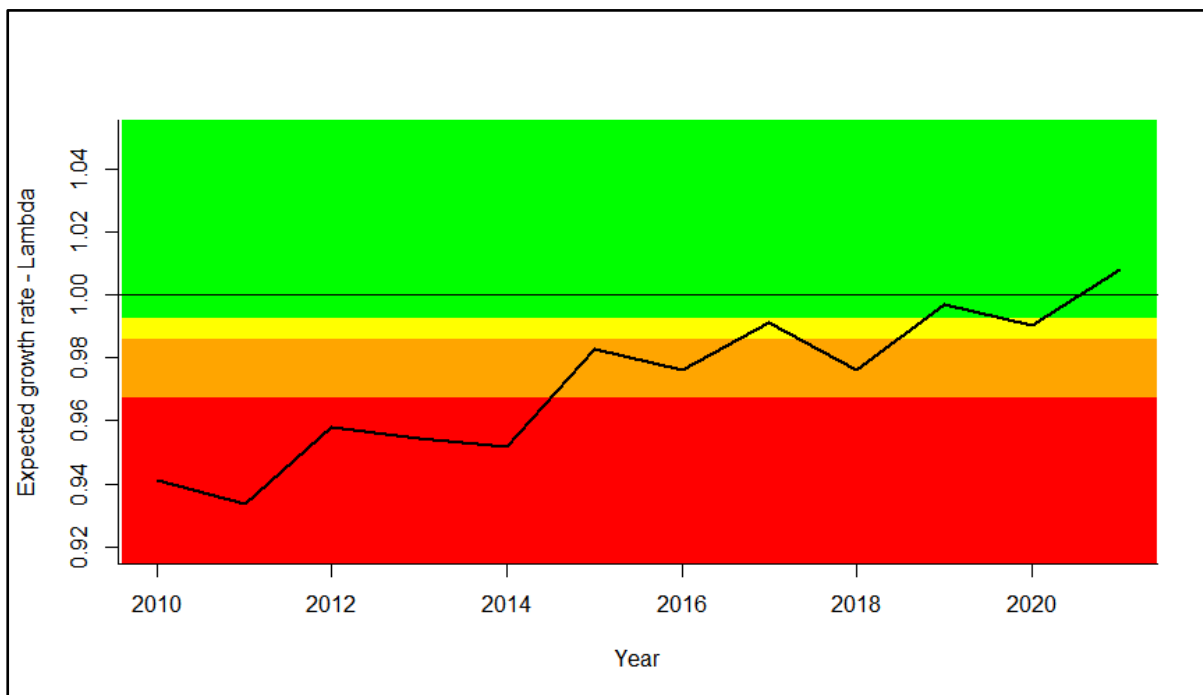




STOFNVÖKTUN LUNDA 2021

Áfangaskýrsla til Umhverfisstofnunar



Árlegur stofnvöxtur lunda (λ) á Íslandi 2010-2021. Stofninn stendur í stað þegar $\lambda=1$ sem er sýnt með svartri lárétttri línu, vex þegar $\lambda>1$, og rénar þegar $\lambda<1$ en þá eru veiðar eru stofnvistfræðilega ósjálfbærar. Árið 2021 fer $\lambda>1$ í fyrsta skipti a.m.k. síðan 2003. Margfeldismeðaltal λ árin 2010-2021 er 0,969, sem samsvarar -2,4% fækkun á ári, og -45% árabilið 2003-2020. Litir sýna IUCN válistaflokka sem viðkomandi stofnvöxtur flokkast hvert ár.

Erpur Snær Hansen

15. Desember 2020



NÁTTÚRUSTOFA SUÐURLANDS

SAMANTEKT

Árið 2021 fól í sér ánægjulegar fréttir sem lengi hefur verið beðið eftir, en veruleg aukning varð á viðkomu lunda í Vestmannaeyjum og var viðkoma jafnframt góð á landinu öllu, líklega í fyrsta sinn frá árinu 2002 og sennilega allt frá árinu 1997. Virðist hafa orðið viðsnúningur á tímasetningu vorblómans á Selvogsbanka, en síðbúin blómi virðist hafa haft mjög neikvæð áhrif á sílastofninn þar 2005-2020 til viðbótar við neikvæð áhrif sjávarhlynunar. Árlegur stofnvöxtur (λ) Íslenska lundastofnsins á landsvísu jókst árabilið 2010-2021 en meðalstofnvöxtur ($\lambda=0,969$) er undir stofnvistfræðilegum sjálfbærnimörkum ($\lambda=1$) og hefur verið líklega að mestu leyti allt frá árinu 1997 samkvæmt (-87%) samdrætti á veiði. Þessi samdráttur stafar af viðkomubresti hjá lunda sökum fæðuskorts sem skýrist með $>1^{\circ}\text{C}$ aukningu á sjávarhita sunnan og vestanlands, seinkun á tímasetningu þörungablóma (á Selvogsbanka), auk veiða. Gefin var út grein um samband sjávarhita og viðkomu lunda í Vestmannaeyjum frá 1880, en 88% breytileika í viðkomu lunda skýrist með breytingum í sjávarhita. Hækkun eða lækkun sjávaryfirborðshita um 1°C lækkar viðkomu lunda um 55%. Veiðar á 2.296.477 lundum árabilið 1997-2020 hafa líklega verið að mestu leyti verið ósjálfbærar og aukið stofnfækkun til viðbótar vegna fæðuskorts. Líftölur í Eyjum hafa lækkað verulega síðustu tvö ár, og kanna þarf betur af hverju það stafar, þ.e. hvort sé um raunverulega lækkun að ræða eða ónákvæmni í gögnunum. Ábúð í varpholum hefur almennt aukist síðustu 12 ár þrátt fyrir verulega stofnfækkun. Líkleg skýring á því er að geldstofn kynþroska fugla hafi verið stór fyrir fækkun. Veiðiráðgjöf verður endurskoðuð í vorið 2022. Úttekt var gerð á nokkrum nýjum lundabyggðum og reyndust tvær þeirra alþjóðlega mikilvægar (Seley og Hrótey), og er útgáfa á lundatali Íslands í undirbúningi. Lokið var við samantekt gagna um fæðusamsetningu lundapysja fyrir útgáfu. Sex greinar sem byggja á stofnvöktun lunda komu út á árinu í erlendum fræðiritum, m.a. grein um stofnerfðafræði lunda í Atlantshafi sem sýnir m.a. sterk erfðafræðileg tengsl milli Íslenskra, Færeyskra og Norskra lunda. Önnur grein fjallar um tengsl breytileika í vegalengd á fæðumið og viðkomu. Kom í ljós að lundaforeldrar fara stuttar fæðuöflunarferðir fyrir ungan og lengri fyrir sjálfa sig, því lengri sem þessar ferðir eru því lægri verður viðkoman og öfugt.

EFNISYFIRLIT:

SAMANTEKT	2
EFNISYFIRLIT	3
1. INNGANGUR	
1.1. Meginmarkmið	5
2. AÐFERÐIR	
2.1 Lundaveiði	5
2.2 Aldurssamsetning veiði	6
2.3 Vöktun viðkomu	6
2.4 Vöktun líftala	9
2.5 Leslie stofnlíkan	10
3 NIÐURSTÖÐUR	
3.1 Veiðitölur 1995-2018	14
3.2 Aldurssamsetning veiði	15
3.3 Viðkoma eftir landshlutum	18
3.4 Stofnvöxtur Íslenska lundastofnsins	24
3.5 Stofnvöxtur innan svæða	26
3.6 Válistaflokkun	29
3.7 Vöktun fæðu	29
3.8 Lundatal Íslands	33
3.9 Könnun vetrarstöðva	33



4. VEIÐIRÁÐGJÖF	35
5. KYNNING NIÐURSTAÐA	35
5.1 Ráðstefnur	35
6. ERLENT SAMSTARF	37
7. ÞAKKIR	39
8. HEIMILDIR	40



Lundakippa © Cornelius Schlawe

1. INNGANGUR

Náttúrustofa Suðurlands veitir stjórnvöldum og landeigendum veiðiráðgjöf sem er grundvölluð á stofnvöktun lunda sem hófst árið 2010. Tilgangur vöktunarinnar er að lýsa ástandi Íslenska lundastofnsins og hvaða þættir stjórna stofnbreytingum. Á þessum grunni er veitt veiðiráðgjöf. Í þessari skýrslu er teknar saman fyrirliggjandi niðurstöður vöktunar 2010-2021. Skýrslan er skrifuð til að uppfylla samning milli Umhverfisstofnunar og Náttúrustofu Suðurlands frá 24. Apríl 2020 um fjármögnun stofnvöktun á lunda 2020-2022 [1, 2] og er Erpur Snær Hansen verkefnisstjóri.

1.1 Meginmarkmið

Vöktun á lundastofninum hefur sjö meginmarkmið til mælinga: (1) viðkoma, (2) aldursdreifing kynþroskahlutfalls, (3) líftölu varpfugla, (4) aldurshlutföll í veiði, (5), samantekt veiðitala, (6) heildarstofnstærðarmat og (7) fæðusamsetningu. Verkefnið hefur einnig verið hagnýtt til nýu alþjóðlegra rannsókna samvinnuverkefna. Viðkoma, kynþroskahlutfall, líftölur og varphlutfall eftir aldri eru notuð til að reikna stofnvöxt í Leslie stofnlíkani, og þar með sjálfbærni veiða og grundvöllur veiðiráðgjafar. Öll gögn sem hefur verið safnað í stofnvöktun lunda eru varðveitt á Náttúrustofu Suðurlands og mest af þeim aðgengileg: www.nattsud.is [3-6] og á vef Umhverfisstofnunar www.ust.is.

2. AÐFERÐIR

2.1 Lundaveiði

Veiðitölur voru fengnar úr veiðiskýrslum til Umhverfisstofnunar 1995-2020 www.ust.is og úr veiðidagbókum Bjargveiðifélaga Vestmanneyja. Veiðitölur UST eru sundurliðaðar í sex veiðisvæði frá og með 1998. Veiðitölur utan Eyja fyrir árið 2003 voru eyðilagðar sem mótmæli við rjúpuveiðibanni og voru áætlaðar sem meðaltal veiði árana 2001-2002 og 2004-2005. Veiðitölur frá UST veiðisvæðunum: „Vestfirðir,“ „Norðurland- vestra“ og „eystra“ voru sameinaðar í eitt svæði: „Norðursvæði“ til samræmis við svæðaskiptingu sem hér er notuð (1. mynd). Um helmingur veiði í Vestmannaeyjum er tilkynntur til UST, en mestöll veiði á Suðurlandi er í Vestmannaeyjum. Heildarveiði 1995-1997 var leiðrétt fyrir hlutdeild suðurlands, með því fyrst að draga frá áætlaða veiði „Suðurlands“ frá heildarveiði, og leggja

síðan veiði í Eyjum við afganginn. Veiði var áætluð á suðurlandi 1995-1997 sem sama hlutfall af veiði í Eyjum árabilið 1998-2009 (meðaltal 0,536, staðalfrávik 0,1724).

2.2 Aldurssamsetning veiði

Samtals hafa 20.555 fuglar í afla veiðimanna verið aldursgreindir með því að telja grópir í goggi fuglanna frá 1996 [7]. Tekin voru saman árleg hlutföll tveggja ára, þriggja ára og eldri fugla og borið saman með Z-prófi við meðalhlutfall ungfugla (tveggja og þriggja ára) og hlutfall eldri fugla (4+ ára) merktra sem pysja (aldur þekktur) sem endurheimtar hafa verið í veiði í Vestmannaeyjum árin 1961-1982 [8]. Í Eyjum voru að jafnaði til helminga tveggja og þriggja ára fuglar annarsvegar og fjögurra ára og eldri hinsvegar (tafla 3). Ekki var komið við myndatöku árið 2021 til greiningar á aldurshlutföllum.

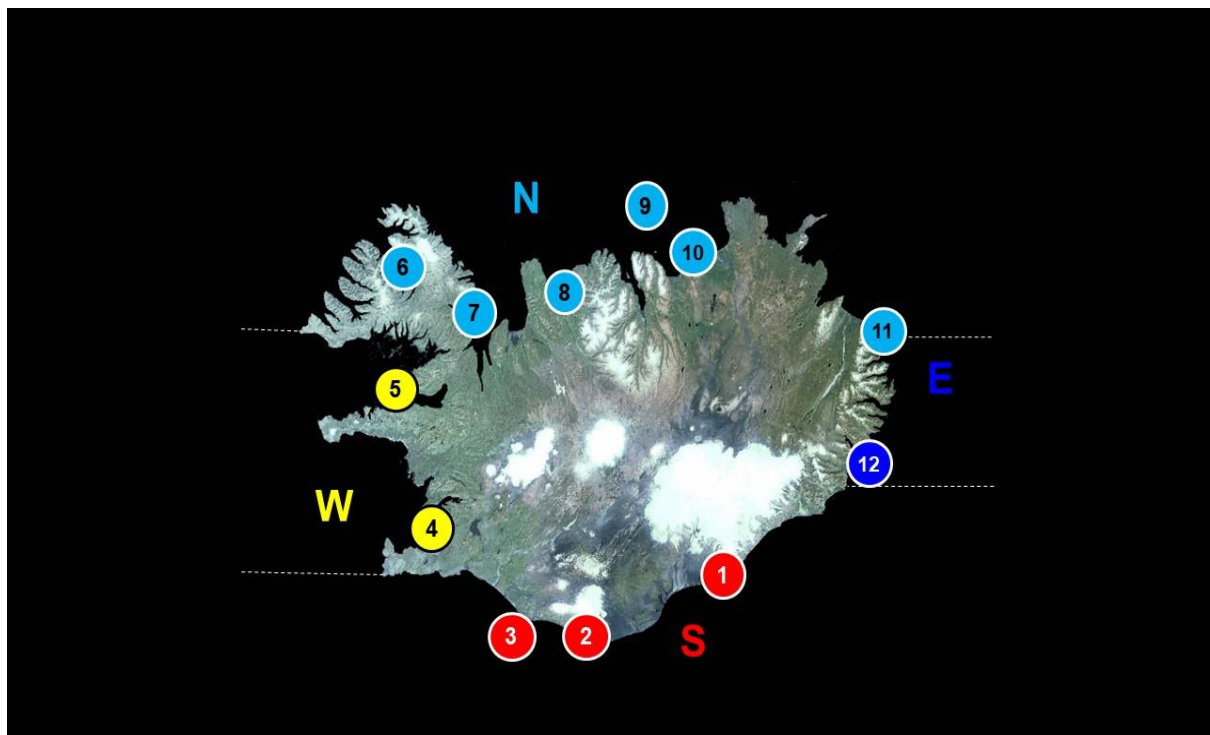


Unnið við ljósmyndun lundagogga til aldursgreininga © Cornelius Schlawe

2.3 Vöktun viðkomu

Tólf lundavörp umhverfis landið voru heimsótt tvisvar sinnum yfir varptímann, í júní og júlí. Sömu varpholurnar í hverju varpi eru skoðaðar í myndavélum með innbyggðri innrauðri lýsingu (ósýnilegt fuglunum) og innihald holanna skráð. Ábúðarhlutfall varphola er hlutfall

varphola sem orpið er í eggi (egg/varpholu). Ábúðarhlutfallið er notað til að áætla stofnstærð varpstofns á hverjum tíma sem hlutfall af heildarholufjölda og einnig til útreiknings viðkoma (ungar/varpholu), en viðkoma er margfeldi ábúðarhlutfalls og varpárangurs (fleygir ungar/egg). Varpárangur og viðkoma allra athugana frá upphafi mælinga eru reiknuð þannig að gert var ráð fyrir að afkvæmi á lífi í lok júlí myndu verða fleyg. Hér eru tekin er saman viðkoma, varpárangur og ábúð og reiknuð aðhvarfsjafna og fylgni hverrar tímaraðar fyrir hverja byggð til einföldunar á samanburði. Niðurstöður eru dregnar saman innan fjögurra landssvæða sem markast af Reykjanestá, Bjargtöngum, Glettinganesi og Eystra Horni (1. Mynd). Fyrir landsvæðin voru reiknuð vegin meðaltöl með holufjölda byggða (Norður- og Vestursvæði), en Papey er fulltrúi Austursvæðis og Vestmannaeyjar fulltrúi Suðurlands. Niðurstöður voru teknar saman fyrir landið með því að vega tiltæk viðkomu gögn fyrir hvert landsvæði með heildarholufjölda hvers landsvæðis (tafla 2.).



1. Mynd. Staðsetning rannsóknabyggða í númeraröð og skilgreining fjögurra landsvæða með bókstöfum og litum: 1. Ingólfshöfði, 2. Dyrhólaey, 3. Vestmannaeyjar, 4. Akurey, 5. Elliðaey, 6. Vigur, 7. Grímsey á Steingrímsfirði, 8. Drangey, 9. Grímsey, 10. Lundey á Skjálfanda, 11. Hafnarhólmi á Borgarfirði Eystra, og 12. Papey. Landsvæði markast af Reykjanestá, Bjargtöngum, Glettinganesi og Eystrahorni.



