

STOFNVÖKTUN LUNDA 2023

Áfangaskýrsla til Umhverfisstofnunar

Erpur Snær Hansen
Rodrigo Ademar Martinez Catalan

20. mars 2024



© Richard Lewis



NÁTTÚRUSTOFA SUÐURLANDS

SAMANTEKT

Viðkomu árið 2023 var misskipt milli svæða. Góð viðkoma var norðanlands, en miðlungs í Papey og léleg á Breiðafirði. Viðkoma var miðlungs í Vestmannaeyjum og Faxaflóa, en alger viðkomubrestur varð í Dyrhólaey (líklega vegna minks). **Árlegur stofnvöxtur** (λ) Íslenska lundastofnsins jókst árabilið 2010-2023 en meðalstofnvöxtur er undir stofnvistfræðilegum sjálfbærnimörkum ($\lambda = 1$) og hefur líklega verið að mestu leyti allt frá árinu 1995 samkvæmt -92,7% samdrætti á veiði 1995-2022 og -56% áætlaðs samdráttar heildarstofnstærðar 1995-2022. Gerðar voru tímaraðgreiningar á veiðitölum frá 13 sýslum 1898-1941, og samskonar greiningar á veiði 1995-2022, sem og viðkomu frá 2010-2023. Efir á að fullvinna þessi gögn, en almennt er sterk fylgni í veiði milli svæða á báðum tímabilum, stundum með hniki milli ára. Slík fylgni endurspeglar sameiginlegan veiðistofn ungfugla. Í veiðitölum UST eru greinileg tvö fækkunartímabil, 1997-1999 og 2005-2010. Unnið er greiningu orsaka samdráttarins bæði að sumarlagi (viðkomu) og vetrarlagi (líftölur). Hlýskeyð í Atlantshafi hófst 1995 sem fækkaði ljósátu á vetrarstöðvum lunda um 50%¹, og hefur mögulega lækkað lífslíkur þeirra að vetrarlagi. Þetta er hugsanlega hluti skýringarinnar á því hvað sjávarhiti hefur gríðarlega sterk áhrif á lundastofninn en um 72% breytileika í viðkomu lunda skýrist með breytingum í sjávarhita við Vestmannaeyjar frá 1880 til 2008². Hækkun eða lækkun sjávaryfirborðshita um 1°C lækkar viðkomu lunda um 55%, en ekki er ljóst hver hlutdeild þessara tveggja þátta er í fækkuninni. Unnið er að mæla líftölur úr merkingagögnum í þeirri von að varpa frekara ljósi á hlutdeild dánartölu að vetrarlagi. Léleg afkoma sandsíla við sunnanvert landið 2005-2010 virðist tengjast seinkun á þörungablóma á Selvogsbanka og líklegum neikvæðum áhrifum á líflíkur og vöxt lirfa margra tegunda sem hrygna að vori (sandsíli þar á meðal). Þetta virðist ekki hafa gerst áður, en unnið er að greiningu orsaka og afleiðinga hennar á vistkerfið í heild, og virðist tímasetning lundavarps vera góður áviti á þetta ferli. Lokið hefur verið við að greina fæðuljósmyndir úr öllum vöktunarbyggðunum frá 2011 og virðist víðast hvar magn sandsíla tengjast jákvætt viðkomu, en úrvinnsla er yfirstandandi. Hafin er þróun við könnun og mælingar á stærð og þéttleika varphola lundabyggða með dróna myndatökum. **Veiðiráðgjöf.** Veiðar á 3.062.125 lundum árabilið 1995-2022 hafa verið ósjálfbærar og aukið stofnfækkun til viðbótar vegna náttúrlegra orsaka. Lagt er til stöðvun veiða þar til stofnvöxtur er nægjanlegur fyrir náttúruleg afföll og hóflega veiði. Líklegt er að sölubann stuðli að hóflegri veiðiháttum. Endurskoða þarf skil á veiðitölum, og útgáfu hlunnindaveiðikorta.

Efnisyfirlit

Samantekt	2
Efnisyfirlit	3
Inngangur	4
Meginmarkmið	4
Stofngerð	4
Aldurssamsetning veiði	5
Greining veiðisögu	9
Veiðitölur 1898-1941	9
Veiðitölur 1995-2022	14
Stofnþróun 1995-2022	20
Stofnvaxtarspá 2022-2032	23
Áræðanleiki veiðitala	25
Veiðiráðgjöf	27
Vöktun viðkomu	27
Viðkoma eftir landshlutum	31
Vöktun líftala	37
Válistaflokkun	38
Vöktun fæðu	39
Lundatal Íslands	46
Könnun vetrarstöðva	47
Könnun fellistöðva og fellitíma	49
Kynning niðurstaða	50
Ráðstefnur	50
Rannsóknasamstarf	50
Þakkir	53
Heimildir	53

Inngangur

Náttúrustofa Suðurlands veitir stjórnvöldum og landeigendum veiðiráðgjöf sem er grundvölluð á stofnvöktun lunda og 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 fyrirbyggjandi niðurstöður vöktunar 2023 ásamt eldri gögnum. Skýrslan er skrifuð til að uppfylla samning milli Umhverfisstofnunar og Náttúrustofu Suðurlands frá 24. Apríl 2020 um fjármögnun stofnvöktunar á lunda 2020-2022 ^{3,4} og var framlengdur til og með 2024, og er Erpur Snær Hansen verkefnisstjóri.

Öll gögn sem hefur verið safnað í stofnvöktun lunda eru varðveitt á Náttúrustofu Suðurlands og útgefin gögn aðgengileg á: www.nattsud.is ⁵⁻⁸ og á vef Umhverfisstofnunar www.ust.is.

Meginmarkmið

Vöktun á lundastofninum hefur þrjú meginmarkmið. 1. Lýsing stofngerðar. 2. Vöktun á stofnbreytingum (viðkomu og líftölum). 3. Mat á hlutdeild veiða og umhverfis í stofnstærðarbreytingum í Leslie stofnlíkani. Stofnþróun 1995-2022 er hefur verið greind með stofnlíkani.

Stofngerð

Hér eru tekin saman tiltæk gögn og sett fram röksemdafærsla fyrir því að við Ísland verpi einn lundastofn sem er ekki einangraður milli landshluta og „veiðistofn“ sem er 75% samsettur af 2-4 ára ungfuglum frá öllum landshlutum. Stofnerfðafræðilegur samanburður á F_{st} (E: „inbreeding coefficient“) milli landshluta (Vestmannaeyjar, Breiðafjörður, Grímsey og Papey) sýnir að tíðni genasamsæta innan landsvæða er mjög áþekkt ($F_{st} = 0,000-0,001$), eða stofnerfðafræðilega sami stofn án erfðafræðilegrar einangrunar⁹. Í stuttu máli má lýsa æfi Íslenskra lunda þannig að eftir að ungin yfirgefur holuna í lok varptímans fara þeir til Grand Banks við Nýfundnaland, a.m.k. að einhverjum hluta, en fækkar þar í desember. Ekki er ljóst hvort þeir færa sig fjær landi (um svipað leiti og varpfuglar yfirgefa Labradorhaf og fljúga suður á slóðir Heljargjár í Atlantshafshryggnum) eða hvort svartfuglaveiðin við Nýfundnaland breytist á þessum tíma og fram á vor. Allavega sjást þeir ekki í lundavörpum og veiði fyrr en 2 ára gamlir, og líklega ekki nema 0,33-0,5 af hverjum tveggja ára árgangi heimsækja vörpin. Þriggja ára fuglar eru algengastir í veiði og fjögurra ára þar á eftir bæði hérlandis og í Færeyjum¹⁰. Líklegt er stór hluti þessara árganga heimsæki

lundabyggðirnar. Um 75% kvenlunda hefja varp fimm ára að jafnaði, og allar sex ára hafa hafið varp. Lundi heldur tryggð við varpstað ævilangt. Hinsvegar settust einungis um 38% fugla að í fæðingarbyggð sinni, en hinir annarsstaðar¹¹. Aldurshlutföll í veiði sýna að tveggja ára fuglar veiðast minna þar sem fæðuframboð er lítið (lágur varpárangur), og öfugt. Hlutfall tveggja og þriggja ára fugla lækkaði í veiði bæði norðan og sunnanlands í viðvarandi viðkomubresti sunnanlands (Tafla 1). Þessi lækkun endurspeglar verulegt flakk og blöndun ungfugla milli landshluta. Einnig er sterk fylgni í veiði milli svæða bæði fyrr og nú sem endurspeglar sameiginlegan veiðistofn ungfugla sem ferðast mikið landshluta á milli. Frumniðurstöður svonefndra Catch-Curve greininga á merkingagögnum sýna um það

bil helmingur ungfugla merktra sem pysjur hverfa frá merkingastað fyrir fullt og allt og setjast að annarsstaðar. Merkingar (að mestu í Vestmannaeyjum) sýna beint að ungfuglar ferðast víða innanlands (2. Mynd), og töluvert til Færeyja (sjá Mynd 16).

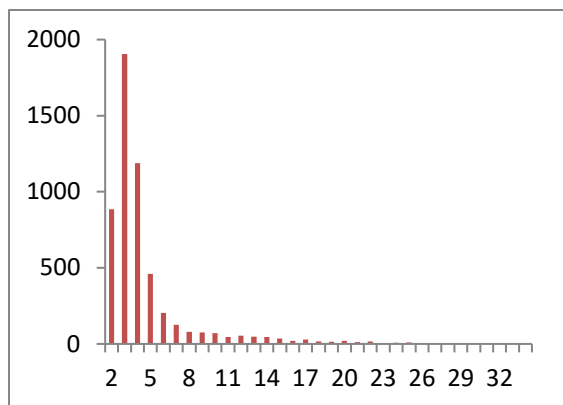


Lundakippa © Cornelius Schlawe

Aldurssamsetning veiði

Samtals hafa 20.555 fuglar í afla veiðimanna verið aldursgreindir með því að telja grópir í goggi fuglanna frá 1996¹². 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 1961-1982¹³. Í Eyjum voru að jafnaði til helminga tveggja og þriggja ára fuglar annarsvegar og fjögurra ára og eldri hinsvegar (tafla 1). Þetta er viðmið sem byggir á þekktri aldurssamsetningu (fugla merktra sem pysjur) í veiði á stofnvaxtarskeiði.



1. Mynd. Aldursdreifing 5389 lunda merktra sem pysjur í Vestmannaeyjum og endurheimtir í veiði. 75% kvenfugla hefja varp 5 ára og allar 6 ára hafa hafið varp.

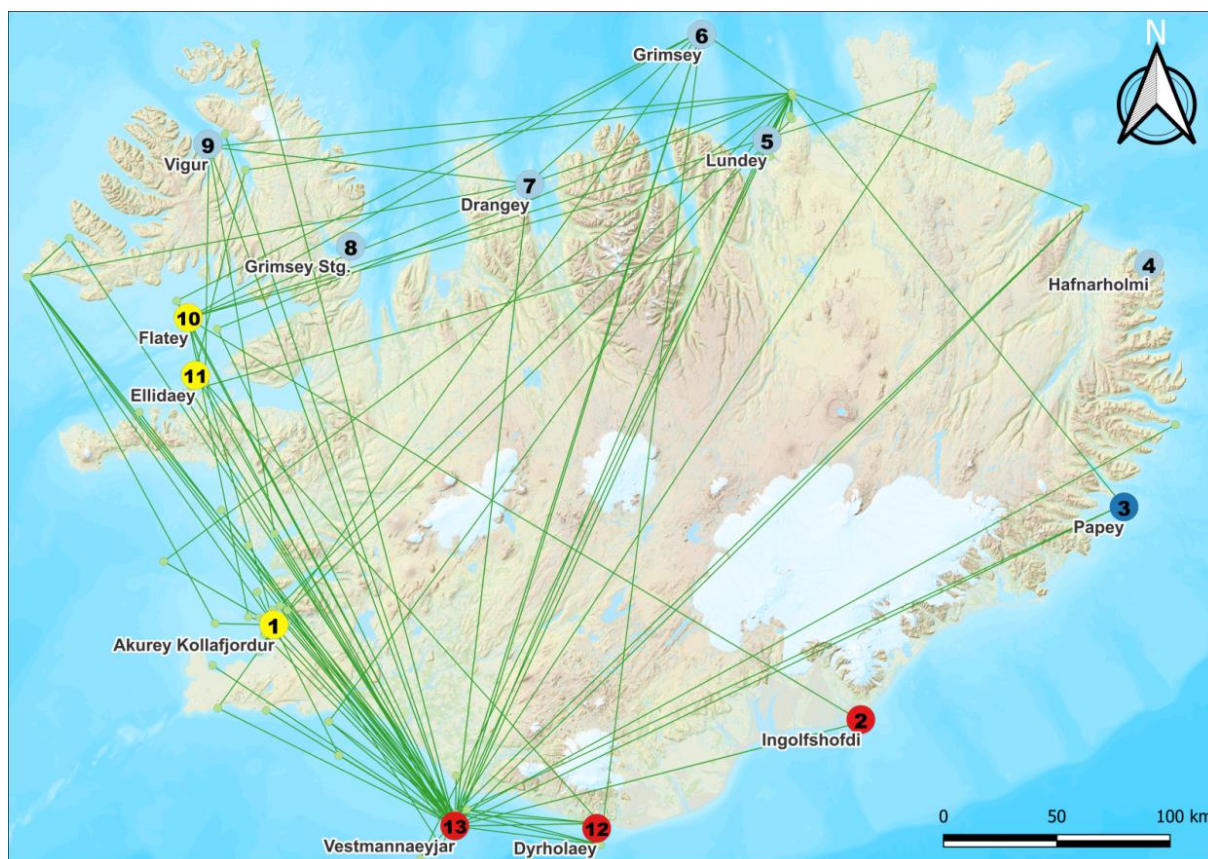
Engir fuglar voru aldursgreindir árin 2021-23. Hlutfall ungfugla yfir tímabilið 2007-2014 í Vestmannaeyjum hefur verið marktækt lægra en viðmiðið, árið 2015 var það marktækt hærra, og ómarktækt frábrugðið viðmiði árin 2016, 2018-19. Árið 2020 var marktækt hærra hlutfall af 2-3 ára fuglum en viðmiðið (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 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. Lágst 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. Sömu leiðis 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 1. 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 Vestmannaeyjum (1961-1982) með Z-prófi, marktækni er táknuð: *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$; og ***: $P < 0.001$.

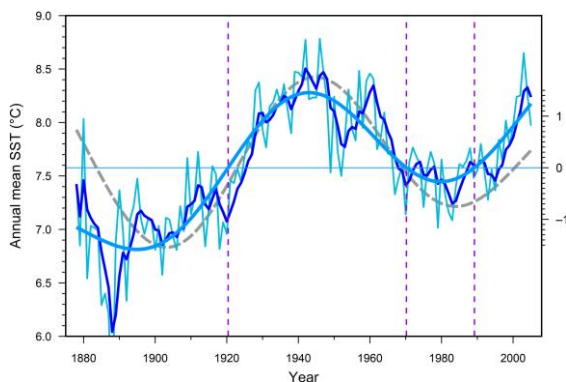
Staður	Ár	2 ára		3 ára		4+ ára		Samtals	Z
		%	n	%	n	%	n		
Eyjar [17]	1961-1982	18,7	810	33,2	1443	48,1	2087	4340	
Eyjar [18]	1996	22	161	38,7	283	39	286	733	-4,346***
Eyjar	1999	14,8	71	49,8	188	45,9	220	479	-0,897
Eyjar	2007	1,2	43	44,8	1564	54	1886	3493	5,197***
Eyjar	2008	0,9	57	4,6	301	94,5	6152	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***



2. Mynd. Staðsetning rannsóknabyggða og ferðir lunda innanlands (>18 km) samkvæmt merkingum árabilið 1923-2016 (gagnagrunnur Náttúrufræðistofnunar Íslands). Heimsóknaröð (frá 2017) rannsóknabyggða fylgir númeraröð: 1. Akurey, 2. Ingólfshöfði, 3. Papey, 4. Borgarfjörður eystri (Hafnarhólmi), 5. Lundey á Skjálfanda, 6. Grímsey. 7. Drangey, 8. Grímsey á Steingrímsfirði., 9. Vigur í Ísafjarðardjúpi, 10. Flatey á Breiðafirði (Hádegishólmi, hófst 2023), 11. Elliðaey á Breiðafirði, 12. Dyrhólaey (hófst 2012), 13. Vestmannaeyjar (hófst 2007). Afmörkun fjögurra strandvæða er sýnd með litum og markast af Reykjanestá, Bjargtöngum, Glettinganesi og Eystrahorni.

Greining veiðisögu

Veiðitölur voru teknar saman fyrir Vestmannaeyjar 1880-2008, og sýna sterkt samband á milli lundaveiði og sjávarhita við Vestmannaeyjar, en þetta samband rofnar um 2005, sem er vísbending um nýleg og sterk áhrif annarra þátta². Niðurstöðurnar sýna jafnframt að lundaveiði er sjálfbær á kuldaskiðum AMO mynstursins, en ósjálfbær á hlýskíðum þess. Lengd þessara skíða er breytileg en vara oft í um 35 ár hvor. Núverandi hlýskíð hófst 1995, og má ef til vill búast við að „næsta“ kuldaskíð hefjist um 2030. Veiði í öllum landshlutum sýnir sterka fylgni bæði fyrr (1898-1941) og nú (1995-2022, sjá hér á eftir) og endurspeglar Vestmannaeyjagögnin því breytingar á landsvísu.



