



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Flokkun lands eftir mikilvægi fyrir algenga landfugla

Unnið fyrir Rammaáætlun, 4. áfanga
samkvæmt samningi við Umhverfis- og auðlindaráðuneytið

Veronica Mendéz

Tómas Grétar Gunnarsson

Rannsóknasetur Háskóla Íslands á Suðurlandi

Október 2020

Flokkun lands eftir mikilvægi fyrir algenga landfugla

Inngangur

Flokkun á náttúruverðmætum á vegum Rammaáætlunar byggir á að gögn um tiltekin verðmæti séu fullnægjandi að gæðum og umfangi svo hægt sé að meta og bera saman mismunandi orkuöflunarkosti á sem hlutlausastan hátt. Misjafnt er eftir virkjanakostum hversu ítarlegar upplýsingar liggja fyrir um náttúrufar á einstökum stöðum og hvort þeir staðir hafa verið heimsóttir sérstaklega til að kanna þá. Af þessum sökum hefur mat á verðmætum svæða haft til hliðsjónar óbeinar upplýsingar um náttúrufar, svo sem um áætlaða tegundafjölbreytni út frá öðrum umhverfispáttum. Þetta á til dæmis við um fuglalíf. Dæmi um slíkar upplýsingar er áætlaður fjöldi og stofnstærðir algengra tegunda út frá landfræðilegum upplýsingum um búsvæði og þekktum tengslum fuglalífs við þau búsvæði. Slíku mati er hægt að beita á staðlaðan hátt og með jafnræði milli misvel þekktra virkjanakosta. Mikilsvert er að bæta spádóma um slík orsakatengsl svo að þeir séu sem nákvæmastir.

Á allra síðustu árum hefur aðferðafræði við að meta fjölda og útbreiðslu lífvera fleygt mikið fram, meðal annars vegna aukinnar reiknigetu. Ný líkön sem byggja t.d. á MaxEnt og Bayesian aðferðaræði hafa betri spágetu en eldri líkön, krefjast einfaldari gagna og geta nýtt gögn sem var aflað með mismunandi aðferðum (Elith o.fl. 2011, Phillips o.fl. 2017, Carlson 2020). Þetta bætir verulega möguleika á að gera útbreiðslulíkön fyrir svæði þar sem almennri skráningu á náttúrufari er ábótavant eins og á við um stóra hluta Íslands. Slík útbreiðslulíkön hafa ekki verið smíðuð fyrir íslenska fugla. Algengir landfuglar hafa verið taldir víða á Íslandi síðustu áratugi, t.d. af Náttúrufræðistofnun Íslands, Náttúrustofum, Rannsóknasetri Háskóla Íslands á Suðurlandi og fleiri aðilum. Þessi gögn eru vistuð á mörgum stöðum og sameiginlegt afl þeirra til að bæta þekkingu á fuglalífi hefur ekki verið nýtt sem skyldi. Í þessari rannsókn var gögnum frá nokkrum stofnunum (sjá að neðan) safnað saman og og þau nýtt við gerð útbreiðslulíkana fyrir algenga landfugla. Spáð var fyrir um landfræðilega dreifingu einstakra tegunda og tegundafjölbreytni algengra landfugla út frá einföldum umhverfisvísnum sem eru til reiðu á landfræðilegum þekjum. Þetta voru einkum þættir sem tengjast landslagi, veðurfari og gróðri. Með þessum hætti má búa til tæki sem bætir samanburð á virkjanakostum og eykur jafnræði milli virkjanakosta á misvel rannsókuðum svæðum. Afurðir vinnunar nýtast einnig á breiðari grunni til við að skipuleggja almenna landnýtingu og vernd náttúru á Íslandi.

Gögn og aðferðir

Samstarf

Til þessa verkefnis var stofnað í samstarfi stofnanna sem sinnt hafa talningum á algengum landfuglum. Auk rannsóknaseturs Háskóla Íslands á Suðurlandi lögðu Náttúrufræðistofnun Íslands, Náttúrustofa Vestfjarða, Náttúrustofa Norðausturlands og Náttúrustofa Austurlands verkefninu lið. Fuglar hafa verið taldir af vísindamönnum þessara stofnana um árabil í ýmsum tilgangi, s.s. vegna vöktunar, framkvæmda og til flokkunar á landi. Gögn frá þessum stofnunum voru stöðluð og sett í gagnagrunn. Því næst voru gerð útbreiðslulíkön sem byggja á einföldum umhverfisbreytum og lýst er að neðan.

Fuglatalningar

Gögnin sem notuð voru við líkanagerðina byggja á tvenns konar mælingum: punkttalningum og sniðtalningum. Talningar fóru fram víða um land á varptíma algengra fugla í maí og júní. Við punkttalningar stendur athugandi á föstum punkti og telur alla fugla út frá sér og mælir fjarlægð til þeirra með fjarlægðarmæli (Tómas Grétar Gunnarsson og Böðvar Þórisson 2019). Við flestar talningar voru fuglar taldir út að 200 m fjarlægð frá athuganda, sem þýðir að talningarsvæðið er skífa með 200 m radíus. Punkttalningagögn voru frá árunum 2007 til 2020. Við sniðtalningar gengur athugandi eftir fyrirfram ákveðinni línu og telur fugla til beggja handa. Fjarlægð í fugla frá sniðlínu er mæld með fjarlægðarmæli. Til að samræma niðurstöður sniðmælinga við punkttalningarnar voru einungis notaðar athuganir út að 200 m fjarlægð, auk þess sem miðpunktur var fundinn fyrir hvert snið og athuganir notaðar sem voru út að 200 m fjarlægð frá miðpunkti sniðs eftir því endilöngu. Snið voru 160 – 1100 m en um 85% sniða voru 1000 m. Sniðtalningar voru einkum af hálendinu og fóru mest fram á árunum 1999-2004. Athugunum sem ekki uppfylltu ofangreindar kröfur var sleppt (1. tafla).