Vöktun viðkomu í Hafnarhólma með holumyndavél

Vorið 2017 var meðalvarptími reiknaður fyrir allar byggðir frá upphafi (2010) með því að nota tímasetningu heimsókna og klakhlutfall í samanburði við þekkta tímadreifingu klaks í Vestmannaeyjum. Byggt á þessum niðurstöðum var farið frá og með 2017 í júní leiðangurinn um 10 dögum fyrr en áður (2010-2016) og var heimsóknaröð byggða breytt bæði í júní og júlí svo tímasetning heimsókna innan varptíma væri sem sambærilegust milli byggða. Akurey er nú heimsótt fyrst (var síðust) þar sem varp þar er fyrr á ferð en í Vestmanneyjum og Dyrhólaey sem eru nú heimsóttar síðastar (voru fyrstar), varp hefst fyrst í Papey (og reyndar á svipuðum

tíma í Grímsey á Steingrímsfirði fyrst Norðanlands). Varp hefst því austanlands, næst norðanlands, svo vestanlands og síðast sunnanlands. Tímasetning varptímans fylgir neikvæðu sambandi við sjávarhita. Frá 2017 hefur verið farið rangsælis umhverfis landið og heimsóknaröð byggða: 4, 1, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 2, 3, (sjá byggðanúmer á 1. Mynd). Meginmarkmið þessarar endurskoðunar var að fjölga hreiðurdögum milli heimsókna, sem eykur líkur á að nema afföll og forðast að vera of seint á ferðinni í snemmbúnum vörpum.

2.4 Vöktun líftala

Mæling líftölu fullvaxinna fugla var gerð með Cormack-Jolly-Seber aðferð sem byggir á árlegri skimun og aflestri á litmerktum fuglum í Litlu Rauf í Stórhöfða á Heimaey ([9], Tafla 2). Rannsóknin hófst 2008 með litmerkingu 31 varpfugla sem veiddir voru með yfirlegunetum sem lögð voru yfir varpholur. Almennt sást lítið af fugli í byggðum 2008-2014 og var því skipuleg skimun ekki stunduð. Sumarið 2014 voru 34 fuglar litmerktir og 2015 var gert merkingaáttak með notkun mistneta og 223 varpfuglar litmerktir. Markmiðið hefur verið að litmerkja um 30 fugla árlega til að viðhalda fjölda litmerktra í kringum 300 fugla. Samtals hafa verið litmerktir 380 fuglar í Stórhöfða. Skimunaráttak hófst 2016 og til þess keypt öflug fjarsjá til að auðvelda aflestur sem og myndatökubúnaður með styrkjum frá Náttúruverndarsjóði Pálma Jónssonar. Lögð var áhersla á aflestra í maí en viðvera hefur aukist í byggðunum á þessum tíma seinni ár sem og síðsumars. Árið 2020 var sett var upp sjálfvirk myndavél með innbyggðum GSM farsíma sem sendir ljósmynd af byggðinni í tölvupósti á klukkutíma fresti og var þannig hægt að fylgjast með viðveru fuglana í byggðinni í rauntíma og auka skilvirkni skimana. Þetta kerfi hefur gefið góða raun. Samtals hafa sést aftur 161 litmerktir fuglar í Stórhöfða frá upphafi, en árlegar endurheimtulíkur hafa verið lágar sem minnkar nákvæmni niðurstaðanna.

Farið var í merkingaleiðangur til Hafnarhólma (byggð nr. 11, 1. Mynd) 21-24. maí 2020 og 52 varpfuglar litmerktir þar. Hugmyndin er að fjölmargir ferðamenn sem heimsækja hólmann muni ljósmynda þessa fugla frá og með 2021 og senda myndirnar til Náttúrustofu Suðurlands. 17 fuglar sáust þar árið 2021 (32,7%) og er vonast er til að endurheimtulíkur hækki og gefi náttúrulega líftölu á Norðursvæði (ekki er veitt í Hafnarhólma) auk þess að veita samanburð við líftölur í Vestmannaeyjum. Búast má við frumniðurstöðum á líftölum árið 2023.



Varpfugl lit- og stálmerktur í Stórhöfða, Heimaey

2.5 Leslie stofnlíkan – Stofnvöxtur (λ , lambda)

Leslie fylki er notað til að reikna stofnvöxt lundans (eftir landshlutum og í heild) með aldursbundnum líftölum og frjósemi kvenfugla (tafla 1). Fylkið er tímasett fyrir varptíma (E: pre-breeding) eða um 20.maí. **Líftala fugla á fyrsta ári** (S_1) er bæði illa þekkt og breytileg, hún er hér sett sem fasti $S_1 = 0,5$. Heildarendurheimtuhlutfall pysjuárganga fædda á árbilinu 1961-1982 í veiði í Vestmannaeyjum (hafa verið veiddir í a.m.k. 25 ár) er á milli 5% og 25% og sýnir einnig fylgni við líkamsþyngd við brottför úr varpholu. Þetta er vísbending um að breytileiki líftölu á fyrsta ári milli minnstu og stærstu árgangana er um fimmfaldur og tengdur fæðumagni á unगतíma. Ef hámarks líftala $S_1 = S_a = 0,92$ þá er lámarkið um fimmfalt lægra eða um 0,18. Verulega brýnt er að ljúka úrvinnslu á geysimiklum merkingagögnum frá Vestmannaeyjum svo hægt sé að taka tillit til breytileikans í líftölunni, en möguleiki er að meta árgangsbundnar líftölur allt frá 1959, sem gera einnig kleyft að reikna stofnsögu lunda (hlutdeild viðkomu, líftölu og veiða í breytingum á stofnstærð) í Vestmannaeyjum síðustu 60 ár með svonefndu „Integrated Population Model.“ Flestar erlendar rannsóknir sýna að líftala lunda er há frá og með öðru aldursári (S_a) [10] og er hér notast við mælda **líftölu varpfugla** (S_a) í Stórhöfða, Heimaey 2008-2019 ($0,92 \pm 0.0544$ SE [8]). Niðurstöður 2020-2021 sýna mikla lækkun og

stendur yfir athugun á ástæðum þess, hvort um raunverulega lækun er að ræða eða takmörkun vegna gæða gagna.

Aldursbundin frjósemi (F) er margfeldi hlutfalls hvers árgangs sem hefur hafið varp (Pb_i) og viðkomu (P , fleygir ungar/varpholu): $F = Pb_i \times 0,5 P$. Þar sem fylkið er skilgreint fyrir kvenfugla er frjósemi helminguð (dætur/mæður) en lundi hefur **jafnt kynjahlutfall**. Hlutföll kvenfugla (Pb_i) á þekktum aldri (i) sem hafa hafið varp var kannað árið 2016 í gagnagrunni Náttúrufræðistofnunar Íslands ($n=47$), og á meðal 2- og 3-ára kvenfugla í veiði í Eyjum árið 2008 ($n=34$) aldursgreindum á gogg, samtals 81 fuglum. Pb_i er sem segir: 6,7% hjá 3- og 4 ára, 75% hjá 5-ára og 100% hjá 6-ára og eldri [1]. Veginn **kynproskaaldur kvenfugla** (α) er 5,89 ár. Notast var við stofnmat sem byggir á fjölda varppara (margfeldi holufjölda og ábúðar) árið 2010. Gert var ráð fyrir að **aldurssamsetning** stofnsins væri stöðug (E: Stable Age Distribution, SAD) sem gerir mögulegt að reikna hlutfall og þar með fjölda geldfugla (35,8%) sem aldursbundin hlutföll af varpstofni: 1-ára 8,47%; 2-ára 7,77%; 3-ára 7,10%; 4-ára 6,50%; 5-ára: 5,94%; 6+-ára 64,2%. Meðalstofnvöxtur í Vestmannaeyjum árin 2007-2021 var notaður til að bakreikna stofnvöxt aftur til 2003 þegar talið er að viðkoma hafi lækkað í svipuð gildi og síðustu 14 ár. Útreikningar voru gerðir í forritunarmálinu R með kóða frá Morten Frederiksen.

Tafla 1. Leslie stofnlíkan af íslenska lundastofninum. Sjá skýringar í texta.

Aldur	1	2	3	4	5	6	6+
F	0	0	$Pb_3 \frac{1}{2}P$	$Pb_4 \frac{1}{2}P$	$Pb_5 \frac{1}{2}P$	$Pb_6 \frac{1}{2}P$	$Pb_6 \frac{1}{2}P$
0	0	0	0	0	0	0	0
1	S1	0	0	0	0	0	0
2	0	Sa	0	0	0	0	0
3	0	0	Sa	0	0	0	0
4	0	0	0	Sa	0	0	0
5	0	0	0	0	Sa	0	0
6+	0	0	0	0	0	Sa	Sa

Við útreikninga árlegs stofnvaxtar fyrir Norðursvæði og Vestursvæði var notuð veginn meðalviðkoma byggðá innan hvers svæðis veginn með hlutfallslegum varpholufjölda hverrar byggðar (tafla 2.). Fyrir austursvæði var Papey notuð og Vestmannaeyjar fyrir Suðursvæði. Fyrir stofninn í heild var notast við meðalviðkomu vegna (E: weighted) með varpholufjölda hvers svæðis (tafla 2).

Reiknuð voru mörk λ fyrir íslenska lundastofninn sem samsvara mismunandi IUCN (International Union for Conservation of Nature) válista-áhættuflokkum og sýndir eru með mismunandi grunnlitum í niðurstöðunum: Í *bráðri hættu* – *Critically Endangered*; appelsínugulur; Í *hættu* – *Endangered*; gulur; Í *nokkurri hættu* – *Vulnerable*; grænn; *Ekki í hættu* – *Least Concern*. Sjálfbærnimörk viðkomu voru reiknuð með ítrun $P_s = 0,49$ og er notuð til að staðla útreikninga á viðmiðunargildum áhættuflokkana. Stofninn vex þegar $\lambda > 1$ og rénar þegar $\lambda < 1$. $\lambda = 1$ eru stofnvistfræðileg sjálfbærnimörk þar sem stofn stendur í stað og eru veiðar stofnvistfræðilega ósjálfbærar þegar þegar $\lambda < 1$, en sjálfbærar þegar $\lambda > 1$. Hjá langlífum tegundum eins og lunda leggst veiðidánartala við náttúrulega dánartölu og eykur þannig fækkun þegar stofn er í rénun [11].



©Alex Máni Guðríðarson

Tafla 2. Varpholufjöldi rannsóknabyggða og landsvæða sem er notaður til að reikna vegna viðkomu eftir fjölda innan landsvæða (Lundatal Íslands: Erpur S. Hansen, Kristján Lilliendahl & Arnþór Garðarsson handrit). Fyrir Akurey (25.300 holur) og Elliðaey (4.900 holur [12]) voru notaðar heildartölur fyrir Faxaflóa og Breiðafjörð (úr 503.000 í 425.000 holur) sem skoðast sem vinnutala. Fjöldi lundahola var endurmetinn árið 2020:* Grímsey (99.000), Hafnarhólmi (10.100), Akurey og Lundey á Kollafirði.

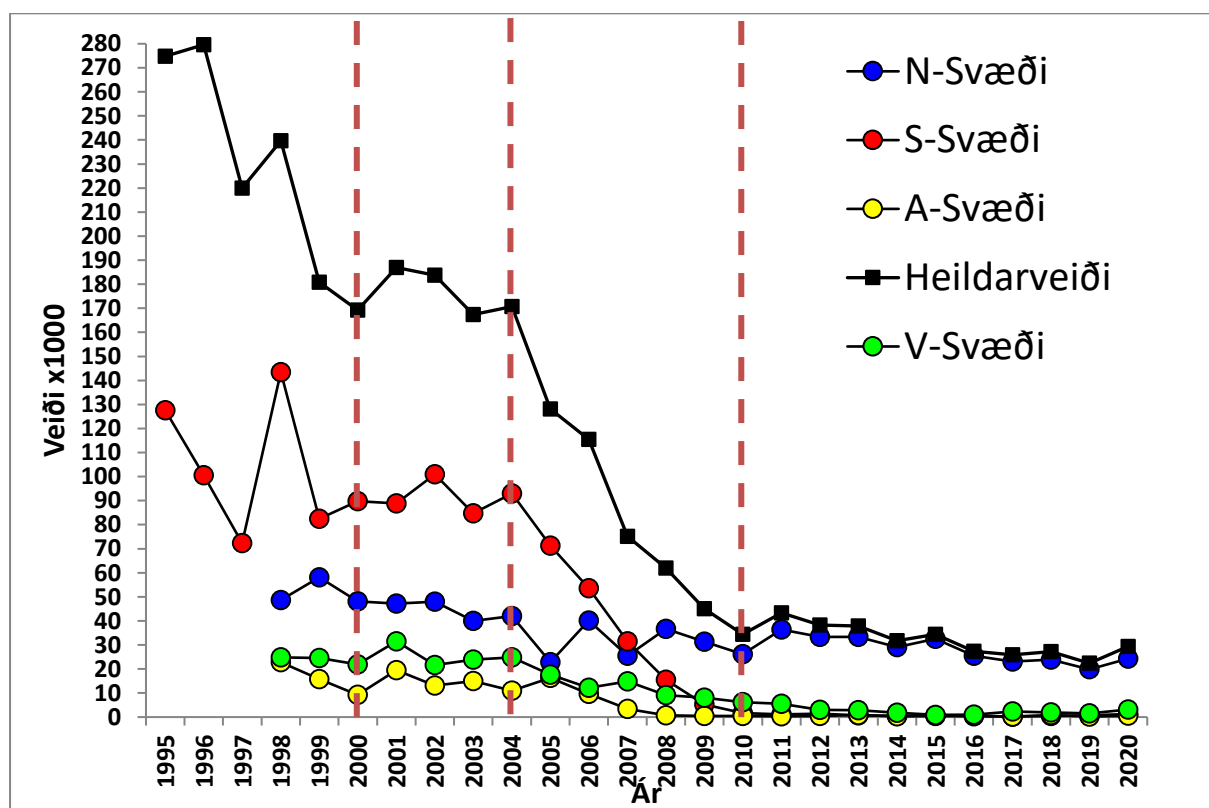
(Nr) Rannsóknabyggð - Landshluti	Fjöldi varphola
Norðursvæði heildartala	509.000
(6) Vigur	38.400
(7) Grímsey á Steingrímsfirði	31.000
(8) Drangey	45.200
(9) Grímsey utan Eyjafjarðar	99.900*
(10) Lundey á Skjálfanda	36.500
(11) Hafnarhólmi Borgarfirði Eystri	10.100*
Samtala rannsóknabyggða á Norðursvæði	258.000
Austursvæði heildartala	483.000
(12) Papey	177.000
Suðursvæði heildartala	1.125.000
(3) Vestmannaeyjar [13]	1.125.000
Vestursvæði heildartala	562.000
(4) Akurey, Kollafirði (25.300*)	117.000*
(5) Elliðaey Breiðafirði (4.900 [12])	425.000*
Ísland heildartala	2.679.000

*: Endurmetið árið 2020-2021

3 NIÐURSTÖÐUR

3.1 Veiðitölur 1995-2020

Samtals hafa verið veiddir 2.850.854 lundar tímabilið 1995-2020, og hefur árleg heildarveiði dregist saman um 89,3% (2. mynd). Heildarveiði á landsvísu má skipta í fjögur tímabil til frekari glöggvunar. (1) **1995-2000**, -34,2% samdráttur (-6,8%/ári) í upphafi núverandi AMO sjávarhlýskeyðs. (2) **2001-2004**, -5,6% samdráttur (-1,1%/ári). (3) **2005-2010**, -79,9% samdráttur (-13,3%/ári) í kjölfar stofnhruns sílis 2005. (4) **2011-2020**, -14,7% samdráttur (-1,5%/ári). Samdráttur 1995-2007 nemur 72,6%, þ.e. áður en dregið var úr sókn vegna ástandsins.



2. Mynd. Lundaveiði samkvæmt veiðitölum Umhverfistofnunar (fyrir suðurland eftir 2009) og veiðidagbókum Bjargveiðifélaga Vestmanneyja fyrir „suðurland“ 1995-2009. Heildarveiði dróst saman um 89,3% milli 1995-2020. Veiðitölur utan Eyja fyrir árið 2003 voru metnar sem meðaltal áranna 2001-2 og 2004-5. Veiðitölum UST var skipt eftir landsvæðum árið 1998 og eru felldar undir landshlutaskilgreiningar sem notaðar eru hér (1. mynd). Heildarveiði 1995-97 er leiðrétt fyrir hlutdeild suðurlands, með því fyrst að draga frá áætlaða veiði „suðurlands“ frá heildarveiði, og leggja síðan veiði í Eyjum við afganginn. Veiði var áætluð á suðurlandi 1995-97 sem sama hlutfall (meðaltal 0,536, SD 0,1724) af veiði í Eyjum árabilið 1998-2009. Rauðar lóðréttar brotalínur sýna fjögur tímabil sem rætt er um í texta.