2. Mynd. Samband lundaveiði í Vestmannaeyjum (grá brotalína, ferli snúið við, og sjávarhita bláar línur, sýndar með mismunandi löngum hlaupandi meðaltölum)².

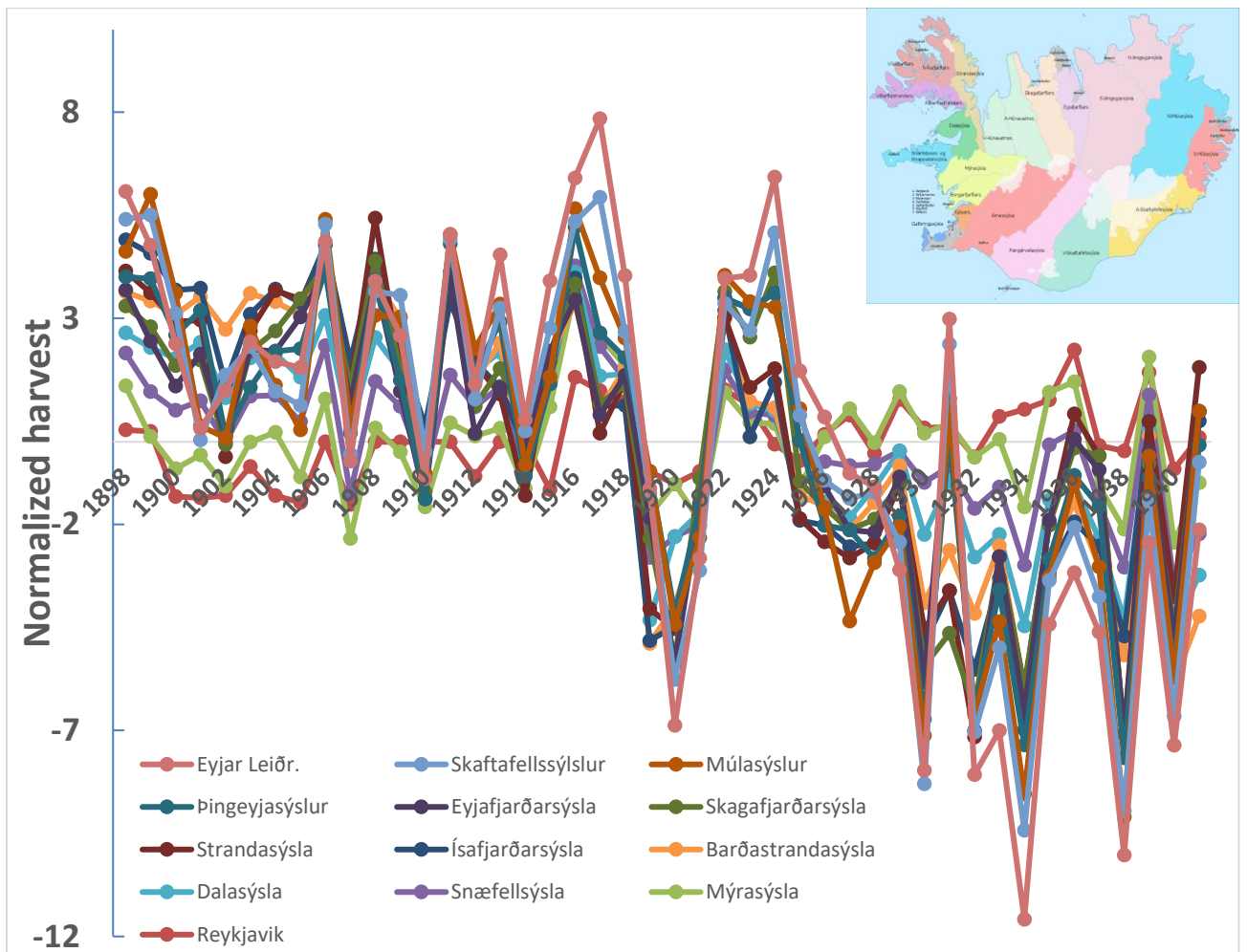
Veiðitölur 1898-1941

Teknar hafa verið saman veiðitölur úr hlunnindaskýrslum fyrir 13 sýslur 1898-1941 (Múla- og Skaftafellssýslur sameinaðar), sjá 3. Mynd². Tekið skal fram að greflaveiði á ungum var sumstaðar ráðandi veiðiaðferð framan af öldinni, til dæmis á Breiðafirði, en einnig áttu sér stað miklir svæðabundnir fólksflutningar (breyting á sókn), sem hvorutveggja torveldar túlkun. Gerðar voru tímaraðagreiningar á þessum gögnum til að kanna tengsl veiða og breytingar í tíma og rúmi meðal annars til samanburðar við veiði síðustu áratugi. Athugað var hvort hægt sé að lýsa þessum tímaröðum með tveim leitnivísitölum og einfalda þannig frekari úrvinnslu þeirra. Lögð er áhersla á að þetta eru frumathuganir og ber að skoðast sem slíkar. Fylgt var aðferðafræði Zuur ofl. (2007)¹⁴ og allar greiningar gerðar í hugbúnaðinum Brodgar (<https://www.highstat.com/index.php/brodgar2>). (1) **Dynamic Factor Analysis (DFA)** greining sem dregur saman mestan breytileika sem allar tímaraðir eiga sameiginlegar í tvær leitnivísitölur (E: Factors), margir ferlar er þannig smættaðir saman í tvo sem auðveldar að skoða í hverju munur á milli byggða felst.

(2) **Víxlfylgni (E: Cross Correlation)**, þessi greining gefur hæstu fylgni milli allra

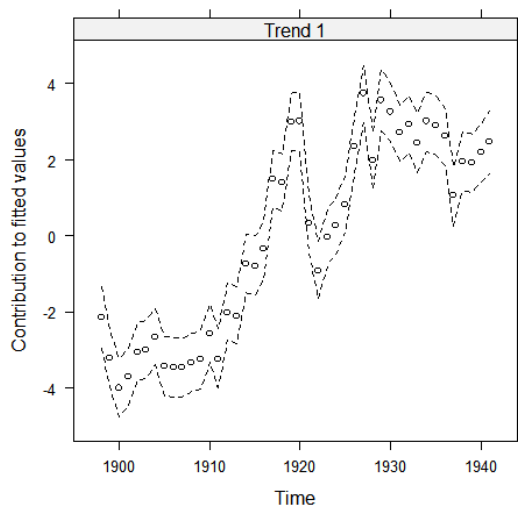
tímaraða og samsvarandi hniki. Fjöldi hnika ræðst af lengd tímaraða. Sjálffylgni (E: autocorrelation) og leifar (E: residuals) voru einnig skoðaðar eftir atvikum. Ekki verður skoðað hér hvaða mögulegu skýringabættir geti búið að baki breytingum að þessu sinni, heldur er lauslega skoðað samband milli veiði í tíma og rúmi með það að markmiði að kanna hvaða svæði tengjast fremur öðrum og á hvaða tímaskala.

(3) **Chronological Clustering.** Var notuð til að skoða hvort tímaraðirnar skiptist í tímabil þar sem eftir breytingum í leitni: Sömu greiningar eru gerðar fyrir veiðitölur frá Umhverfisstofnun 1995-2021 sem er skipt í sex veiðisvæði (frá 1998), og einnig á viðkomu í öllum 12 rannsóknabyggðum í stofnvöktunar lunda 2010-2023.

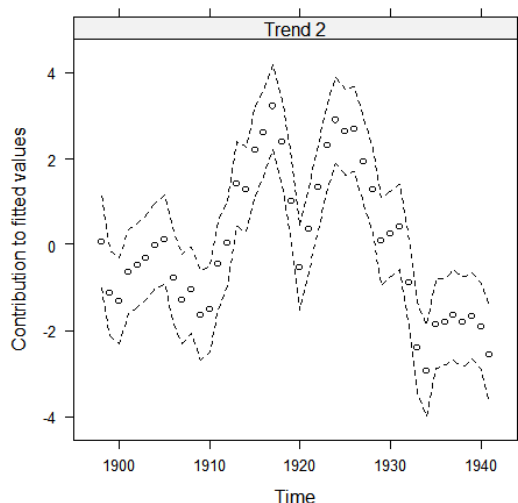


3. Mynd. Stöðluð veiði (Normalized, einingalaus) í 13 „sýslum“ (sjá innfellt kort) árabilið 1898-1941 samkvæmt hlunninda & hagskýrslum ². Hlýskeyð AMO hefst um 1930

Byrjað var á að gera DFA greiningu á öllum tímaröðunum með það markmið að finna „leitnivísitölur“ sem lýsa sem mestum hluta breytileika allra tímaraðanna. Tveir ferlar höfðu mest upplýsingagildi (lægst AIC gildi).



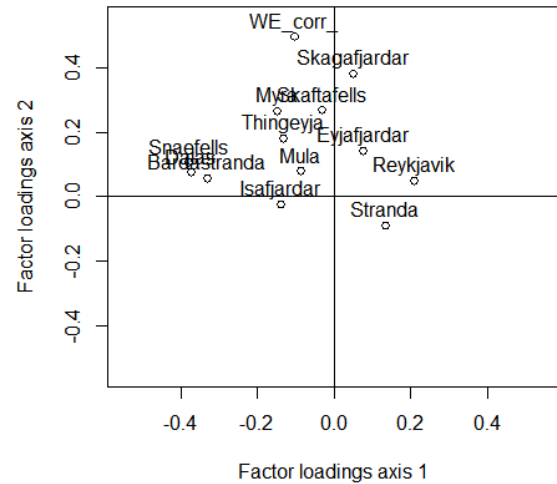
4. Mynd. 1. Leitnivísitala (E: Factor 1).



5. Mynd. 2. Leitnivísitala (E: Factor 2).

Báðar vísitölurnar aukast í byrjun og ná toppi fyrir um 1920, falla hratt fram til um 1925, en eftir það helst Vísitala 1 há, en

Vísitala 2 fellur hratt til um 1935 og helst svipuð til 1941 (myndir 3 og 4).



6. Mynd. „Factor loadings“ sýna að hve miklu leyti hver tímaröð fylgir hvorri leitnivísitölu. Gildi við núll sýnir enga fylgni, mínustölur neikvæða fylgni, og svo framvegis.

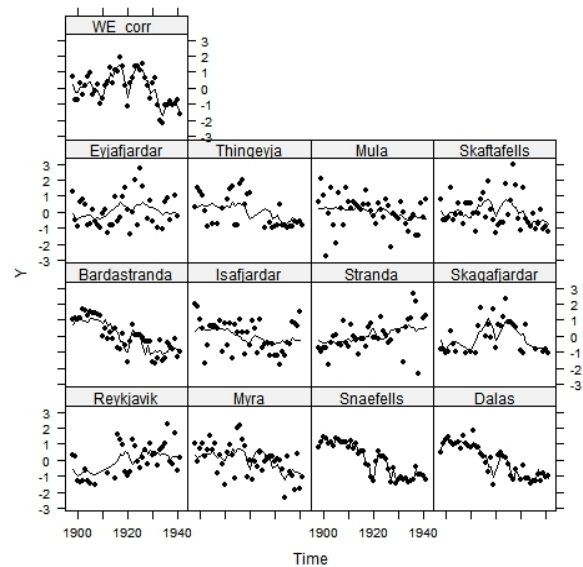
Leitnivísitölur (6. mynd) sýna að Breiðafjarðar-sýslurnar þrjár eru mjög áþekkar og hafa mesta neikvæða leitni með leitnivísitölu 1, sem líklega stafar af samdrætti í sókn vegna fólksflutninga frá Breiðafjarðareyjum á milli stríða. Aðrar sýslur raðast ýmist neikvætt eða jákvætt eftir leitnivísitölu 1, sama má segja um leitnivísitölu 2, en flest svæðin sýna jákvæða leitni með henni, Vestmannaeyjar mest en Standasýsla minnst.

Reiknuð var Webster kúrfa fyrir þessar tímaraðir (7. Mynd), en þessi aðferð sýnir hvenær margar tímaraðir sýna ósamfeldni samtímis, sem getur verið vísbending um almennar breytingar í leitni, tveir stórir toppar og koppar árin 1900, 1914, 1920 og 1927 eru vísbendingar um slíkar breytingar.



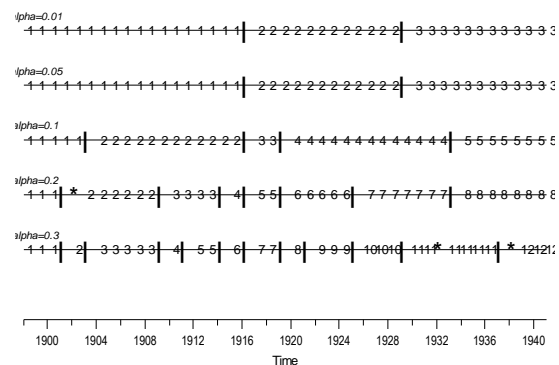
7. Mynd. „Webster“ kúrfa. Þessi aðferð er notuð til að leita að „ósamfeldni“ (E: discontinuities) í mörgum tímaröðum samtímis.

Rétt er að taka fram að úrvinnsla er nýhafin og töluverð vinna eftir til að greina þessi gögn frekar. Vonir standa til að greina hugsanlega mynstur í ferðaháttum ungfugla og tímabil þar sem miklar breytingar verða, en það verður að bíða betri tíma að skoða hvað geti hugsanlega búið þar að baki.



8. Mynd. Spágildi byggð á báðum leitnivísitölunum úr DFA greiningu sýnd með ferlum og gögn með punktum. DFA virðist lýsa þokkalega leitni í flestum sýslum.

Chronological clustering



9. Mynd. Niðurstöður CC með mismunandi alfa gildi, smæstu alfa gildin sýna almennar breytingar í tímaröðunum, en eftir því sem þau eru hærri því næmari verður skiptingin í tímabil þar sem breytingar verða á tímaröðunum. Árin 1916 og 1929 verða umskipti í tímaröðunum.

2. Tafla. Niðurstöður úr víxl fylgni (E: Cross Correlation) milli lundaveiði í 13 sýslum samkvæmt hlunnindaskýrslum árabilið 1898-1941². Efri hluti sýnir hæstu Pearson fylgnistuðla, og neðri hluti sýnir hnikaðan áramun milli sýsla þegar fylgni er hæst. Grá skygging táknar að fylgnistuðullinn er tölfræðilega marktækur ($P < 0,05$), en hvítt ómarktækni. Neikvæðar tölur er sýndar með bláum font.