Öllum talningum (punkt- og snið-) var breytt í viðveru fremur en þéttleika. Tegund taldist hafa viðveru á talningapunkti/sniði ef hún sást þar, óháð fjölda. Fyrir endurtekna punkta (einkum vöktunargögn af láglendi frá síðustu árum) sem voru taldir oftast en þrisvar sinnum taldist tegund hafa viðveru ef hún sást tvisvar sinnum eða oftast á staðnum. Alls voru greindar 12 tegundir algengra landfugla: níu vaðfuglategundir, þúfutittlingur, kjói og grágæs (1. tafla). Þessar tegundir til samans eru vel yfir 90% af öllum landfuglum sem finnast við talningar á landi á Íslandi (Lilja Jóhannesdóttir o.fl. 2014).

1. Tafla. Sýnastærðir fyrir 12 tegundir algengra landfugla sem útbreiðslulíkön voru gerð af. Gefinn er fjöldi staða (fjöldi punkta og sniða þar sem tegund fannst) þar sem tegund fannst og fjöldi staða sem notaður var í líkön eftir að kröfur um gögn höfðu verið uppfylltar (sjá texta).

Tegund	Fjöldi staða þar sem tegund fannst	Fjöldi staða sem notaðir voru í líkön
Jaðrakan (<i>Limosa limosa</i>)	1063	883
Spói (<i>Numenius phaeopus</i>)	2901	2367
Sandlóa (<i>Charadrius hiaticula</i>)	267	258
Heiðlóa (<i>Pluvialis apricaria</i>)	3582	2961
Lóupræll (<i>Calidris alpina</i>)	1802	1510
Stelkur (<i>Tringa totanus</i>)	1120	972
Hrossagaukur (<i>Gallinago gallinago</i>)	2848	2325
Tjaldur (<i>Haematopus ostralegus</i>)	324	288
Sendlingur (<i>Calidris maritima</i>)	126	123
Þúfutittlingur (<i>Anthus pratensis</i>)	3961	3200
Kjói (<i>Stercorarius parasiticus</i>)	416	374
Grágæs (<i>Anser anser</i>)	220	200

Umhverfisbreytur

Til að byggja útbreiðslulíkön voru nokkar einfaldar umhverfisbreytur fengnar fyrir hvern fuglatalningastað og þær notaðar til að spá fyrir um viðveru fugla í líkönum.

1. Veðurfar: Veðurgögn voru fengin frá WorldClim (worldclim.org) í 30 sekúndna upplausn. Reiknuð voru mánaðargildi meðalhita ($^{\circ}\text{C} * 10$) og úrkomu (mm) fyrir júní til að tengja við útbreiðslu fugla.

2. Hæð yfir sjávarmáli (m y.s.), hallaátt (aspect) og halli (slope) voru fengin af landhæðarlíkani Landmælinga Íslands (lmi.is). Gildi á þekju með hallaátt gefa kompástefnu hallaáttar fyrir hvern stað, mælt réttisælis í gráðum frá 0 (norður) upp í 360.
3. Gróðurfar: Áður skilgreindar gerðir búsvæða voru ekki notaðar við líkanagerð en breytur um gróðurfar voru fengnar úr Vistgerðaflokkun Náttúrufræðistofnunar Íslands (5 x 5m upplausn). Gróðurþekja (%) var fengin fyrir hverja búsvæðagerð af vistgerðarþekju NÍ (vegið meðaltal af gróðurþekju mismunandi vistgerða á talningastað). Ríkjandi gróðurhæð (vegið meðaltal af hæð mismunandi vistgerða á talningastað) var fengin fyrir hverja búsvæðagerð af staðreyndasíðum um vistgerðir (<https://www.ni.is/grodur/vistgerdir/land>) og margfölduð með 10 fyrir útbreiðslulíkön. Gildi fyrir gróðurhæð einstakra búsvæða má sjá í viðauka 1.
4. Fjarlægð í vatn var fengin af vatnafarsþekju Landmælinga Íslands (lmi.is). Fjarlægð úr hverjum reit í næsta reit með vatni var fengin með *Euclidean distance* verkfærinu í ArcGIS.

Upplausn fyrir allar umhverfisbreyturnar var stöðluð og var breytt í um það bil 400 x 400 m með *Resample* verkfærinu í ArcGIS og grunninum breytt í WGS84. Landfræðilega dreifingu þeirra umhverfisþátta sem notaðir voru til að spá fyrir um útbreiðslu má sjá í viðauka 2.

Líkanagerð

Útbreiðsla hvernar tegundar (viðvera, það hvort tegund fannst á hverjum stað) var metin með BART líkönum sem er Bayesian nálgun á flokkunartré (CART, e. *classification and regression trees*). CART eru skyld línulegum líkönum (e. *regressions*) en ólíkt slíkum líkönum er útkoman ekki stuðlar (e. *parameters*) líkans heldur flokkunartré. Líkönin reikna líkur á að tegund finnist á tilteknum stað. Sjá má nákvæmar útskýringar á aðferðafræðinni í (Carlson 2020). Gerð voru líkön fyrir einstakar tegundir algengra landfugla og voru þær sameinaðar í kort af tegundafjölbreytni fyrir alla fugla saman. Spágildi líkana var metið með AUC (e. *area under the [receiver-operator] curve*), sem lýsir hlutfalli milli þeirra tilfella sem líkanið flokkar rétt og þeirra sem líkanið flokkar rangt, reiknað sem flatarmál undir kúrfu af sambandi þessara þátta. Oft er talað um að spágildi líkans sé mjög gott þegar AUC gildi er komið yfir 0,8 og frábært þegar það er komið yfir 0,9 (Mandrekar 2010).

Niðurstöður líkana eru einkum sýndar sem kort í lit, annars vegar fyrir einstakar tegundir og hins vegar tegundafjölbreytni þeirra tegunda sem til skoðunar voru. Þetta eru þær niðurstöður sem eru notaðar þegar áætla á fuglalíf á einstökum áhrifasvæðum virkjanakosta. Þá eru áhrifasvæðin lögð ofan á kort af tegundafjölbreytni og tölur um tegundafjölbreytni úr þeim reitum sem eru á áhrifasvæðinu lagðar saman. Aðrar afurðir líkananna eru m.a. kort af landfræðilegri dreifingu á óvissu (sem tekið er tillit til við útreikninga á tegundafjölbreytni allra tegunda) fyrir einstakar tegundir og gröf sem sýna tengsl einstakra spábreyta (t.d. hitastigs, m y.s. o.s.frv.) við spáða útbreiðslu einstakra tegunda. Dæmi um hvort tveggja eru sýnd í viðaukum.