Í raun má segja að um nær samfelld fækkunarskeið sé að ræða frá 1995 og sáust þriggja og tveggja og ára árgangarnir hverfa úr veiðinni hvor á fætur öðrum í Vestmannaeyjum 2007-8 [14]. Samdráttur verður í lífmassa sílis á tímabili (1) vegna hitabreytinga í sjó, en 88% árlegs breytileika í háfaveiði í Vestmannaeyjum síðan 1880 er skýrður með sjávarhita [15]. Sjó tók að hlýna hratt á grunnslóð sunnan og vestan við landið árið 1996 þegar „Sub-Polar Gyre“ hringstraumurinn dróst saman í austri og opnaði fyrir streymi næringarsnauðs, salts og hlýs Atlantssjávar til Íslands [16]. Þar sem ungfugl (2-5 ára) er um 75% af lundaveiði, endurspeglar samdráttur í veiði takmarkaða ungaframleiðslu á AMO sjávarhlýskeyðum, samanber lágt ungfuglahlutfall frá 1999 (tafla 3). Sókn í Vestmannaeyjum hefur verið svipuð mestanpart síðustu aldar og fram til 2008 [1], sókn annarstaðar er ekki þekkt en líklegt að hún hafi lítið breyst 1995-2007. Stofnhrun sílis árið 2005 er líklega tengt 17,5 daga seinkun á tímasetningu þörungablómans (óútgefin gögn), en það ástand snýst ekki til fyrra horfs fyrr en árið 2021. Margt má læra af þessari sögu, en sérstaklega skal það hafa í huga að hjá langlífum tegundum, eins og lunda, leggst veiðidánartala við náttúrulega dánartölu og hafa veiðar þannig aukið samdrátt stofnsins enn frekar en annars hefði orðið. Fyrirhugað er að reikna út þessi samdráttaráhrif þegar niðurstöður útreikninga á líftölum byggðum á merkingagögnum liggja fyrir.

Athygli vekur að meðalveiði á Norðursvæði minnkaði um tæp 40% (38,9%) fyrir og eftir árið 2005, var 42.059 fuglar fyrir, og 28.866 fuglar að meðaltali eftir 2005, en almennt hefur ekki dregið úr sókn á Norðursvæði (fremur aukist) samkvæmt samtölum við ábúendur, landeigendur og veiðimenn, og því líklegt að meðalafli á sóknareiningu (meðal dagafli) hafi dregist saman þar. Þetta gerist samtímis því að stofnvöxtur er jákvæður (margfeldismeðaltal $\lambda=1,024$) á Norðursvæði og stofnaukning (án veiða) tæp 60% tímabilið 2010-2021. Líklegast er að samdráttur í veiði á Norðursvæði endurspegli almenna fækkun ungfugla í Íslenska stofninum utan Norðursvæðis eftir 2005 og jafnframt að stórt hlutfall ungfugla ferðast á milli landshluta þ.m.t. Norðursvæðið (eins og óútgefnar niðurstöður merkinga sýna skilmerkilega). Þessar ferðir ungfugla milli landshluta gera það að verkum að hér er einn veiðistofn.

3.2 Aldurssamsetning veiði

Samtals hafa 20.555 fuglar í afla veiðimanna verið ljósmyndaðir og aldursgreindir með því að telja grópir í goggi fuglanna af myndum [7]. Engir fuglar voru aldursgreindir árið 2021. Athugað var með Z-prófi hvort hlutfall ungfugla (2 og 3 ára) og eldri fugla (4+ ára) hvert ár innan svæða

væri tölfraðilega marktækt frábrugðin meðalaldurshlutfalli ungfugla í merkingagögnum frá Vestmannaeyjum árin 1961-1982 [8]. Í Eyjum hefur verið að jafnaði til helminga (51,9%) tveggja og þriggja ára fuglar annarsvegar, og fjögurra ára og eldri (4+) hinsvegar (tafla 3). Þetta er viðmið sem byggir á þekktri aldurssamsetningu (fugla merktra sem pysjur) í veiði á stofnvaxtarskeiði.

Hlutfall ungfugla yfir tímabilið 2007-2014 í Vestmannaeyjum hefur verið marktækt lægra en viðmiðið, árið 2015 var það marktækt hærra, og ómarktækt frábrugðið viðmiði árin 2016, 2018-19. Árið 2020 var marktækt hærra hlutfall af 2-3 ára fuglum en viðmiðið (eins og árið 1996). Hlutdeild 2-3 ára fugla hefur aukist frá 2015 sem er í samræmi við aukna viðkomu.

Á Norðursvæði er svipaða sögu að segja, árin 2008-2016 er marktækt lægra hlutfall 2-3 ára fugla, að 2010 undanskildu þegar hlutfallið var 64,8% (og marktækt hærra en 51,9% viðmiðið), en einmitt þetta ár varð alger viðkomubrestur allstaðar annarsstaðar á Íslandi. Meðalhlutfall 2-3 ára fugla í veiði á Norðursvæði árin 2008-2018 er 45,7% eða 6,2 prósentustigum lægra en viðmiðið og munar mest um fæð 2 ára fugla í veiðinni. Árið 2017 er hlutfallið ómarktækt frábrugðið Eyjaviðmiðinu og 2018 er unghlutfallið marktækt hærra en viðmiðið.

Í Breiðafirði er hlutfall unga árið 2010 ómarktækt frábrugðið viðmiðinu en árin 2011 og 2013 eru marktækt lægri en viðmiðið.

Samantekið hefur unghlutfall verið almennt marktækt lægra en Eyjaviðmiðið þar til síðustu fjögur ár. Lágt unghlutfall í veiði endurspeglar litla ungaframleiðslu 2-3 árum fyrr, en einnig virðast 2 ára fuglar síður koma í vörpin ef varpárangur þar er lítill (lítill fæða), sem sést á „eðlilegum“ fjölda 3-ára fugla í sömu byggð ári seinna. Sömuleiðis geta 2-4 ára ungfuglar sem flakka á milli varpa haft mikil áhrif á þetta hlutfall utan fæðingarstaðar síns eins og sást greinilega árið 2010 á mikilli aukningu á umferð geldfugla til Norðursvæðis, líklega vegna fæðuskorts á öllum öðrum svæðum þar sem varð alger viðkomubrestur.

Tafla 3. Aldurssamsetning lundaveiði í háf. Flokkað var eftir nefskorufjölda en ≥ 2 nefskoru flokkarnir eru nefndir hér „4+“ ára, Til samanburðar eru meðalaldurshlutföll 22 árganga (1961-1982) fugla af þekktum aldri (merktir sem pysjur) í veiði þar sem hver árgangur hefur verið veiddur í að minnsta kosti 25 ár (**feitletrað**). Borið var saman hlutfall ungfugla (2-3 ára, 51,9%) og eldri fugla (4+ ára, 48,1%) seinni ár við meðalaldurshlutföll úr Vestmanneyjum (1961-1982) með Z-prófi, marktækni er táknuð: *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$; og ***: $P < 0.001$.

Staður	Ár	2 ára		3 ára		4+ ára		Samtals	Z
		%	n	%	n	%	n		
Eyjar [17]	1961-1982	18,7	810	33,2	1443	48,1	2087	4340	
Eyjar [18]	1996	22	161	38,7	283	39	286	733	-4,346***
Eyjar	1999	14,8	71	49,8	188	45,9	220	479	-0,897
Eyjar	2007	1,2	43	44,8	1564	54	1886	3493	5,197***
Eyjar	2008	0,9	57	4,6	301	94,5	6152	6510	55,405***
Eyjar	2009	0,6	16	6,1	161	92,7	2438	2629	38,361***
Eyjar	2010	0	0	33,9	20	66,1	39	59	2,750**
Eyjar	2011	4,4	4	27,8	25	67,8	61	90	3,700***
Eyjar	2013	0	0	0	0	100	323	323	18,012***
Eyjar	2014	1,2	1	0	0	95,2	20	21	4,313***
Eyjar	2015	0,4	1	60	165	40,4	111	275	-2,721**
Eyjar	2016	30	3	20	2	50	5	10	0,121
Eyjar	2018	12,2	11	40	36	47,8	43	90	-0,058
Eyjar	2019	14,6	18	39,0	48	46,3	57	123	-0,382
Eyjar	2020	21,6	32	58,1	86	22,2	30	148	6,796***
Norðursvæði	2008	15,7	39	26,5	66	57,8	144	249	2,992***
Norðursvæði	2010	24	30	40,8	51	35,2	44	125	-2,844***
Norðursvæði	2011	3,7	44	28,8	340	67,3	795	1179	11,791***
Norðursvæði	2012	18,6	168	32,9	298	48,5	439	905	0,230
Norðursvæði	2014	0,7	1	22,1	33	77,2	115	149	6,985***
Norðursvæði	2015	8,9	53	27,7	165	63,4	378	596	7,021***
Norðursvæði	2016	11,3	53	30,6	144	58,2	274	471	4,159***
Norðursvæði	2017	14,3	88	34	210	51,7	319	617	1,681
Norðursvæði	2018	33,3	143	37,1	159	29,6	127	429	-7,323***
Norðursvæði	Meðaltal	14,5	619	31,2	1466	54,3	2635	4720	7,366***
Breiðafjörður	2010	15,8	107	35,3	239	49	332	678	0,426
Breiðafjörður	2011	0	0	0,9	1	99,1	100	101	10,119***
Breiðafjörður	2013	2,7	2	12,3	9	84,9	62	73	6,246***

3.3 Viðkoma eftir landshlutum

Meðaltöl varpárangurs, ábúðar og viðkomu eru öll hæst á Norðursvæði, ívið lægri en svipuð innbyrðis á Austur- og Vestursvæðum (myndir 3-5). Ábúð í Eyjum hefur verið að meðaltali um 30% lægri en á Norðursvæði og varpárangur ekki nema um 39% af meðaltali Norðansvæðis. Viðkoma er hæst á Norðursvæði, miðlungs á Vestur og Austursvæðum en yfirleitt yfir lágmarks viðkomu (0,49 ungar/holu). Viðkoma í Eyjum hefur einungis verið 30% af viðkomu á Norðursvæði sérstaklega vegna lágs varpárangurs. Meðalviðkoma veginn með stofnstærð sýnir vel hve mikil áhrif Vestmannaeyjar hafa á landsmeðaltalið (tafla 4). Einnig er tekið saman frávikshlutfall (staðalfrávik/meðaltali, E: Coefficient of Variance, CV) sem er mælikvarði á breytileika í varpárangri, ábúð og viðkomu eftir landsvæðum (tafla 5).

Tafla 4. Veginn: meðalvarpárangur (fleygar pysjur/egg); meðalábúð (egg/holu); meðalviðkoma (fleygar pysjur/holu) auk staðalskekkju (S.E.) auk margfeldismeðaltals stofnvaxtar eftir landsvæðum tímabilið 2010-2021 eftir varpholufjölda rannsóknarbyggða innan svæða og hlutdeild svæða af heild fyrir landið (tafla 2.).

Svæði	Meðal varp- árangur	SE	Meðal- ábúð	SE	Meðal- viðkoma	SE
	(ungi/egg)		(egg/holu)		(ungi/holu)	
Norður	0,802	0,0155	0,815	0,0144	0,655	0,0247
Vestur	0,568	0,0920	0,629	0,0544	0,397	0,0741
Austur*	0,581	0,0936	0,726	0,0311	0,432	0,0708
Eyjar	0,367	0,0936	0,579	0,0473	0,234	0,0630
Landið	0,384	0,0589	0,496	0,0321	0,270	0,0431

*Papey.

Tafla 5. Frávikshlutfall (% staðalfrávik/meðaltal, E: Coefficient of Variance, CV) meðalvarpárangurs (fleygar pysjur/egg), meðalábúðar (egg/holu), og meðalviðkomu (fleygar pysjur/holu) eftir landsvæðum tímabilið 2010-2021.

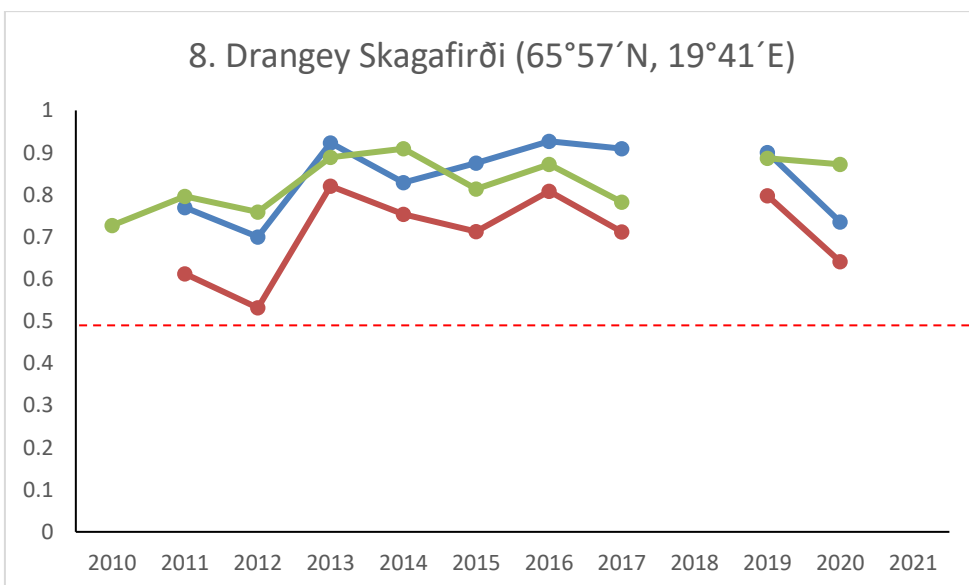
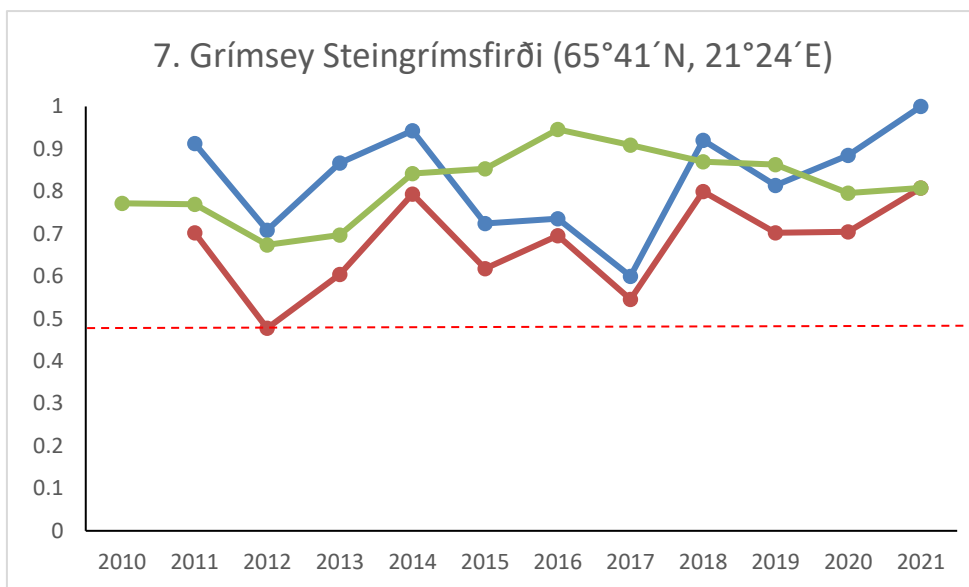
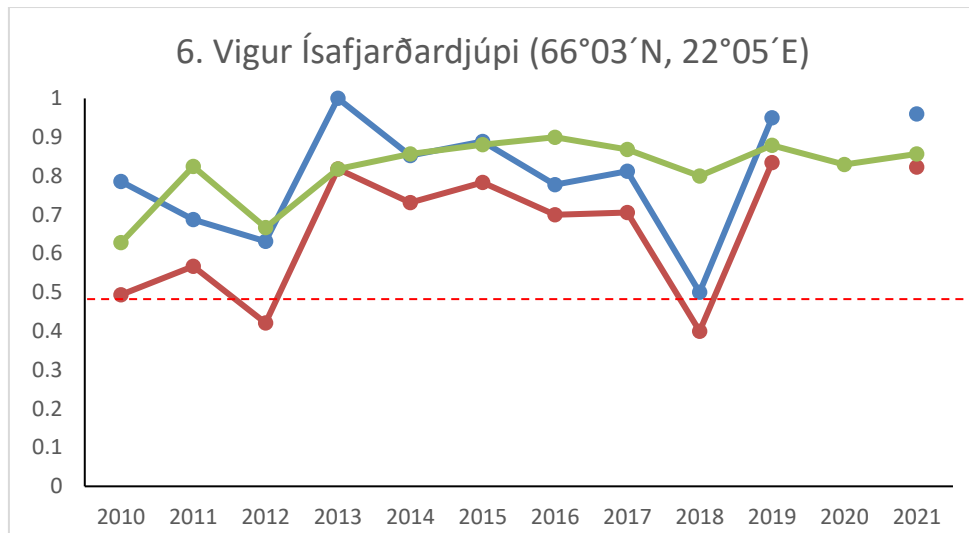
Svæði	CV Varpárangur	CV Ábúð	CV Viðkoma
	(%)	(%)	(%)
Norður	6,7	6,1	13,1
Vestur	56,0	30,0	64,7
Austur*	51,5	14,9	56,7
Eyjar	88,4	28,3	93,2
Landið	50,8	21,5	52,9

*Papey.