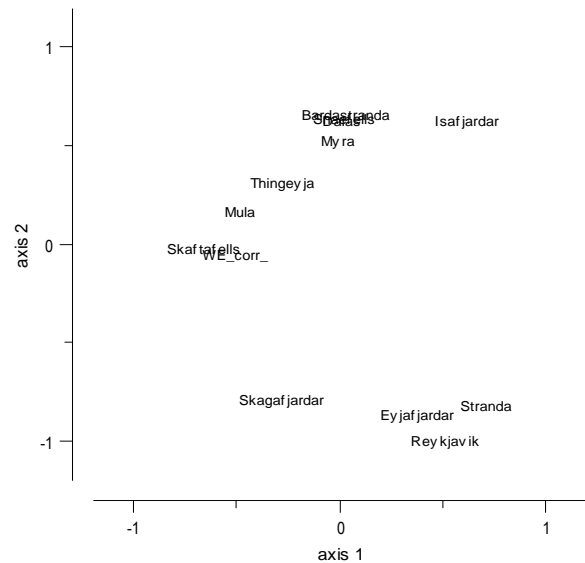
	Reyk	Myra	Snæ	Dala	Barða	Ísaf	Strand	Skaga	Eyjaf	Þing	Múla	Skaft	Ve_C
Reyk	0	0.39	0.61	-0.64	-0.58	-0.49	0.49	0.42	0.31	-0.42	-0.32	-0.32	-0.34
Mýra	-4	0	0.49	0.62	0.4	0.35	-0.41	-0.21	-0.26	0.52	0.21	0.3	0.54
Snæ	-3	2	0	0.93	0.86	0.43	-0.45	-0.5	-0.27	0.51	0.32	0.34	0.45
Dala	-3	4	0	0	0.81	0.47	-0.43	-0.49	-0.26	0.53	0.29	0.37	0.47
Barða	-2	3	0	0	0	0.41	-0.44	-0.44	-0.44	0.51	0.32	0.33	0.32
Ísa	4	5	2	4	3	0	-0.32	-0.54	-0.27	0.47	0.26	-0.32	-0.45
Strand	-1	1	-1	-3	1	-5	0	0.3	0.27	-0.36	-0.43	-0.35	-0.33
Skaga	3	5	5	3	3	4	2	0	0.6	0.57	0.27	0.47	0.62
Eyjaf	-2	-5	-5	1	-5	5	-2	-1	0	-0.42	-0.25	-0.34	0.21
Þing	3	4	5	-5	5	-1	1	5	-4	0	0.52	0.26	0.72
Múla	2	5	-4	-2	-4	1	3	3	-4	2	0	0.3	0.38
Skaft	-3	1	-3	-3	-2	4	0	-3	3	-4	-2	0	0.5
Ve_C	-3	0	-2	-3	-3	5	2	1	1	-5	-5	1	0

Meirihluti tímaraðana sýna marktæka fylgni sín á milli, aðeins 17 tilfelli af 78 eru ómarktæk, 13 af þeim tilheyra tveim sýslum Eyjafjarðar- og Múlasýslum. Mögulegt er að lítil veiði á þessum tveim svæðum sé um að kenna. Veiði fylgist sem sagt að milli sýsla, en oftast með hniki. Fylgni er neikvæð í 32 skipti, og jákvæð í 45 skipti. 29 hník voru neikvæð, 38 jákvæð, og fimm með núll hníkun eða hæsta fylgni sama árið. Hámarks hník liggja frá á bilinu - 5 til 5 ár sem er nokkuð breitt bil. Greinileg mynstur má sjá í töflu 2, en til einföldunar á þeim eru niðurstöðurnar dregnar saman í tvær víddir með „Multidimensional

Scaling“ (sjá 10. Mynd). Þessi aðferð lýsir hvaða tímaraðir eru svipaðar, og hverjar ólíkar, eftir staðsetningu í tveimur víddum. Vídd 2 aðgreinir tímaraðirnar í tvo hópa, fyrir ofan og neðan núllið. Fjórar sýslur (Stranda-, Skaga-, Eyjafjarðar- og Reykjavík) eru neðan núlls, og eiga allar sameiginlegt að hafa neikvæða fylgni við flestar hinar tímaraðirnar, veiði þar minnkar eða eykst öfugt við hinar sýslurnar, en jákvæða fylgni sín á milli. Hið gagnstæða á við um sýslurnar ofan við núllið í vídd 2, þær sýna að mestu jákvæða fylgni við aðrar sýslur, en neikvæða fylgni við sýslurnar undir núllinu í vídd 2. Vídd 1 dregur saman sýslurnar eftir

stærð og formerki hnika. Hér er ekki ætlunin að fullgreina þessi gögn enda af nógu af taka, en segja má að þessi gögn sýni sterk tengsl í bæði tíma og rúmi. Taka þarf tillit til breytinga á sókn, t.d. fólksfjölgun í Reykjavík, og fólksfækkun milli stríða í Breiðafirði, sem leyfir ekki aðgreiningu frá náttúrulegum ferlum. Einnig var stunduð greflaveiði á Breiðafirði og víðar, en mest háfaveiði annarsstaðar. Svo eitt dæmi sé tekið, þá sýna Vestmannaeyjar jákvæða fylgni við allar sýslur nema Reykjavík, Ísafjarðar- og Strandasýslu, en með töluverðum mun á hniki, eða -3, 5 og 3 ára mun. -2 til -3 ára hnik við Breiðafjarðarsýslurnar þrjár. Núll hnik við Mýrasýslu, 1 árs hnik við Skaga-, Eyjafjarðar- og Skaftafellsýslur, 2 ára við Strandasýslu og -5 ára hnik við Þing- og Múlasýslur. Hætt er við að oftúlka þessi gögn ef hvert gildi er tekið of bókstaflega eins og hér að ofan, einn af hverjum 20 fylgnistuðlum er marktækur fyrir tilviljun og getur munað litlu á fylgni milli hnika. Ef aðeins er horft á formerki hnika og sýslum með miklum mannfjöldabreytingum sleppt, þá eru Mýra-, Skafta-, Skaga-, Stranda-, og Ísafjarðarsýslur með jákvæðu hniki (0-5), en Þingeyja- og Múlasýslur neikvæðu hniki (-5). Svo virðist sem stærð hnika fylgi að einhverju leyti fjarlægð milli staða, en fyrirhugað er að greina það

formlega með t.d. Mantel prófi eða sambærilegum aðferðum.



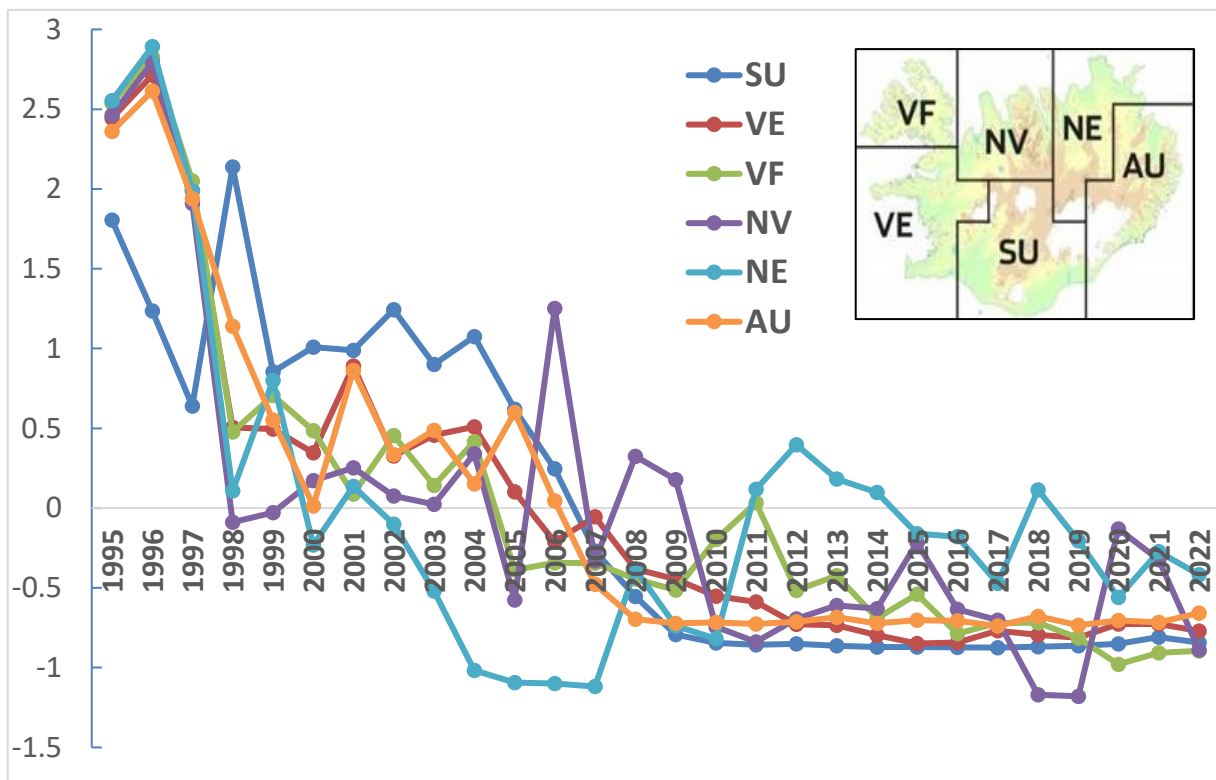
10. Mynd. Fjölvið skölun (Multidimensional scaling, MDS) á víxlfylgni milli allra tímaraðana. Þessi aðferð dregur saman gögnin í tvær víddir og dragast saman sýslur eftir því sem fylgni og stærð hnika eru líkari.

Veiðitölur 1995-2022

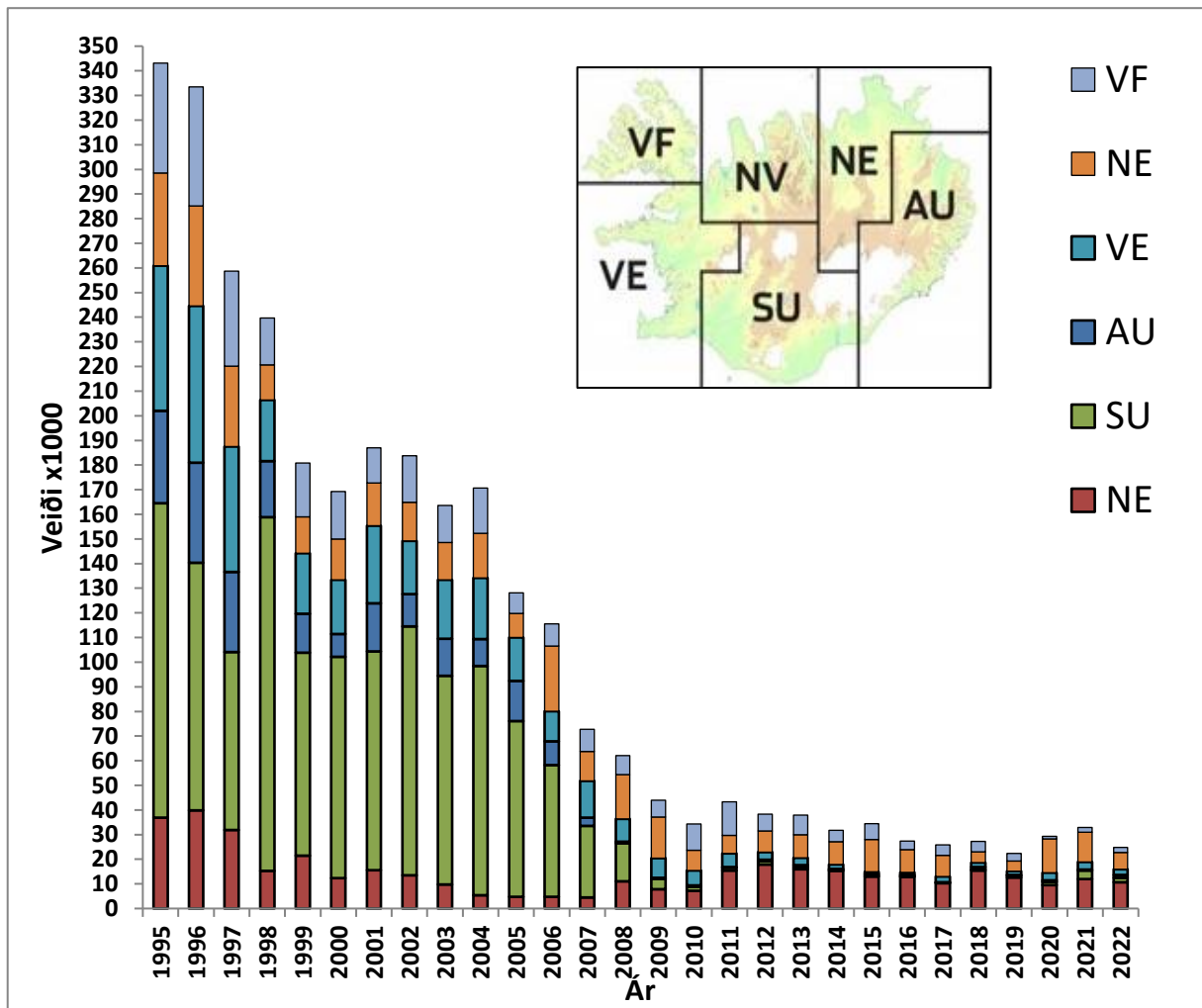
Veiðitölur voru fengnar úr veiðiskýrslum til Umhverfisstofnunar 1995-2021 www.ust.is og úr veiðidagbókum Bjargveiðifélaga Vestmannaeyja. Veiðitölur UST eru sundurliðaðar í sex veiðisvæði frá og með 1998. Veiðitölur til UST fyrir árið 2003 voru eyðilagðar sem mótmæli við rjúpuveiðibanni og voru áætlaðar sem brúað meðaltal veiði árána 2001-2002 og 2004-2005. 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

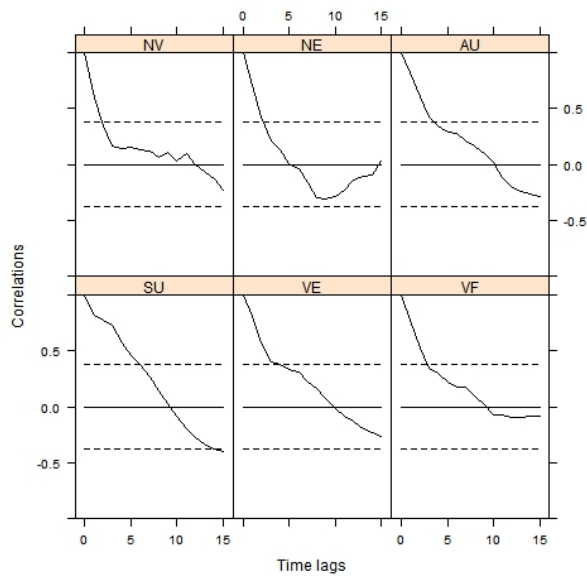
(meðaltal 0,536, staðalfrávik 0,1724). Samkvæmt veiðiskýrslum veiddust 3.062.125 lundar tímabilið 1995-2022, og hefur árleg heildarveiði dregist saman um 92,7% (12. Mynd).



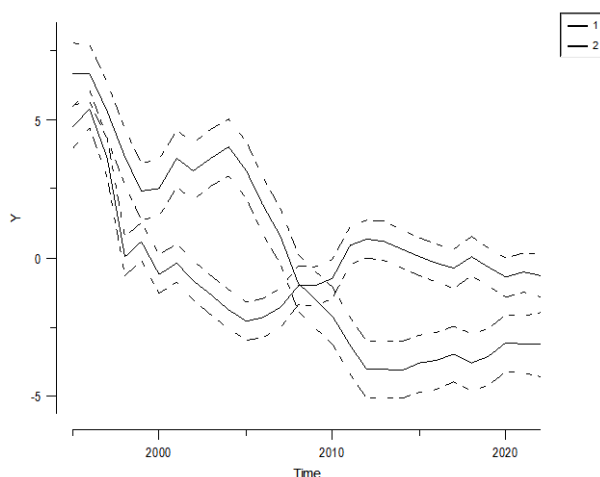
11. Mynd. Stöðluð veiði (E: normalized, einingar í staðalfrávikum) til að auðvelda samanburð á sex veiðisvæðum UST (innfelld kort) frá 1995 til 2022 (meðalhutföll af heild 1998-2002 notuð fyrir 1995-97). Veiðimynstur á NA svæði sker sig frá hinum svæðunum sem almennt lækka 2006-2012. Veiði lækkar þar mikið 2004 og er lægst til um 2008, frá 2012 snýst þetta mynstur við og er veiði þar mest. Veiði eykst á suðursvæði árið 1998, þegar samdráttur verður á öllum hinum svæðunum, og á NV svæði á sama hátt árið 2006. Þetta eru mögulega vísbendingar um þarna hafi verið mesta fæðuframboðið þegar hallæri ríkti annarsstaðar, en ungfuglar sækja líklega fremur eftir meiri fæðu.



12. Mynd. Lundaveiði (H_{obs}). samkvæmt veiðiskýrslum til Umhverfisstofnunar 1995-2022 og Bjargveiðifélögum Vestmannaeyja 1995-2010. Árið 1998 var veiðitölum skipt upp eftir sex veiðisvæðum (sjá innfellt kort). Veiði 1995-1997 var skipt milli veiðisvæða með meðalhluftalli hvers svæðis árabilið 1998-2002. Veiðitölur árið 2003 voru brúaðar sem meðaltal áranna 2001-2 og 2004-5 fyrir hvert veiðisvæði. Þessi mynd sýnir glögglega samdrátt í heildarveiði um 92,7%, sem gerðist á tveimur tímabilum, 1997-1999, og 2005-2010.

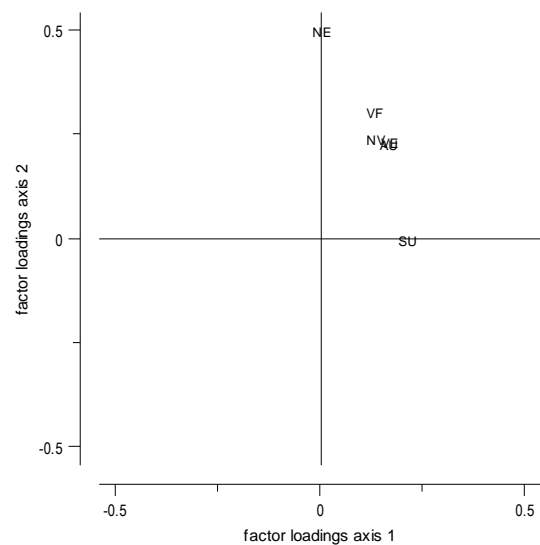


13. Mynd. Sjálffylgni veiði eftir veiðisvæðum UST. Skoðuð er fylgni veiði bið ákveðið ár í senn og allra ára sem á eftir fylgja. Brotalínurnar sýna mörk marktækni, þegar línurnar liggja ofan eða neðan er fylgnin tölfræðilega marktæk. Sjálffylgni er svipuð milli svæða og er marktæk 2-6 árum seinna eftir svæðum. Fallandi ferlar eru vísbendingar um að leitni sé til staðar.

