Ljóst er að vaðfuglar verða ekki verndaðir til lengri tíma nema tekin verði frá einhver varpbúsvæði fyrir þá, en það hefur ekki enn orðið. Hér birtist einn veikleiki íslenskrar náttúruverndar, sem er sá að þótt vaðfuglar og fleiri fuglar séu friðaðir eru varpbúsvæði þeirra það yfirleitt ekki. Á meðan gengur stöðugt á vaðfuglastofna. Engin áætlun er til um það hvernig á að ná tökum á undanhaldinu eða hvaða verndarmarkmið gætu gengið til framtíðar. Veik lagaumgjörð náttúruverndar og hagsmunaárekstrar við landnotkun valda þessu. Það flækir málið enn frekar að búsvæði vaðfugla hafa oft myndast og/eða er viðhaldið með ákveðinni landnotkun, gjarnan beit (1. tafla). Því þarf að taka ákvarðanir um það hvort og með hvaða hætti landnotkun er viðhaldið vegna náttúruverndar, líkt og víða er gert erlendis.^{11,12} Flestir íslenskir vaðfuglastofnar hafa lengst af talist sterkir, eftir að fuglafræðingar fóru að gefa þeim gaum.¹³ Þó eru blikur á lofti þar sem vaðfuglabúsvæði tapast nú hratt, svo sem undir nytjaskógrækt, frístundabyggð og innviði.^{14,15} Vísbendingar eru um hraða fækkun vaðfugla á Suðurlandi, en þar eru stærstu varpsvæði vaðfugla á Íslandi (1. mynd).^{10,16}

Hér verður fjallað um sögu vaðfugla í heiminum og þá þætti sem móta búsvæði þeirra og viðhalda þeim. Þá verður reynt að varpa ljósi á það hvernig skilyrði fyrir vaðfugla kunna að hafa breyst á Íslandi á nútíma miðað við rannsóknir á gróðurfarsbreytingum. Markmiðið er að skoða hvernig vaðfuglabúsvæði og þar með stofnstærðir kunna að hafa breyst á þúsöldunum fyrir landnám og hvað síðan gerðist við inngríp manna og búsmala eftir landnám. Langtímasýn af þessu tagi skiptir máli þegar verndarmarkmið eru samin og rennir styrkari stoðum undir ákvarðanatöku. Byggt

verður á rannsóknum í jarðvísindum og líffræði sem sýna hvernig gróðurfar landsins hefur breyst á nútíma út frá frjólínuritum og fleiri vísbendingum sem lesa má úr jarðlögum.

ÞRÓUN OG BÚSVÆÐAVAL VAÐFUGLA

Uppruna vaðfugla má rekja til seinni hluta kítartímabilsins (fyrir 79–102 milljónum ára) þegar tveir meginhópar sem innihalda flestar stærstu vaðfuglaættirnar, snípur (*Scolopacidae*) og lóur (*Charadriidae*), skildust frá hópi máffugla og svartfugla (*Lari*).¹⁷ Saman mynda þessir hópar ættbálk strandfugla (*Charadriiformes*). Flestar ættkvíslir sem íslenskir vaðfuglar tilheyra virðast koma fram á paleósen- og eósen-tímabilunum fyrir 34–65 milljónum ára.¹⁷ Almennt er talið að margar núlifandi tegundir og undirtegundir fugla á arktískum svæðum, þar með talið vaðfugla, hafi komið fram á jökulskeiðum ísaldar (pleistósen) sem hófust fyrir um 2,5 milljónum ára og lauk fyrir um 11.700 árum.^{18–21} Vaðfuglar eru því löngu komnir fram þegar Ísland fer að líkjast því sem nú er, og það sama má segja um aðra íslenska fugla. Aðlögun að opnum búsvæðum bendir til að vaðfuglar hafi fyrst og fremst verið útbreiddir á landi þar sem lágvaxinn gróður var ríkjandi, en breiddargráða slíkra svæða hefur sveiflast í sama takti og jökulskeið og hlýskeið skiptust á. Talið er að búsvæði arktískra vaðfugla hafi verið víðáttumeiri á kuldaskiðum en á hlýskeiðum, eins og nú ríkir, því að opin svæði með lágvöxnum gróðri voru útbreiddari þegar kaldara var.²² Niðurstöður líkana til að meta sennilegt flatarmál vaðfuglabúsvæða á norðurhveli þegar hlýjast var á nútíma fyrir um 6.000 árum styðja þetta.²³ Erfitt er að geta sér til um stofnstærðir á svo löngum tímabilum en líklegt er að vaðfuglastofnar á norðlægum slóðum hafi að

1. tafla. Flestir vaðfuglar þrífast helst þar sem gróður er lágvaxinn. Í töflunni má sjá helstu gerðir röskunar sem halda gróðri lágvöxnum, og búsvæðum þar af leiðandi opnum og á hentugu framvindustigi fyrir flesta vaðfugla. – Most waders thrive where vegetation is short. The table shows major types of disturbances to vegetation succession which can keep vegetation at a suitable height/succession stage for breeding waders.

Gerð röskunar / Type of disturbance	Lýsing / Description
Jöklar / Glaciers	Jöklar nýllstilla gróðurframvindu. Þegar þeir hopa kemur undan þeim land sem hentar fljótlega sumum tegundum vaðfugla og síðan öðrum eftir því sem gróðri vindur fram. / Glaciers reset vegetation succession. Land exposed from glaciations can quickly become suitable for some wader species, and then others depending on succession patterns.
Flóð / Flooding	Flóð í ám og vötnum og sjó geta haldið niðri gróðri á ræmunum þar sem flóða gætir. Tími milli flóða hefur áhrif á framvindu gróðurs og fyrir hvaða tegundir flóðasvæðin henta. Jökulár, sem hafa óstöðugt rennsli og bera með sér næringarríkan aur, eru sérlega mikilvægar. Stór hluti heimsstofns spóa verpur þar sem áhrifa flóða gætir á Íslandi, einkum meðfram jökulám. ²⁵ / Flooding in rivers, lakes and sea can depress vegetation succession on the flooded riparian areas. Time between floods regulates vegetation succession and suitability for different species of waders. Glacial rivers are particularly important as they have fluctuating water levels and carry silt which is rich in nutrients. Large part of the world population of whimbrels breeds on glacial river plains in Iceland. ²⁵
Eldvirkni / Volcanism	Eldgos geta nýllstílt gróðurframvindu með öskufalli og hraunum. Framvinda gróðurs er væntanlega mjög mismunandi eftir aðstæðum og þar með skilyrði fyrir vaðfugla. / Volcanic eruptions can reset vegetation succession and provide temporal habitat for waders. Succession patterns are probably highly variable.
Gróðureldar / Fires	Gróðureldar, bæði af mannavöldum og náttúrulegir, geta haldið niðri gróðurframvindu og haldið landi á hentugu framvindustigi fyrir vaðfugla. ^{11,28,88} / Natural or prescribed burns in grassland and heathland can depress vegetation succession and provide suitable habitat for grassland birds. ^{11,28,88}
Beit villtra dýra / Wildlife grazing	Beit villtra dýra getur haft áhrif á gróðurhæð og haldið niðri gróðri þannig að búsvæði henti vaðfuglum. Þetta er einkum algengt á norðlægum slóðum. Þar má nefna hreindýr (Rangifer tarandus), gæsir (Anser spp. og Branta spp.), læmingja (Lemmus spp., Dicrostonyx spp. og fleiri) og ýmsa hryggleysingja sem samhliða köldu loftslagi taka þátt í að halda niðri gróðri. ^{31,32} / Wildlife grazing is important for depressing vegetation height, particularly at high latitudes. Reindeer (Rangifer tarandus), geese (Anser spp., Branta spp.), lemmings (Lemmus spp., Dicrostonyx spp. and more) are important. ^{31,32}
Beit búfjár / Livestock grazing	Búfjárbeit getur haldið niðri gróðri. Þetta er algengt þar sem löng hefð er fyrir sauðfjárrækt. Löndin við Atlantshaf, Ísland, Færeyjar, Orkneyjar, Hjaltland, Skotland og Noregur, eru gott dæmi. Sauðfjárbeit hefur líklega átt þátt í að viðhalda stórum vaðfuglastofnum á Íslandi. ⁸⁹ / Livestock grazing can depress vegetation height and succession. Common where there is a historical tradition for pastoral sheep farming like in the NW-Atlantic countries: Iceland, Faroe Islands, Orkney, Shetland, Scotland and Norway. Sheep grazing has probably been important for maintaining large wader populations in Iceland. ⁸⁹
Sláttur / Mowing	Reglulegur sláttur lands getur haldið gróðurhæð á heppilegu framvindustigi fyrir suma vaðfugla. Landbúnaðarland er ein algengasta gerð vaðfuglavarplands í temperaða beltinu. Lífvænleiki stofna veltur á gerð landbúnaðar. ^{30,90} / Agriculture, where land is mowed regularly, can keep vegetation height suitable for breeding waders. This is probably the most common type of wader breeding habitat in the temperate zone. Viability of populations depends on mowing regimes and agricultural intensity. ^{30,90}

jafnaði verið stærri þegar flatarmál hentugra, opinna búsvæða var meira.