Niðurstöður

Gerð voru útbreiðslulíkön fyrir 12 tegundir algengra landfugla (2. tafla). Spágildi líkananna var almennt mjög gott. Flestar spábreytur lögðu verulega til skýringar á útbreiðslu. Allar spábreytur héldust inni fyrir þrjár tegundir, ein breyta datt út hjá fimm og tvær duttu út hjá fjórum (2. tafla). Líkur á skekkju af

gerð I (spáð að tegund væri til staðar þar sem hún fannst ekki) voru á bilinu 0,052 – 0,129 fyrir einstakar tegundir og líkur á skekkju af gerð II (spáð að tegund væri ekki þar sem hún fannst) voru á bilinu 0,071-0,31 (2. tafla). Almenn var tilhneyging til þess að algengari tegundir með stærri stofna og mikla útbreiðslu, t.d. heiðlóa og þúfutittlingur, væru með heldur meiri skekkju en tegundir með sérhæfðara búsvæðaval og minni stofna eins og t.d. jaðrakan og tjaldur. Spágildi líkana var þó mjög gott fyrir allar tegundir sem skoðaðar voru.

2. Tafla. Yfirlit yfir helstu niðurstöður útbreiðslulíkana fyrir einstakar tegundir. AUC gildi gefur hlutfall tilfella sem líkanið flokkaði rétt (sjá nánar í aðferðum). Einnig eru sýndar líkur á skekkju í líkönum fyrir einstakar tegundir (gerð I: tegund til staðar þar sem hún finnst ekki, gerð II: tegund ekki til staðar þar sem hún fannst).

	AUC	Líkur á skekkju af gerð I	Líkur á skekkju af gerð II	Breytur ekki í líkani
Jaðrakan	0,95	0,055	0,176	Gróðurþekja og fjarlægð í vatn
Spói	0,9	0,113	0,212	Gróðurhæð
Sandlóa	0,89	0,077	0,282	Gróðurhæð
Tjaldur	0,97	0,058	0,071	Halli og fjarlægð í vatn
Heiðlóa	0,86	0,124	0,310	Hallaátt og gróðurhæð
Lóuþræll	0,89	0,129	0,219	
Stelkur	0,94	0,085	0,142	Fjarlægð í vatn
Hrossagaukur	0,92	0,080	0,210	
Sendlingur	0,93	0,089	0,175	Hallaátt og gróðurhæð
Þúfutittlingur	0,88	0,106	0,259	
Kjói	0,93	0,077	0,204	Fjarlægð í vatn
Grágæs	0,96	0,052	0,100	Hiti

Kort af útbreiðslu tegundanna 12 má sjá á myndum 1-2. Flestar tegundirnar eru útbreiddar á láglandi en fáeinir teygja sig upp í hálendið. Að jafnaði aukast líkur á að tegundir finnast ef hlýrra er, grónara, og flatara og á það við um allar tegundirnar að meira eða minna leyti (sjá viðauka 3). Eina breytan sem erfitt er að túlka er úrkoma en tengsl úrkomu og spágetu líkana eru misvísandi sem stafar væntanlega af því að tegundir geta verið jafnlíklegar til að finnast á svæðum með mismikla úrkomu ef önnur skilyrði eru uppfyllt. Landfræðileg dreifing óvissu í líkönum var mismunandi eftir tegundum. Fór það bæði eftir sýnastærð og búsvæðavali. Tvö dæmi má sjá á mynd 3. Tekið er tillit til þessarar óvissu þegar tegundafjölbreytni er reiknuð, en aðeins gildi sem ná tilteknum þröskuldi vissu fyrir hverja tegund eru notuð. Tegundafjölbreytni sýnir í stórum dráttum sömu mynstur og útbreiðsla tegundanna hvorrar fyrir sig (4. mynd). Fuglalíf er almenn ríkulegra á láglandi, þar sem er flatt, hlýtt, votlent og gróið.

Umræða

Hér hefur verið gerð stuttleg grein fyrir nýstárlegum útbreiðslulíkönum fyrir algengustu landfugla á Íslandi. Líkönin byggja á viðamiklum gögnum sem aflað hefur verið á ýmsum stofnunum á sviði náttúruvísinda, einkum á síðustu tveimur áratugum. Ekki hefur áður verið gerð atlega að því að safna þessum gögnum saman eða vinna úr þeim á þennan hátt og hér eru birt útbreiðslulíkon með meiri