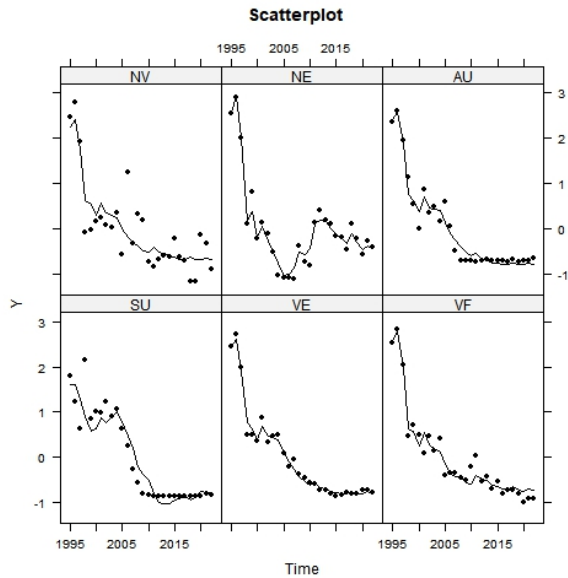


14. Mynd. Ráðandi leitnivísitölur í DFA greiningu á veiði 1995-2022, ásamt 95% öryggismörkum.

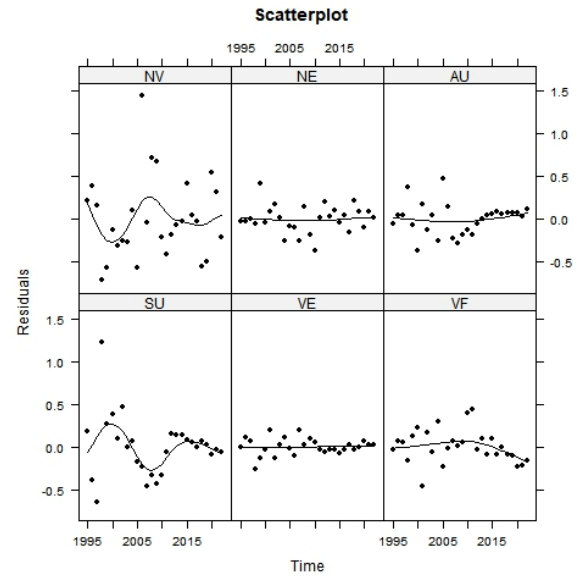
Leitnivísitala 1, sem endurspeglar mestar undirliggjandi breytingar í öllum gagnaröðunum sameiginlega fellur árið 1998 og aftur verulega frá 2006 til 2012 en helst stöðug eftir það. leitnivísitala 2 endurspeglar sterkast veiði á NE svæði sem helst mun hærri 2000-2006, og hækkar eftir það.



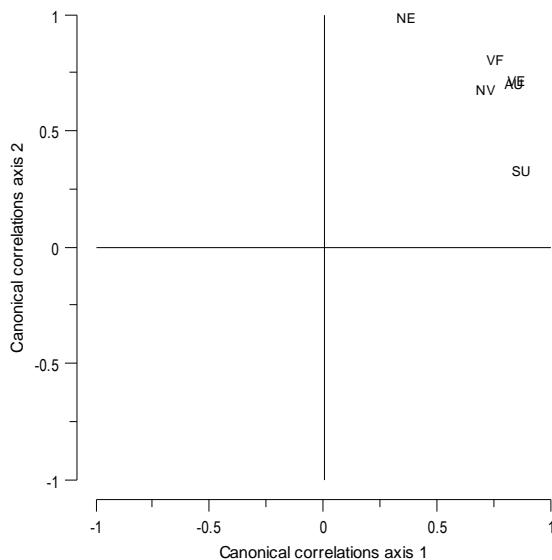
15. Mynd. Tengsl hvernar tímaraðar við báðar leitnivísitölurnar, báðar draga fram sterkan mun á milli NE og SU svæða, 2 tvöfalt meira en 1. Hin svæðin liggja mitt á milli þessara tveggja og fylgja báðum leitnivísitölum áþekkt.



16. Mynd. DFA spágildi sýnd með línunum og gögn með punktum. Aðferðin nær að lýsa veiðisögu allra sex veiðisvæða ágætlega.

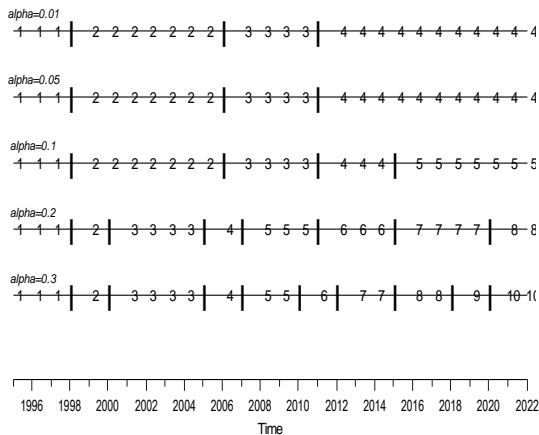


18. Mynd. Leifar sem DFA greiningin skýrir ekki. Almennt veitir þetta sýn á hvort leifarnar séu (ákjósanlega) tilviljana-kenndar sem lýsir sér sem lárétt punktaský. Önnur mynstur eru vísbending um að frekari undirliggjandi mynstur. NV og SU sýna bæði sterk og andhverf frávik. Þetta er vísbending um samverkun, þegar veiði er lægri á öðru svæðinu þá er hún hærrí á hinu og öfugt. Þetta endurspeglar líklega tilflutning ungfugla eða veiðimanna milli svæða, eða hvorutveggja.



17. Mynd. Kórfylgni veiði á hverju veiðisvæði við hvora leitnivísitölu DFA.

Chronological clustering

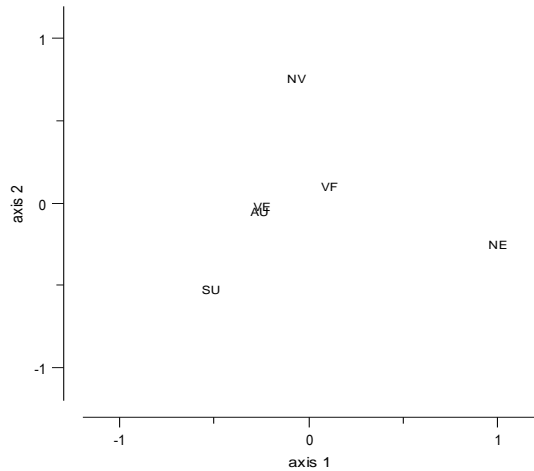


19. Mynd. Niðurstöður úr Chronological Clustering. Þessi tölfræðiaðferð leitar að breytingum meðal allra gagnaraðanna (sýnd með lóðréttum línunum) þannig milli þeirra eru einsleit tímabil sem eru marktækt frábrugðin aðliggjandi tímabilum. Næmni þessarar leitar er ræðst af alfa gildum, lægstu gildin sýna sterkustu breytingarnar sem á við flestar tímaraðirnar en hærri gildi sýna smærri breytingar, t.d. svæðisbundnari. Mikil fækkun árið 1998 verður á öllum svæðum, og önnur stórfækkun hefst árið 2006, en frá og með árinu 2011 hefst núverandi stofnaukning.

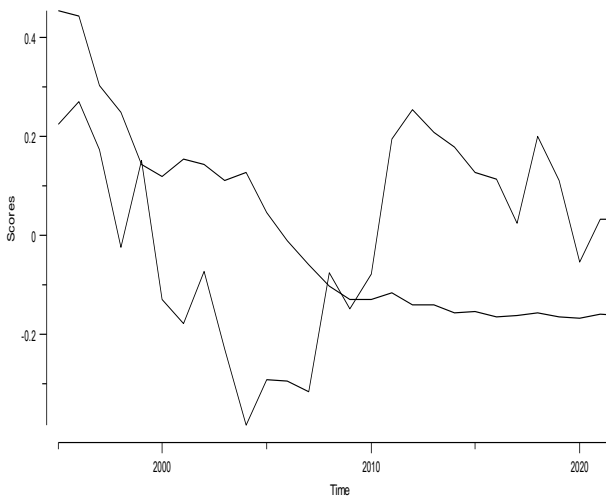
Tafla 3. Víxl fylgni (Cross Correlations) í veiði milli svæða og ára 1995-2022. Efri hluti töflunnar gefur hæsta Pearson fylgnistuðulinn, neðri hlutinn gefur mismun á hniki milli ára þegar fylgni er hæst. Skyggð gildi eru tölfræðilega marktæk ($P < 0,05$).

	SU	VE	VF	NV	NE	AU
SU	0	0,94	0,82	0,72	0,65	0,88
VE	-3	0	0,96	0,88	0,74	0,97
VF	3	0	0	0,86	0,82	0,93
NV	-2	0	0	0	0,68	0,84
NE	3	0	0	0	0	0,74
AU	-3	0	-1	0	0	0

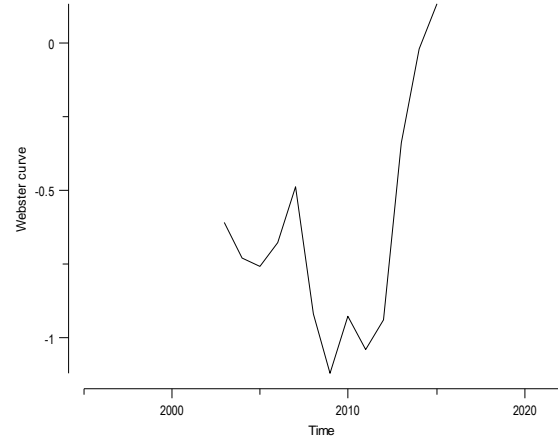
Fylgni í veiði milli veiðisvæða er mjög há, og ávallt jákvæð, og utan SU sterkust sama árið (0), utan ári fyrr milli VF og AU. SU sker sig frá hinum svæðunum þar sem tímasetning fylgni er ýmist fyrr, 3 árum fyrr við AU og VE, 2 árum fyrr við NV, en hinsvegar 3 árum seinna við VF og NE. Mögulega eru þetta vísbendingar um mismun í ferðamynstri ungfugla til og frá Vestmannaeyjum og annarra landshluta, t.d. eftir mismunandi svæðabundnu fæðuframboði, og er fyrirhugað að skoða frekar.



20. Mynd. „Multidimensional Scaling“ samantekt á hámarks víxl fylgni. NE og NV svæði skera mest sig frá hinum svæðunum (sýna minnsta fylgni), SU þar á eftir (með flest hnik), en hin svæðin þrjú eru áþekk.



21. Mynd. Niðurstöður Min/max autocorrelation factor analysis MAFA greiningar. Sjálf fylgni við 1-ás er 0,983 ($P < 0,0001$) og við 2-ás er 0,763 ($P < 0,0001$). Sýnir svipaða leitniferla og DFA.



22. Mynd. Webster kúrfa fyrir veiði 1995-2022. Mestar breytingar verða um 2013 þegar viðkoma tekur að aukast.

Stofnþróun 1995-2022

Leslie stofnlíkan – Stofnvöxtur (λ , lambda)

Leslie fylki var notað til að reikna stofnvöxt lundans með aldursbundnum líftölum og frjósemi kvenfugla (tafla 4). Fylkið var tímasett fyrir varptíma (E: pre-breeding) eða um 20.maí. Líftala fugla á fyrsta ári (S_1) er ekki vel þekkt en mjög 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%¹³ og sýnir einnig fylgni við líkamsþyngd við brottför úr varpholu (sjá fyrri skýrslur: www.nattsud.is). Þetta er vísbending um að breytileiki líftölu á fyrsta ári milli minnstu og stærstu árgangana er um

fimmfaldur og tengdur fæðumagni á ungaríma. Ef hámarks líftala $S_1 = S_a = 0,92$ þá er S_1 lágmarkið um fimmfalt lægra eða um 0,18. Flestar erlendar rannsóknir sýna að líftala lunda er há frá og með öðru aldursári (S_a)¹¹ og er hér notast við mælda líftölu litmerktra varpfugla (S_a) í Stórhöfða, Heimaey 2008-2019 ($0,92 \pm 0,0544$ SE).¹³ Niðurstöður 2020-2023 sýna mikla „lækkun“ líftölu sem endurspeglar ónákvæmni útreikninga vegna fárra fugla sem hafa sést aftur og eru ekki notaðar.

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 einnig 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 eldri³. Veginn **kynþroskaaldur kvenfugla** (α) er 5,89 ár.

Fjöldi varphola er áætlaður í töflu 7, eða 2.679.000, í Vestmannaeyjum eru efri 95% öryggismörk 22% hærri en meðaltalið,

og er holufjöldi hækkaður sem því nemur (3.269,000) til að tryggja hámarkstölu. Reiknað var með að hámarks nýting hola væri eins og meðalábúð norðanlands (83,8%) sem er hátt gildi. Fjöldi geldfugla er reiknaður sem umframfjöldi sem nemur meðalábúð Norðanlands (0,838 egg/holu) sem er hátt gildi, af áætluðum heildarfjölda lundahola á Íslandi. Upphafsstofnstærð árið 1994 var ítruð með Solver í Excel þannig að fjöldi fugla væri nægur til að mældar ábúðartölur stæðust árin 2010-2022, eða 10.655.000 kvenfuglar (eða pör). Tekið skal fram að þessir útreikningar eru endurskoðaðir hér, þar sem í fyrri útreikningum yfirsást að taka takmörkun á viðkomu vegna hámarks holufjölda með í reikninginn. Í upphafi árið 1995 er geldstofn stór eða 52.2%% varpfugla (urpu ekki, sjá 23. Mynd). Gert var ráð fyrir í upphafi (árið 1994) að **aldurssamsetning** stofnsins væri stöðug (E: Stable Age Distribution, SAD), sem gerir mögulegt að reikna hlutfall og þar með fjölda ungfugla (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%. Viðkoma, kynþroskahlutfall (fastar), líftölur og varphlutfall eftir aldri (bæði fastar), auk frádráttar aldursbundinnar veiði (föst hlutföll af helming uppgefinnar veiði til UST, þ.e. kvenfuglar, sjá töflu 1)

voru notuð til að reikna stofnvöxt í Leslie fylki fyrir lundastofninn 1995-2022. Gögn um viðkomu á landsvísu eru tiltæk frá 2010 og var notað vegið meðaltal viðkomu (tafla 8). Viðkoma 2007-2009 var áætluð eins og var mæld í Vestmannaeyjum. Viðkoma 1995-2006 var áætluð þannig að hún fylgi hlutfallslegum breytingum í uppreiknuðum

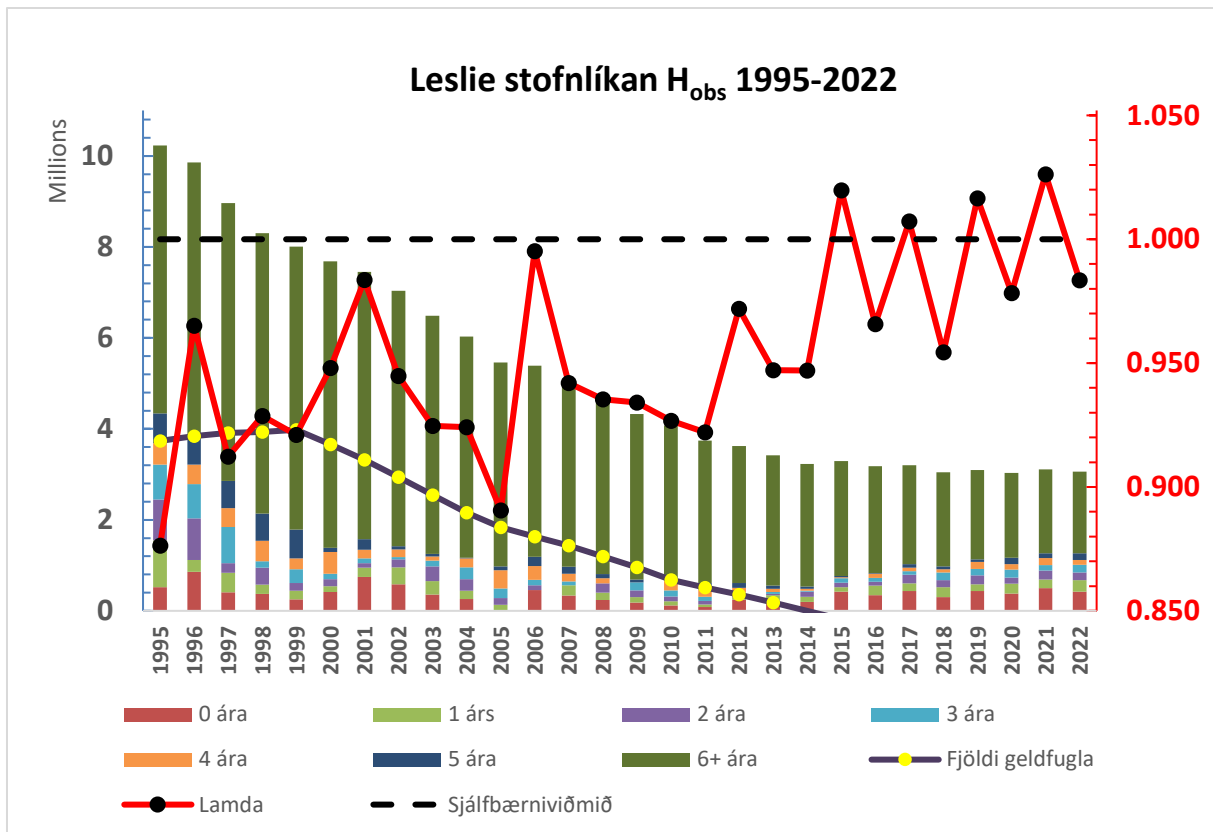
árgangastærðum² stöðluðum: 0-1 með því að deila fjölda stærsta árgangsins (1995) og margfaldað með meðal viðkomu á Norðurlandi (0,678) 2010-2023. Uppgefin veiði er dregin frá hverjum aldurshóp samkvæmt langtímameðaltölum aldurs- hlutfalla frá Vestmannaeyjum (tafla 1).