Flatarmál opinna búsvæða ræðst af loftslagi og ferlum sem halda gróðri á heppilegu framvindustigi fyrir vaðfugla.^{6,24} Gróðurframvinda felst í því að gróður í vistkerfum færast frá einu samfélagi til annars með tímanum, oftast í átt að meiri grósku og hávaxnari gróðri, þar til lokastigi framvindu er náð.

Ýmiss konar röskun sem veldur því að hávaxinn gróður hörfar um skemmri eða lengri tíma getur opnað búsvæði fyrir vaðfugla (1. tafla). Land sem kemur undan jökli og hefur náð að mynda gróðurhulu getur hentað vel fyrir sumar vaðfuglategundir þar til gróður verður of hávaxinn og þéttur. Þetta tekur mislangan tíma eftir aðstæðum. Flóð sem ryðja burt hávöxnum gróðri á landi stöku sinnum, árflóð eða sjávarflóð,

geta skapað heppilegar aðstæður. Dæmi um þetta er mikilvægi hálfgróinna áreyra fyrir spóa á Íslandi og bjúglóu (*Anarhyncus frontalis*) á Nýja Sjálandi.^{8,25,26} Svæði af þessu tagi geta myndast af sjálfsdáðum þar sem ár flæmast í náttúrulegum farvegum. Eins geta þau myndast af mannavöldum líkt og áraurar Þverár og Markarfljóts neðan við Fljótshlíð sem mynduðust eftir að varnargarðar voru byggðir á síðustu öld til að hamla því að Markarfljót rynni í Þverá. Þar hafa spói og fleiri tegundir orpið í miklum þéttleika.²⁷ Þá geta gróðureldar viðhaldið lágvöxnum gróðri fyrir vaðfugla og dæmi eru um að vaðfuglar á gresjum Bandaríkjanna njóti góðs af eldi sem kveiktur er og stýrt til að líkja eftir náttúrulegum gresjueldi.^{11,28} Fleiri gerðir röskunar á framvinduferlum mætti nefna (1. tafla) en landbúnaður með ræktun og beit er sennilega sú landnýting



Hópur af nýkomnum tjöldum í Eyrbakkafjöru að vori. – A flock of newly arrived oystercatchers on Eyrbakki beach in spring. Ljós./Photo: Tómas G. Gunnarsson

á heimsvísu sem nú viðheldur stærstum svæðum fyrir vaðfugla.^{29,30} Á háarktiskum svæðum er beit villtra dýra mikilvæg við að stýra gróðursamfélögum. Þar má nefna hreindýr (*Rangifer tarandus*), gæsir (*Anser spp.* og *Branta spp.*), læmingja (*Lemmus spp.*, *Dicrostonyx spp.* o.fl.) og ýmsa hryggleysingja sem ásamt köldu loftslagi halda niðri gróðri.^{31–33} Á lágarktiskum og tempruðum svæðum skiptir beit búfjár máli og líklega eru löndin við Atlantshaf norðanvert, Ísland, Færeyjar, Skotland og Noregur, einna bestu dæmin um hvernig sauðfjárbeit getur haldið stórum svæðum á heppilegu framvindustigi gróðurs fyrir vaðfugla.^{30,34,35} Sums staðar í Vestur-Evrópu hefur mólendi verið viðhaldið með beit og eldi í þúsundir ára og eru tegundafjölbreytni og alþjóðlegt verndargildi slíkra svæða mikil.^{36,37} Mikilvægi mismunandi röskunarferla er væntanlega misjafnt eftir breiddargráðum. Gera má ráð fyrir að loftslag og tengdir þættir hafi meira vægi við að halda gróðurhæð niðri á norðlægum slóðum og að áhrif landnotkunar, svo sem landbúnaðar og búfjárbæitar, aukist þegar sunnar dregur.²⁴

Rannsóknir sem gerðar hafa verið á Íslandi síðustu tvo áratugi sýna sterk tengsl vaðfugla við lágvaxinn gróður og opin búsvæði. Þær benda til þess að áhrif hækkanði gróðurs hérlandis séu að miklu leyti hliðstæð, óháð því hver gróðurinn er. Aukning kjarrgróðurs, lúpínu (*Lupinus nootkatensis*) og skógræktar eru allt landbreytingar sem valda því að flestum vaðfuglum fækkar og þeir hverfa nær alveg þar sem hávaxinn gróður vex þétt.^{10,14,38–40} Hrossagaukur (*Gallinago gallinago*) er helsta undantekningin. Hann þrífst innan um hávaxinn gróður þótt stærstur hlu-

ti stofnsins verpi líklega á opnu landi.¹⁴ Hafa má í huga að ekki einungis vaðfuglar nýta opið land um varptímann og má ætla að fleiri fuglar lúti svipuðum lögmálum og vaðfuglar hvað varðar samband búsvæða og stofna. Nefna má rjúpu (*Lagopus muta*), grágæs (*Anser anser*) og kjóa (*Stercorarius parasiticus*),^{40–42} og má gera ráð fyrir að þetta eigi við um margar fleiri fuglategundir sem eru algengastar eru á opnu landi og er því líkegt að hafi aðlagast slíkum skilyrðum. Hér verður sjónum þó einkum beint að vaðfuglunum sem Íslendingar bera mikla ábyrgð á – sjö af tíu algengum vaðfuglategundum teljast sérstakar ábyrgðartegundir Íslands.⁷ Það hvernig fuglastofnar svara breytingum á flatarmáli búsvæða er flókið og veltur á þáttum eins og lýðfræði og atferli, afstöðu og fjarlægð milli búsvæðabletta, og öðrum vistkerfisbreytingum. Oftar en ekki má gera ráð fyrir að samband stofnstærðar og heildarflatarmáls búsvæða sé ólínulegt og að stofnar geti stækkað eða minnkað hraðar við ákveðin þröskuldsgildi í flatarmáli búsvæða.⁴³ Rösksemdir hér byggjast á því að stofnar séu stærri þegar flatarmál búsvæða er meira og minni þegar flatarmál búsvæða minnkar, sem er varfærin nálgun.

SAGA VAÐFUGLABÚSVÆÐA Á ÍSLANDI Á NÚTÍMA

Við umræðu um vernd vaðfugla er gagnlegt að skoða sögu búsvæða þeirra í landinu. Út frá þekkingu á búsvæðavali er hægt að ráða í sögu vaðfugla á Íslandi en stórir drættir í gróðurfarssögu landsins eru þekktir út frá fjölbreyttum rannsóknum, einkum í jarðvísindum. Hér er ekki ætlunin að gefa tæmandi yfirlit um



Haustlitir í birkikjarri á Þingvöllum. Birki hefur þakið stóran hluta láglendis á tímabilum nútíma og hefur þá takmarkað útbreiðslu fugla sem kjósa að verpa á opnu landi eins og vaðfugla. – Autumn colours in birch shrub at Þingvellir National Park. Birch covered large parts of the Icelandic lowlands during periods of the Holocene and then limited the distribution of open-habitat bird species such as waders. Ljós./Photo: Tómas G. Gunnarsson

Þær rannsóknir heldur draga fram megindrætti sem líklegt er að varpi ljósi á breytileika í búsvæðum vaðfugla í tíma og rúmi. Gróðurfarssaga landsins hefur einkum verið rakin með greiningu frjókorna í vatnaseti og mýrarjarðvegi og byggist á tímatali sem lesa má úr gjóskulögum.⁴⁴ Nýlega hefur svo verið notast við fjölbreyttari jarð- og lífefnafræðilega ávita á gróðurfarsbreytingar.^{45,46}