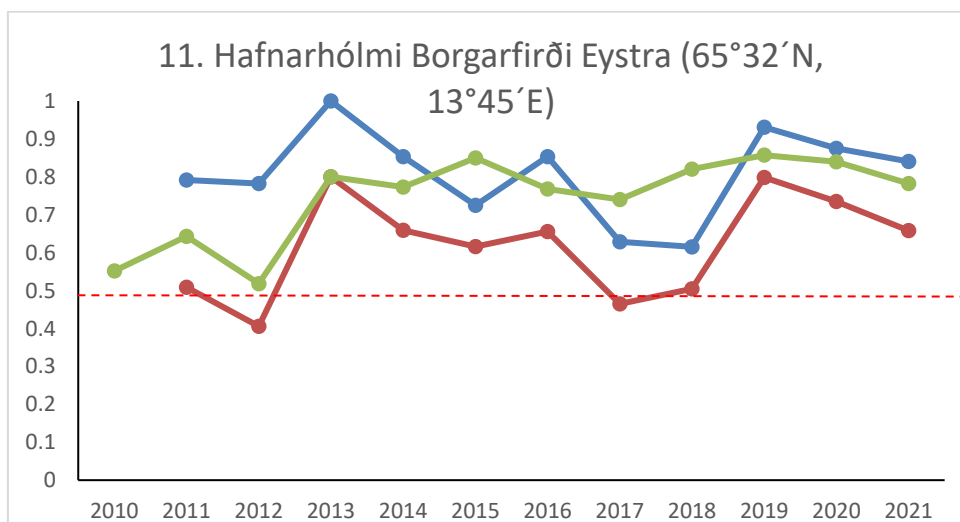
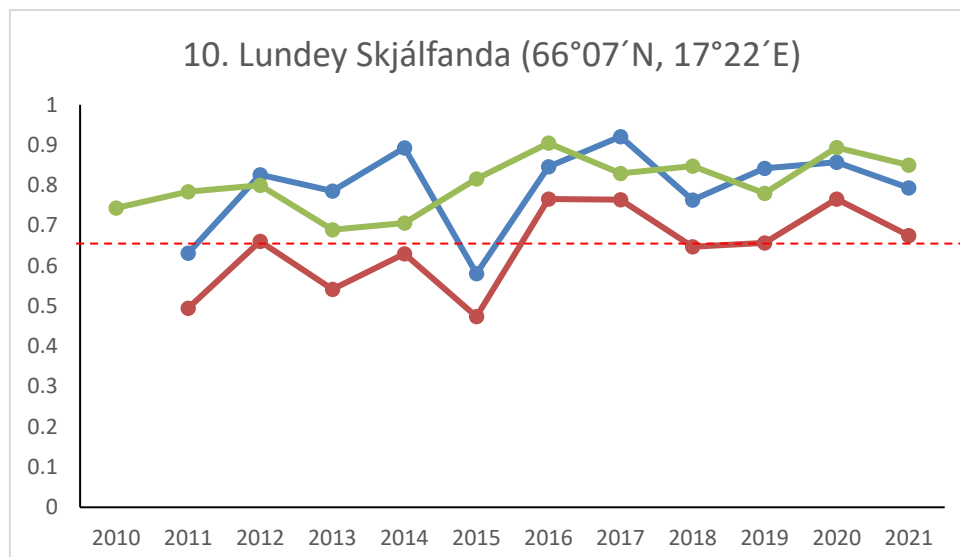
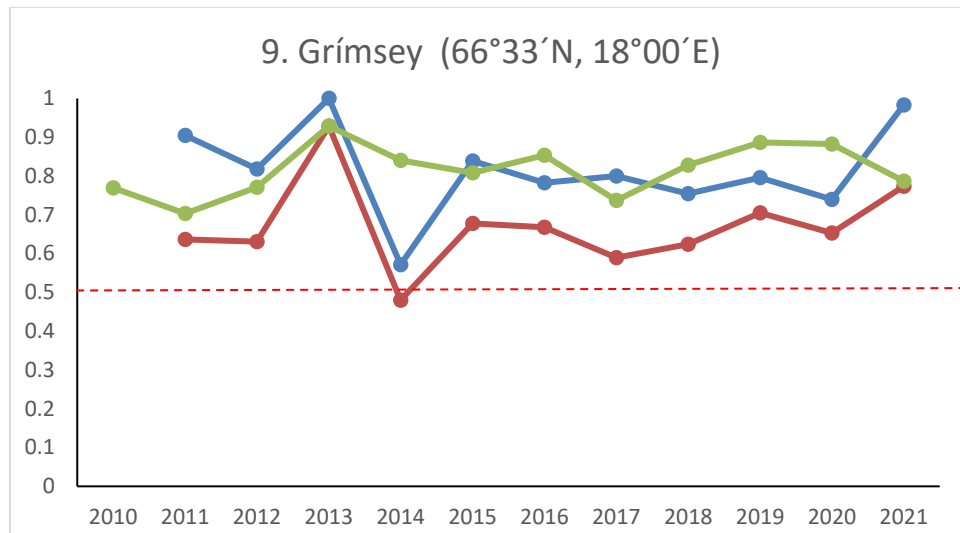
Frávikshlutfall ábúðar, varpárangurs og viðkomu er áberandi lágt á Norðursvæði, og breytileiki áþekkur í varpárangri og ábúð. Frávikshlutfall er stærðargráðu stærra á Vestur- og Austursvæðunum. Frávikshlutfall varpárangurs á Austur- og Vestursvæðum er mun hærra en frávikshlutfall ábúðar. Helmingi minna frávikshlutfall er í ábúð á Austursvæði en Vestursvæði sem endurspeglar mikla aukningu í ábúð og varpárangri á Vestursvæði, en ábúð hefur verið fremur stöðug í Papey eftir viðkomubrest árin 2010-11 (3. Mynd). Frávikshlutfall varpárangurs í Vestmannaeyjum er tæplega helmingi hærri en á Austur- og Vestursvæðum, meðan frávikshlutfall ábúðar er áþekkt og á Vestursvæði en tvöfalt hærra en á austursvæði (tafla 5).



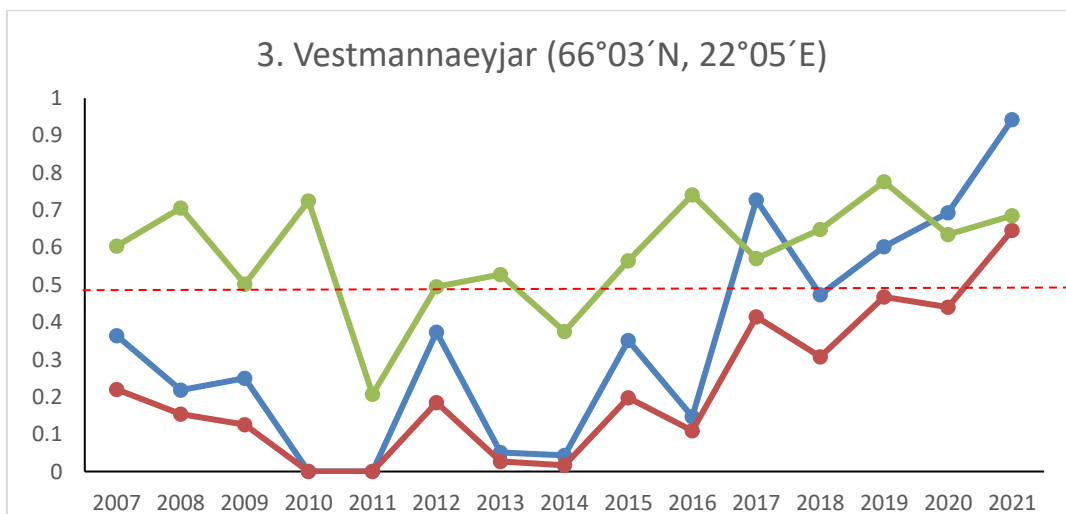
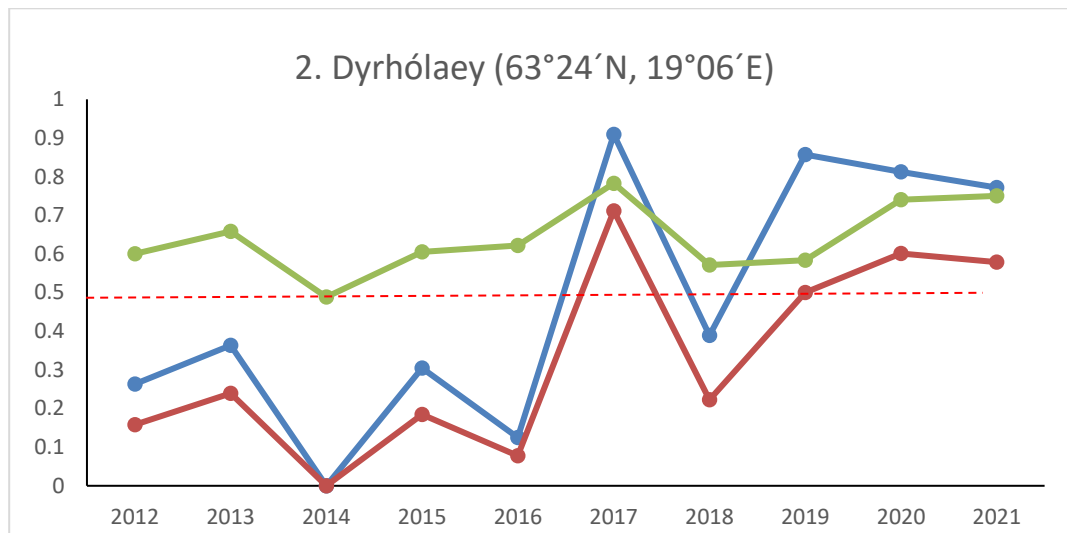
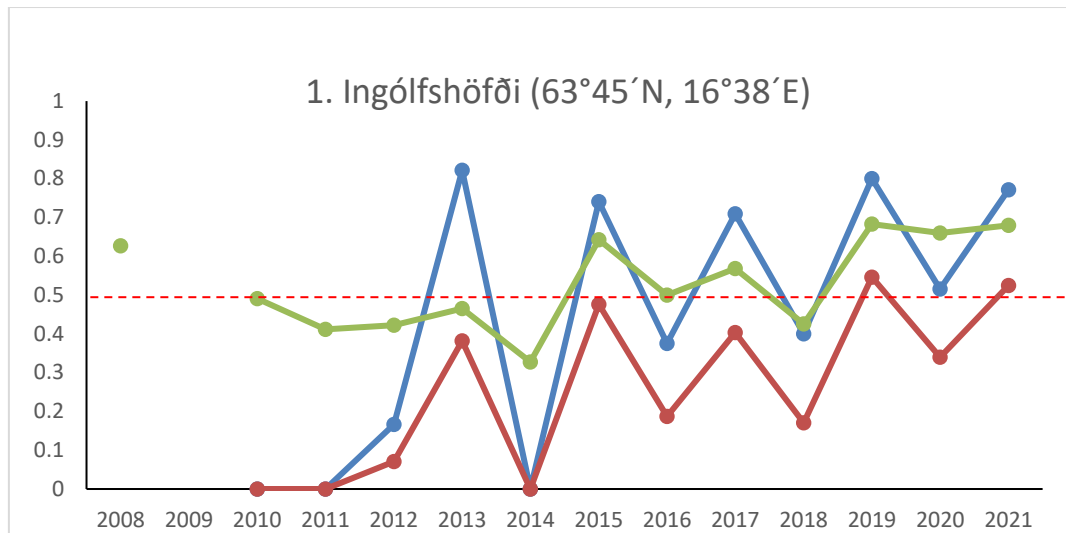
3. Mynd. Ungadauði í Papey 2011 © Cornelius Schlawe.



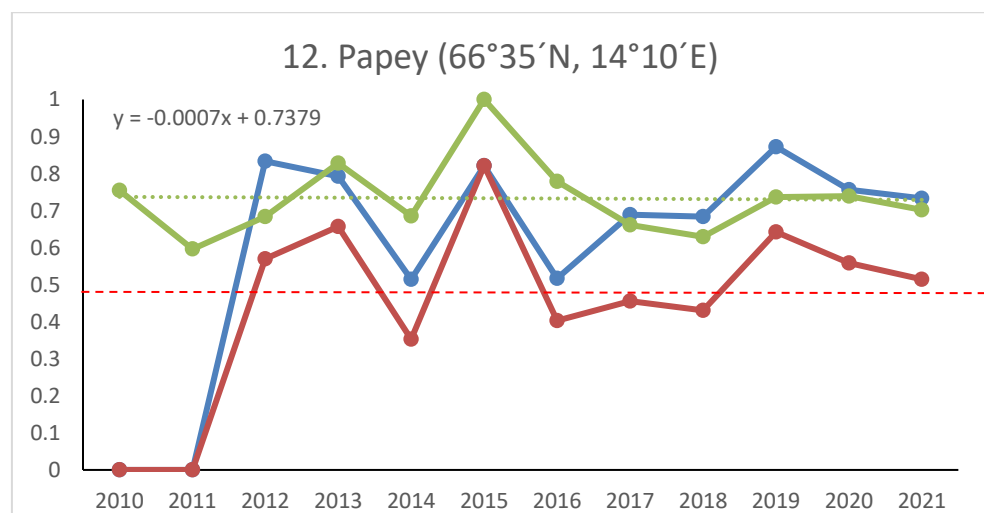
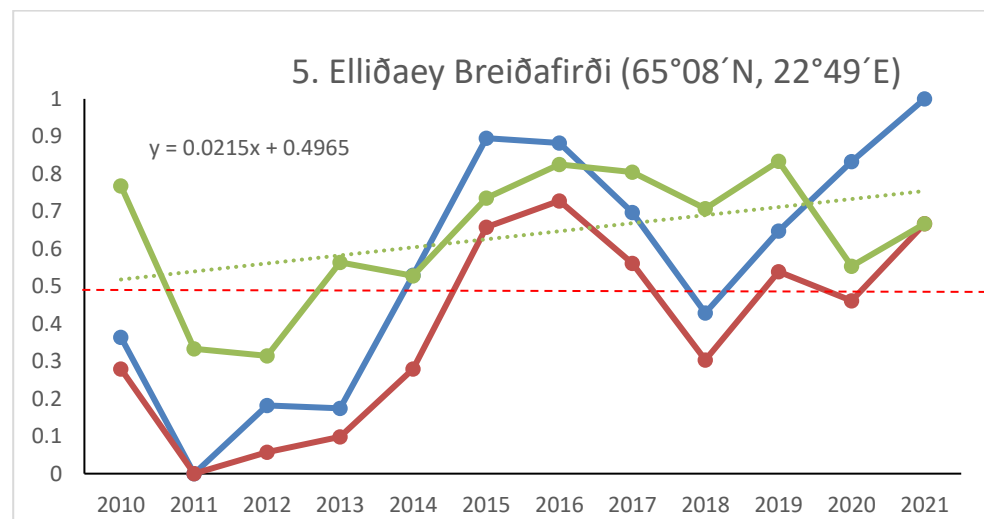
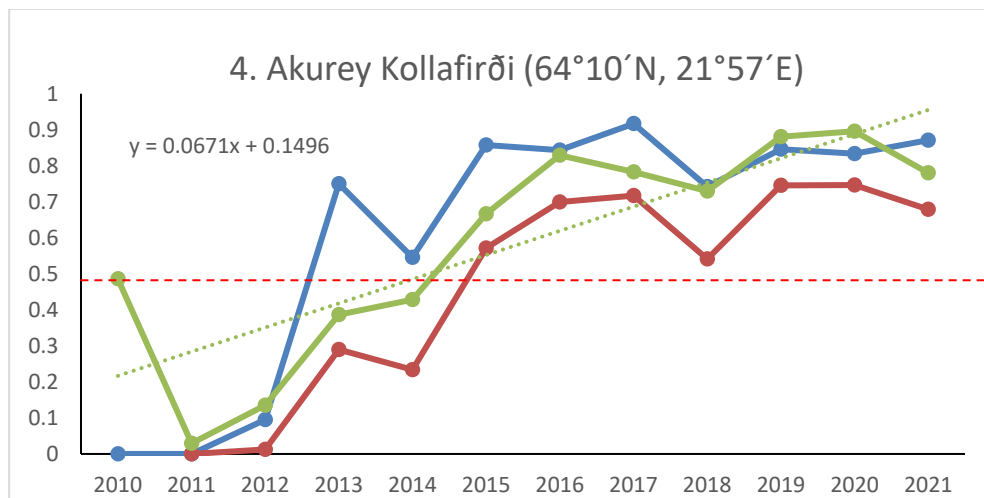
¹ 4. Mynd, sjá næstu blaðsíðu.



4. Mynd. Viðkoma (fleygar pysjur/varpholu, rauð lína), varpárangur (fleygar pysjur/egg, blá lína) og ábúð (egg/varpholu, græn lína) í sex rannsóknabyggðum á Norðurlandi. Ófært var í Drangey 2018 og 2021 og í Vigur 2020. Lágmarks viðkoma (0,49) er sýnd með rauðri brotalínu.



5. Mynd. Viðkoma (fleygar pysjur/varpholu, rauð lína), varpárangur (fleygar pysjur/egg, blá lína) og ábúð (egg/varpholu, græn lína) í þrem rannsóknabyggðum á Suðursvæði. Lágmarks viðkoma (0,49) er sýnd með rauðri brotalínu.



6. Mynd. Viðkoma (fleygar pysjur/varpholu, rauð lína), varpárangur (fleygar pysjur/egg, blá lína) og ábúð (egg/varpholu, græn lína) í tveimur byggðum á Vestursvæði og í Papey. Lágmarks viðkoma (0,49) er sýnd með rauðri brotalínu. Ófært var í Elliðaey 2020 og var varpárangur í Akurey notaður til að meta lágmarks viðkomu í Breiðafirði.