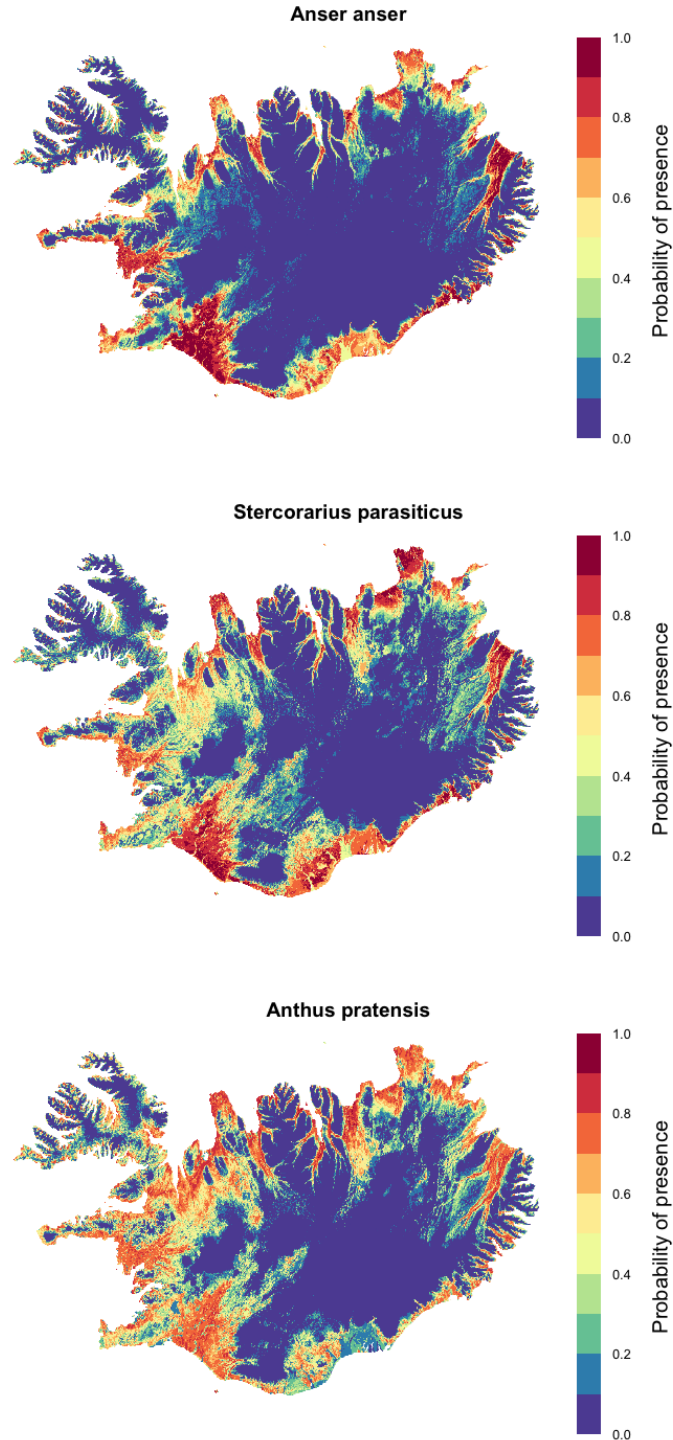
upplausn og nákvæmni en eldri áætlanir um útbreiðslu. Líkönin munu bæta flokkun á landi með tilliti til mikilvægis fyrir flesta algenga landfugla sem nýtist við rammaáætlun en jafnframt aðra vinnu. Með líkönnum sem þessum eru metnar líkur á að fuglar finnast á tilteknum svæðum út frá landslagi, gróðri og veðurfari. Hér er mikilvægt að leggja áherslu á að útbreiðsla er nátengd algengi, fuglar sem finnast víðar eru yfirleitt í hærri þéttleika þar sem þeir finnast. Þetta er eitt meginlögmál vistfræðinnar og á einnig við um algenga íslenska landfugla (Brown 1984, Borregaard and Rahbek 2010, Tómas Grétar Gunnarsson og Böðvar Þórisson 2019). Það má því gera ráð fyrir að fleiri einstaklingar tegundar finnast þar sem líkur á að finna tegundina eru meiri. Þetta hefur augljósa þýðingu fyrir samanburð svæða þegar bera á saman fjölda eða tegundafjölbreytni.

Ýmsar aðrar tegundir landfugla en hér voru greindar eru algengar. Þar má t.d. nefna skógarpröst, rjúpu, heiðagæs (á hálandi), ýmsa andfugla og máffugla. Hins vegar hafa þær tegundir sem valdar voru yfirgnæfandi meirihluta einstaklinga. Yfir 90% allra einstaklinga fugla í úthaga á Suðurlandi eru t.d. sjö algengustu vaðfuglarnir (allir greindir hér) auk þúfutittlings (Lilja Jóhannesdóttir o.fl. 2014). Skógarpröstur hefur að vísu sótt mikið í sig veðrið á allra síðustu árum (Tómas Grétar Gunnarsson og Böðvar Þórisson 2019). Aðrar tegundir (grágæs og kjói) voru valdar með tilliti til þess að þær gæfu sem mestar upplýsingar á auðveldan hátt en tími í verkefnið var takmarkaður. Grágæs er útbreidd á láglandi og er nátengd vatnakerfum og gefur væntanlega góða mynd af mikilvægi svæða fyrir marga votlendisfugla. Hún kemur einnig oft fyrir í talningum svo næg gögn voru til að greina hana. Eftir sem áður þarf að hafa í huga fuglalíf á einstökum vötnum og vatnakerfum sem og aðrar upplýsingar um búsvæðaval votlendisfugla við flokkun svæða (Þorkell Lindberg Þórarinsson o.fl. 2011, Tómas Grétar Gunnarsson og Arnþór Garðarsson 2005, Tómas Grétar Gunnarsson o.fl. 2008). Kjói kemur oft fyrir við fuglatalningar á landi, líklega oftast máffuglanna. Hann verpur dreifðar en hinar tegundirnar svo að upplýsingar um útbreiðslu hans eru brotarkenndari en annarra máffugla sem verpa meira í þéttum byggðum (Tómas Grétar Gunnarsson o.fl. 2006).