Óvíst er hvernig landnámi vaðfuglategunda var háttað en líklegt verður að teljast að þessir miklu farfuglar hafi numið land fljótlega eftir að jökulísinn hörfaði og skilyrði fyrir þá mynduðust með lágvöxnum gróðri og fæðustofnum. Sterkar vísbendingar með greiningu á erfðaefni (DNA) í setlögum benda til að flestir þeir hópar plantna sem finnast á Íslandi hafi numið landið nokkuð hratt eftir að hlýna tók og að fáir nýir hafi bæst við síðustu 8.000 ár.⁴⁷ Leiddar hafa verið að því líkur að fuglar hafi gegnt mikilvægu hlutverki við flutning plantna til Íslands og Grænlands í upphafi nútíma og því gæti landnám fugla og plantna hafa haldist í hendur.^{47,48} Þá staðfesta nýlegar rannsóknir að vaðfuglar flytja auðveldlega fræ til Íslands.⁴⁹ Athygli vekur að krækilyng (*Empetrum nigrum*) kemur mjög víða og snemma fram í gróðurfars sögu landsins eftir að síðasta jökulskeiði lauk en það breiðist fyrst og fremst út með fuglum.^{44,50} Þetta kann að benda til þess að fuglar hafi verið útbreiddir á Íslandi fljótlega eftir að jöklar hörfuðu af láglendi en vaðfuglar og fleiri íslenskir fuglar eru miklar krækiberjaætur.^{49,51} Þessa söguskýringu verður þó að taka með þeim fyrirvara að nánast engin ápreiðanleg gögn eru enn til um land-

nám eða tegundasamsetningu fugla á Íslandi fyrri hluta nútíma. Þó ber að geta fótspora sem fundust í gömlum sandlögum í Elliðaárdal. Fótsporin voru líklega af önd, mögulega æðarfugli (*Somateria mollissima*) og er aldur sandlaganna talinn um 8.000 ár.⁵²

Birki (*Betula pubescens*) hefur myndað nógu háa og þétta skóga á nútíma til að útiloka vaðfugla frá stórum svæðum og mögulegt er að víðikjarr (*Salix spp.*) hafi á einhverjum stöðum haft sömu áhrif. Blæösp (*Populus tremula*) finnst í gömlum skógarleifum og frjó reyniviðar (*Sorbus aucuparia*) hafa fundist í sýnum frá miðjum nútíma. Greiningar á frjókornum benda þó ekki til að þær tegundir hafi náð mikilli útbreiðslu á nútíma eða myndað skóga.⁵³ Breytingar á vaðfugla-búsvæðum hafa því sennilega verið bein afleiðing af útbreiðslubreytingum birkis en skeið framrásar og hnignunar birkivistkerfa á nútíma fylgja loftslagsbreytingum náið fram að landnámi.^{45,54–56}

Fyrir um 8.500–10.000 árum fór gróður að taka við sér og grös og lynggróður breiddust út. Stór hluti landsins var væntanlega lítt gróinn framan af á þessu tímabili en víðáttumikil opin heiðalönd greru fljótlega upp.⁴⁴ Á þessum tíma gætu víða hafa verið ágæt skilyrði fyrir háarktískar vaðfuglategundir (sandlóu *Charadrius hiaticula* og sendling *Calidris maritima*) og lágarktískar tegundir (heiðlóa, spói og lóupræll) ættu að hafa getað breiðst út.⁶

Fyrir um 8.500–9.000 árum fer að bera á eini (*Juncus communis*) og fjalldrapa (*Betula nana*), og birki nam land. Fyrir um 5.000–8.500 árum fer birki að breiðast út og þakti líklega landið þar sem skilyrði voru hag-



2. mynd. Heiðlóupar í mólendi á Vatnsnesi. Á útkjálkum norðanlands þar sem áhrifa kaldra hafstrauma gætti virðist hafa verið skóglaut allan nútíma og því hagstæð skilyrði fyrir sumar tegundir vaðfugla. – A pair of Golden plovers in heathland at Vatnsnes peninsula, N-Iceland. Coastal areas in N-Iceland where influence of cold ocean currents was strong seem to have been treeless throughout the Holocene, providing suitable breeding conditions for some waders. Ljósm./Photo: Tómas G. Gunnarsson



3. mynd. Nýfleggur sendlingsungi á hálendinu. Sendlingar hafa hánorðlega útbreiðslu og verpa á Íslandi bæði á láglendi og hálendi. Þeir gera minni kröfur um grósku á varptíma en flestir aðrir vaðfuglar en verpa þó yfirleitt í grennd við gróðurlendi eða vatn sem eru uppsprettur hryggleysingja á matseðlinum. – A newly fledged Purple-sandpiper chick in the highlands of Iceland. Purple-sandpipers have a high arctic distribution and breed both in the lowlands and highlands in Iceland. They require less vegetation during the breeding season than most other waders but usually nest close to vegetated areas or open water which are sources of invertebrate prey. Ljósm./Photo: Tómas G. Gunnarsson

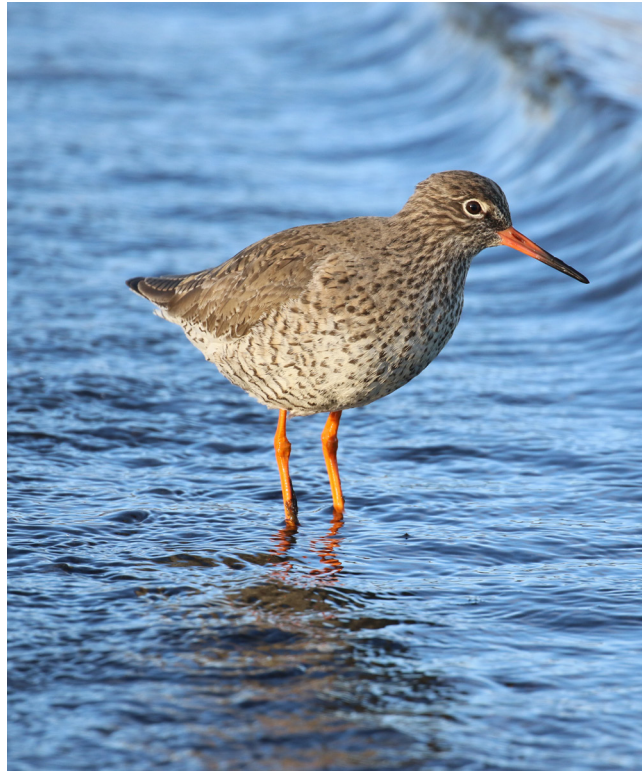
stæð í innri hluta dala og fjarða. Á þessu tímabili hafa möguleg vaðfuglabúsvæði trúlega þakið stóran hluta landsins en flatarmál látið undan síga þar sem birki sótti fram. Flatarmál birkibúsvæða dróst saman vegna kólnunar fyrir um 7.500 árum en náði sér fljótt á strik aftur.⁴⁴ Birki virðist hafa náð hámarksútbreiðslu á nútíma fyrir um 6.000 árum og var útbreitt upp í um 400–500 m hæð á Norðurlandi og Austurlandi og þakti líklega stóran hluta láglendis um allt land.^{44,46,57,58} Flatarmál vaðfuglabúsvæða hefur sennilega verið í lágmarki á þessum tíma, þegar útbreiðsla birkis var í hámarki. Fyrir um 5.500 árum tók að kólna, útbreiðsla birkis dróst saman og mýrlendi og heiðalönd breiddust út á láglendi fyrir um 2.500–5.000 árum.⁴⁴ Búsvæði sem hentuðu fyrir vaðfugla hafa ef að líkum lætur verið víðáttumikil á því tímabili. Á útkjálkum þar sem hafrænna áhrifa gætti, svo sem á Skaga, virðast hafa verið skóglausar heiðar og mólendi allan nútíma⁵⁹ (2. mynd). Birki var nær horfið af hálendisbrúninni í um 400 metra hæð y.s. á Norðvesturlandi fyrir um 4.200 árum og virðist ekki hafa náð sér á strik síðan.⁵⁷ Birki virðist einnig hafa verið nánast horfið af hálendi Þistilfjarðar á Norðausturlandi fyrir tæplega 6.000 árum og fyrir um 3.450 árum við ströndina.⁶⁰ Rannsóknir á

frjókornum birkis og fjalldrapa gefa til kynna framrásarskeið í útbreiðslu birkis á Norðausturlandi. Hið fyrra hófst fyrir um 7.200 árum og hið síðara fyrir um 3.300 árum, en útbreiðslan var minni á milli.⁶¹ Einnig má gera ráð fyrir að opin svæði hafi verið víða þar sem röskunar gætti, til dæmis meðfram ám, við sjó og í grennd við jökla, og tímabundið í kjölfar eldgosa (1. tafla).