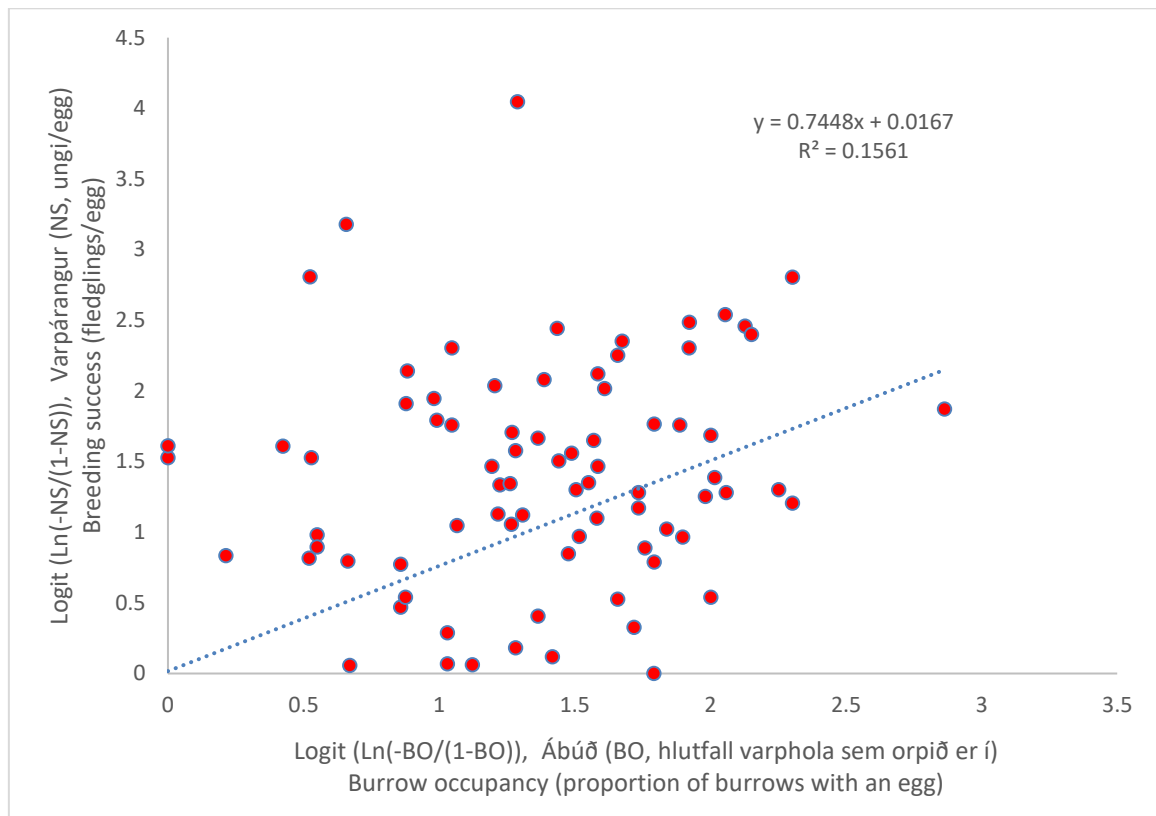
3.4 Stofnvöxtur Íslenska lundastofnsins

Meðalstofnvöxtur á landsvísu hefur verið neikvæður að minnsta kosti frá 2010 og líklega allt frá 1997. Þennan tíma hefur stofninn flokkast „Í bráðri hættu“ (IUCN „Critically Endangered“). Stofnvöxtur á landsvísu hefur aukist og hefur áhættuflokkun breyst í samræmi við það. „Í hættu“ frá 2015, og reyndar „Í nokkurri hættu“ árin 2016 og 2019 (8. Mynd). Aukning stofnvaxtar árið 2012 kemur frá stofnvaxtaraukningu á Austursvæði (10. Mynd), og aukning stofnvaxtar á Vestursvæði bættist við árið 2015 (11. Mynd). Stofnvöxtur í Eyjum tók kipp árið 2017 og hefur aukist síðustu fimm ár (9. Mynd). Litlar breytingar hafa verið á stofnvexti í vörpum á Norðursvæði 2010-2021.

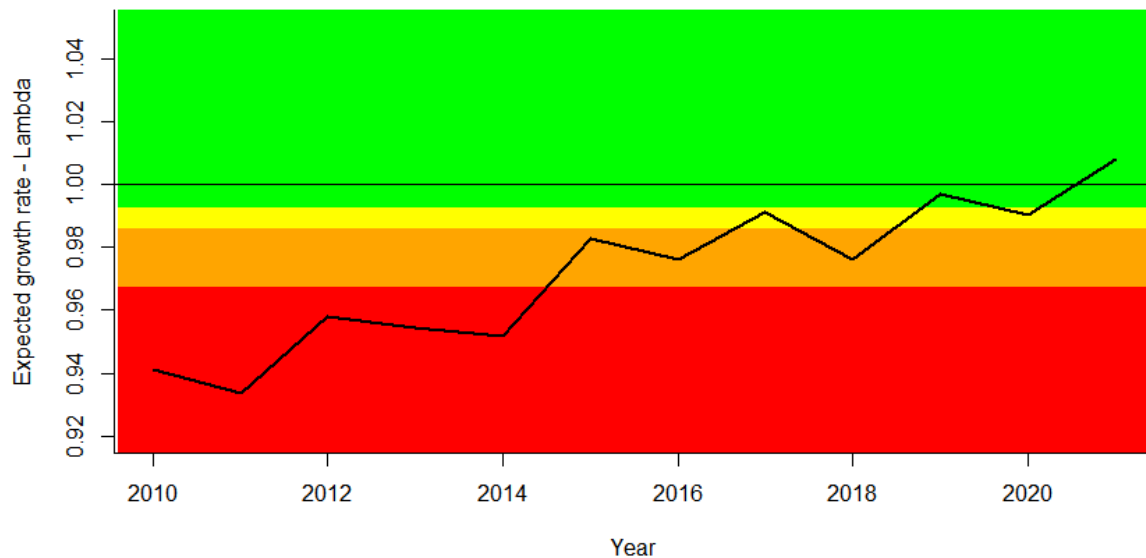
Stórtíðindi ársins 2021 er að stofnvöxtur á landsvísu komst í fyrsta sinn yfir 1, líklega að mestu leyti síðan 1997. Hraðar hafrænar- og loftlagsbreytingar hafa orðið í N-Atlantshafi frá 2015 þegar Sub-Polar Gyre (SPG) hringstraumurinn styrktist mikið. Sjávarselta féll mjög hratt á Selvogsbanka 2015-2017 en hiti hægar (<https://ocean.ices.dk/core/iroc>). Gerðust þessar hafrænu breytingar samhliða miklum veðurfarsbreytingum sem endurspeglast í háum jákvæðum gildum á wNAO vísitölunni frá 2014 sem er nú jákvæð sjöunda árið í röð (gerðist síðast 1988-1995). Veturinn 2010 náði wNAO næst lægsta gildi sínu (-4,64) frá upphafi mælinga (1864) og lægstu ársvísitölu frá upphafi, en þetta ár brást lundavarp algerlega allsstaðar við Ísland utan Norðurlands og gætti þessara áhrifa áfram árið eftir (3. og 6. Mynd). (https://climatedataguide.ucar.edu/sites/default/files/nao_station_difm.txt).

Meðalstofnvöxtur er ennþá undir sjálfbærnimörkum ($\lambda=1$) og hefur stofninn minnkað um -45% á síðustu 19 árum eða frá 2002, og hefur fækkun staðið að öllum líkindum allt frá 1997 og endurspeglast í samdrætti á veiði. Í þessu samhengi vekur athygli að ábúð hefur aukist að meðaltali á þessu tímabili á öllum svæðum, þrátt fyrir tímabundna lækkun utan Norðursvæðis. Gríðarleg aukning varð á Vestursvæði, um 0,04 egg/holu/ári í Breiðafirði og 0,09 egg/holu/ári í Faxaflóa, en þar var ábúð mjög lág í byrjun (2010). Þetta eru sterkar vísbendingar um að litlar breytingar á ábúð, samtímis stofnfækkun, séu tempraðar af stórum geldstofni kynþroska fugla. Gróflega áætlað þarf geldstofninn að hafa verið stærri en varpstofninn fyrir fækkunarskeiðið 2003-2017 til að geta staðið undir aukningu í ábúð á sama tíma og stofninn minnkaði um það bil helming, er þá ekki tekið inn í myndina líkleg fækkun frá 1997. Inní þetta spilar líka sá hluti varpstofnsins sem sleppir varpi í slæmu árferði en síður í betra árferði. Unnið er að því að meta stærð þessa geldstofns og ástæðum þess að pör sleppa varpi, t.d. ef varp misferst árið áður (líkt og í Eyjum 2010 og 2011 og aftur 2013 og 2014).

Komið hefur í ljós sterk jákvæð fylgni (Pearson $r=0,395$, $P<0,01$, $df=134$, 7. mynd) milli ábúðar og varpárangurs innan sömu byggðar, eftir því sem ábúð er lægri (fleiri pör sem sleppa varpi), þá er lækkar jafnframt varpárangur hjá þeim fuglum sem verpa, og öfugt. Mikilvægi ábúðar sem hlutdeild í lækun ungaframleiðslu 2010-2021 þar sem hún hefur átt sér stað, virðist svipuð og varpárangurs.



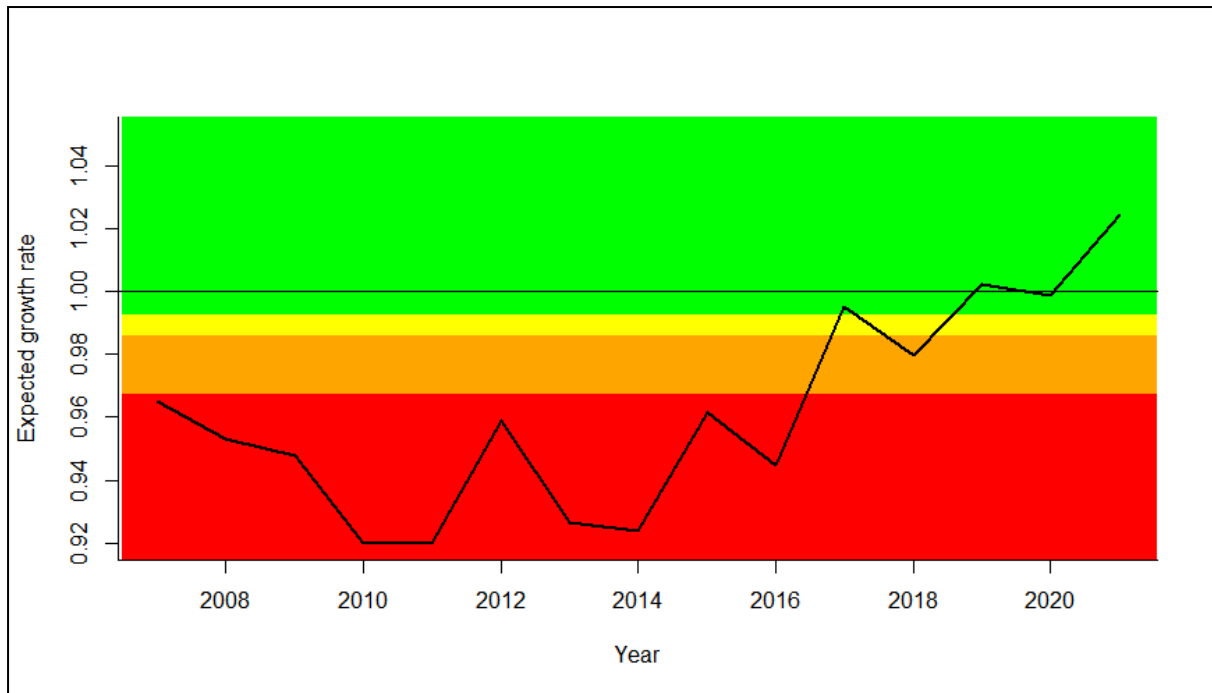
7. Mynd. Samband ábúðar (egg/varpholu) og varpárangurs (fleygur ungi/egg), (Pearson $r = 0,395$, $P>0,01$, df 134). Varpárangur og ábúð eru logit vörpuð.



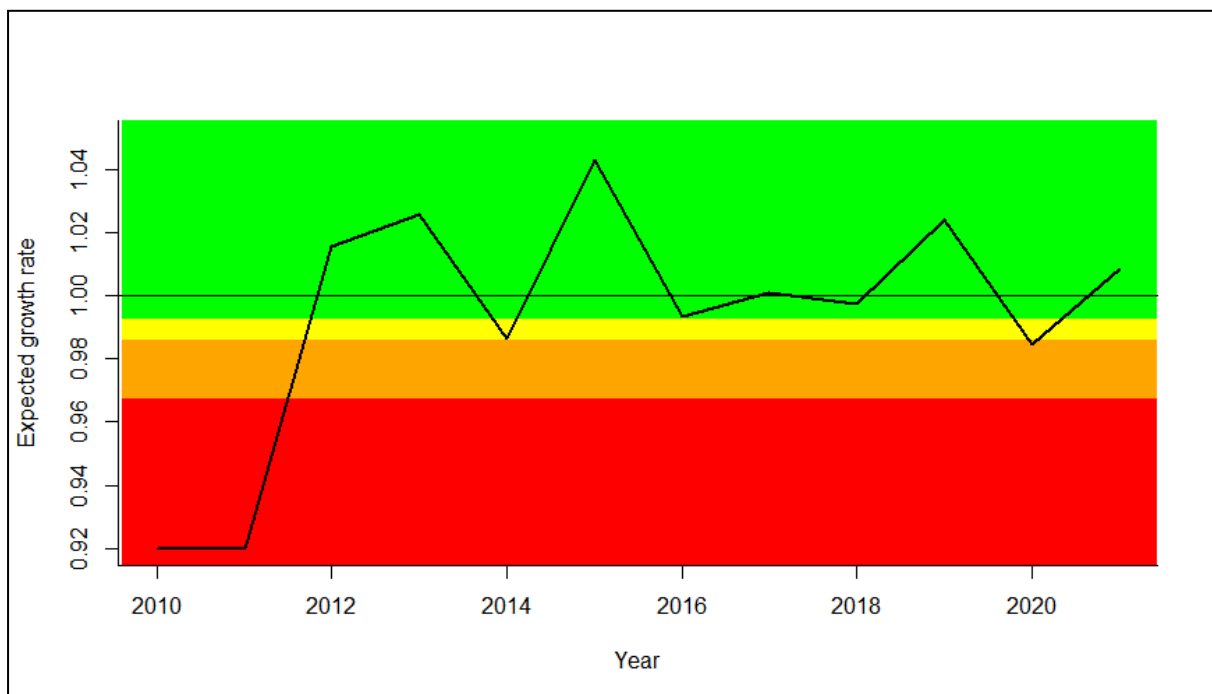
8. Mynd. Stofninn stendur í stað þegar stofnvöxtur $\lambda=1$ sem er sýndur með svartri láréttri línu, stofninn vex þegar $\lambda>1$, og rénar þegar $\lambda<1$ en þá eru veiðar stofnvistfræðilega ósjálfbærar. Árið 2021 er í fyrsta skipti sem λ fer >1 , a.m.k. síðan 2003. Margfeldismeðaltal λ árin 2010-2021 er 0,969, sem samsvarar -2,4% fækkun á ári, og -45% árabilið 2003-2021. Veiðar á Norðursvæði eru ekki teknar með hér, sem myndu lækka λ frekar. Litir sýna IUCN válistaflokka sem viðkomandi stofnvöxtur flokkast hvert ár. Rauður: Í bráðri hættu; appelsínugulur: Í hættu; gulur: Í nokkurri hættu; grænn: Ekki í hættu.