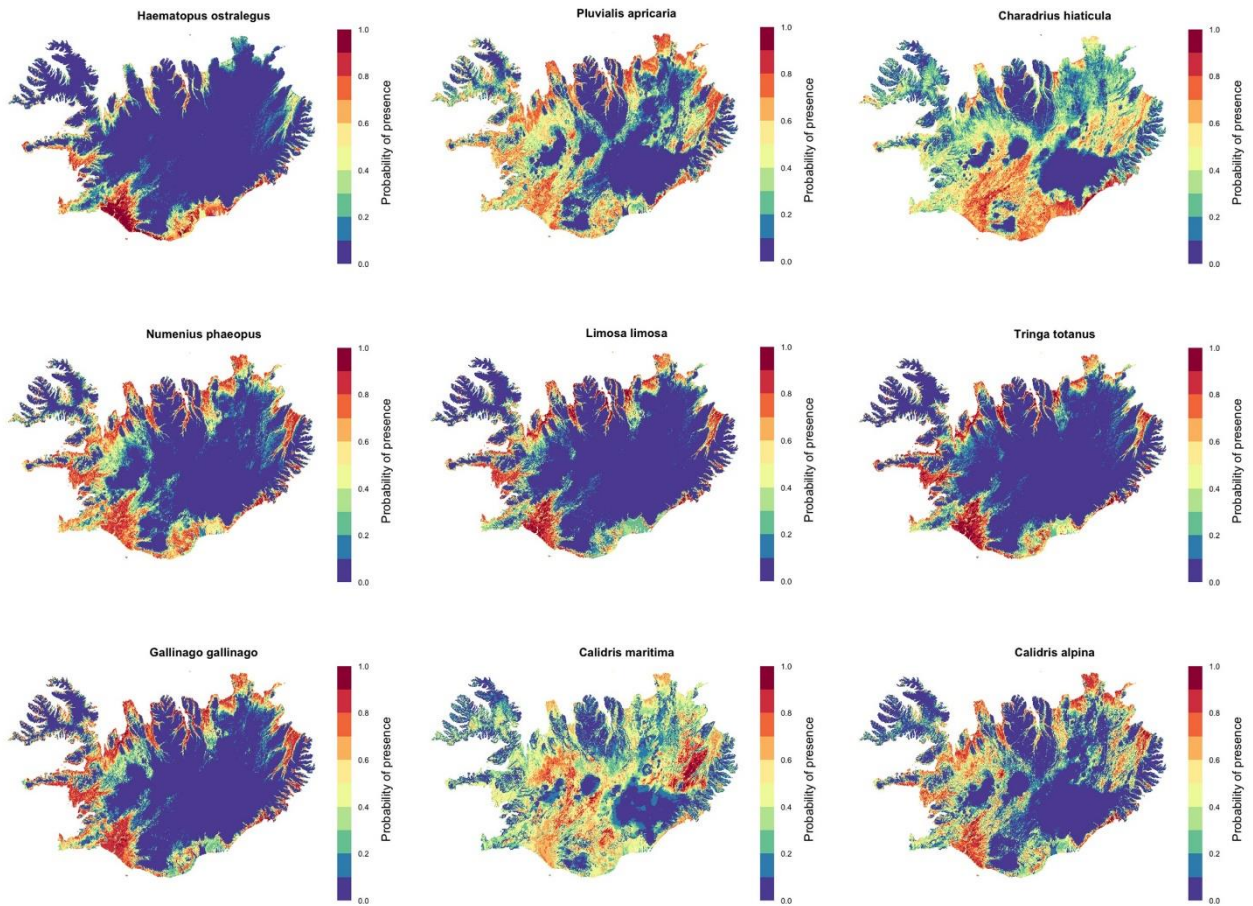
Gróf útbreiðsla algengra landfugla sem byggð er á talningum og beinum upplýsingum um hvort fuglar finnast á svæðum er ágætlega þekkt á Íslandi í grófu reitakerfi (Kristinn Haukur Skarphéðinsson o.fl. 2016). Þau útbreiðslulíkön sem hér eru birt fyrir nokkar tegundir sýna mjög gott samræmi við þá þekkingu. Líkön sem þessi styðja við útbreiðslukannanir því þau sýna hvaða umhverfisþættir eru mikilvægir við að skýra útbreiðslu og einnig hvar þekkingu á útbreiðslu gæti verið ábótavant. Þá er áhugavert að kanna frekar svæði þar sem staðþekkingu á útbreiðslu og spálíkönnum greinir á en slíkt er skilvirk leið til að skipuleggja þekkingarleit.

Þess er vænst að þau útbreiðslulíkön sem hér eru birt styrki flokkun og verðmætamat á landi með tilliti til fuglalífs vegna rammáætlunar og annarra hliðstæðra verka og styðji við áframhaldandi þekkingarleit. Líkönin má nýta til að fá sambærilegar tölur fyrir þau svæði sem á að bera saman fyrir mikilvægan hluta íslensku fuglafánunnar. Eftir sem áður verður þó þörf á að hafa aðra upplýsingar um fuglalíf til hliðsjónar við mat svæða, einkum upplýsingar um fjölda og dreifingu tegunda sem hafa afmarkaðri útbreiðslu og koma ekki fram hér, svo sem ýmsa vatnafugla, sjófugla og sjaldgæfra fugla.