Rannsóknir þar sem notast er við fjölbreyttar vísitölur úr borkjörnum úr vatnaseti á hálendi (Hvítárvatn) og láglendi (Vestra-Gíslholtsvatn) Suðurlands segja svipaða sögu og frjókornagreiningar.^{62,63} Gögnin úr Hvítárvatni benda til að hlýnað hafi smám saman á nútíma fyrir um 8.400–7.900 árum og hiti náð hámarki fyrir um 7.900–5.500 árum en þá hafi hafist kuldaskið sem náði hámarki fyrir um 4.200–3.000 árum. Nokkur óvissa er um útbreiðslu birkis á seinni hluta nútíma en trúlega hefur það hörfað eða sótt á til skiptis og ekki endilega í takti milli landshluta.^{44,64} Miðað við breytileika í samsetningu frjókorna frá nærliggjandi stöðum á seinni hluta nútíma, til dæmis á Suðurlandi og á miðhálendinu, er líklegt að birkiskógar og opið land hafi myndað bútasam í landinu á stórum svæðum.^{44,53} Því hafa mögulega verið opnir blettir



4. mynd. Jaðrakan í sunnlenskum polli. Jaðrakan hefur meginútbreiðslu í tempraða beltinu og er nær bundinn við láglendi á Íslandi. Þeir hafa breiðst út um láglendi landsins frá Suðurlandi síðustu öldina samfara hlýnun. – Black-tailed godwits have their main distribution in the temperate zone and their breeding distribution within Iceland is restricted to lowland areas. They have expanded their range from south Iceland to lowlands across the country during the last century. Ljósm./Photo: Tómas G. Gunnarsson



5. mynd. Stelkar verpa nær eingöngu á láglendi. Þeir verpa einkum í deigu graslendi og á landbúnaðarlandi. – Redshanks breed almost exclusively in lowland regions. Most nest in wet grassland and agricultural land. Ljósm./Photo: Tómas G. Gunnarsson

fyrir vaðfugla víða, þótt útbreiðsla birkis hafi verið meiri en nú er.

Nýlega hafa komið fram sterkar vísbendingar um að viðvarandi jarðvegseyðing hafi hafist mun fyrr en við landnám.⁴⁵ Megindrífkraftur breytinga á vistkerfum á nútíma hefur verið hitastig en eldgos og öskufall haft neikvæð skammtímaáhrif á gróðurfar. Þetta hefur gerst við og við fram á miðjan nútíma en síðan gengið til baka. Þröskuldur virðist þó hafa náðst fyrir um 5.000 árum þegar samspil hitastigs og eldgosa olli því að gróðurfar náði ekki fullum bata og nýtt jafnvægi komst á. Þetta ástand virðist svo hafa magnast fyrir um 1.500 árum með útbreiddri gróðureyðingu, eða nokkrum öldum fyrir landnám. Við þessar breytingar breiddist mólendi út á kostnað birkiskóga.⁴⁵

Síðustu 2.000 ár einkennast af sveiflóttu hitastigi með hlýindum upp úr landnámi.⁶³ Breytingar urðu mjög hraðar eftir landnám og áhrif mannsins á vistkerfi koma fljótt fram.³⁵ Birki hvarf víða í byggð á hálfri öld eftir komu landnámsmanna en skógarhögg, sauðfjárbreit og kolagerð gengu nærri birkiskógunum og á síðmiðöldum var landið farið að líkjast því sem nú er^{44,64} með víðáttumiklu mólendi og mýrum á láglendi og einnig í hálendisbrúninni, einkum norðanlands og stórum ógrónum svæðum á hálendi. Beit á síðustu þúsund árum hefur átt þátt í að halda aftur

af útbreiðslu birkis og hefur sennilega viðhaldið búsvæðum sem henta fyrir vaðfugla, bæði á hálendi og láglendi, en líklega gert hluta hálendisins óhentugri vegna jarðvegseyðingar.

Gera má ráð fyrir að frá því að gróðurhula myndaðist í lok síðustu ísaldar (3. mynd) hafi hér verið ágæt skilyrði fyrir háarktísku vaðfuglana, sandlóu og sendling, og þá lágarktísku, heiðlóu, lóupræl og líklega spóa, samfellt á nokkuð stórum svæðum. Þegar horft er til alls landsins virðist flatarmál vaðfuglabúsvæða hafa sveiflast mikið, bæði í tíma og rúmi. Hlýnun á 20. öld hefur bætt skilyrði fyrir suðlægu vaðfuglategundirnar sem hér verpa (4. mynd).⁶⁵ Einnig getur landbúnaður skapað hagstæð skilyrði fyrir sumar vaðfuglategundir.⁶⁶ Stelkur og tjaldur sýna sterk tengsl við landbúnaðarland og jaðrakan breiddist út um láglendi um allt land frá Suðurlandi, samfara hlýnun⁶⁷ (5. mynd). Þá eru merki um að tjaldur hafi aukið útbreiðslu sína á síðustu áratugum á kaldari hlutum landsins.^{68,69} Uppblástur og jarðvegseyðing á hálendinu eftir landnám hafa vafalítið minnkað búsvæði sumra vaðfugla þar, einkum lágarktísku tegundanna sem eru nú að mestu bundnar við láglendi og við gróðurvinjar á hálendinu.¹⁰

Líklegt er að góðar aðstæður hafi verið fyrir flestar vaðfuglategundirnar á láglendi og heiðum fram eftir



Jaðrakan og tjaldur í fjöru að vori. – Black-tailed godwit and oystercatcher on the beach in spring. Ljósm./Photo: Tómas G. Gunnarsson

20. öld en það hefur breyst hratt á stórum svæðum á allra síðustu áratugum. Ýmsar ástæður koma þar til og má nefna minnkandi sauðfjárbætur, aukna trjárækt og fjölgun húsa og annarra innviða sem hafa neikvæð áhrif á útbreiðslu vaðfugla.^{6,14,15,38,70} Þá má nefna stóraukið landnám framandi plöntutegunda á náttúrulegum röskuðum svæðum sem eru mjög mikilvæg búsvæði vaðfugla, svo sem meðfram vatnsföllum.^{8,27,71} Þetta eru oft plöntur sem hafa aðlagast slíkum svæðum erlendis, svo sem alaskalúpína (*Lupinus nootkatensis*), alaskavíðir (*Salix alaxensis*) og stafafura (*Pinus contorta*), sem eiga auðvelt með að leggja undir sig svæði í kjölfar röskunar, og jafnvel gróíð land hérlandis.⁷² Samanlögð áhrif mannhverfra þátta sem þessara á flatarmál vaðfuglabúsvæða á láglendi eru þegar orðin veruleg og einsýnt er að þau aukast mikið á þessari öld þegar horft er til breytinga á landnotkun og skipulagsmála.⁹ Mikilvægt er að hafa í huga að búsvæðatap hefur ekki bara áhrif á stofna þar sem búsvæðatapið verður, heldur gerir það stofna á þeim svæðum sem eftir standa viðkvæmari fyrir fjölbreyttum álagspáttum.⁴³

UMRÆÐA

Flestir vaðfuglar á Íslandi og á heimsvísu nýta sér fyrst og fremst ýmis opin búsvæði með lágvöxnum gróðri sem varpland. Slík búsvæði geta myndast og viðhaldið við röskun á gróðurframvindu af fjölbreyttum toga, eða eru viðvarandi vegna loftslags. Frá því að síðasta jökulskeiði lauk fyrir um 11.700 árum virðist framboð af opnum búsvæðum á Íslandi hafa sveiflast verulega

bæði í tíma og rúmi. Lágvaxinn gróður er ríkjandi á stórum hluta landsins á tiltölulega löngum tímabilum þegar útbreiðsla birkis er takmörkuð og þá hafa skilyrði fyrir vaðfugla verið góð. Að sama skapi hafa komið tímabil þar sem útbreiðsla birkiskóga var mikil og útbreiðsla vaðfugla líklega blettótt. Opin búsvæði sem henta vaðfuglum hafa væntanlega fundist samfelld nánast allan nútíma í sumum landshlutum. Þau svæði virðast til dæmis hafa verið á útkjálkum og heiðum norðanlands. Einnig hljóta búsvæði að hafa opnast óreglulega í tengslum við raskanir, svo sem flóð, hreyfingar jökla og vatnsfalla og eldvirkni. Þá virðist jarðvegseyðing af völdum loftslags og eldvirkni hafa verið viðvarandi löngu fyrir landnám. Landnotkun eftir landnám hefur minnkað náttúrulegan breytileika í búsvæðum með því að halda aftur af útbreiðslu skóga og kjarrgróðurs á tímabilum sem annars hefðu verið hagstæð vegna hlýinda. Líklegt má telja að aukin útbreiðsla innfluttra plöntutegunda, breytingar á landnotkun og uppbygging innviða á síðustu áratugum hafi svo sett náttúrulegum breytileika í búsvæðum enn frekari skorður. Má ætla að þau áhrif aukist verulega þegar tímar líða.