Tafla 4. Leslie stofnlíkan af íslenska lundastofninum. Sjá skýringar í texta.

Aldur	1	2	3	4	5	6+
F	0	0	$Pb_4 \frac{1}{2}P$	$Pb_4 \frac{1}{2}P$	$Pb_5 \frac{1}{2}P$	$Pb_6 \frac{1}{2}P$
0	0	0	0	0	0	0
1	0,5	0	0	0	0	0
2	0	0,92	0	0	0	0
3	0	0	0,92	0	0	0
4	0	0	0	0,92	0	0
5	0	0	0	0	0,92	0
6+	0	0	0	0	0	0,92



© Richard Lewis



23. Mynd. Stofnþróun lunda við Ísland 1995-2022 samkvæmt Leslie stofnlíkani (vinstri kvarði), sundurliðuð eftir aldurshópum, og stofnvöxtur (λ , rauð lína, hægri kvarði). Stofnvöxtur þarf að vera yfir 1 (svört brotalína) til að veiðar geti talist stofnvistfræðilega sjálfbærar. Heildarstofnstærð hefur dregist saman um 56,4% frá 1995 til 2022. Geldfuglastofn er sýndur með svartri línu og gulum punktum, 1995-2006 var hann áætlaður sem fjöldi kynþroska fugla umfram sem nemur 83,8% ábúð (meðaltal Norðanlands) í 3,027 milljón varpholum, en beinar ábúðarmælingar lagðar til grundvallar eftir það.

Samkvæmt þessum endurútreikningum er minnkun heildarstofnsins 56,4% frá 1995, eða næstum sama og fyrra mat (57%). Stofnvaxtarferillinn breytist hinsvegar talsvert og er undir sjálfbærnimörkum frá 1995 til 2015, þegar stofnvöxtur tók að aukast.

Stofnvaxtarspá 2022-2032

Í skýrslu um stofnvöktun lunda 2020-2022 ([https://nattsud.is/wp-content/uploads/2023/10/2020-2022-Stofnvoktun-lunda-Lokaskýrsla-11.okt .pdf](https://nattsud.is/wp-content/uploads/2023/10/2020-2022-Stofnvoktun-lunda-Lokaskýrsla-11.okt.pdf)) voru settar fram fimm framtíðarspár eða sviðsmyndir sem voru reiknaðar með Leslie stofnlíkani með tilliti

til veiðiálags fyrir tímabilið 2022-2032 (E.

Population Viability Analyss, PVA

<http://ec2-34-243-66-127.eu-west->

1.compute.amazonaws.com/shiny/seabird

[s/PVATool_Nov2022/R/](#)): 1. Án veiða. 2.

Veiði helmingi hærri en uppgefinn ($2H_{obs}$).

3. Veiði sama og uppgefinn (H_{obs}). 4. Veiði

helmingi minni en uppgefinn $0,5H_{obs}$. 5.

Veiði fjórðungur af uppgefinni veiði

$0,25H_{obs}$ (sjá töflu 4). Þessar sviðsmyndir

kanna áhrif mismikilla veiða (þar með talin

möguleg áhrif sölubanns) á stofnþróun

næsta áratug.



© Richard Lewis

Tafla 6. Niðurstöður fimm sviðsmynda um stofnþróun 2022-2032. Gefin eru miðgildi (E: median) stofnstærðar, stofnvaxtar og % stofnbreytingar fyrir lokaárið 2032.

	Án veiða	H_{obs}	$0,25H_{obs}$	$0,5H_{obs}$	$2H_{obs}$
Stofnstærð	5648946	4439793	5517837	5030864	3231567
Neðri 95% Ö.M.	5643236	4379670	5507092	4999213	3108123
Efri 95% Ö.M.	5654597	4502407	5528703	5062189	3355333
Stofnvöxtur (λ)	0.990	0.969	0.988	0.980	0.941
Neðri 95% Ö.M.	0.990	0.968	0.988	0.980	0.938
Efri 95% Ö.M.	0.990	0.970	0.988	0.980	0.945
% Stofnbreyting	-10.1	-29.3	-12.2	-19.9	-48.6



© Richard Lewis



© Richard Lewis

Áræðanleiki veiðitala

Veiði á suðursvæði 1998-2009 (að 2003 undanskildu) var að meðaltali 53,6% (SD 17,24%) samanborið við veiðidagbækur Bjargveiðifélaga Vestmannaeyja. Tæplega helmingur veiðinnar ratar því ekki í veiðiskýrslur til Umhverfisstofnunar. Óneitanlega vaknar sú spurning hvort einhver hluti veiðimanna hafi hvorugt kortið eða tilkynni ekki veiði af einhverjum ástæðum, eða hvort aðrar brotalamir séu einnig til staðar. Það þarf að fara fram endurskoðun á þessu fyrirkomulagi sem allra fyrst til að tryggja að veiðitölur séu sem nákvæmastar.

Grein 20 um nýtingu hlunninda, í lögum um vernd, friðun og veiðar á villtum fuglum og villtum spendýrum nr 64/1994 <https://www.althingi.is/lagas/nuna/1994064.html> segir: „Á takmörkuðum svæðum, þar sem veiði fullvaxinna lunda, álku, langvíu og stuttnefju í háf telst til hlunninda, skulu friðunarákvæði laga þessara ekki vera til fyrirstöðu því að nytja megi þau hlunnindi eftirleiðis. Veiðar þessar hefjist ekki fyrr en 1. júlí og ljúki eigi síðar en 15. ágúst.“

Lundaveiði með háf er þannig skilgreind sem hlunnindaveiði í þessum lögum, enda undanþága frá almennri reglu um

veiðibann á varptíma. Þessum reglum var fylgt eftir með reglugerð nr. 291 (<https://www.reglugerd.is/reglugerdir/allar/nr/291-1995>)

Í 5.grein þessarar reglugerðar segir:

„Ábúendur hlunnindajarða og aðrir rétthafar hefðbundinna hlunninda sem nýta vilja hlunnindi býlanna eða verjast tjóni af völdum villtra dýra geta einir sótt um hlunnindakort eða almennt veiði- og hlunnindakort. Hvert hlunnindakort skal gefið út á nafn eins ábúenda lögbýlis eða rétthafa hlunninda og er hann handhafi kortsins. Ef hlunnindum lögbýla hefur verið skipt formlega skal hver rétthafi hlunninda sækja um hlunnindakort.

Hlunnindakort gilda fyrir eiganda eða ábúanda og það fólk sem honum er nauðsynlegt að hafa með sér við nýtingu hlunninda og verjast tjóni af völdum villtra dýra. Handhafi hlunnindakorts er ábyrgur fyrir framkvæmd veiðanna og að sjá um að útfylla veiðiskýrslu.

Sé hlunnindaréttur í eigu sveitarfélags, hlutafélags eða félagasamtaka þarf hver sá sem nýtir hlunnindi að hafa hlunnindakort og skila veiðiskýrslu.

Þegar hlunnindaréttur er í eigu sveitarfélags er veiðistjóra heimilt með sérstökum samningi að fela sveitarstjórn útgáfu hlunnindakorta sbr. 4. gr. til þeirra sem hlunnindin nýta, innheimtu gjalda fyrir hlunnindakort skv. 6. gr. og skil á veiðiskýrslum skv. 7. og 8. grein.

Við útgáfu hlunnindakorts skal ávallt liggja fyrir staðfesting á rétti umsækjanda til hlunnindanýtingar og skal eigandi afla staðfestingar viðkomandi sveitarstjórnar eða sýslumanns á rétti sínum.“

Vorið 2023 var óskað var eftir tölum um fjölda útgefinna hlunnindakorta frá upphafi), en Umhverfisstofnun hefur enn ekki svarað þessari beiðni. Bjarni Pálsson hjá UST upplýsti í símtali í haustið 2023 að strax í upphafi þegar kerfið var sett á árið 1995 hafi hefðbundið veiðikort verið tekið jafngilt hlunnindakorti að hálfu UST. Þessi túlkun UST hefur þannig opnað „hlunnindaveiðar“ fyrir öllum veiðikorthöfum, sem er erfitt að sjá að samræmist þeim lögum og reglum sem hér eru týndar til. Það er rétt að árétta að hlunnindaveiðar eru skilgreindar samkvæmt lögum sem hlunnindi landeigenda og því leyfi til veiða bundin ákveðnum stað, en þessi útfærsla UST hefur í raun afnumið takmörkun við að veiða á ákveðnum hlunnindasvæðum. Þessar brotalamir hafa galopnað fyrir aðgengi atvinnuveiðimanna (sölu í hagnaðarskyni). Einnig er spurning lundabyggðir um þar sem veiðar hafa aldrei verið stundaðar (með leyfi landeigenda) og teljast því ekki „hefðbundin“ hlunnindi, til dæmis í Málmey á Skagafirði sem er í

ríkiseigu. Það er löngu tímabært að endurskoða þessar reglur með það að markmiði að tryggja að veiðitölur séu áreiðanlegar, sem er grundvöllur allrar veiðistjórnunar eða mati á áhrifum veiða.

Veiðiráðgjöf

Frá 1995 til 2022 hafa 3.062.125 lundar verið veiddir hérlandis meðan veiðar hafa verið stofnvistfræðilega ósjálfbærar frá 1997^{15,16}. Stofnlíkan bendir til að heildarstofninn hafi minnkað um 56,4% milli 1995-2022 (Mynd 23). Sviðsmyndir með tilliti til mismunandi veiðiálags 2022-2032 sýna allar stofnfækkun, í réttu hlutfalli við veiðiálag, en um 10% stofnfækkun er spáð án veiða. 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 auka fækkun enn frekar¹⁷. Líklegt er að veiðar verði áfram ósjálfbærar næsta áratug og hafi veruleg neikvæð áhrif á stofnvöxt. Að þessu sögðu er lagt til veiðibann þar til meðalstofnvöxtur hefur náð yfir sjálfbærnimörk. Sölubann myndi stöðva eða draga verulega úr atvinnuveiðum (sölu

á afla) sem eru umtalsverðar, en taka þarf saman hlutdeild atvinnuveiða af heildarveiði.

Vöktun viðkomu

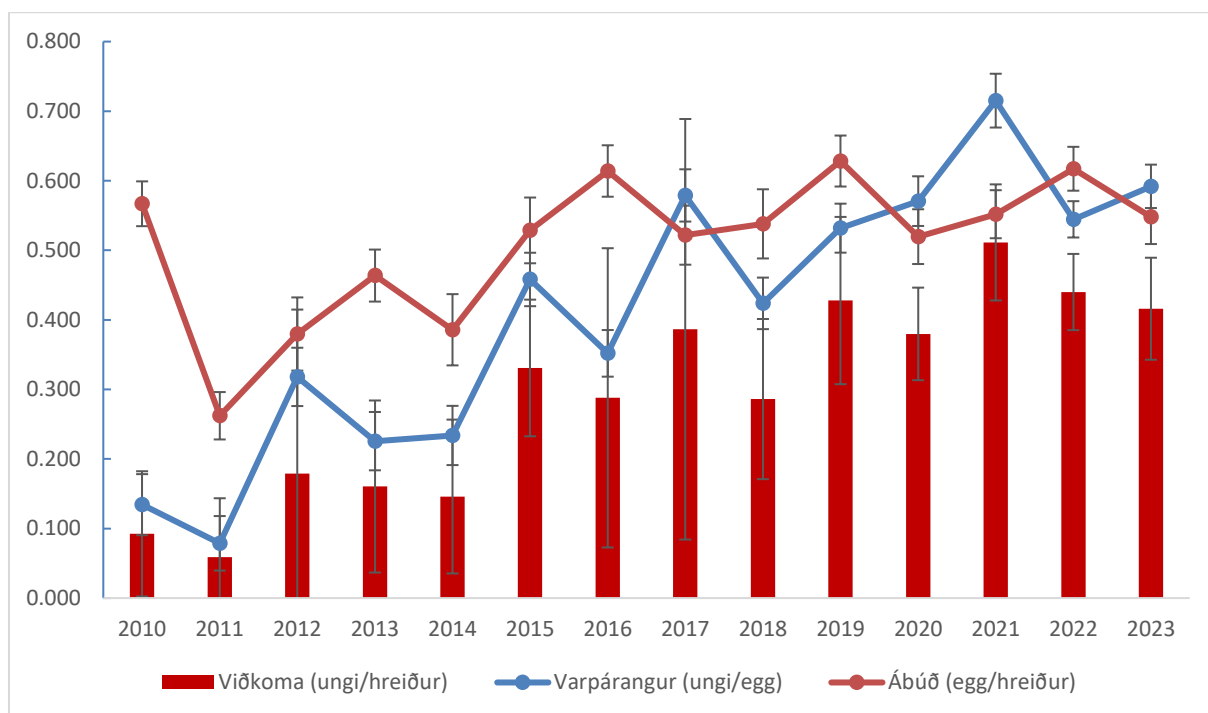
Prettán lundavörp umhverfis landið voru heimsótt tvisvar sinnum yfir varptímann, í júní og júlí. Bætt var nýrri rannsóknabyggð við vöktunina 2023 í Hádegishólma við Flatey á Breiðafirði. Þetta var gert af þrem ástæðum. Elliðaey á Breiðafirði hefur dottið út vegna veðurs en þangað er farið á tuðru frá Stykkishólmi, en aðgengi að Flatey er mun tryggara gagnvart veðri og sjólagi. Einungis ein mælistöð á Breiðafirði endurspeglar ekki breytileika innan fjarðarins, en þar verpa á milli 400-500.000 pör og er næst stærsta varpsvæði lunda hérlandis á eftir Vestmannaeyjum. Með þessu fæst hagræðing í ferðum með því að aka vestur frá Súðavík til Brjánslækjar og taka Baldur í stað þess að fara mun lengri landleið fram og til baka austur fyrir til Stykkishólms.

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 egg (egg/varpholu). Ábúðarhlutfallið er notað til að áætla

stofnstærð varpstofns á hverjum tíma sem hlutfall af heildarholufjölda og einnig til útreiknings viðkomu (ungar/varpholu), en viðkoma er margfeldi ábúðarhlutfalls og varpárangurs (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 teknar saman mælingar á viðkomu, varpárangi og ábúð. Niðurstöður eru dregnar saman innan fjögurra landssvæða sem markast af Reykjanestá, Bjargtöngum, Glettinganesi og Eystra Horni (2. 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 áætluðum heildarholufjölda hvers landsvæðis (tafla 7). Rétt er að taka fram að þessi gögn eru ekki leiðrétt fyrir líkum á að finna innihald í varpholunum (E: detection probability). Anni Teperi vinnur að M.S. ritgerð þar sem unnið er úr sögu allra rannsóknahola frá upphafi. Markmið þessarar rannsóknar er að reikna þessar líkur út og leiðrétta niðurstöður með hliðsjón af því. Þessi greining mun einnig gera mögulegt að reikna hlutfall varpfugla sem sleppa varpi og af hverju (t.d. ef varp

misfórst árið áður), með „State dependent“ greiningu. Einnig gera þessi gögn kleyft að reikna nýliðun og stofnvöxt með svonefndum Pradel módelum fyrir hverja byggð og þar með landið allt. 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 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 Vestmannaeyjum 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 almennt austanlands, næst norðanlands, svo vestanlands og síðast sunnanlands og fylgir tímasetning varptímans neikvæðu sambandi við sjávarhita. Frá 2017 hefur verið farið rangsælis umhverfis landið og heimsóknaröð byggða sýnd á 2. 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.



24. Mynd. Vegið meðaltal ábúðar (eftir landsvæðum, sjá töflu 7), varpárangurs og viðkomu (\pm S.E.) fyrir Íslenska lundastofninn 1995-2023.



© Richard Lewis

Tafla 7. Varpholufjöldi rannsóknabyggða og landsvæða sem er notaður til að reikna vegna viðkomu eftir fjölda innan landsvæða (Lundatal Íslands: Erpur S. Hansen o.fl. *handrit*). Fyrir Akurey (25.300 holur) og Elliðaey (4.900 holur¹⁸) voru notaðar heildartölur fyrir Faxaflóa, og Breiðafjörð (425.000 holur) sem skoðast sem vinnutala. Fjöldi lundahola var endurmetinn árið 2020 í Grímsey (99.000), Hafnarhólma (10.100), Akurey og Lundey á Kollafirði.