3.5 Stofnvöxtur innan svæða

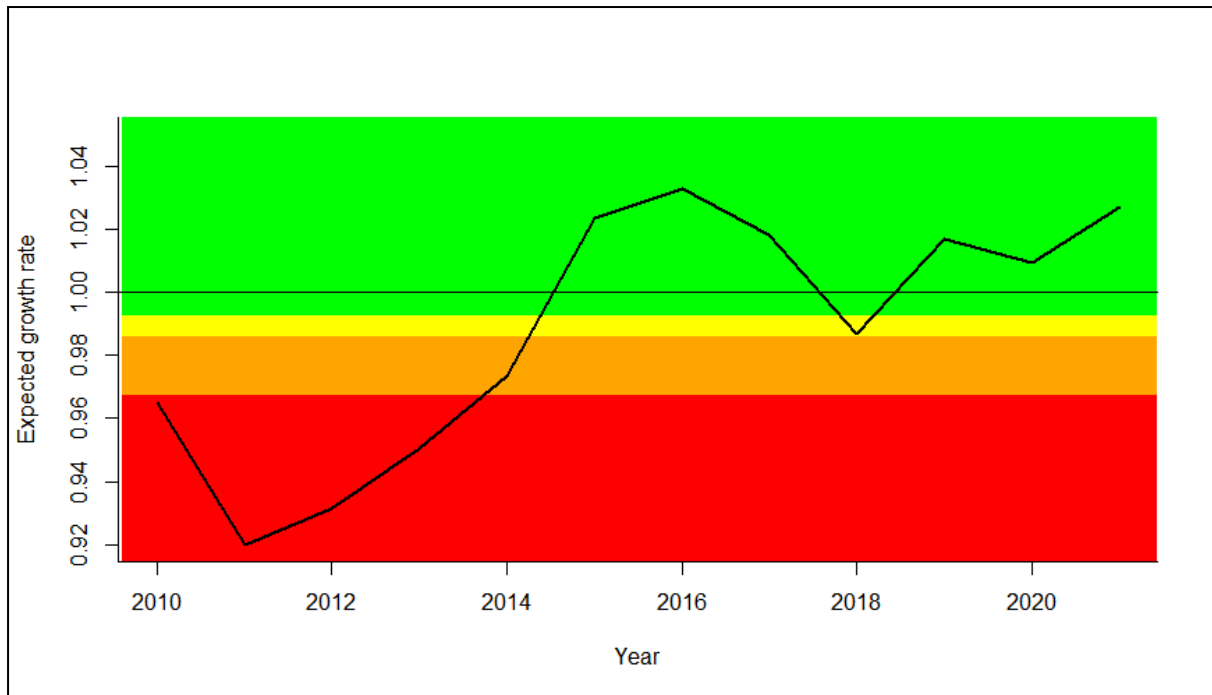
Um 40% af Íslenska stofninum verpur í Eyjum og breytingar þar hafa reynst veigamestar í stofnþróun Íslenska stofnsins í heild síðustu tvo áratugi. Stofnvöxtur í Vestmannaeyjum flokkast „Í bráðri hættu“ frá 2007-2016 og léleg viðkoma er þekkt frá árinu 2003. Mikil aukning varð á viðkomu síðustu fjögur ár og jókst stofnvöxtur verulega (9. Mynd). Líklegt er að þetta tengist miklum hafrænum- og loftslagsbreytingum sem hafa átt sér stað frá og með 2014-15.



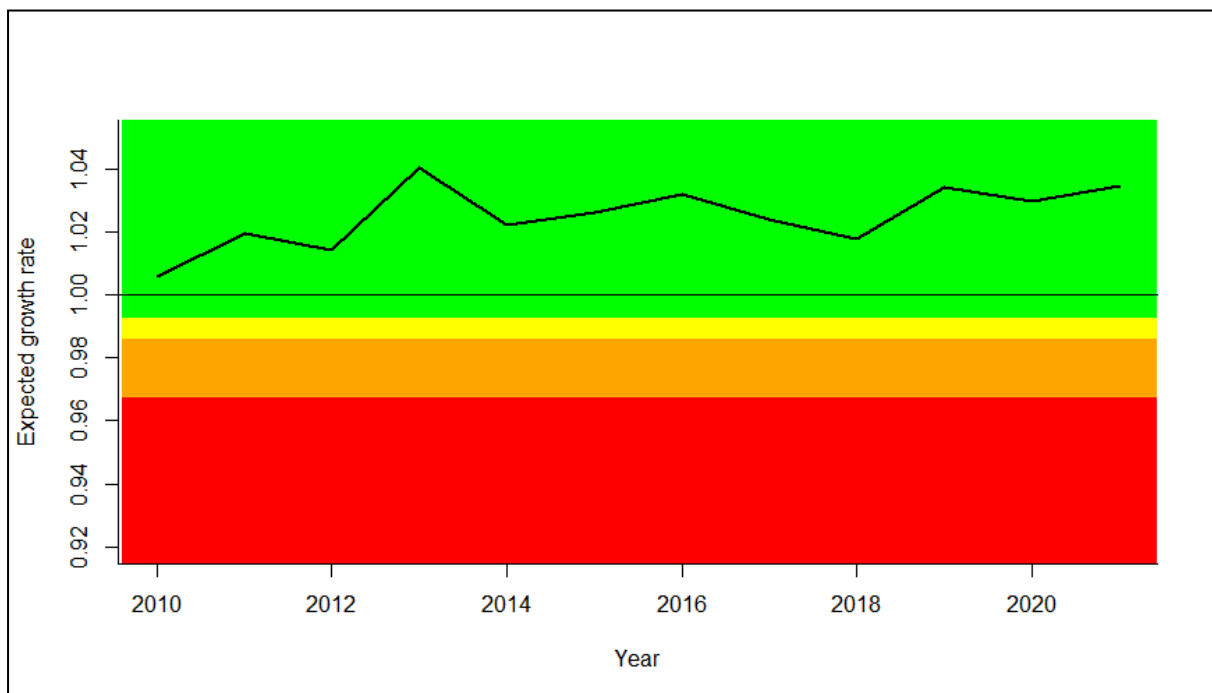
9. Mynd. Árlegur stofnvöxtur lunda (λ) í Vestmannaeyjum 2007-2021. Margfeldis meðaltal λ er 0,961, sem samsvarar -2,8% fækkun á ári, og -53,1% árabilið 2003-2021. Litir sýna þá IUCN valistaflokkka sem stofnvöxtur raðast innan, sjá skýringar við 8. Mynd.



10. Mynd. Árlegur stofnvöxtur lunda (λ) í Papey 2010-2020. Margfeldis meðaltal λ er 0,992, sem samsvarar -0,7% fækkun á ári, og -13,3% fækkun árabilið 2003-2021. Litir sýna þá IUCN flokka sem stofnvöxtur raðast innan, sjá skýringar við 8. Mynd.



11. Mynd. Árlegur stofnvöxtur lunda (λ) á vestursvæði 2010-2021. Margfeldis meðaltal λ er 0,987, sem samsvarar -1,1% fækkun á ári, og -21,8% fækkun 2003-2021. Litir sýna þá IUCN flokka sem stofnvöxtur raðast innan, sjá skýringar við 8. Mynd.



12. Mynd. Áætlaður árlegur stofnvöxtur lunda (λ) á Norðursvæði 2010-2020 án veiða. Margfeldis meðaltal λ er 1,024, sem samsvarar 3,1% aukningu á ári, og 59,6% aukningu 2010-2021. Áætlað er að veiðar hafi numið 61,3% af framleiðslu umfram stofnviðhalds. Litir sýna þá IUCN flokka sem stofnvöxtur raðast innan, sjá skýringar við 8. Mynd.

3.6 Válistaflokkun

Niðurstöður stofnvöktunarinnar voru meðal annarra gagna sem voru lagðar til grundvallar flokkun lunda á heimsválista International Union for Conservation of Nature sem „*Vulnerable*“ („Í nokkurri hættu“) árið 2015:

<https://www.iucnredlist.org/species/22694927/132581443#assessment-information>

Flokkun lunda á Válista Náttúrufræðistofnunar Íslands árið 2018: „Í bráðri hættu“ („*Critically Endangered*): <https://www.ni.is/midlun/utgafa/valistar/fuglar/valisti-fugla> byggir einnig á upplýsingum úr lundavöktuninni.



Sandsíli borið til unga © Ingvar Atli Sigurðsson

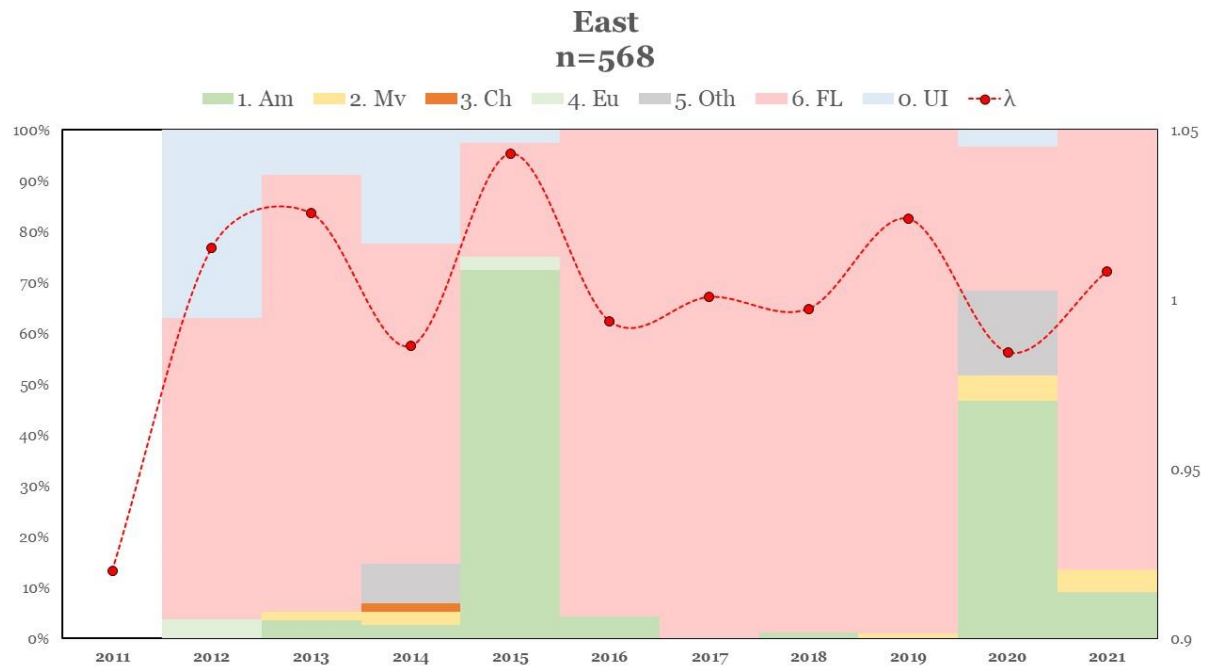
3.7 Vöktun fæðu

Frá árinu 2011 hafa varpfuglar með fæðu í gogg verið ljósmyndaðir í júlí. Úrvinnsla mynda 2011-2021 er lokið og tölfræðileg úrvinnsla hafinn, en fyrirhugað er að gefa þessar niðurstöður út ásamt gögnum um viðkomu. Ekki verður fjallað um þessar niðurstöður frekar hér en til fróðleiks fyrir áhugasama eru niðurstöður (tíðni fæðugerða í fæðusýnum, E:

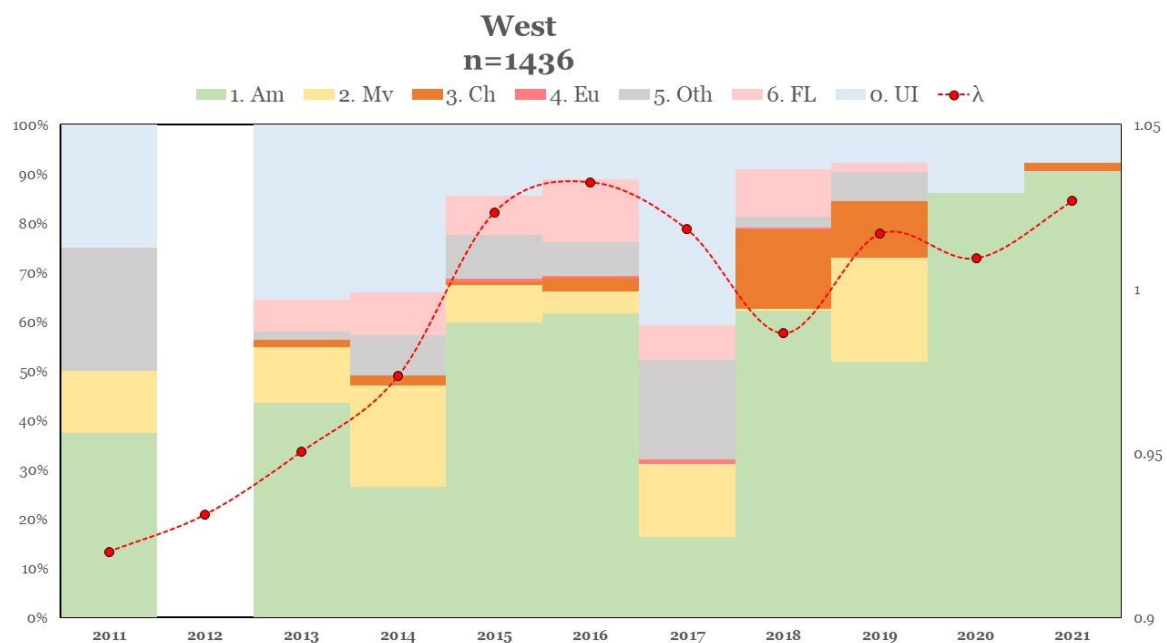
Frequency of Occurrence) teknar saman fyrir fjögur landsvæði (myndir 13-16.). Rétt er þó að geta þess að verulegar og jákvæðar breytingar hafa orðið á fæðu lunda á Selvogsbanka, Faxaflóa og Breiðafirði. Vorblómi virðist hafa orðið á hefðbundnum tíma (eins og fyrir 2005) á Selvogsbanka árið 2021, sem alger viðsnúningur frá þeirri 17,5 daga seinkun sem varð 2005 og hefur haldist þar til nú. Síli var áberandi í fæðu í Eyjum í sumar ásamt ljósátu, og er líklegt að lífsskilyrði sílisins hafi við Suðurland hafi umbreytst til hins betra og séu orðin svipuð og á síðasta AMO kaldsjávarskeiði (1965-1995). Síðbúinn þörungablómi 2005-2020 á Selvogsbanka hefur einnig seinkað rauðátuhámarkinu sem á eftir fylgir, en rauðáta er aðalfæða sílisins (og makríls), og er líklegt að þessi seinkun haldi haldið sílastofninum niðri þar sem margar sílalirfur hafi líklega drepist úr hungri áður en rauðátan náði síðbúnu hámarki sínu (E: *thropic mismatch*). Forsendan hér að baki er að klaktími sílisins hafi lítið breyst. Smá, horuð og fitulítill síli á Selvogsbanka eftir aldamót endurspeglar líklega verulega styttna vaxtartíma vegna þessarar seinkunar, en rauðátumagn hefur verið á svipuðu reki og undanfarna áratugi (sbr. Niðurstöður vorleiðangurs Hafrannsóknastofnunar (sjá skýrslur um „Ástand vistfræði sjávar“ og Continuous Plankton Recorder sýnataka (Alister Hardy foundation, Plymouth, útgefið). Makrill hefur hörfað í auknum mæli frá suðurströndinni frá 2017 og samtímis hefur ljósáta stórauðist í fæðu lunda í Eyjum, en þess má geta að ljósáta étur bæði þörunga og rauðátu. Líkleg skýring á mikilli fjölgun ljósátu í fæðu lunda í Eyjum 2017-2020 er minnkun á afráni makríls á rauðátu og þar með auknu framboði sem fæðu ljósátu, auk lítillar samkeppni frá sandíli í stofnlægð.

Lífisýni hafa verið tekin til rannsókna á styrk ^{15}N og ^{13}C samsæta úr bæði villtum fuglum og hömum frá fyrri tímum í rannsóknasafni Náttúrufræðistofnunar Íslands og Zoologisk Museum í Kaupmannahöfn. Styrkmælingar segja m.a. til um af hvaða fæðuþrepi fæða er étin á mismunandi árstímum [17, 18]. Helstu fyrirbyggjandi niðurstöður eru að lundar eru á sama fæðuþrepi að vetri óháð í hvaða landshluta þeir verpa, sem kemur ekki á óvart enda eru vetrastöðvar þeirra sameiginlegar [19]. Á varptíma eru lundar í Eyjum hlutfallslega á lægra fæðuþrepi en norðanlands, éta væntanlega hlutfallslega meira af ljósátu. Þessi mynstur hafa haldist áþekkt að minnsta kosti síðastliðin 60 ár [6].

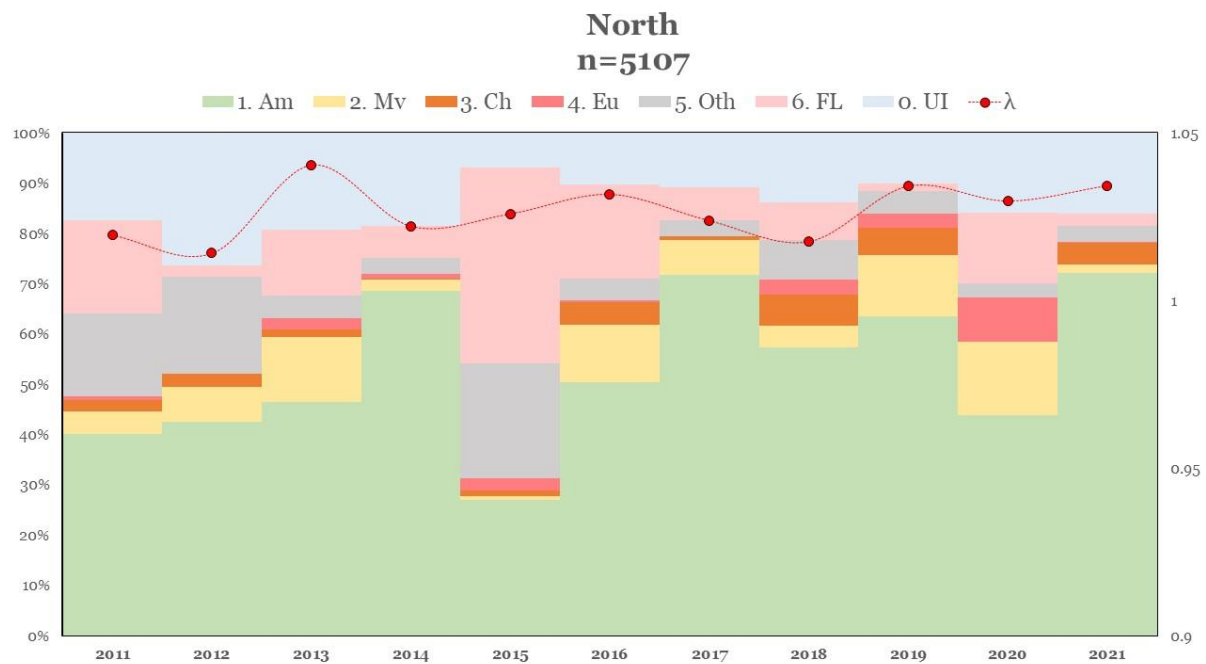
Safnað var saursýnum í öllum rannsóknabyggðunum árin 2018, 2019 og 2021 til mælinga á þungmálmáinnihaldi fæðu og er úrvinnsla vel á veg kominn. Árið 2021 var einnig safnað stroksýnum úr „cloaca“ í flestum byggðum til að fæðugreininga með svonefndri DNA metabarcoding aðferð. Þessi verkefni er unnin í samvinnu við háskólann í Szczecin í Póllandi.