Þessi tilraun til að skoða sögu vaðfuglabúsvæða á nútíma, einkum út frá rannsóknum á útbreiðslusögu birkis, hefur að sjálfsögðu annmarka. Óvissa snýr meðal annars að breytileika í útbreiðslu birkis í tíma og rúmi, og að landnámi og stofnbreytingum vaðfugla. Erfitt er að giska á tengsl stofnstærða og flatarmáls líklegra búsvæða í fortíðinni en að jafnaði má gera ráð fyrir að skilyrði hafi verið fyrir fleiri vaðfugla þegar flatarmál búsvæða var meira. Einnig skipta aðrir vist-



Heiðlóa gætir unga í blómum skráddum vegkanti. – A golden plover guarding chicks by a flower-rich roadside. Ljós./Photo: Tómas G. Gunnarsson

kerfisþættir máli, svo sem landnám fæðustofna, sem hér hafa verið lítt til skoðunar. Þó er ljóst að mikilvæg fæða vaðfugla, svo sem krækiber (sjá framar) og ýmis votlendisdýr, hafa verið algeng á Íslandi stóran hluta nútíma.^{73,74} Slíka óvissuþætti verður að taka út fyrir sviga þegar horft er á fortíðina frá svo víðu sjónarhorni út frá óbeinum vísbendingum sem fást í gegnum sögu veðurfars, eldvirkni og gróðurs. Eftir standa þó sterkar vísbendingar um að skilyrði fyrir vaðfugla hafi sveiflast mikið á nútíma. Þegar horft er til tímabilsins frá því að síðasta jökulskeiði lauk og fram að landnámi má segja að grunnástand íslenskra landvistkerfa, og þar með vaðfuglastofna, sé breytileiki. Sá breytileiki var knúinn áfram af langtíma veðurfarsbreytingum og eldvirkni.

Tímaskeiðið frá landnámi til okkar daga hefur einkennst af mikilli gróðureyðingu.⁷⁵ Flestir vaðfuglar verpa nú á grónu láglendi og á gróðureyjum á hálendinu. Á grónu, opnu láglendi má finna allar þær tegundir vaðfugla sem nú verpa á Íslandi en það eru einkum háarktísku og í minna mæli lágarktísku tegundirnar sem teygja sig inn á hálendið.^{6,10} Það sama má segja um ýmsa aðra fugla sem reiða sig á opið land, svo sem rjúpu og kjóa, að hjarta útbreiðslu þeirra er á grónu láglendi með lágvöxnum gróðri. Líklega hefur talsvert af heppilegu vaðfuglalandi tapast af hálendinu frá landnámi vegna gróðureyðingar. Þau týndu búsvæði hafa væntanlega einkum hentað þeim tegundum sem geta með góðu móti orpið við þau skilyrði í loftslagi sem nú eru ríkjandi á hálendinu⁶ (1. mynd).

Gera má ráð fyrir að skilyrði fyrir vaðfuglastofna á norðurhveli hafi batnað og versnað til skiptis eins

og flóð og fjara í takti við hop og framrás jökla seinni hluta nýlífsaldar.²² Þannig hefur staða þessara stofna og annarra lífvera sem búa við sömu skilyrði verið háð þeim breytileika sem loftslagsbreytingar valda. Nú er þetta breytt því að maðurinn hefur náð gríðarlegri útbreiðslu um alla jörðina og þrengt að rými og skilyrðum annarra lífvera. Allt land er háð áhrifum manna og sveigjanleiki lífvera til að breyta útbreiðslu er lítill.^{76,77} Þessar breytingar endurspeglast meðal annars í stöðu vaðfuglastofna á heimsvísu sem mjög hefur þrengt að á síðustu áratugum.^{78–80} Segja má að meginviðfangsefni náttúruverndar sé nú að reyna að vernda lífríki á þeim stöðum þar sem það enn þrífst, ásamt því að vona að net verndarsvæða dugi að einhverju leyti fyrir tegundir til að bregðast við breytingum á loftslagi.⁸¹ Flest fullorðin hryggdýr, þar á meðal fuglar, eru áttahagatrygg, og er því líklegra að breytingar á útbreiðslu og landnámi gerist fremur með kynslóðaskiptum (nýjar kynslóðir nema ný lönd) en tilfærslu einstaklinga.⁸² Ferlið sem liggur að baki útbreiðslubreytingum skiptir máli því að kynslóðaskipti krefjast þess að verndarsvæði séu víðáttumikil og að stofnar framleiði nóg af ungfuglum til að leita á ný mið.^{82,83} Stærri stofnar hafa einnig meiri erfðafjölbreytni og meira viðnám gegn áföllum. Það er því mikilvægt að gera raunhæfar áætlanir um viðhald stofna meðan þeir eru sterkir og útbreiddir og áður en í óefni er komið.^{43,84}

Mjög þrengir nú að íslenskum vaðfuglum í sumum landshlutum og svo virðist sem staða þeirra sé að gjörbreytast á mikilvægum varpsvæðum.^{16,85} Orsakasamhengi breytinganna er ekki fullþekkt en ljóst er að vaðfuglar hafa tapað miklu af búsvæðum vegna breyt-



Mikið gróðurlendi hefur tapast af hálendi á gosbeltinu frá landnámi. Hér sér til suðurs frá syðri hluta Kjalvegjar. Bláfell í bakgrunni. Mikið fuglalíf er í þeim gróðureyjum sem eftir standa, svo sem í Skútaveri sem er í forgrunni. – Soil erosion has been extensive in the highlands along the volcanically active belt since the settlement period. View to the south from the Kjalvegur highland road, with Bláfell mountain in the background. Birdlife is abundant in the remaining vegetation islands, such as the Skútaver wetland in the foreground. Ljósm./Photo: Tómas G. Gunnarsson

inga á landnotkun síðustu áratugi og líklegt er að það ferli haldi áfram.⁶ Rannsóknir á gróðurfurssögu landsins sýna að engin einföld viðmiðun er til um það hvað á að teljast upprunalegt ástand vaðfuglabúsvæða á Íslandi. Náttúruleg skilyrði fyrir vaðfugla virðast hafa verið breytileg á nútíma og fylgt loftslagi og eldvirkni þar til við landnám, þegar menn fóru að hafa áhrif á flatarmál vaðfuglabúsvæða. Víst er að yfirstandandi breytingar á landnotkun, með fleiri mannvirkjum og lítt heftri dreifingu hávaxinna plantna frá framandi slóðum, færa íslensk vistkerfi fljótlega enn lengra frá því sem mætti með varfærni kalla náttúrulega þróun búsvæða.

Óhætt er að segja að vernd vaðfugla á Íslandi, þar sem landnotkun er stýrt með önnur markmið en varðveislu náttúrugæða í huga, sé gott dæmi um það sem nefnt er lævis vandi (e. wicked problem). Meðal einkenna slíkra vandamála er að margir hagsmunaaðilar þurfa að koma að lausn þeirra, skilningur manna á vandamálinu er oft gjörólíkur, stjórnsýslan er lagskipt og óskilvirk og margir þurfa að skipta um skoðun svo hægt sé að nálgast lausn.^{86,87} Þessi vandi á ekki bara við

um vernd fugla heldur um margar dreifðar auðlindir á Íslandi sem viðhalda þarf á svæðum innan um aðra landnotkun. Þar má nefna flesta aðra þætti líffræðilegrar fjölbreytni, vatn, jarðveg, landslag og fleira. Mikilvægt virðist að reyna að ná sem fyrst utan um umfang vandans á breiðum grunni og styrkja vernd dreifðra náttúruauðlinda á landi áður en þær renna okkur úr greipum í skjóli nætur. Það krefst forgangsröðunar, líklega nýrra tækja í skipulagi og ákvarðana um það hvort, hvar og hvernig við viljum viðhalda líffræðilegri fjölbreytni og fleiri dreifðum auðlindum.

ENGLISH SUMMARY – HABITATS OF ICELANDIC WADERS IN THE HOLOCENE

Human influence on nature is now all-encompassing, and nations around the world are attempting to set aside areas on land and sea to protect biological diversity. Such efforts require the establishment of conservation goals and their consistent implementation. Challenges related to biology, public will, and historical knowledge complicate the setting of clear

objectives. The latter involves estimating what population sizes or distributions should be targeted based on what their status would be without human intervention.

In many places, there is limited knowledge about the historical distribution and population sizes of species. This applies, for example, to waders, which are a prominent group of vertebrates in Iceland. Most waders breed in open landscapes with low-growing vegetation. They depend on processes that suppress vegetation height or disrupt plant succession. These disturbance processes are diverse and can be both natural and human-induced.

There is no information available on the history of Icelandic wader populations during the Holocene. However, extensive research has been conducted on Iceland's vegetation history, providing clues about how wader habitats—and thus populations—may have developed since the land was deglaciated. Various studies on the Holocene vegetation history of Iceland suggest that wader habitats have fluctuated in size in response to climate and volcanism throughout most of the Holocene. This variability decreased after human settlement, when human land use began to dominate the landscape. Recent changes in land use have further constrained the natural variability of habitats.

To preserve strong bird populations into the future, it is necessary to improve the protection of dispersed natural resources like bird populations in land-use planning and to establish a network of protected areas on land.