(Nr) Rannsóknabyggð - Landshluti	Fjöldi varphola	Hlutfall af heild
Norðursvæði heildartala	509.000	19%
(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	18%
(12) Papey	177.000	
Suðursvæði heildartala	1.125.000	42%
(3) Vestmannaeyjar ¹⁹	1.125.000	
Vestursvæði heildartala	562.000	21%
(4) Akurey, Kollafirði (25.300*)	117.000*	
(5) Elliðaey Breiðafirði (4.900 ¹⁸)	425.000*	
Ísland heildartala	2.679.000	100%

*: Endurmælt árin 2020-2021

Viðkoma eftir landshlutum

Meðaltöl varpárangurs, ábúðar og viðkomu eru öll hæst á Norðursvæði, ívið lægri en svipuð innbyrðis á Austur- og Vestursvæðum (myndir 25 og 26). Ábúð í Eyjum hefur verið að meðaltali um þriðjungi lægri en á Norðursvæði og meðalvarpárangur ekki helmingur af meðaltali Norðansvæðis. Meðal viðkoma í Eyjum hefur verið 43% af viðkomu á

Norðursvæði, sérstaklega vegna lágrar ábúðar. Meðalviðkoma veginn með stofnstærð sýnir vel hve mikil áhrif Vestmannaeyjar hafa á landsmeðaltalið (tafla 8). Hlutdeild ábúðar og varpárangurs í viðkomu er gefin sem prósentur. Hlutdeild viðkomu og ábúðar er svipuð vestan og norðanlands, en sunnan og austanlands vegur ábúð töluvert meira en varpárangur.

Tafla 8. Veginn: meðalvarpárangur (fleygar pysjur/egg); meðalábúð (egg/holu); og meðalviðkoma (fleygar pysjur/holu) auk staðalskekkju meðaltals (S.E.M.) eftir strandsvæðum, með varpholufjölda rannsóknarbyggða innan svæða og hlutdeild svæða af heild fyrir landið (tafla 8) fyrir tímabilið 2010-2023.

Svæði	Meðal varp- árangur (ungi/egg)	SE	% viðkomu	Meðal- ábúð (egg/holu)	SE	% viðkomu	Meðal- viðkoma (ungi/holu)	SE
Norður	0,813	0,0173	48,7	0,835	0,0212	51,3	0,678	0,0265
Vestur	0,598	0,0814	46,0	0,648	0,0505	54,0	0,427	0,0688
Papey	0,589	0,0775	39,5	0,729	0,0272	60,5	0,439	0,0625
Eyjar	0,412	0,0865	32,4	0,594	0,0417	67,6	0,267	0,0586
Landið	0,411	0,0579	39,5	0,509	0,0313	60,5	0,293	0,0432

Tafla 9. Frávikshlutfall (% staðalfrávik/meðaltal, E: *Coefficient of Variance*, CV) meðalvarpárangurs (fleygar pysjur/egg), meðalábúðar (egg/holu), og meðalviðkomu (fleygar pysjur/holu) eftir landsvæðum tímabilið 2010-2023.

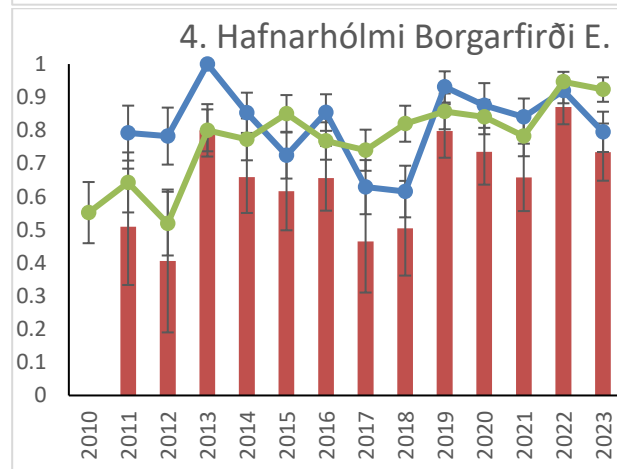
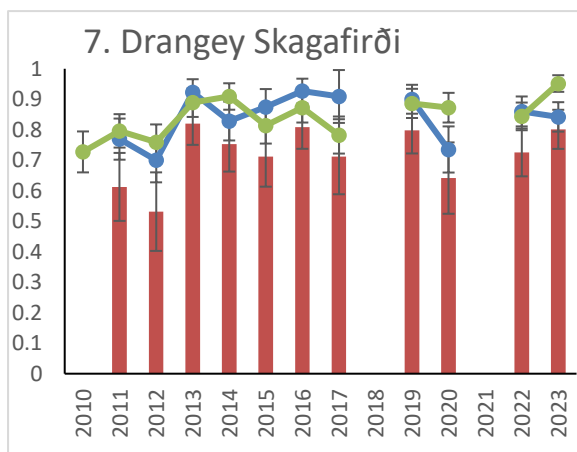
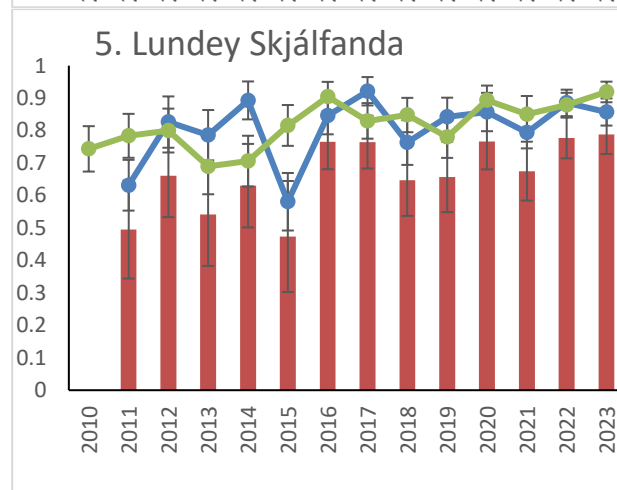
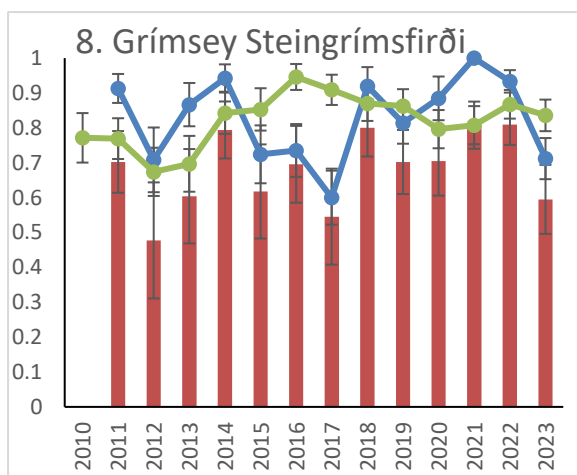
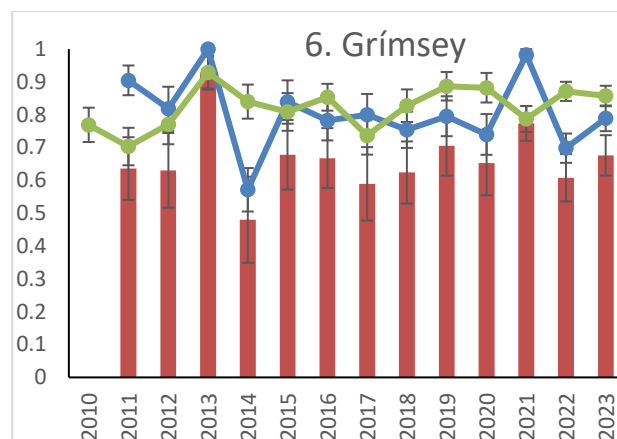
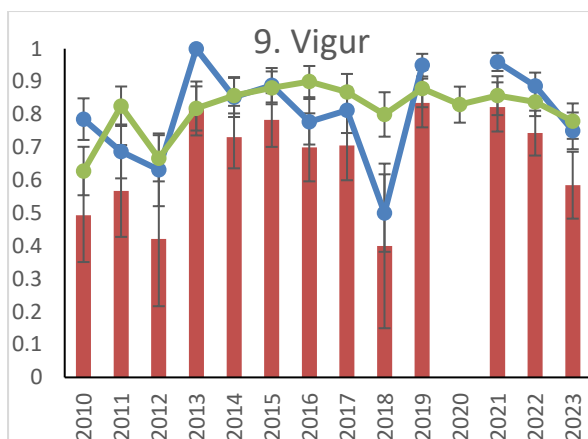
Svæði	CV Varpárangur (%)	CV Ábúð (%)	CV Viðkoma (%)
Norður	8,0	9,5	14,6
Vestur	50,9	29,2	60,2
Papey	48,0	14,0	53,2
Eyjar	76,8	26,2	81,2
Landið	46,7	20,4	48,9



© Richard Lewis

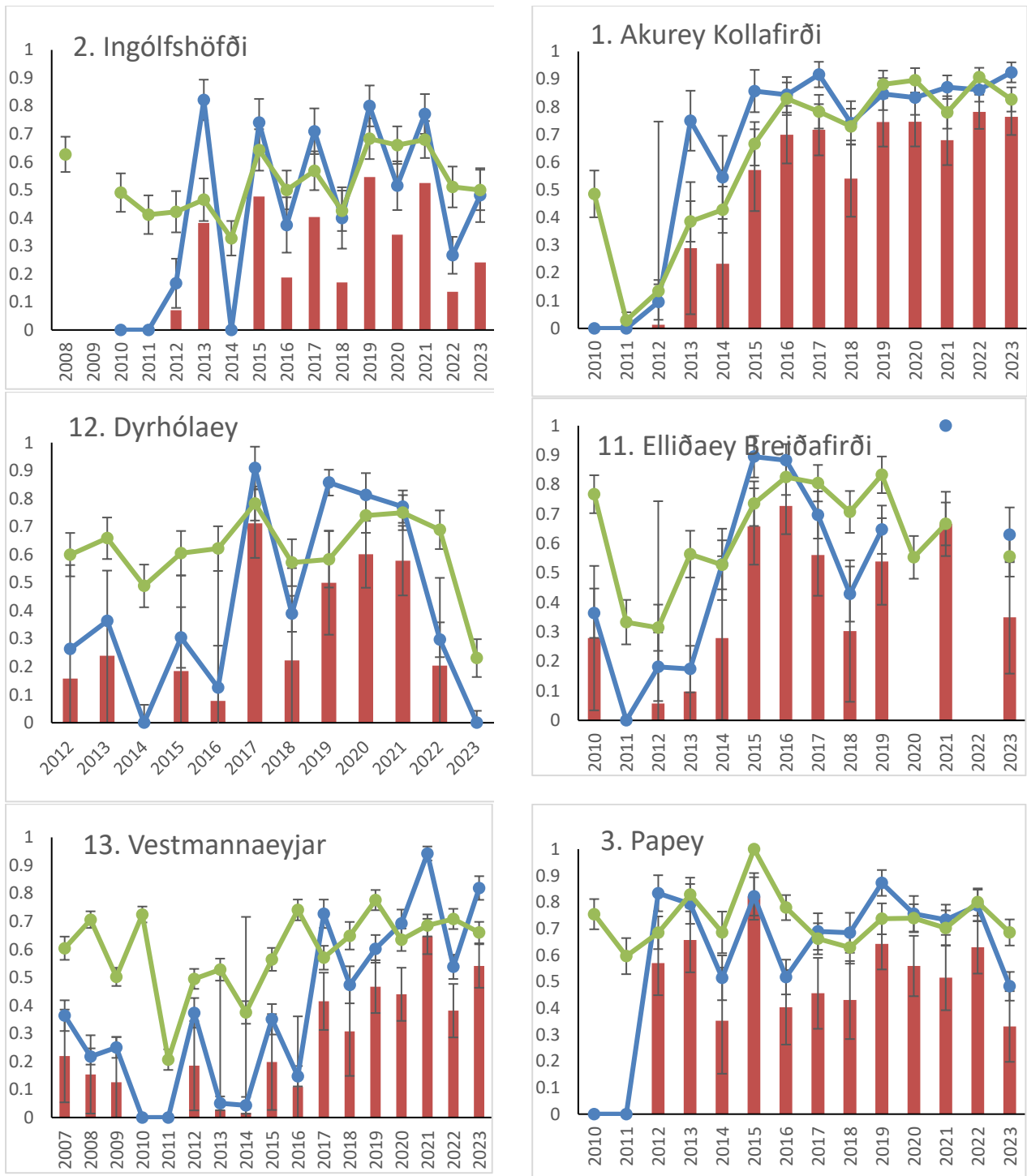
Frávikshlutfall er mælikvarði á hlutfallslegan breytileika í varpárangri, ábúð og viðkomu eftir landsvæðum (tafla 9). Frávikshlutfall ábúðar, varpárangurs og viðkomu er áberandi lágt á Norðursvæði (lítill breytileiki), og breytileiki áþekkur í varpárangri og ábúð. Frávikshlutfall er stærðargráðu stærra 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. Frávikshlutfall varpárangurs í Vestmannaeyjum er tæplega helmingi hærri en á Austur- og Vestursvæðum, meðan frávikshlutfall ábúðar er áþekkt og á vestursvæði en tvöfalt hærri en á austursvæði.



25. Mynd. Viðkoma, varpárangur og ábúð í sex rannsóknabyggðum á Norðurlandi. Ófært var í Drangey 2018, 2021 og í júlí í Vigur 2020.

Skýringar: Varpárangur (fleygar pysjur/egg, blá lína), ábúð (egg/varpholu, græn lína) og viðkoma (fleygar pysjur/hreiður, rauðar súlur). Númer byggða fylgja heimsóknaröð frá 2017, sjá staðsetningar á Mynd 2.



26. Mynd. Varpárangur, ábúð og viðkoma, í sex rannsóknabyggðum á vestur-, suður og austurlandi. Ófært var í Elliðaey í júlí 2020 og 2022. Minkur komst líklega í Dyrhólaey 2023.

Skýringar: Varpárangur (fleygar pysjur/egg, blá lína), ábúð (egg/varpholu, græn lína) og viðkoma (fleygar pysjur/hreiður, rauðar súlur). Númer byggða fylgja heimsóknaröð frá 2017, sjá staðsetningar á Mynd 2.

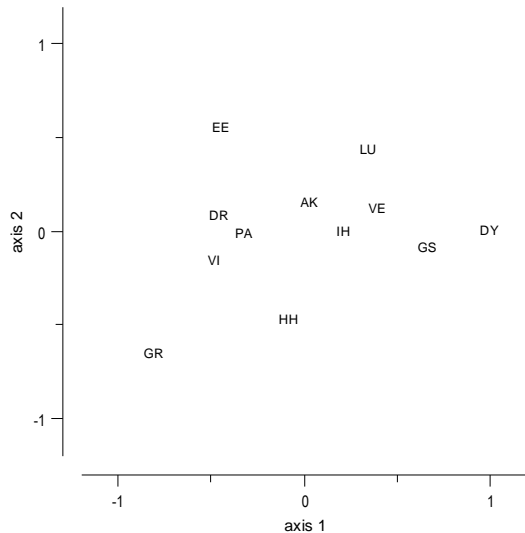
Tafla 10. Víxlfylgni (Pearson) og samsvarandi hnik milli ára (0, sama ár, -1 ári fyrr, og 1 ári seinna) fyrir viðkomu milli allra 12 rannsóknabyggða stofnvöktunar lunda. Tölfræðileg marktækni fylgnistuðuls ($P < 0,05$) er sýnd með gráskyggðum reitum.

	PA	HH	DR	GS	GR	LU	VI	AK	DY	EE	VE	IH
PA	0	0.62	0.86	0.41	0.52	0.47	0.53	0.82	-0.17	0.53	0.62	0.76
HH	-1	0	0.69	0.40	0.46	0.41	0.69	0.48	0.15	0.15	0.65	0.45
DR	-1	0	0	0.28	0.36	0.33	0.65	0.59	-0.14	0.70	0.50	0.43
GS	0	0	0	0	-0.43	0.26	0.36	0.43	0.69	0.24	0.56	0.66
GR	0	0	1	0	0	-0.38	0.47	0.27	-0.62	0.17	-0.16	0.30
LU	-1	-1	-1	-1	1	0	0.53	0.71	0.67	0.43	0.63	0.69
VI	-1	0	0	1	0	1	0	0.53	-0.34	0.45	0.24	0.58
AK	-1	0	0	1	0	1	0	0	0.38	0.54	0.80	0.77
DY	1	1	0	1	1	-1	1	-1	0	-0.30	0.65	0.68
EE	-1	-1	0	1	1	1	0	0	1	0	0.6	0.46
VE	0	1	1	-1	-1	1	1	0	0	0	0	0.75
IH	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0

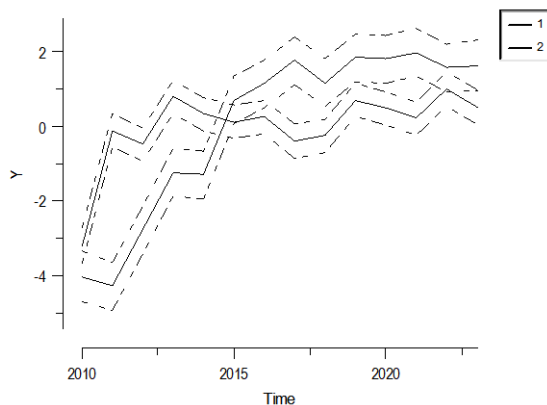
24 af 66 fylgnistuðlum voru tölfræðilega marktækir, þar af aðeins einn með neikvætt formerki (milli Dyrhólaeyjar og Grímseyjar). Af öllum fylgnistuðlum voru 58 með jákvætt formerki en átta með neikvætt. Af marktækum fylgnistuðlum höfðu sex -1 ár í hniki, 13 núll hnik, og sjö 1 hnik. Úrvinnsla stendur yfir á þessum gögnum ásamt varpholusögu og fæðusamsetningu.