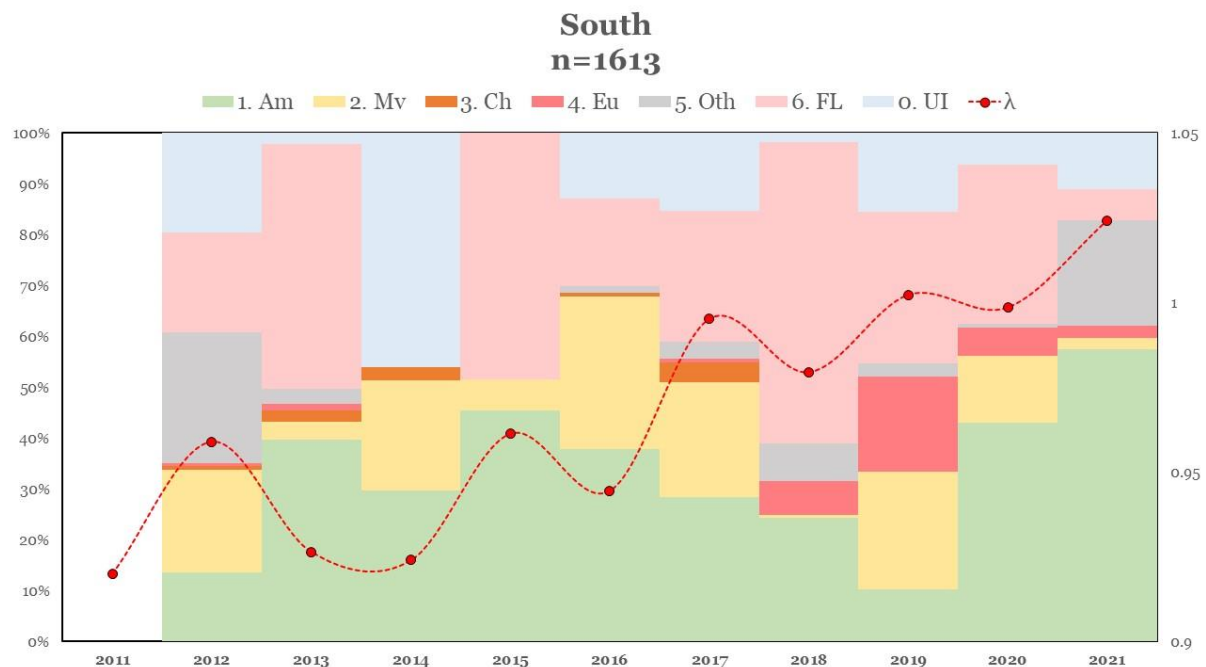
12. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegum stofnvaxtarhraða (λ) á austursvæði. Tegundalykill: 1. Sandsíli, 2. Loðna, 3. Síld, 4. Ljósáta, 5. „Annað,“ 6. Fisklirfur (sandsíli & loðna).



13. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegum stofnvaxtarhraða (λ) á vestursvæði. Tegundalykill: 1. Sandsíli, 2. Loðna, 3. Síld, 4. Ljósáta, 5. „Annað,“ 6. Fisklirfur (sandsíli & loðna).



14. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegum stofnvaxtarhraða (λ) á norðursvæði. Tegundalykill: 1. Sandsíli, 2. Loðna, 3. Síld, 4. Ljósáta, 5. „Annað,“ 6. Fisklirfur (sandsíli & loðna).



15. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegum stofnvaxtarhraða (λ) í Vestmannaeyjum. Tegundalykill: 1. Sandsíli, 2. Loðna, 3. Síld, 4. Ljósáta, 5. „Annað,“ 6. Fisklirfur (sandsíli & loðna).

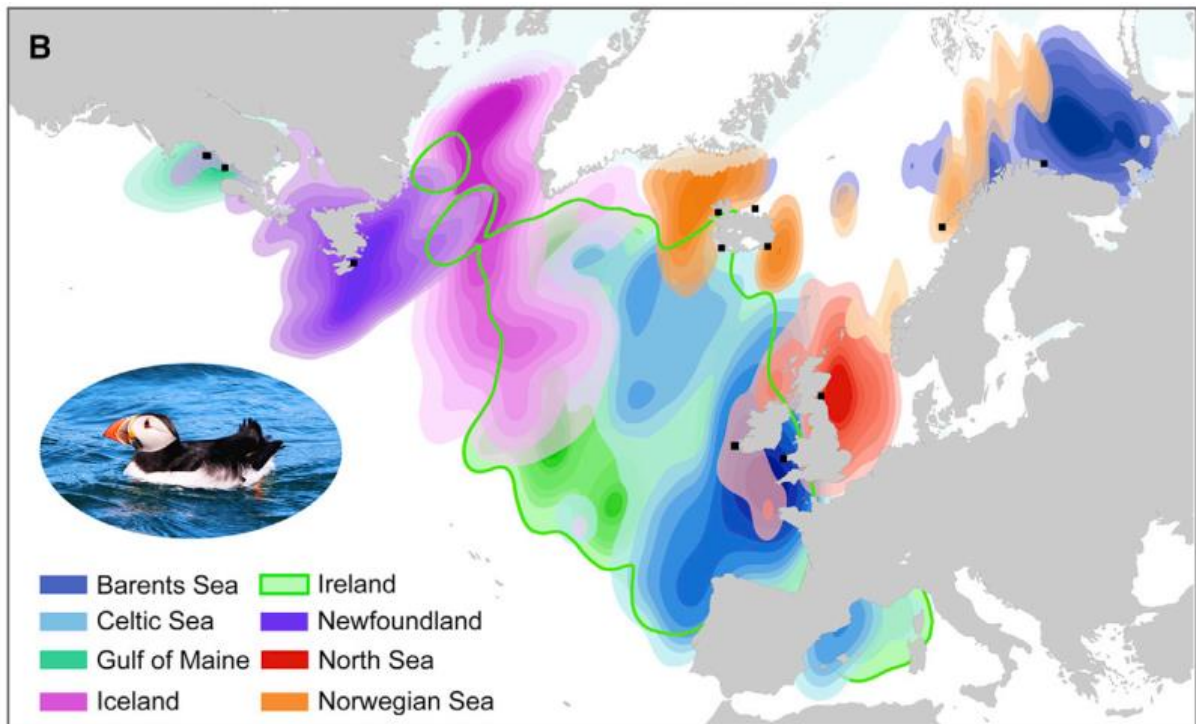
3.8 Lundatal Íslands

Gagnaöflun fyrir lundatal hefur staðið yfir um árabil en frumkvöðull þess er Arnþór Garðarsson prófessor emeritus. Þessu langtímaverkefni mun seint ljúka ef telja á allar lundaholur Íslands. Raunhæfari markmið til að fá sem besta hugmynd um stofnstærð lunda er að mæla öll stóru (>10.000 pör) vörpin sem eru jafnframt skilgreind sem alþjóðlega mikilvæg og áætla afganginn skynsamlega. Hafnarhólmi var tekinn út 2020 og voru fimm stór vörp könnuð árið 2021: Seley, Andey, Berufjarðareyjar og Hafnarhólmi við austurland, og Hrótey í Hrótafirði, auk endurmats á vörpum í Akurey og Lundey á Kollafirði. Reyndust tvær byggðir vera alþjóðlega mikilvæg vörp (IBA, >10.000 pör): Seley og Hrótey.

Um 90% stofnsins verpur í 21 alþjóðlega mikilvægum byggðum (IBA: Important Bird Area, >10.000 varppör) þegar Eyjar og Breiðafjörður eru hvor um sig taldar sem ein heild. 75% stofnsins verpur í fimm byggðakjörnum: Vestmannaeyjum, Breiðafirði, Skrúð, Papey og Grímsey. Unnið er að samantekt tiltækra gangna til útgáfu.

3.9 Könnun vetrarstöðva

Starfsfólk Náttúrustofu Suðurlands hefur sett dægurrítar á lunda síðan 2013 í fimm byggðum (fjöldi ásettra/endurheimtir): Grímsey, Papey, Heimaey, Elliðaey Vestmannaeyjum og Hafnarhólma í Borgarfirði Eystra, samtals 510 tæki [20]. Frá 2014 hefur þetta verkefni verið innan vébanda alþjóðlegs samstarfs í SEATRACK verkefninu sem Norðmenn fjármagna og stjórna. 20 ritar hafa verið settir á árlega í Papey og Grímsey síðan 2014. Árið 2019 var Elliðaey í Vestmannaeyjum bætt við kerfið með ásetningu 25 rita. 2020 voru einnig settir ritar á lunda í Stórhöfða. Dægurrítar skrá daglega daglengd og tímasetningu, og þarf að ná fuglunum ári seinna til að hlaða niður gögnunum. Með þessum upplýsingum er hægt að staðsetja fuglana daglega með um 180 km nákvæmni utan jafndægra. Samtals hafa 177 dægurrítar verið endurheimtir og þar af 27 ritar 2021. Verkefnið mun standa til 2023, og var landfræðilegt umfang stækkað í vestur með þátttöku Kanada, Grænlands og Írlands árið 2019 og inniheldur nú allt norðanvert N-Atlantshaf. Annette Fayet notaði lundagögn úr þessu verkefni þar sem vetrarstöðvar lunda voru kortlagðar í fyrsta sinn (17. Mynd). Þessar niðurstöður hafa verið kynntar á alþjóðlegum ráðstefnum og voru gefnar út í tímaritsgrein árið 2017 [19].



17. Mynd. Niðurstöður kortlagningar vetrarstöðva lunda með dægurrítum [19]. Svartir feringar sýna byggðir þar sem dægurrítar voru settir á. Græna útlínan sýnir útbreiðslumörk Írskra lunda. Ljósblá svæði sýna meðal útbreiðslu hafíss [19].



Skipt um SEATRACK dægurrítar í Grímsey

4. VEIÐIRÁÐGJÖF

Síðustu 25 ár hafa 2.296.000 lundar verið veiddir hérlandis meðan veiðar hafa verið stofnvistfræðilega ósjálfbærar [21, 22]. Þessi stofnlægð virðist hafa verið óvenju djúp sem líklega stafar af neikvæðum breytingum á fleiri en einum umhverfisþætti á sílastofninn auk neikvæðra áhrifa veiðanna. Stofnvistfræðilega sjálfbær nýting dýrastofna felur í sér að veiða aðeins hluta þeirrar framleiðslu stofnsins sem er umfram sjálfsviðhald. Þegar fækkar í stofnum langlífra tegunda eins og lunda, þannig að framleiðsla er minni en þarf til sjálfsviðhalds, leggjast afföll vegna veiða við náttúruleg afföll og hraða fækkun enn frekar [11].

Í ár (2021) virðist hafa orðið viðsnúningur á tímasetningu vorblóma, en síðbúin blómi hefur haft mjög neikvæð áhrif á sílastofninn 2005-2020. Viðkoma lunda var í fyrsta sinn góð á landsvísu, og mögulega verður áframhald á því þótt auðvitað muni tíminn leiða það í ljós. Líftölur hafa hinsvegar lækkað verulega síðustu tvö ár, og kanna þarf betur af hverju það stafar, þ.e. hvort sé um raunverulega lækkun að ræða eða ónákvæmni í gögnunum. Að þessu sögðu þá verður veiðiráðgjöf endurskoðuð vorið 2022.

5. KYNNING NIÐURSTAÐA

Niðurstöður vöktunar lundastofnsins og tengd verkefni hafa verið kynnt opinberlega með fyrirlestrum, fjölmörgum viðtölum í fjölmiðlum og fréttafærslum á Facebook undir „Náttúrustofa Suðurlands“. Niðurstöður úr þessu verkefni eru hagnýtt af framhaldsnemum á háskólastigi og í samstarfi við fræðimenn innanlands sem utan.

5.1 Ráðstefnur

Niðurstöður úr lundavöktuninni voru kynntar með þremur veggspjöldum á ráðstefnu Líffræðifélags Íslands (IceBio) 14-16. Október 2021 í Háskóla Íslands, Reykjavík. Veggspjöldin munu verða sett á heimasíðu Náttúrustofu Suðurlands:

Erpur S. Hansen & Rodrigo A.M. Catalan. *Atlantic puffin chick diet & population growth, 2011-2021.*

Erpur S. Hansen. *Population growth rate of Atlantic puffin in Iceland 2011-2021.*

Erpur S. Hansen. *The Atlantic puffin breeding population in Iceland.*

Niðurstöður úr lundavöktuninni voru kynntar með fjórum framlögum á 3. alþjóðlegu sjófuglaráðstefnunni 4-8. Október 2021. Ráðstefnan var haldin á netinu. Öll erindin byggjast á SEATRACK eða ARCTOX verkefnunum (sjá „erlent samstarf“):

Arnaud Tarroux, Françoise Amélineau, Tycho Anker-Nilssen, Oskar Bjørnstad, Ingar Bringsvor, Vegard Bråthen, Olivier Chastel, Signe Christensen-Dalsgaard, Johannis Danielsen, Francis Daunt, Nina Dehnhard, Sébastien Descamps, Morten Ekker, Kjell Einar Erikstad, Alexey Ezhov, Per Fauchald, Maria Gavrilov, Erpur Hansen, Mike Harris, Morten Helberg, Hálfán Helgason, Malin Johansen, Magdalene Langset, Svein-Håkon Lorentsen, Mikhail Melnikov, Benjamin Merkel, Børge Moe, Mark Newell, Bergur Olsen, Tone Reiertsen, Hallvard Strøm, Geir Systad, Paul Thompson, Thorkell Thorarinsson, Ekaterina Tolmacheva, Sarah Wanless, Katarzyna Wojczulanis-Jakubas, Jens Åström, Morten Frederiksen, Marie-Anne Blanchet, Mark Jessopp, Jamie Darby, April Hedd, Jón Einar Jónsson. *Year-round exposure of pelagic Arctic-breeding seabirds to fisheries and other anthropogenic stressors in the Northeast Atlantic*. Erindi.

Céline Albert, Børge Moe, Vegard Bråthen, Halfdan Helgason, Jens Åström, Françoise Amélineau, Tycho Anker-Nilssen, Frédéric Angelier, Maud Brault-Favrou, Ingar Bringsvor, Paco Bustamante, Thomas Carlsen, Olivier Chastel, Signe Christensen-Dalsgaard, Johannis Danielsen, Francis Daunt, Sébastien Descamps, Kjell Einar Erikstad, Alexei Ezhov, Geir Gabrielsen, Maria Gavrilov, David Grémillet, Gunnar Hallgrímsson, Erpur Hansen, Sveinn-Are Hanssen, Jón Jónsson, Yann Kolbeinsson, Yuri Krasnov, Magdalene Langset, Jérémy Lemaire, Svein-Håkon Lorentsen, Benjamin Merkel, Mark Newell, Bergur Olsen, Sunna Ragnarsdóttir, Tone Reiertsen, Kjetil Sagerup, Geir Systad, Arnaud Tarroux, Grigori Tertitski, Paul Thompson, Katarzyna Wojczulanis-Jakubas, Thorkell Thórarinnsson, Hallvard Strøm, Jérôme Fort. *A spatial ecotoxicology approach at multi-colony and multi species scales unravels mercury distribution in wintering seabirds across the North Atlantic Arctic*. Erindi.

Françoise Amélineau, Benjamin Merkel, Arnaud Tarroux, Sébastien Descamps, Tycho Anker-Nilssen, Oskar Bjørnstad, Vegard Bråthen, Olivier Chastel, Signe Christensen-Dalsgaard, Johannis Danielsen, Francis Daunt, Nina Dehnhard, Morten Ekker, Kjell Einar Erikstad, Alexey Ezhov, Per Fauchald, Maria Gavrilov, Gunnar Hallgrímsson, Erpur Hansen, Mike Harris, Morten Helberg, Hálfán Helgason, Malin Johansen, Jón Jónsson, Yann Kolbeinsson, Yuri Krasnov, Magdalene Langset, Svein-Håkon Lorentsen, Erlend Lorentzen, Mikhail Melnikov, Børge Moe, Mark Newell, Bergur Olsen, Tone Reiertsen, Geir Systad, Paul Thompson, Thorkell Thorarinsson, Ekaterina Tolmacheva, Sarah Wanless, Katarzyna Wojczulanis-Jakubas, Jens Åström, Hallvard Strøm. *How do seabird migrations differ from other bird migrations? An assessment on six pelagic species of the North Atlantic*. Erindi.