ÞAKKIR

Böðvar Þórisson, Gunnar Tómasson og Kristín Svavarsdóttir lásu greinina alla eða að hluta. Árni Einarsson, Jón Einar Jónsson og Árni Hjartarson ritrýndu. Margrét Rósa Jochumsdóttir ritstýrði af lipurð og Mördur Árnason lagaði málfar. Forsendur þessara söguskýringa þróuðust með rannsóknum fjölmargra á búsvæðavali og stofnvistfræði vaðfugla. Þær rannsóknir voru meðal annars styrktar af Rannsóknasjóði Rannís og Rannsóknasjóði Háskóla Íslands. Þessum öllum, ásamt því eljusama vísindafólki sem hefur lokið upp gáttum fortíðar, færi ég bestu þakkir.

UM HÖFUND

Tómas Grétar Gunnarsson (f. 1974) lauk BS-prófi í líffræði við Háskóla Íslands árið 1997, MS-prófi frá sama skóla árið 2000 og PhD-prófi í dýravistfræði við University of East Anglia í Bretlandi 2005. Hann er forstöðumaður Rannsóknaseturs Háskóla Íslands á Suðurlandi og hefur einkum stundað rannsóknir á fuglastofnum, fuglabúsvæðum, farflugi og náttúruvernd.



HEIMILDIR

1. Ripple, W.J., Wolf, C., Newsome, T.M., Galetti, M., Alamgir, M., Crist, E., Mahmoud, M.I. & Laurance, W.F. 2017. World scientists' warning to humanity: A second notice. *BioScience* 67(12). 1026–1028.
2. Dasgupta, P. & Levin, S. 2023. Economic factors underlying biodiversity loss. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 378(1881). 20220197.
3. Carpenter, S.R. 2009. Foreword. Bls. 7-9 í: *Real world ecology: Large-scale and long-term case studies and methods* (ritstj. Miao, S.L., Carstenn, S. & Nungesser, S.) Springer Science, New York.
4. May, R.M. 2001. *Stability and complexity in model ecosystems*. Princeton University Press, Princeton. 304 bls.
5. Arnþór Garðarsson 1994. Mannskepnan og náttúran. Bls. 295–305 í: *Náttúrusýn: Safn greina um siðfræði og náttúru* (ritstj. Róbert H. Haraldsson & Þorvarður Árnason). Háskóli Íslands, Rannsóknastofa í siðfræði, Reykjavík.
6. Tómas Grétar Gunnarsson 2020. Búsvæði og vernd íslenskra vaðfugla. *Náttúrufræðingurinn* 90(2–3). 145–162.
7. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Ásrún Elmarsdóttir, Borgþór Magnússon, Guðmundur Guðmundsson, Ingvar Atli Sigurðsson, Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Kristján Jónasson, Lovísa Ásbjörnsdóttir, Marianne Jensen Fjeld, Sigmar Metúsalemsson, Starri Heiðmarsson, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Þóra Hrafnisdóttir & Trausti Baldursson 2019. *Framkvæmdaáætlun náttúrumínjaskrár 2018: Svæðaval og ávinningur verndar*. Náttúrufræðistofnun (NÍ-19008), Reykjavík. 60 bls.
8. Cerezo-Araujo, M., Alves, J.A., Méndez, V., Gunnar Þór Hallgrímsson & Tómas Grétar Gunnarsson 2024. Annual and spatial variation in adult and brood abundance in a sub-Arctic wader. *Bird Study* 71(3). 216–231.
9. Aldís Erna Pálsdóttir 2022. *Effects of land conversion in sub-arctic landscapes on densities of ground-nesting birds*. Doktorsritgerð við Háskóla Íslands. Reykjavík. 114 bls.
10. Méndez, V., Guðmundur A. Guðmundsson, Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Borgný Katrínardóttir, Svenja N.V. Auhage, Böðvar Þórisson, Aðalsteinn Örn Snæþórsson, Yann Kolbeinsson, Þorkell Lindberg Þórarinnsson, Halldór Walter Stefánsson, Hálfán H. Helgason, Rán Þórarinsdóttir, Skarphéðinn G. Þórisson, Cristian Gallo, Alves, J.A. & Tómas Grétar Gunnarsson 2025. Predicting the breeding distribution of wader species across climatic and environmental gradients. *Wildlife Biology*. e01493.
11. Powell, A.F.L.A. 2006. Effects of prescribed burns and bison (*Bos bison*) grazing on breeding bird abundances in tallgrass prairie. *The Auk* 123(1). 183–197.
12. Smart, J., Gill, J.A., Sutherland, W.J. & Watkinson, A.R. 2006. Grassland-breeding waders: Identifying key habitat requirements for management. *Journal of Applied Ecology* 43(3). 454–463.
13. Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Borgný Katrínardóttir, Guðmundur A. Guðmundsson & Svenja N.V. Auhage 2016. *Mikilvæg fuglasvæði á Íslandi* (Icelandic IBA). Náttúrufræðistofnun Íslands, Reykjavík. 295 bls.
14. Aldís Erna Pálsdóttir, Gill, J.A., Alves, J.A., Snæbjörn Pálsson, Méndez, V., Ewing, H. & Tómas Grétar Gunnarsson 2022. Subarctic afforestation: Effects of forest plantations on ground-nesting birds in lowland Iceland. *Journal of Applied Ecology* 59(10). 2456–2467.
15. Aldís Erna Pálsdóttir, Alves, J.A., Gill, J.A., Snæbjörn Pálsson, Méndez, V. & Tómas Grétar Gunnarsson 2024. Introduction of summer houses into semi-natural habitats: Impacts on ground-nesting birds. *Animal Conservation* 27. 648–658.
16. Aldís Erna Pálsdóttir, Böðvar Þórisson & Tómas Grétar Gunnarsson 2025. Recent population changes of common waders and passerines in Iceland's largest lowland region. *Bird Study* 72. 204–216.
17. Baker, A.J., Pereira, S.L. & Paton, T.A. 2007. Phylogenetic relationships and divergence times of Charadriiformes genera: Multigene evidence for the Cretaceous origin of at least 14 clades of shorebirds. *Biology Letters* 3(2). 205–210.
18. Wennerberg, L., Marthinsen, G. & Lifjeld, J.T. 2008. Conservation genetics and phylogeography of southern dunlins *Calidris alpina schinzii*. *Journal of Avian Biology* 39(4). 423–437.