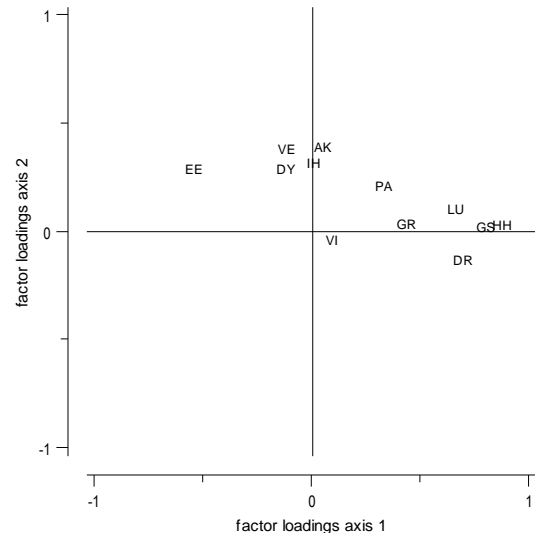
© Richard Lewis



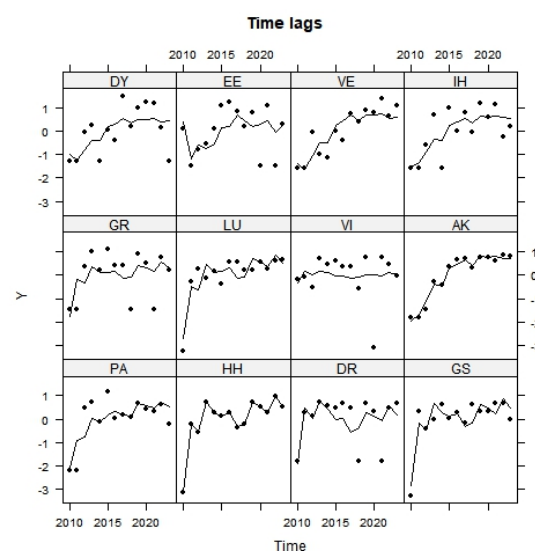
27. Mynd. Fjölvíð sköpun (Multi Dimensional Scaling, MDS) á víxl fylgni viðkomu milli rannsóknabyggða. Því nær sem hnitin eru því líkari eru þau. Nálægð varpana í rúmi virðist ekki ráðandi varðandi fylgni þeirra.



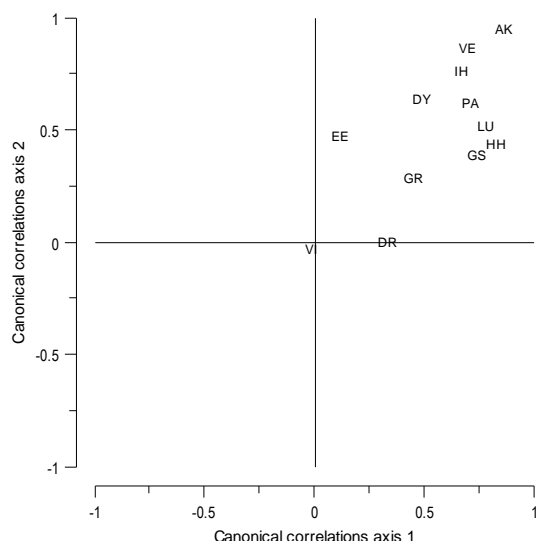
28. Mynd. Niðurstöður DFA greiningar á viðkomu úr stofnvöktun lunda 2010-2023. Tvær leitnivísitölur veittu mestar upplýsingar (lægst AIC gildi).



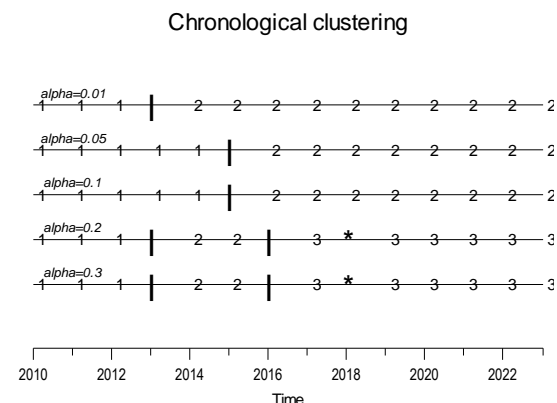
29. Mynd. Tengsl (factor loading) viðkomu hverrar rannsóknabyggðar við leitnivísitölur 1 og 2 í DFA greiningu. Skýr landfræðileg aðgreining er á milli norðurbyggða og suður- auk vesturbyggða eftir 1 ás, Papey og Vigur liggja á milli. Suður- og vesturbyggðir fylgja leitnivísitölu 2 en ekki norðurbyggðir.



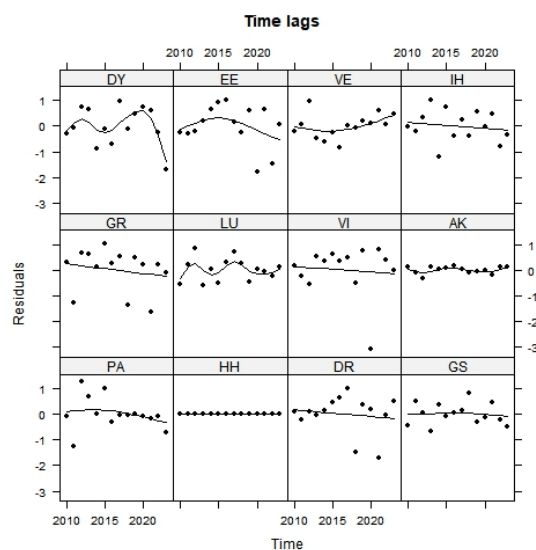
30. Mynd. Viðkomuspá fyrir hverja rannsóknabyggð byggð á tveim „factorum“ úr DFA greiningu. Aðferðin lýsir gögnunum ágætlega. Líklega fullvel fyrir Hafnarhólma.



31. Mynd. Kórfgylni viðkomu í hverri rannsóknabyggð við tvær leitnívísitölur DFA.



33. Mynd. Niðurstöður Chronological Clustering (sjá skýringar við fyrri greiningar). Umskipti verða milli 2013 og 2015 þegar viðkoma tekur að aukast.



32. Mynd. Leifar viðkomu eftir DFA greiningu. Dyrhólaey er líklega bjöguð vegna enngar viðkomu 2023, líklega vegna minks.

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.²⁰ Rannsóknin hófst 2008 með litmerkingu 31 varpfugla sem veiddir voru með yfirlegunetum sem lögð voru yfir varpholur. Lítið 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 merkingaátak 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. Skimunarátak 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 jókst á tímabili, en hefur minnkað aftur. Samtals hafa sést aftur 161 litmerktir fuglar í Stórhöfða frá upphafi, en árlegar endurheimtulíkur hafa verið lágar sem minnkar nákvæmni niðurstaðanna.



Varpfugl litmerktur HX6 á leið með fæðu til unga í Stórhöfða, Heimaey ©Harry Reed

52 varpfuglar voru litmerktir í Hafnarhólma 21-24. maí 2020. Hugmyndin er að fjölmargir ferðamenn sem heimsækja hólmann sendi myndir til Náttúrustofu Suðurlands. Hefur þessi tilraun gengið óskum framár. 17 fuglar sáust þar árið 2021 (32,7% af heild) og fjölgaði mikið næstu tvö ár, en þar sem ekki er veitt í Hafnarhólma er náttúruleg líftala mæld,

auk þess að veita samanburð við líftölur í Vestmannaeyjum. Þessi gagnaröð þarf að lengjast um 1-2 ár til að verða nothæf.



Varpfugl lit- og stálmerktur í Stórhöfða, Heimaey

Válistaflokkun

Niðurstöður stofnvöktunarinnar voru nýttar við 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>

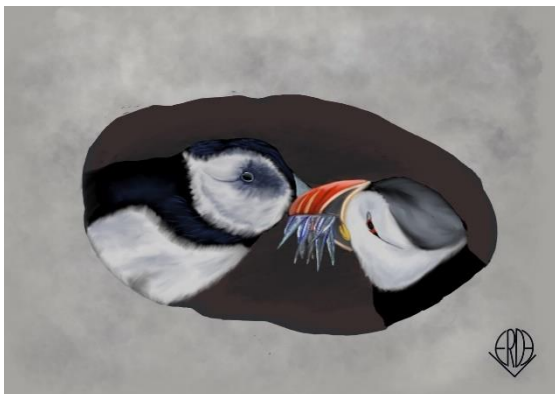


© Richard Lewis

Flokkun lunda á fuglaválista 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.

Vöktun fæðu

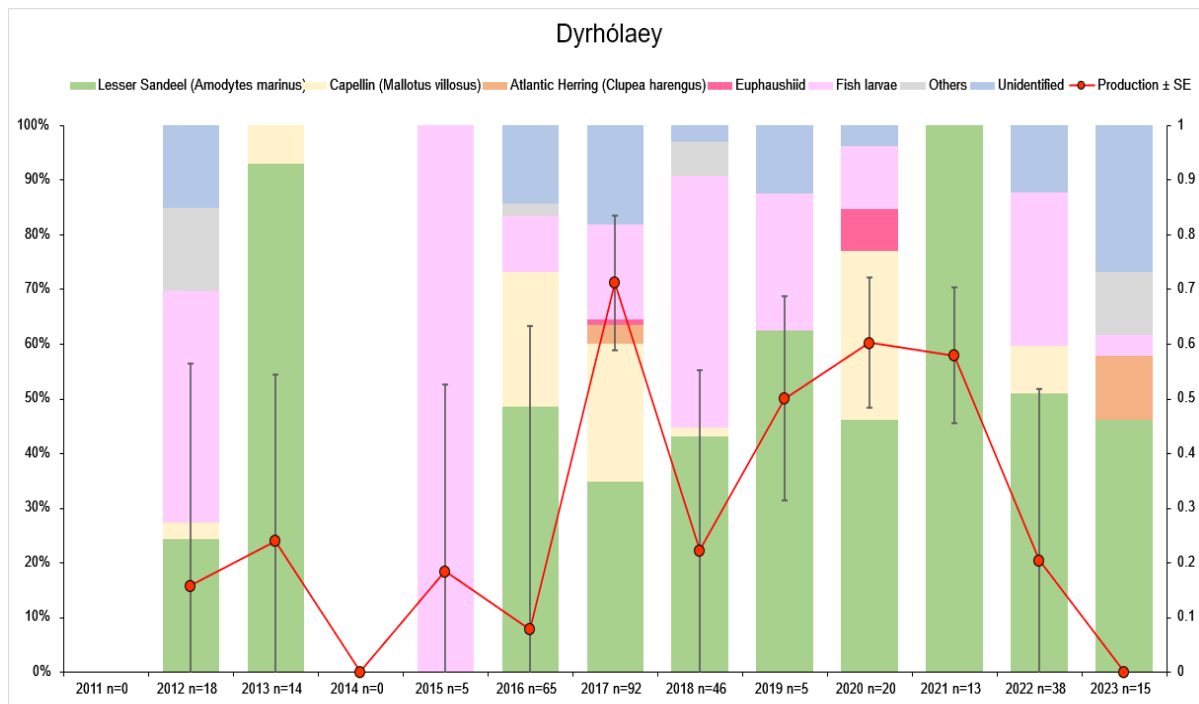
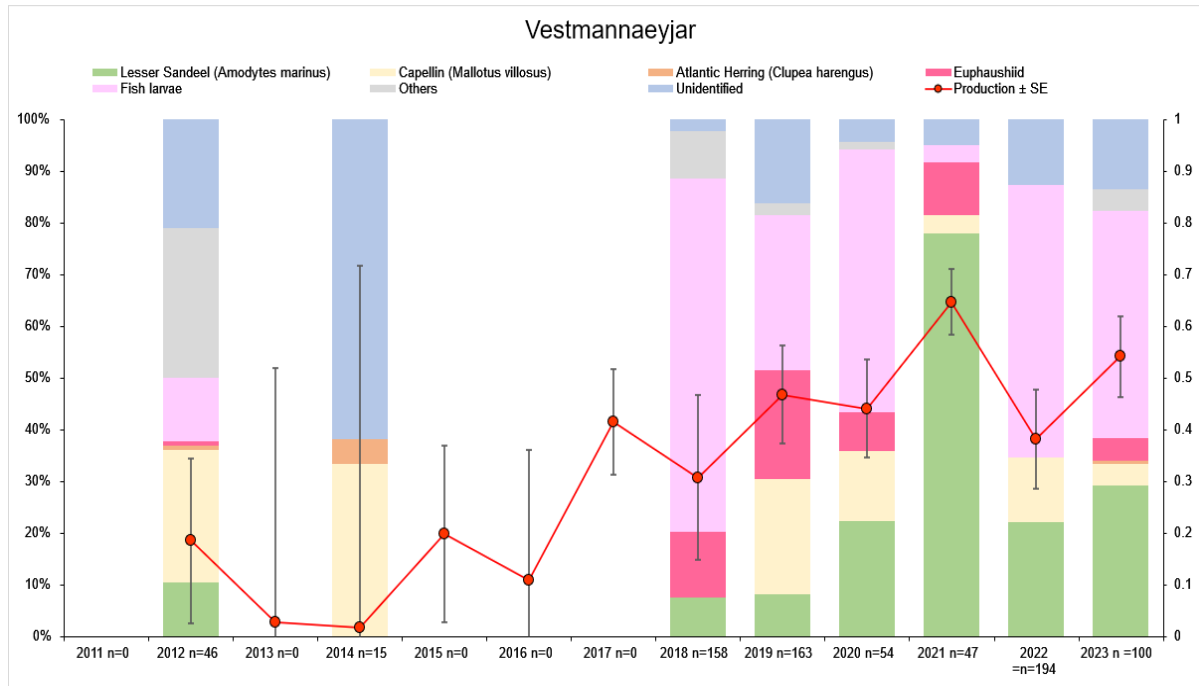
Frá árinu 2011 hafa varpfuglar með fæðu í gogg verið ljósmyndaðir í júlí. Úrvinnsla allra mynda 2011-2023 er lokið og tölfræðileg úrvinnsla hafinn, en fyrirhugað er að gefa þessar niðurstöður út ásamt gögnum um viðkomu. Ekki verður fjallað sérstaklega um þessar niðurstöður frekar hér en til fróðleiks fyrir áhugasama eru niðurstöður (tíðni fæðugerða í fæðusýnum, E: Frequency of Occurrence) teknar saman fyrir allar byggðirnar (myndir 34-39).



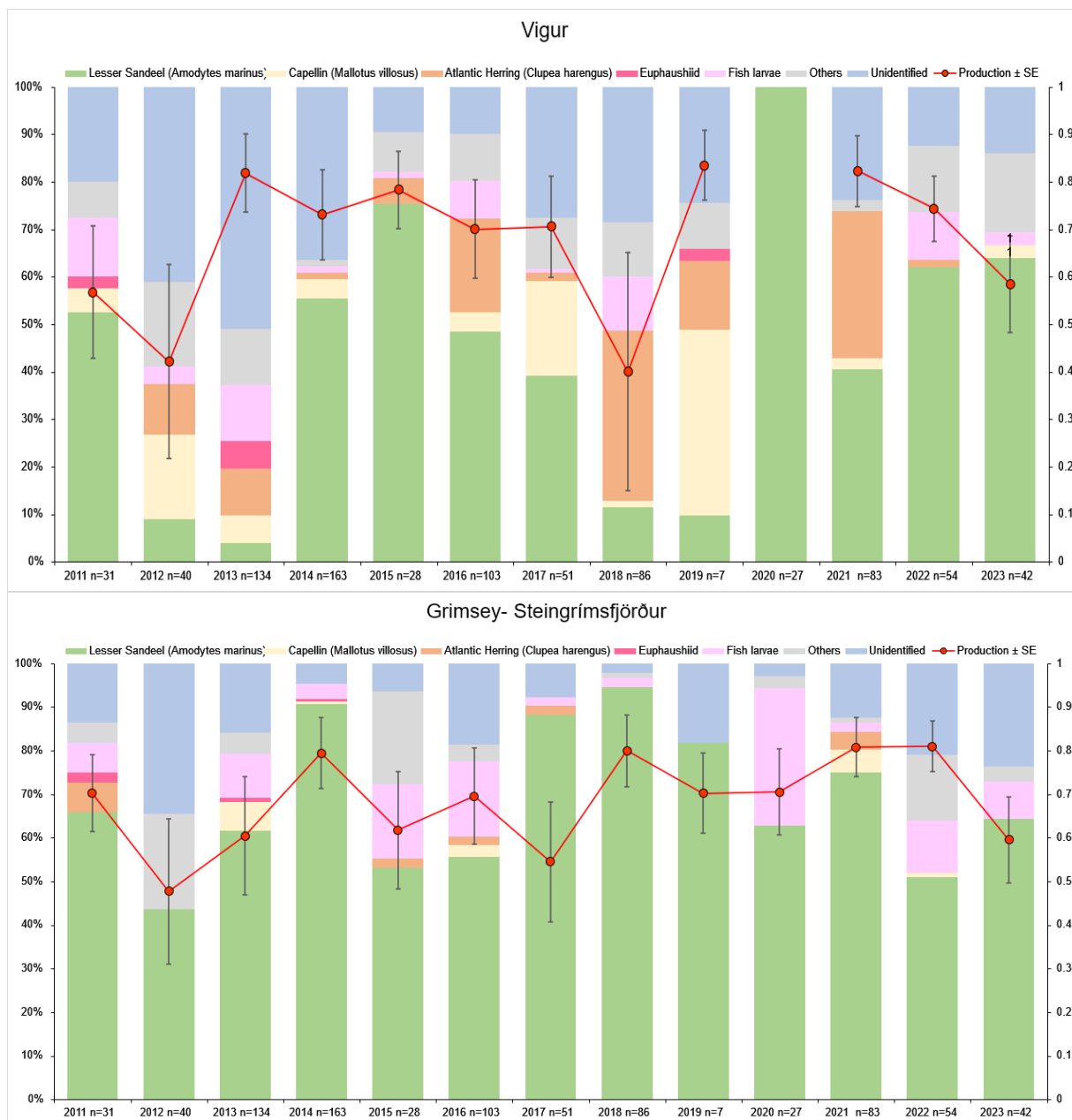
© Richard Lewis

Lífsýni 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 fæðuprepi fæða er étin á mismunandi árstímum.^{21,22} Helstu fyrirbyggjandi niðurstöður eru að lundar eru á sama fæðuprepi að vetri óháð í hvaða landshluta þeir verpa, sem kemur ekki á óvart enda eru vetrastöðvar þeirra sameiginlegar²³. Á varptíma eru lundar í Eyjum hlutfallslega á lægra fæðuprepi en norðanlands, éta væntanlega hlutfallslega meira af ljósátu. Þessi mynstur hafa haldist áþekk að minnsta kosti síðastliðin 60 ár⁸.