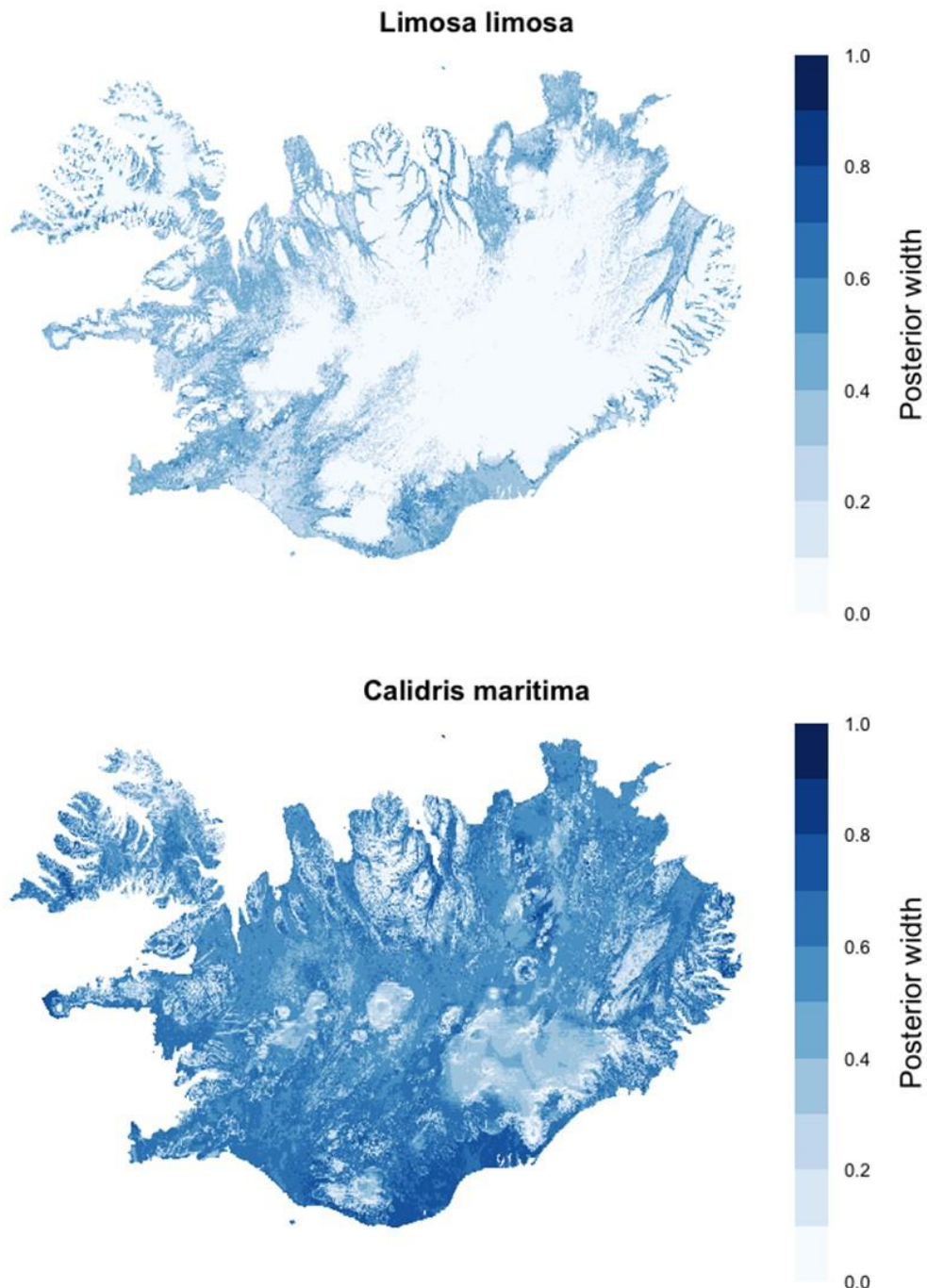
Mynd 1. Áætluð útbreiðsla (talið að ofan) grágæsar (*Anser anser*), kjóa (*Stercorarius parasiticus*) og þúfutittlings (*Anthus pratensis*) sem eru allt algengir landfuglar. Þúfutittlingur er líklega algengasti landfugl á Íslandi en fjöldi grágæsa og kjóa er mun minni. Rauðir litir gefa til kynna mikil líkindi á að tegund finnist og bláir litir einkenna svæði þar sem er ólíklegt að tegund finnist.



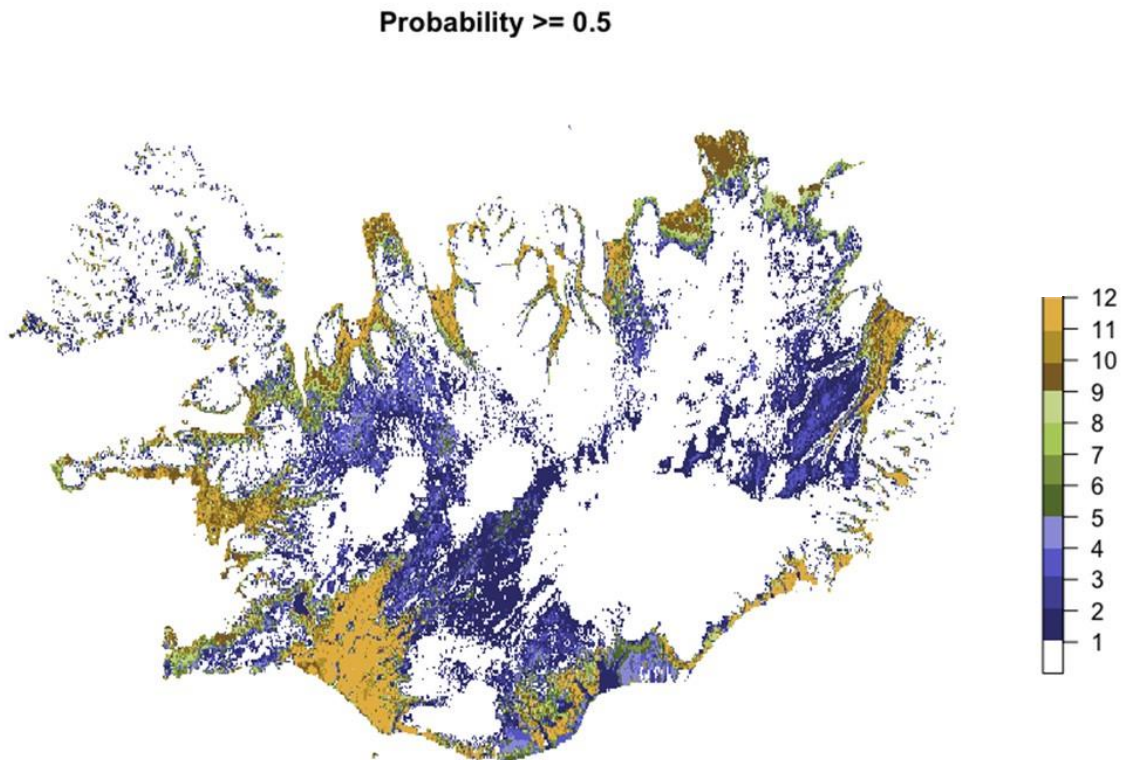
Mynd 2. Áætluð útbreiðsla (talið að ofan, frá vinstri) vaðfuglanna tjalds (*Haematopus ostralegus*), heiðlóu (*Pluvialis apricaria*), sandlóu (*Charadrius hiaticula*), spóa (*Numenius phaeopus*), jaðrakans (*Limosa limosa*), stelks (*Tringa totanus*), hrossagauks (*Gallinago gallinago*), sendlings (*Calidris maritima*) og lóupræls (*Calidris alpina*). Rauðir litir gefa til kynna mikil líkindi á að tegund finnist og bláir litir einkenna svæði þar sem er ólíklegt að tegund finnist.