Jerome Fort, David Grémillet, Hálfán Helgason, Céline Albert, Françoise Amélineau, Tycho Anker-Nielsen, Frédéric Angelier, Vegard Bråthen, Ingar Bringsvor, Thomas Carlsen, Olivier Chastel, Alexander Cherenkov, Signe Christensen-Dalsgaard, Jóhannis Danielsen, Francis Daunt, Sébastien Descamps, Rune Dietz, Kyle Elliott, Kjell Einar Erikstad, Igor Eulaers, Alexei Ezhov, Per Fauchald, David Fifield, Morten Frederiksen, Geir Gabrielsen, Maria Gavrilov, Grant Gilchrist, Olivier Gilg, Mathieu Giraudeau, Sindri Gíslason, Elena Golubova, Gunnar Hallgrímsson, Erpur Hansen, Sveinn Are Hanssen, Scott Hatch, Morten Helberg, Nicholas Huffeldt, Jón Einar Jónsson, Alexander Kitaysky, Yann Kolbeinsson, Youri Krasnov, Magdalene Langset, Christopher Latty, Sarah Leclaire, Svein-Håkon Lorentsen, Erlend Lorentzen, Oliver Love, Mark Mallory, Benjamin Merkel, Flemming Merkel, Børge Moe, William Montevecchi, Anders Mosbech, Mark Newell, Bergur Olsen, Rachael Orben, Kyle Parkinson, Alison Patterson, Isabeau Pratte, Jennifer Provencher, Sunna Ragnarsdóttir, Tone Reiertsen, Heather Renner, Gregory Robertson, Nora Rojek, Mark Romano, Kjetil Sagerup, Vladimir Semashko, Tuul Sepp, Christian Sonne, Geir Systad, Akinori Takahashi, Arnaud Tarroux, Grigori Tertitski, Paul Thompson, Ekaterina Tolmacheva, Alexis Will, Katarzyna Wojczulanis-jakubas, Thorkell

Thórarinnsson, Paco Bustamante, Hallvard Strøm. *Mercury contamination of Arctic seabirds: spatio-temporal trends and health impacts*. Veggspjald: 2A-M-60.

6. ERLENT SAMSTARF

1. **SEATRACK.** Náttúrustofa Suðurlands hefur verið þátttakandi í alþjóðlega samstarfsverkefninu SEATRACK um kortlagningu vetrarstöðva 11 sjófuglategunda síðan 2014.

Niðurstöður má skoða í gagnvirkri kortavefsjá: <http://www.seapop.no/en/seatrack/> [4].

Nokkrar greinar komu út í ár úr þessu verkefni, eftirfarandi hagnýttu lundagögn okkar:

Amélineau, F., B. Merkel, A. Tarroux, S. Descamps, T. Anker-Nilssen, O. Bjørnstad, V. S. Bråthen, O. Chastel, S. Christensen-Dalsgaard, J. Danielsen, F. Daunt, N. Dehnhard, M. Ekker, K. E. Erikstad, A. Ezhov, P. Fauchald, M. Gavrilov, G. T. Hallgrímsson, E. S. Hansen, M. P. Harris, M. Helberg, H. H. Helgason, M. K. Johansen, J. E. Jónsson, Y. Kolbeinsson, Y. Krasnov, M. Langset, S. H. Lorentsen, E. Lorentzen, M. V. Melnikov, B. Moe, M. A. Newell, B. Olsen, T. Reiertsen, G. H. Systad, P. Thompson, T. L. Thórarinnsson, E. Tolmacheva, S. Wanless, K. Wojczulanis-Jakubas, J. Åström, H. Strøm (2021). Six pelagic seabird species of the North Atlantic engage in a fly-and-forage strategy during their migratory movements. *Marine Ecology Progress Series* **676**: 127-144. <http://dx.doi.org/10.3354/meps13872>

Fauchald, P., A. Tarroux, F. Amélineau, V.S. Bråthen, S. Descamps, M. Ekker, H.H. Helgason, .K.M. Johansen, B. Merkel, B. Moe, J. Åström, T. Anker-Nilssen, O. Bjørnstad, O. Chastel, S. Christensen-Dalsgaard, J. Danielsen, F. Daunt, N. Dehnhard, K.E. Erikstad, A. Ezhov, M. Gavrilov, G.T. Hallgrímsson, E.S. Hansen, M.P. Harris, M. Helberg, J.E. Jónsson, Y. Kolbeinsson, Y. Krasnov, M. Langset, S.-H. Lorentsen, E. Lorentzen, M. Newell, B. Olsen, T.K. Reiertsen, G.H. Systad, P. Thompson, Th.L. Thórarinnsson, S. Wanless, K. Wojczulanis-Jakubas, H. Strøm (2021). Year-round distribution of Northeast Atlantic seabird populations: applications for population management and marine spatial planning (2021). *Marine Ecology Progress Series* **676**: 255-276. <https://doi.org/10.3354/meps13854>

Davies, T.E., A.P.B. Carneiro, M. Tarzia, E. Wakefield, J.C. Hennicke, M. Frederiksen, E.S. Hansen, B. Campos, C. Hazin, B. Lascelles, T. Anker-Nilssen, H. Arnardóttir, R.T. Barrett, M. Biscoito, L. Bollache, T. Bouludier, P. Catry, F.R. Ceia, O. Chastel, S. Christensen-Dalsgaard, M. Cruz-Flores, J. Danielsen, F. Daunt, E. Dunn, C. Egevang, A.I. Fagundes, A.L. Fayet, J. Fort, R.W. Furness, O. Gilg, J. González-Solís, J.P. Granadeiro, D. Grémillet, T. Guilford, S.A. Hanssen, M.P. Harris, A. Hedd, N.P. Huffeldt, M. Jessopp, Y. Kolbeinsson, J. Krietsch, J. Lang, J.F. Linnebjerg, S.-H. Lorentsen, J. Madeiros, E. Magnusdóttir, M.L. Mallory, L.M. Tranquilla, F.R. Merkel, T. Militã, B. Moe, W.A. Montevecchi, V. Morera-Pujol, A. Mosbech, V. Neves, M.A. Newell, B. Olsen, V.H. Paiva, H.-U. Peter, A. Petersen, A. Phillips, I. Ramírez, J.A. Ramos, R. Ramos, R.A. Ronconi, P.G. Ryan, N.M. Schmidt, I.A. Sigurðsson, B. Sittler, H. Steel, I.J. Stenhouse, H. Strøm, G.H.R. Systad, P. Thompson, Th.L. Thórarinnsson, R.S.A. van Bemmelen, S. Wanless, F. Zino, M.P. Dias (2021). Multispecies tracking reveals a major seabird hotspot in the North Atlantic. *Conservation Letters* **14**: e12824 <http://dx.doi.org/10.1111/conl.12824>

2. **ARCTOX.** Safnað hefur verið lífsýnum úr endurheimtum lundum með dægurrita til mælinga á kvikasílfri og lífrænum eiturefnum í tengdu samstarfsverkefni SEATRACK undir stjórn Jerome Fort við La Rochelle háskóla í Frakklandi. Fjölmargar greinar eru í smíðum.

<https://www.arcticbiodiversity.is/index.php/program/presentations2018/586-rctox-a-pan->

[arctic-sampling-network-to-track-the-mercury-contamination-of-arctic-seabirds-and-marine-food-webs-jerome-fort](#)

3. **CLIMSTAT.** Alþjóðlegur hópur sérfræðinga rannsakaði samband lundaveiði við sjávarýfirborðshita í 134 ár [15]. Verkefninu lauk í ár með útgáfu greinar:

Hansen, E.S., H. Sandvik, K.E. Erikstad, N.G. Yoccoz, T. Anker-Nilssen, J. Bader, S. Descamps, K. Hodges, M.d.S. Mesquita, T.K. Reiertsen, Ø. Varpe (2021). Centennial relationships between ocean temperature and Atlantic puffin production reveal shifting decennial trends. *Global Change Biology* **27**: 3753-3764 <https://doi.org/10.1111/gcb.15665>

4. **Szczecin háskóli**, Pólland. Samstarfssamningur var undirritaður 5. maí 2018 og eru fjögur rannsóknaverkefni tengd lunda eru í gangi:

4a. **Erfðafræðileg stofngerð Íslenska lundastofnsins** með notkun „Microsatellites.“ Aflað var sýna sumarið 2021 til viðbótar eldri sýnum. Úrvinnsla yfirstandandi.

4b. **Fæða lunda í rannsóknabyggðum árið 2021** með „DNA Metabarcoding“ greiningu á stroksýnum úr „cloaca. Úrvinnsla yfirstandandi.

4c. **Þungmálmáinnihald Íslenskra lunda eftir landshlutum.** Gagnasöfnun lokið 2021. Úrvinnsla yfirstandandi.

4d. **Vírusar í sjófuglum (þ.m.t. lunda), Covid, fuglaflensa o.fl. vírusar.** Gagnasöfnun lokið 2021. Úrvinnsla yfirstandandi.

5. **Erfðafræðileg stofngerð lunda í Atlantshafi.** Alþjóðlegt samstarf hófst árið 2018 undir stjórn Sanne Boessenkool við Óslóarháskóla í Noregi, en úrvinnsla er hluti doktorsverkefnis Olivers Kersten og lauk í ár með útgáfu greinar:

Kersten, O., B. Staar, D.M. Leigh, T. Anker-Nilssen, H. Strøm, J. Danielsen, S. Descamps, K.E. Erikstad, M.G. Fitzimmons, J. Fort, E.S. Hansen, M.P. Harris, M. Irestedt, O. Kleven, M.L. Mallory, K. S. Jakobsen, & S. Bosseenkool (2021). Complex population structure of the Atlantic puffin revealed by whole genome analyses. *Communications Biology* **4**: 922 <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02415-4>

6. **Alþjóðleg samanburðarrannsókn á fæðuöflunarháttum lundaforeldra með GPS og á fæðu foreldra og unga með DNA Metabarcoding:** Skomer í Wales, Hernyken í Lofoten í Noregi, í Grímsey og Heimaey árið 2018. Annette Fayet við Oxford háskóla var verkefnisstjóri. Niðurstöður voru gefnar út í ár:

Fayet, A., Clucas, G., Anker-Nilssen, T. Syposz, M., & Hansen, E.S. (2021). Local prey shortages drive foraging costs and breeding success in a declining seabird, the Atlantic puffin. *J. of Animal Ecology* **90**: 1-13. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13442>

7. Tengsl tímasetningar og fjölda pysja við brottför, við umhverfispætti. M.S. ritgerð Hanna Mehto við háskólann í Turku, Finnlandi. Samantekt gagna lokið og útskrift fyrirhuguð 2022. Aðalleiðbeinandi Erpur S. Hansen.

8. Alþjóðleg kortlagning örveruþarmaflóru (E: microbiome) lunda. Þetta verkefni er undir stjórn Gary King við fylkisháskólann í Louisiana, Baton Rouge BNA. Úrvinnslu er lokið og handrit í undirbúningi.

9. Tímasetning þörungablóma og viðkoma lunda á Íslandi. Samstarfsaðilar Sarah Giltz Oceana og Kristinn Guðmundsson Hafrannsóknastofnun. Handrit er í undirbúningi.

7. ÞAKKIR

Frá upphafi hafa fjölmargir aðstoðað við stofnvöktun lundans á ýmsa vegu og hljóta verðskuldaðar þakkir fyrir! Starfsmenn Náttúrustofunnar árið 2021 voru Erpur Snær Hansen, Miguel Hernandez González, Rodrigo A. Martínez Catalan og Teresa Malgorzata Dembinska. Sjálfboðaliðar árið 2021 voru Alberto Alejandro, Alix Bochatay, Belen Garcia Ovide, Björg Harðardóttir, Daniel González de la Peña, Fernanda Palavecino Sandoval, Hanna Michel, Isabelle Beaudoin, Jillian Galloway, Katarzynja Sulima, Marínó Sigursteinsson, Matthew Anthony Parsons, Megan Whittaker, Peter Galloway, Servane Kiss, Stephen Hurling, Terry Whittaker, Vigfús Svavarsson og Warren Galloway. Morten Frederiksen gaf góðfúslega afrit af forriti stofnlíkans. Ólafur K. Nielsen aðstoðaði við athuganir á krufningaskýrslum á NÍ. Fá þau öll ómældar þakkir fyrir. Veiðikortasjóður, Rannsóknasjóður og Minningarsjóður Pálma Jónssonar í Hagkaup styrktu rannsóknirnar og gerðu vöktunina að raunveruleika.



O-grúppu sandsíli © Ingvar Atli Sigurðsson

8. HEIMILDIR

1. Hansen, E.S., *Stofnvöktun lunda 2018. Framvinduskýrsla til Umhverfisstofnunar*. 2018, Náttúrustofa Suðurlands. p. 29.
2. Hansen, E.S., *Stofnvöktun lunda 2017. Áfangaskýrsla til Umhverfisstofnunar*. 2017, Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar. p. 15.
3. Hansen, E.S., *Lundarannsóknir 2014. Vöktun viðkomu, fæðu, líftala & könnun varpstöðva. Skýrsla til Veiðikortasjóðs, júní*. . 2015, Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar. p. 45.
4. Hansen, E.S., *Lundarannsóknir 2015. Vöktun viðkomu, fæðu, líftala & könnun varpstöðva. Skýrsla til Veiðikortasjóðs, október*. 2015, Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar. p. 24.
5. Hansen, E.S. and A. Garðarsson, *Lundarannsóknir 2012: Vöktun viðkomu, fæðu, heildarstofnmat, meðalfæðuprep sumar og vetur, vetrarstöðvar og sjálfbærni veiða. Nóvember. Skýrsla til Veiðikortasjóðs*. 2012, Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar. p. 34.
6. Hansen, E.S. and A. Garðarsson, *Lundarannsóknir 2013: Vöktun viðkomu, fæðu, líftala, & könnun vetrarstöðva. Desember. Skýrsla til Veiðikortasjóðs*. 2013, Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar. p. 59.
7. Petersen, Æ., *Size variables in Puffins *Fratercula arctica* from Iceland, and bill features as criteria of age*. *Ornis Scandinavica*, 1976. **7**: p. 185-192.
8. Helgason, H.H., *Survival of Atlantic Puffins (*Fratercula arctica*) in Vestmannaeyjar, Iceland during different life stages*, in *School of Engineering and Natural Sciences*. 2012, University of Iceland: Reykjavik. p. 75.

9. Williams, B.K., J.D. Nichols, and M.J. Conroy, *Analysis and management of animal populations*. 2002, London: Academic Press. 817.
10. Harris, M.P. and S. Wanless, *The Puffin*. 2011, Calton, England: T & A D Poyser. 256.
11. Lebreton, J.-D., *Dynamical and statistical models for exploited populations*. Aust. N. Z. J. Stat., 2005. **47**(1): p. 49-63.
12. Ásgeirsson, Á., *Varpvistfræði lunda á Breiðafirði*, in *Líf og umhverfsvísindadeild, Verkfræði og náttúrucísindasvið*. 2010, Háskóli Íslands: Reykjavík, Ísland. p. 26.
13. Hansen, E.S., M. Sigursteinsson, and A. Garðarsson, *Lundatal Vestmannaeyja*. Bliki, 2011. **31**: p. 15-24.
14. Lilliendahl, K., et al., *Viðkomubrestur lunda og sandsílis við Vestmannaeyjar*. Náttúrufræðingurinn, 2013. **83**(1-2): p. 81-95.
15. Hansen, E.S., et al., *Centennial relationships between ocean temperature and Atlantic puffin production reveal shifting decennial trends*. Global Change Biology, 2021. **27**: p. 3753-3764.
16. Hátún, H., et al., *An inflated subpolar gyre blows life toward the northeastern Atlantic*. Progress in Oceanography, 2016. **147**(1): p. 49-66.
17. Hobson, K.A. and R.A. Clark, *Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of ^{13}C in tissues*. Condor, 1992. **94**(181-188).
18. Hobson, K.A. and R.A. Clark, *Assessing avian diets using stable isotopes II: factors affecting diet-tissue fractionation*. Condor, 1992. **94**(189-197).
19. Fayet, A.L., et al., *Ocean-wide drivers of migration strategies and their influence on population breeding performance in a declining seabird*. Current Biology, 2017. **27**: p. 3871-3878.
20. Hansen, E.S., et al., *Vetrarstöðvar íslenskra lunda*. Veiðidagbók Umhverfisstofnunar, 2015. **20**: p. 18-21.
21. Garðarsson, A., et al., *Starfshópur umhverfisráðherra um verndun og endurreisn svartfuglastofna. Greinargerð og tillögur starfshópsins*. http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/Tilloqur-svartfuglahops-2011.pdf. 2011, Umhverfis- og auðlindaráðuneytið: Reykjavík. p. 39.
22. von Schmalensee, M., et al., *Vernd, velferð og veiðar villtra fugla og spendýra. Lagaleg og stjórnsýsluleg staða og tillögur um úrbætur. Skýrsla unnin fyrir umhverfis- og auðlindaráðherra*. http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/Vernd-velferd-og-veidar-LOKA-8-mai-2013.pdf. 2013, Umhverfis- og auðlindaráðuneytið: Reykjavík. p. 361.