19. Withrow, J.J. & Winker, K. 2014. Genetics of a high-latitude cryptic speciation event: American and Pacific golden-plovers. *The Wilson Journal of Ornithology* 126(3). 429–442.
20. Thies, L., Tomkovich, P., dos Remedios, N., Lislevand, T., Pinchuk, P., Wallander, J., Dänhardt, J., Böðvar Þórisson, Blomqvist, D. & Küpper, C. 2018. Population and subspecies differentiation in a high latitude breeding wader, the Common Ringed Plover *Charadrius hiaticula*. *Ardea* 106(2). 163–177.
21. Buehler, D.M., Baker, A.J. & Piersma, T. 2006. Reconstructing palaeo-flyways of the late Pleistocene and early Holocene Red Knot *Calidris canutus*. *Ardea* 94(3). 485–498.
22. Kraaijeveld, K. & Nieboer, E.N. 2000. Late Quaternary paleogeography and evolution of arctic breeding waders. *Ardea* 88(2). 193–205.
23. Wauchope, H.S., Shaw, J.D., Varpe, Ø., Lappo, E.G., Boertmann, D., Lancot, R.B. & Fuller, R.A. 2017. Rapid climate-driven loss of breeding habitat for Arctic migratory birds. *Global Change Biology* 23(3). 1085–1094.
24. Tómas Grétar Gunnarsson 2020. Losing space for breeding waders. *Wader Study* 127(3). 178–182.
25. Borgný Katrínardóttir 2012. The importance of Icelandic riverplains as breeding habitats for Whimbrels *Numenius phaeopus*. Meistararitgerð við Háskóla Íslands. Reykjavík. 50 bls.
26. Hughey, K.F. 1997. The diet of the Wrybill (*Anarhynchus frontalis*) and the Banded Dotterel (*Charadrius bicinctus*) on two braided rivers in Canterbury, New Zealand. *Notornis* 44(3). 185–193.
27. Borgný Katrínardóttir, Alves, J.A., Hrefna Sigurjónsdóttir, Páll Hersteinsson & Tómas Grétar Gunnarsson 2015. The effects of habitat type and volcanic eruptions on the breeding demography of Icelandic Whimbrels *Numenius phaeopus*. *Plos One* 10(7): e0131395. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131395>
28. Hovick, T.J., Carroll, J.M., Elmore, R.D., Davis, C.A. & Fuhlendorf, S.D. 2017. Restoring fire to grasslands is critical for migrating shorebird populations. *Ecological Applications* 27(6). 1805–1814.
29. Taft, O.W. & Haig, S.M. 2005. The value of agricultural wetlands as invertebrate resources for wintering shorebirds. *Agriculture, ecosystems & environment* 110(3–4). 249–256.
30. Lilja Jóhannesdóttir, Alves, J., Gill, J. & Tómas Grétar Gunnarsson 2018. Use of agricultural land by breeding waders in low-intensity farming landscapes. *Animal Conservation* 21(4). 291–301.
31. Olofsson, J. 2006. Short-and long-term effects of changes in reindeer grazing pressure on tundra heath vegetation. *Journal of Ecology* 94(2). 431–440.
32. Moen, J., Lundberg, P.A. & Oksanen, L. 1993. Lemming grazing on snowbed vegetation during a population peak, northern Norway. *Arctic and Alpine Research* 25(2). 130–135.
33. Barbero-Palacios, L., Barrio, I.C., García Criado, M., Kater, I., Petit Bon, M., Kolari, T.H.M., Björkås, R., Trepel, J., Lundgren, E., Katrín Björnsdóttir, Hwang, B.C., Bartra-Cabré, L., Defourneaux, M., Ramsay, J., Lameris, T.K., Leffler, A.J., Lock, J.G., Kuoppamaa, M.S., Kristensen, J.A., Bjorkman, A.D., Myers-Smith, I., Lecomte, N., Axmacher, J.C., Gilg, O., Den Herder, M., Pagneux, E.P., Skarin, A., Sokolova, N., Windirsch, T., Wheeler, H.C., Serrano, E., Virtanen, T., Hik, D.S., Kaarlejärvi, E., Speed, J.D.M. & Soininen, E.M. 2024. Herbivore diversity effects on Arctic tundra ecosystems: A systematic review. *Environmental evidence* 13(1). 6.
34. Calladine, J., Pakeman, R.J., Humphreys, E., Huband, S. & Fuller, R.J. 2014. Changes in breeding wader assemblages, vegetation and land use within machair environments over three decades. *Bird Study* 61(3). 287–300.
35. Barrio, I.C., Hik, D.S., Jóhann Þórsson, Kristín Svavarsdóttir, Bryndís Marteinsdóttir & Ingibjörg Svala Jónsdóttir 2018. The sheep in wolf's clothing? Recognizing threats for land degradation in Iceland using state-and-transition models. *Land Degradation & Development* 29(6). 1714–1725.
36. Velle, L.G., Nilsen, L.S., Norderhaug, A. & Vandvik, V. 2014. Does prescribed burning result in biotic homogenization of coastal heathlands? *Global Change Biology* 20(5). 1429–1440.
37. Saure, H.I., Vetaas, O.R., Hassel, K. & Vandvik, V. 2024. Restoring heathlands after afforestation on two islands in western Norway. *Nordic Journal of Botany*. e03971.
38. Sigurður Björn Alfreðsson 2018. The effects of shrub encroachment on avian communities in lowland Iceland. Meistararitgerð við Háskóla Íslands. Reykjavík. 56 bls.
39. Brynja Davíðsdóttir, Tómas Grétar Gunnarsson, Guðmundur Halldórs-son & Bjarni Diðrik Sigurðsson 2016. Avian abundance and communities in areas revegetated with exotic versus native plant species. *Icelandic Agricultural Sciences* 29. 21–37.
40. Tómas Grétar Gunnarsson, Gill, J., Appleton, G., Hersir Gíslason, Arnþór Garðarsson, Watkinson, A. & Sutherland, W.J. 2006. Large-scale habitat associations of birds in lowland Iceland: Implications for conservation. *Biological Conservation* 128(2). 265–275.
41. Ólafur Karl Nielsen 1995. Karrar og gróðurfar. Náttúrufræðingurinn 65(1–2). 81–102.
42. Tómas Grétar Gunnarsson, Appleton, G.F., Arnþór Garðarson, Hersir Gíslason & Gill, J.A. 2008. Bús væðaval og stofnvernd grágæsa á láglandi. *Bliki* 29. 11–18.
43. Swift, T.L. & Hannon, S.J. 2010. Critical thresholds associated with habitat loss: A review of the concepts, evidence, and applications. *Biological Reviews* 85(1). 35–53.
44. Margrét Hallsdóttir & Caseldine, C.J. 2005. The Holocene vegetation history of Iceland, state-of-the-art and future research. Bls. 319–334 í: *Developments in Quaternary sciences 5* (ritstj. Caseldine, C.J., Russel, A., Jörunn Harðardóttir og Óskar Knudsen). Elsevier, Amsterdam.
45. Áslaug Geirsdóttir, Harning, D.J., Miller, G.H., Andrews, J.T., Zhong, Y. & Caseldine, C. 2020. Holocene history of landscape instability in Iceland: Can we deconvolve the impacts of climate, volcanism and human activity? *Quaternary Science Reviews* 249. 106633.
46. Harning, D., Sacco, S., Raberg, J., Ardenghi, N., Þór Þórðarson, Sepúlveda, J., Miller, G. & Áslaug Geirsdóttir 2025. Ancient DNA and lipid biomarkers quantify the climate sensitivity of highland shrubification in Iceland. *Eartharxiv.org*. Preprint. <https://eartharxiv.org/repository/view/9639/>
47. Alsos, I.G., Lammers, Y., Kjellman, S.E., Merkel, M.K.F., Bender, E.M., Rouillard, A., Egill Erlendsson, Esther Rut Guðmundsdóttir, Ívar Örn Benediktsson, Farnsworth, W., Skafi Brynjólfsson, Guðrún Gísladóttir, Sigrún Dögg Eddudóttir & Anders Shoemaker 2021. Ancient sedimentary DNA shows rapid post-glacial colonisation of Iceland followed by relatively stable vegetation until the Norse settlement (Landnám) AD 870. *Quaternary Science Reviews* 259. 106903.
48. Bennike, O., Björck, S., Böcher, J., Hansen, L., Heinemeier, J. & Wohlfarth, B. 1999. Early Holocene plant and animal remains from North-east Greenland. *Journal of Biogeography* 26(3). 667–677.
49. Lovas-Kiss, Á., Sánchez, M.I., Wilkinson, D.M., Coughlan, N.E., Alves, J.A. & Green, A.J. 2019. Shorebirds as important vectors for plant dispersal in Europe. *Ecography* 42(5). 956–967.
50. Popp, M., Mirré, V. & Brochmann, C. 2011. A single Mid-Pleistocene long-distance dispersal by a bird can explain the extreme bipolar disjunction in crowberries (*Empetrum*). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(16). 6520–6525.
51. McCaffery, B. 1996. The status of Alaska's large shorebirds: A review and an example. *International Wader Studies* 8. 28–32.
52. Jóhannes Áskelsson 1953. Nokkur orð um íslenzkan fornfugl og fleira. *Náttúrufræðingurinn* 23(3). 133–137.
53. Margrét Hallsdóttir 1995. On the pre-settlement history of Icelandic vegetation. *Búvísindi* 9. 17–29.
54. Rannveig Ólafsdóttir & Hjalti J. Guðmundsson 2002. Holocene land degradation and climatic change in northeastern Iceland. *The Holocene* 12(2). 159–167.
55. Egill Erlendsson & Edwards, K.J. 2009. The timing and causes of the final pre-settlement expansion of *Betula pubescens* in Iceland. *The Holocene* 19(7). 1083–1091.
56. Halldór Björnsson, Anna Hulda Ólafsdóttir, Bjarni Diðrik Sigurðsson, Borgný Katrínardóttir, Brynhildur Davíðsdóttir, Gígja Gunnarsdóttir,