Mynd 3. Kort sem sýna landfræðilega drefingu á óvissu í spádómum um útbreiðslu tveggja tegunda með mismikla óvissu. Efri myndin sýnir jaðrakann *Limosa limosa* og sú neðri sendling *Calidris maritima*. Dökk svæði sýna mikla óvissu en ljós litla. Mikil víska (ljós svæði) getur bæði verið þar sem er mjög líklegt að tegund finnist og þar sem er líklegt að hún finnist ekki. Í tilfalli jaðrakans eru ljós svæði t.d. á láglendi Suðurlands (mjög algengur) og á hálendinu (mjög fágætur). Sendlingur hafði mesta óvissu þeirra tegunda sem skoðaðar voru en hann er bæði sjaldgæfur og dreifður miðað við hinar tegundirnar.



Mynd 4. Áætluð tegundafjölbreytni 12 tegunda algengra landfugla sem til skoðunar voru (sjá 1. töflu). Ljósbrún og brún svæði sýna mesta fjölbreytni, blá og hvít minnsta. Tegundafjölbreytni er í góðu samræmi við samanlagða útbreiðslu einstakra tegunda og er almennt meiri á flatlendum láglendissvæðum og þar sem er hlýrra og votlendara. Sýnd er tegundafjölbreytni miðað við flokkunarþröskuld 0,5 (hæmingslíkur á að tegund finnist í reit) sem er lægsti þröskuldur sem skoðaður en hann sýnir að jafnaði mesta tegundafjölbreytni.



Heimildir

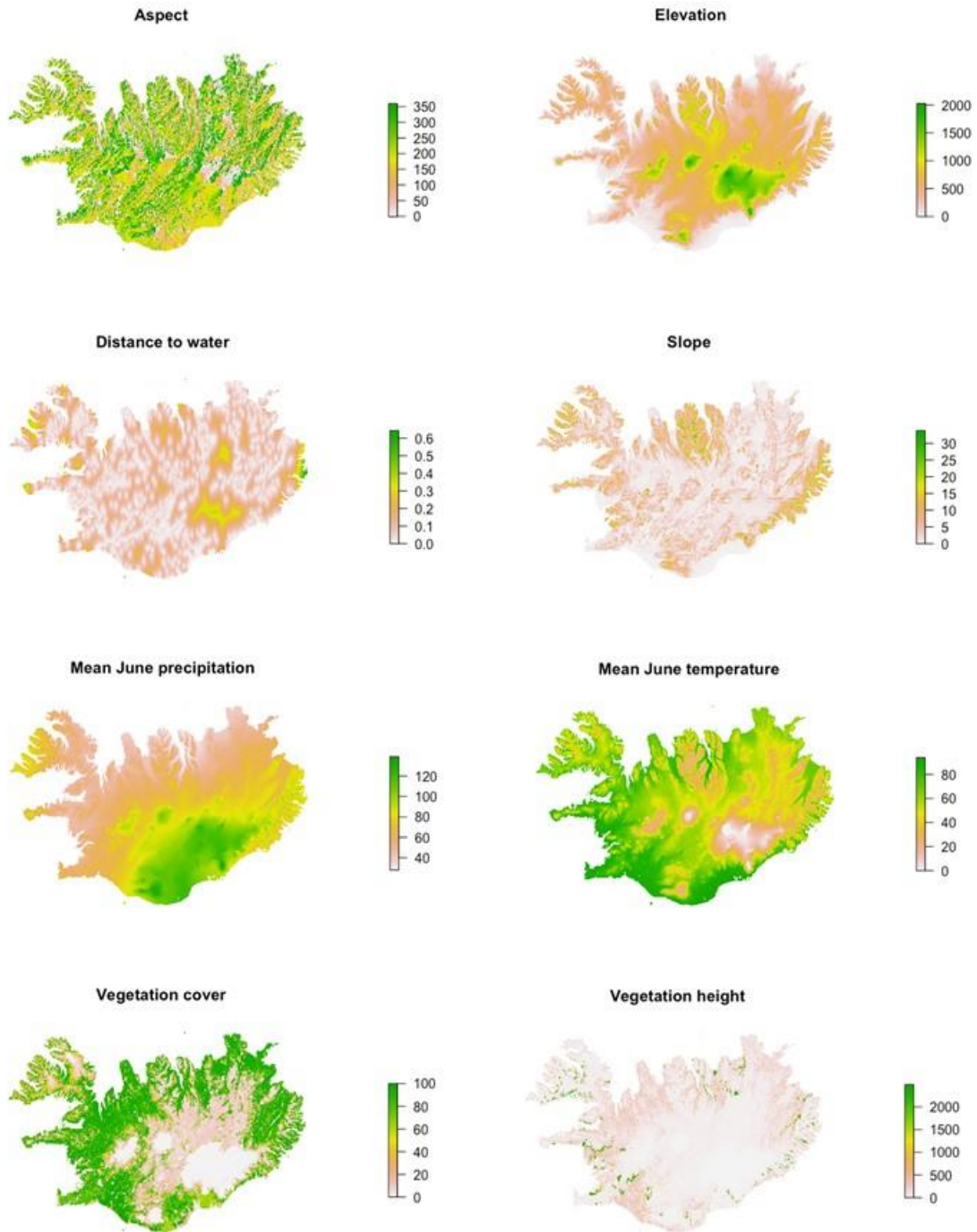
- Borregaard, M. K., and C. Rahbek 2010. Causality of the relationship between geographic distribution and species abundance. *The Quarterly review of biology* 85:3-25.
- Brown, J. H. 1984. On the relationship between abundance and distribution of species. *The American naturalist* 124:255-279.
- Carlson, C. J. 2020. *embarcadero*: Species distribution modelling with Bayesian additive regression trees in R. *Methods in Ecology and Evolution*.
- Elith, J., S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y. E. Chee, and C. J. Yates 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17:43-57.
- Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Borgný Katrínardóttir, Guðmundur A. Guðmundsson og Svenja Auhage. 2016. Mikilvæg fuglasvæði á Íslandi. *Náttúrufræðistofnun Íslands. Fjölrit* 55. 295 bls.
- Lilja Jóhannesdóttir, Ólafur Arnalds, Sigmundur Brink og Tómas Grétar Gunnarsson. 2014. Identifying important bird habitats in a sub-arctic area undergoing rapid land-use change. *Bird Study* 61:544-552.
- Mandrekar, J. N. 2010. Receiver operating characteristic curve in diagnostic test assessment. *Journal of Thoracic Oncology* 5:1315-1316.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson, M. Dudík, R. E. Schapire, and M. E. Blair 2017. Opening the black box: An open-source release of Maxent. *Ecography* 40:887-893.
- Tómas Grétar Gunnarsson og Arnþór Garðarsson 2005. Varpstaðaval álfra. *Bliki* 26:1-4.
- Tómas Grétar Gunnarsson, T. G., J. A. Gill, G. F. Appleton, Hersir Gíslason, Arnþór Gardarsson, A. R. Watkinson og W. J. Sutherland 2006. Large-scale habitat associations of birds in lowland Iceland: Implications for conservation. *Biological conservation* 128:265-275.
- Tómas Grétar Gunnarsson, G. F. Appleton, Arnþór Garðarsson, Hersir Gíslason og J. A. Gill 2008. Búsvæðaval og stofnvernd grágæsa á láglendi. *Bliki* 29:11-18.
- Tómas Grétar Gunnarsson og Böðvar Þórisson 2019. Talningar á mófuglum. *Náttúrufræðingurinn* 89:22-33.
- Þorkell Lindberg Þórarinnsson, Ævar Petersen, Árni Einarsson, Halldór Walter Stefánsson, Yann Kolbeinsson, Róbert Arnar Stefánsson, Böðvar Þórisson og Þórdís Vilhelmína Bragadóttir 2011. Dreifing og fjöldi flórgoða á Íslandi 2004-2005. *Bliki* 31:31-35.