- Guðfinna Th. Aðalgeirsdóttir, Guðjón Már Sigurðsson, Helga Ögmundardóttir, Hildur Pétursdóttir, Hlynur Bárðarson, Starri Heiðmarsson & Theódóra Matthíasdóttir 2023. Umfang og afleiðingar hnattrænna loftslagsbreytinga á Íslandi. Fjórða samantektarskýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar. Veðurstofa Íslands. Reykjavík. 424 bls.
57. Sigrún Dögg Eddudóttir, Egill Erlendsson, Tinganelli, L. & Guðrún Gísladóttir 2016. Climate change and human impact in a sensitive ecosystem: The Holocene environment of the Northwest Icelandic highland margin. *Boreas* 45(4). 715–728.
 58. Wastl, M., Stötter, J. & Caseldine, C. 2001. Reconstruction of Holocene variations of the upper limit of tree or shrub birch growth in northern Iceland based on evidence from Vesturárdalur-Skiðadalur, Tröllaskagi. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 33(2). 191–203.
 59. Sigrún Dögg Eddudóttir 2016. Holocene environmental change in Northwest Iceland. Doktorsritgerð við Háskóla Íslands, Reykjavík. 113 bls.
 60. Roy, N., Bhiri, N., Woollett, J. & Fréchette, B. 2018. Vegetation history since the mid-Holocene in northeastern Iceland. *Ecoscience* 25(2). 109–123.
 61. Lilja Karlsdóttir, Margrét Hallsdóttir, Ólafur Eggertsson, Ægir Þór Þórsson, & Kesara Ananthawat-Jónsson 2014. Birch hybridization in Thistil-fjörður, North-east Iceland during the Holocene. *Icelandic Agricultural Sciences* 27. 95–109.
 62. Blair, C.L., Áslaug Geirsdóttir & Miller, G.H. 2015. A high-resolution multi-proxy lake record of Holocene environmental change in southern Iceland. *Journal of Quaternary Science* 30(3). 281–292.
 63. Larsen, D.J., Miller, G.H., Áslaug Geirsdóttir & Sædis Ólafsdóttir 2012. Non-linear Holocene climate evolution in the North Atlantic: A high-resolution, multi-proxy record of glacier activity and environmental change from Hvítárvatn, central Iceland. *Quaternary Science Reviews* 39. 14–25.
 64. Hreggviður Norðdahl, Ólafur Ingólfsson, Halldór G. Pétursson & Margrét Hallsdóttir 2008. Late Weichselian and Holocene environmental history of Iceland. *Jökull* 58. 343–364.
 65. Alves, J.A., Tómas Grétar Gunnarsson, Sutherland, W.J., Potts, P.M. & Gill, J.A. 2019. Linking warming effects on phenology, demography, and range expansion in a migratory bird population. *Ecology and Evolution* 9(5). 2365–2375.
 66. Lilja Jóhannesdóttir, Gill, J.A., Alves, J.A., Sigmundur Helgi Brink, Ólafur Arnalds, Méndez, V. & Tómas Grétar Gunnarsson 2019. Interacting effects of agriculture and landscape on breeding wader populations. *Agriculture, Ecosystems & Environments* 272. 246–253.
 67. Tómas Grétar Gunnarsson, Gill, J.A., Ævar Petersen, Appleton, G.F. & Sutherland, W.J. 2005. A double buffer effect in a migratory shorebird population. *Journal of Animal Ecology* 74(5). 965–971.
 68. Jón Hallur Jóhannsson & Björk Guðjónsdóttir 2009. Tjaldur á Ströndum. *Bliki* 30. 65–69.
 69. Böðvar Þórisson, Méndez, V., Alves, J.A., Gill, J.A., Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Svenja N.V. Auhage, Sölvi Rúnar Vignisson, Guðmundur Örn Benediktsson, Brynjúlfur Brynjólfsson, Cristian Gallo, Hafdis Sturlaugsdóttir, Páll Leifsson og Tómas Grétar Gunnarsson 2018. Population size of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* wintering in Iceland. *Bird study* 65(2). 274–278.
 70. Aldís Erna Pálsdóttir, Gill, J.A., Snæbjörn Pálsson, Alves, J.A., Méndez, V., Böðvar Þórisson & Tómas Grétar Gunnarsson 2022. Effects of overhead power-lines on the density of ground-nesting birds in open sub-arctic habitats. *Ibis* 164(4). 1257–1264.
 71. Sutherland, W.J., Alves, J.A., Amano, T., Chang, C.H., Davidson, N.C., Finlayson, C.M., Gill, J.A., Gill, R.E., Jr., Gonzalez, P.M., Tómas Grétar Gunnarsson, Kleijn, D., Spray, C.J., Szekely, T. & Thompson, D.B.A. 2012. A horizon scanning assessment of current and potential future threats to migratory shorebirds. *Ibis* 154(4). 663–679.
 72. Wasowicz, P., Guðrún Óskarsdóttir & Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2025. Lodgepole pine (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) invasion in subarctic Iceland: Evidence from a long-term study. *NeoBiota* 97. 47–66.
 73. Gísli Már Gíslason 2021. The aquatic fauna of the North Atlantic islands with emphasis on Iceland. Bls. 103–112 i: *Biogeography in the Sub-Arctic: The past and future of North Atlantic Biota* (ritstj. Panagiotakopulu, E. & Sadler, J.P.). John Wiley & Sons, Hoboken.
 74. Axford, Y., Miller, G.H., Áslaug Geirsdóttir & Langdon, P.G. 2007. Holocene temperature history of northern Iceland inferred from subfossil mides. *Quaternary Science Reviews* 26(25–28). 3344–3358.
 75. Ólafur Arnalds 2015. The soils of Iceland. *World Soils Book Series*. Springer, Hollandi. 183 bls.
 76. Ellis, E.C., Ramankutty, N. 2008. Putting people in the map: Anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6(8). 439–447.
 77. Ehrlich, P.R., Ceballos, G. & Dirzo, R. 2024. Before they vanish: Saving nature's populations—and ourselves. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 332 bls.
 78. Rosenberg, K.V., Dokter, A.M., Blancher, P.J., Sauer, J.R., Smith, A.C., Smith, P.A., Stanton, J.C., Panjabi, A., Helft, L. & Parr, M. 2019. Decline of the North American avifauna. *Science* 366(6461). 120–124.
 79. Studds, C.E., Kendall, B.E., Murray, N.J., Wilson, H.B., Rogers, D.I., Clemens, R.S., Gosbell, K., Hassell, C.J., Jessop, R. & Melville, D.S. 2017. Rapid population decline in migratory shorebirds relying on Yellow Sea tidal mudflats as stopover sites. *Nature Communications* 8(1). 14895.
 80. O'Donoghue, B.G., Donaghy, A. & Kelly, S.B.A. 2019. National survey of breeding Eurasian curlew *Numenius Arquata* in the Republic of Ireland, 2015–2017. *Wader Study* 126(1). 43–48.
 81. Beal, M., Nightingale, J., Belo, J.R., Batey, C., Belting, H., Bocher, P., Burgess, M., Craft, T.B., Crockford, N., Delaporte, P., Donaldson, L., Gélineau, G., Gill, J.A., Tómas Grétar Gunnarsson, Böðvar Þórisson, Gutiérrez, J.S., Hooijmeijer, C.E.W., Howison, R.A., Hunke, P., Jomat, L., Lemke, H., Ludwig, J., Majoor, F.A., Marlow, C., Masero, J.A., Melter, J., Nicholson, I., Parejo, M., O'Mahony, B., Pasanen, E., Pessa, J., Piersma, T., Rocha, A.D., Robin, F., Roodbergen, M., Rousseau, P., Salveski, V., Schmith, L., Smart, J., Staneva, A., Tibbitts, L.T., Timonen, S., Alves, J.A. & Diaz, M.P. 2024. Site-level connectivity identified from multiple sources of movement data to inform conservation of a migratory bird. *Journal of Applied Ecology* 62. 303–316.
 82. Tómas Grétar Gunnarsson, Alves, J.A., Gilroy, J.J., Böðvar Þórisson, Sutherland, W.J., Potts, P.M. & Gill, J.A. 2024. Movement of juvenile migratory birds from settlement to adulthood across the non-breeding range. *Journal of Animal Ecology* 93. 1236–1245.
 83. Gill, J.A., Alves, J.A. & Tómas Grétar Gunnarsson 2019. Mechanisms driving phenological and range change in migratory species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 374(1781). 20180047.
 84. Traill, L.W., Brook, B.W., Frankham, R.R. & Bradshaw, C.J.J.B.C. 2010. Pragmatic population viability targets in a rapidly changing world. *Biological Conservation* 143(1). 28–34.
 85. Tómas Grétar Gunnarsson 2024. Spóarnir hans Arnþórs. *Fuglar* 14. 56–63.
 86. DeFries, R. & Nagendra, H.J.S. 2017. Ecosystem management as a wicked problem. *Science* 356(6335). 265–270.
 87. Rittel, H.W. & Webber, M.M. 1973. Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences* 4(2). 155–169.
 88. Tharme, A., Green, R., Baines, D., Bainbridge, I. & O'Brien, M. 2001. The effect of management for red grouse shooting on the population density of breeding birds on heather-dominated moorland. *Journal of Applied Ecology* 38(2). 439–457.
 89. Ross, L.C., Austrheim, G., Asheim, L.-J., Gunnar Bjarnason, Feilberg, J., Fosaa, A.M., Hester, A.J., Holand, Ø., Ingibjörg Svala Jónsdóttir, Mortensen, L.E., Myrsetrud, A., Olsen, E., Skonhoft, A., Speed, J.D.M., Steinheim, G., Thompson, D.B.A. & Anna Guðrún Þórhallsdóttir 2016. Sheep grazing in the North Atlantic region: A long-term perspective on environmental sustainability. *Ambio* 45(5). 551–566.
 90. Verhulst, J., Kleijn, D. & Berendse, F. 2007. Direct and indirect effects of the most widely implemented Dutch agri-environment schemes on breeding waders. *Journal of Applied Ecology* 44(1). 70–80.