Viðauki 1. Bús væðagerðir úr vistgerðaflokkun og gróðurhæð sem notuð var við líkanagerð.

Main Habitat type	Habitat code	Mean vegetation height (cm)
L1 Fell fields, moraines and sands	L1.1	2,6
	L1.2	2,3
	L1.3	1,7
	L1.4	2,4
	L1.5	2,3
	L1.6	4,8
L2 Exposed Aeolian soils	L2.1	7,1
L3 Screes and cliffs	L3.1	0,4
	L3.2	0,7
	L3.3	0,5
L4 River plains	L4.1	1,5
	L4.2	1,9
L5 Moss lands	L5.1	4,0
	L5.2	3,0
	L5.3	3,7
L6 Lava fields	L6.1	1,9
	L6.2	2,5
	L6.3	1,6
	L6.4	3,8
L7 Coastal lands	L7.1	3,6
	L7.2	1,3
	L7.3	7,4
	L7.4	11,3
	L7.5	9,3
	L7.6	22,3
	L7.7	27,9
L8 Wetlands	L8.1	6,1
	L8.2	6,5
	L8.3	10,4
	L8.4	18,2
	L8.5	21,9
	L8.6	24,8
	L8.7	27,5
	L8.8	11,2
	L8.9	27,4
	L8.10	11,6
	L8.11	30,4
	L8.12	27,9
	L8.13	31,2
	L8.14	38,7
L9 Grasslands	L9.1	21,4
	L9.2	19,9
	L9.3	23,5
	L9.4	33,1

	L9.5	28,5
	L9.6	22,3
	L9.7	23,4
L10 Heathlands	L10.1	9,2
	L10.2	4,3
	L10.3	7,3
	L10.4	12,6
	L10.5	6,8
	L10.6	10,3
	L10.7	6,7
	L10.8	9,8
	L10.9	11,0
	L10.10	27,4
L11 Woodlands	L11.1	90,1
	L11.2	331,1
	L11.3	327,1
	L11 (mean)	249,3 skóglendi, meðaltal þriggja gerða
L12 Geothermal lands	L12.1	NA
	L12.2	NA
	L12.3	NA
	L12.4	NA
L13 Glaciers	L13.1	0
L14 Other land types	L14.1	0
	L14.2	15 ræktað land (áætlað)
	L14.3	150 ræktaðir skógar (áætlað)
	L14.4	85 lúpína (áætlað)
	L14.5	NA
	L14.6	NA

Viðauki 2. Landfræðileg dreifing umhverfisbreyta sem útbreiðslulíkön fugla voru byggð á.



Viðauki 3. Dæmi um tengsl einstakra spábreyta við líkur á réttri flokkun í útbreiðslulíkönun. Sýndar eru tvær tegundir. Heiðlóa (efri sex gröfin) sem hefur mikla úrbreiðslu um landið og jaðrakan (neðri sex gröfin) sem einkum er útbreiddur á vel grónu láglandi. Tengsl spábreyta og flokkunar eru þó hliðstæð fyrir þessar tegundir og flestar hinna. Líkur á að finna tegundirnar minnka er ofar kemur í landið, þær eru algengari á flötu landi þar sem er hlýrra. Heiðlóa gerir minni kröfur um gróðurhæð (e. *height*) en finnst frekar þar sem gróðurþekja (e. *cover*) er meiri. Jaðrakan finnst aftur á móti hvergi nema þar sem gróðurþekja er mikil (og sú breyta skiptir því ekki máli fyrir hann) en líkur á að finna jaðrakan aukast hratt með aukinni gróðurhæð upp í um 25 cm hæð (ath. x ásinn gefur cm x 10) en breytast ekki eftir það. Tengsl beggja tegunda og flestra hinna við úrkomu eru misvísandi sem bendir til að þær finnist gjarnan á stöðum með mismikla úrkomu ef önnur skilyrði eru uppfyllt. Spábreytur eru: hæð yfir sjó (elevation), halli í gráðum (slope), hallaátt (aspect), fjarlægð í næsta vatn (distance), meðalúrkoma í júní (precipitation), meðalhiti í júní (temperature), gróðurþekja (cover), meðalhæð gróðurs (height). Sjá einnig í aðferðakafla.