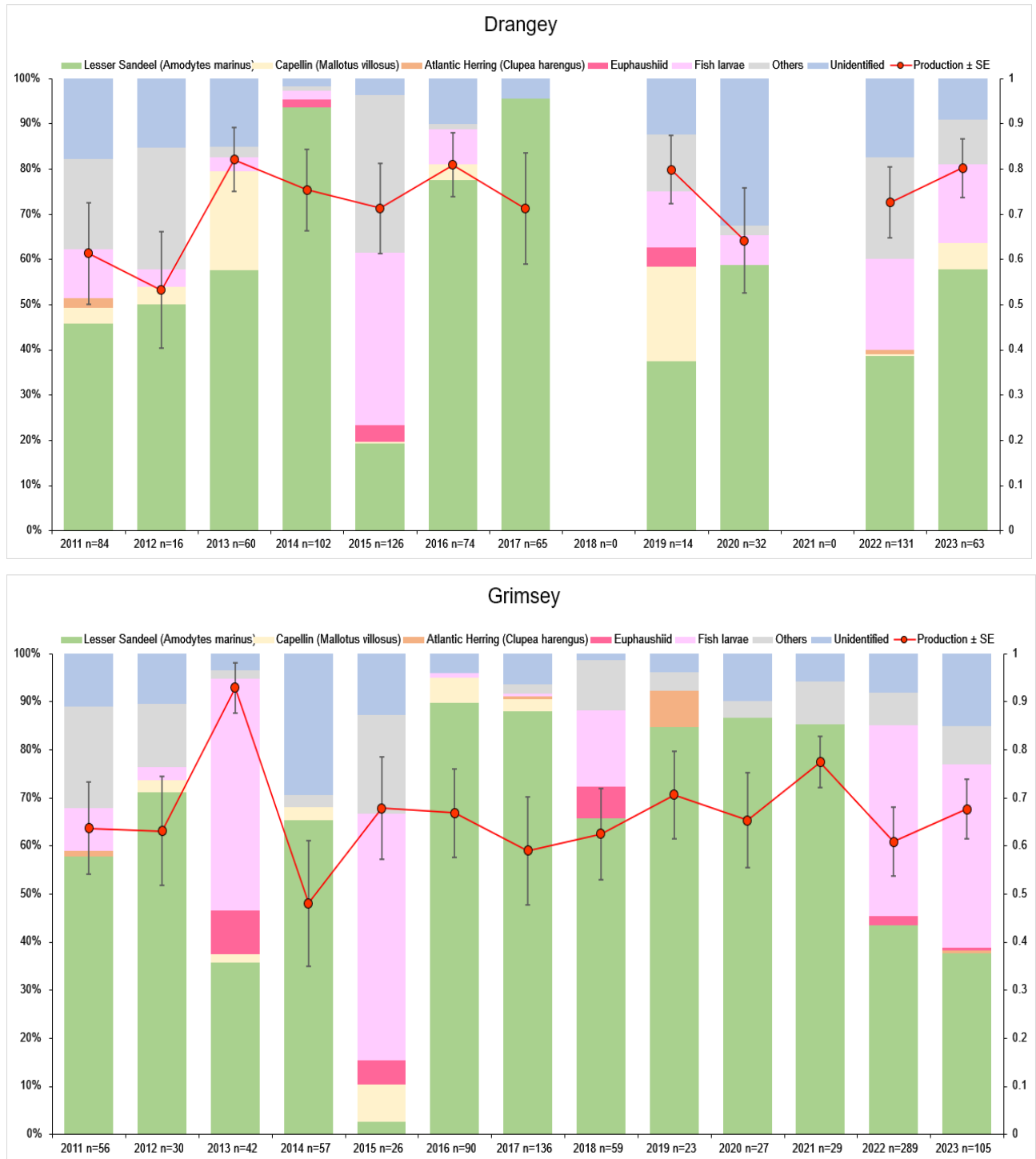
Safnað var saursýnum í öllum rannsóknabyggðunum árin 2018, 2019 og 2021 til mælinga á þungmálmainnihaldi fæðu og er efnagreiningum lokið og úrvinnsla vel á veg kominn. Árið 2021 var einnig safnað stroksýnum úr „cloaca“ í flestum byggðum til að fæðugreininga með svonefndri DNA metabarcoding aðferð. Úrvinnsla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



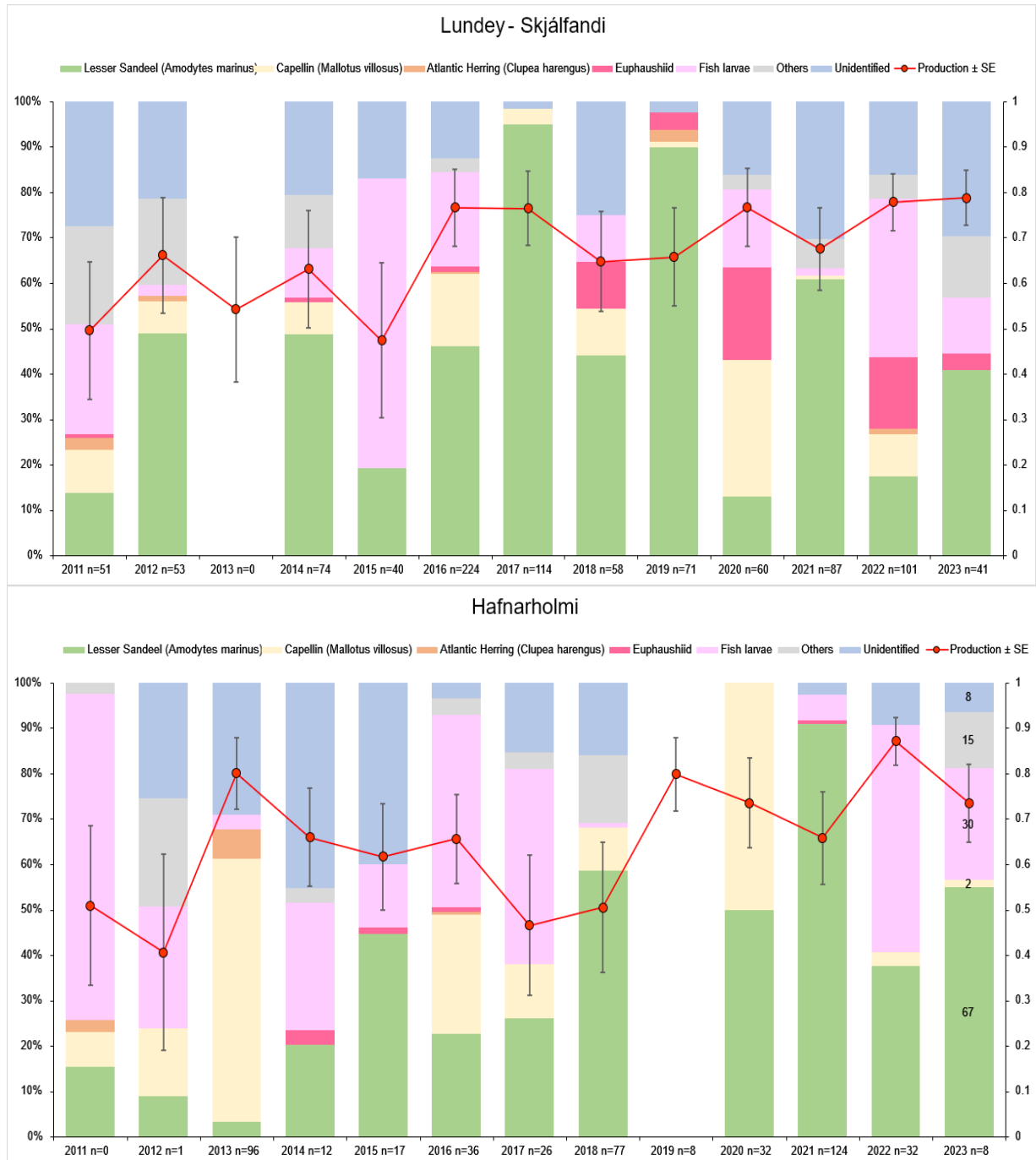
34. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum af varpfuglum með fæðu í gogg, ásamt árlegri viðkomu (\pm SE, rautt línurit) . Tegundalykill: 1. Sandsíli (grænt), 2. Loðna (gult), 3. Síld (appelsínugult), 4. Ljósáta (rautt), 5. „Aðrir fiskar“ (grátt), 6. Fisklirfur (bleikt, mest sandsíli & loðna), 7. Ógreint (blátt).



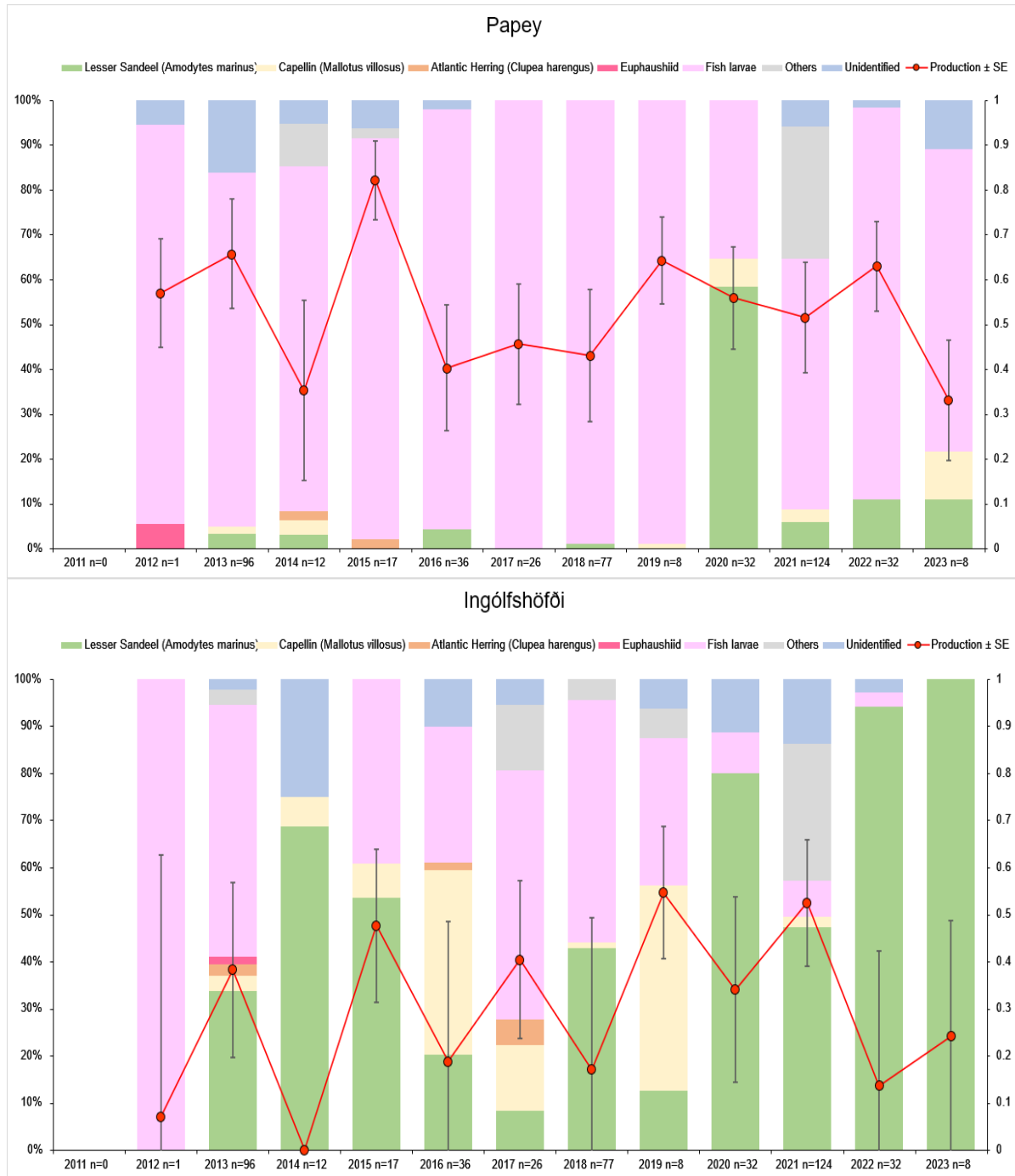
35. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegri viðkomu (\pm SE, rautt línurit). Tegundalykill: 1. Sandsíli (grænt), 2. Loðna (gult), 3. Síld (appelsínugult), 4. Ljósáta (rautt), 5. „Aðrir fiskar“ (grátt), 6. Fisklirfur (bleikt, mest sandsíli & loðna), 7. Ógreint (blátt).



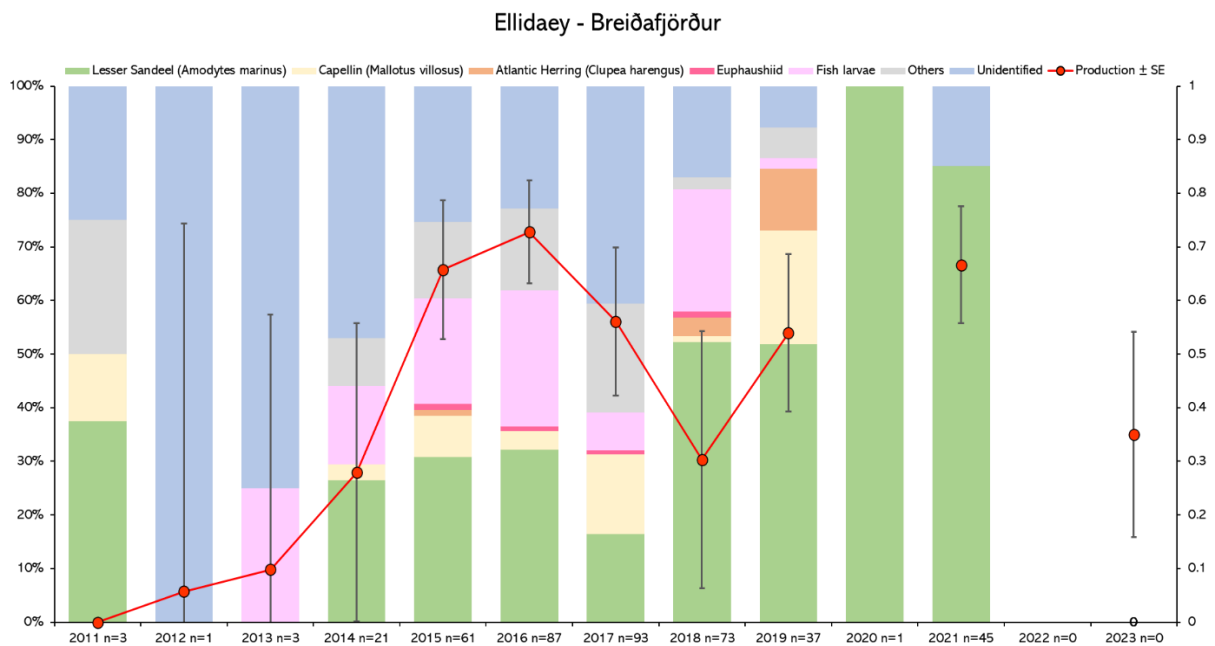
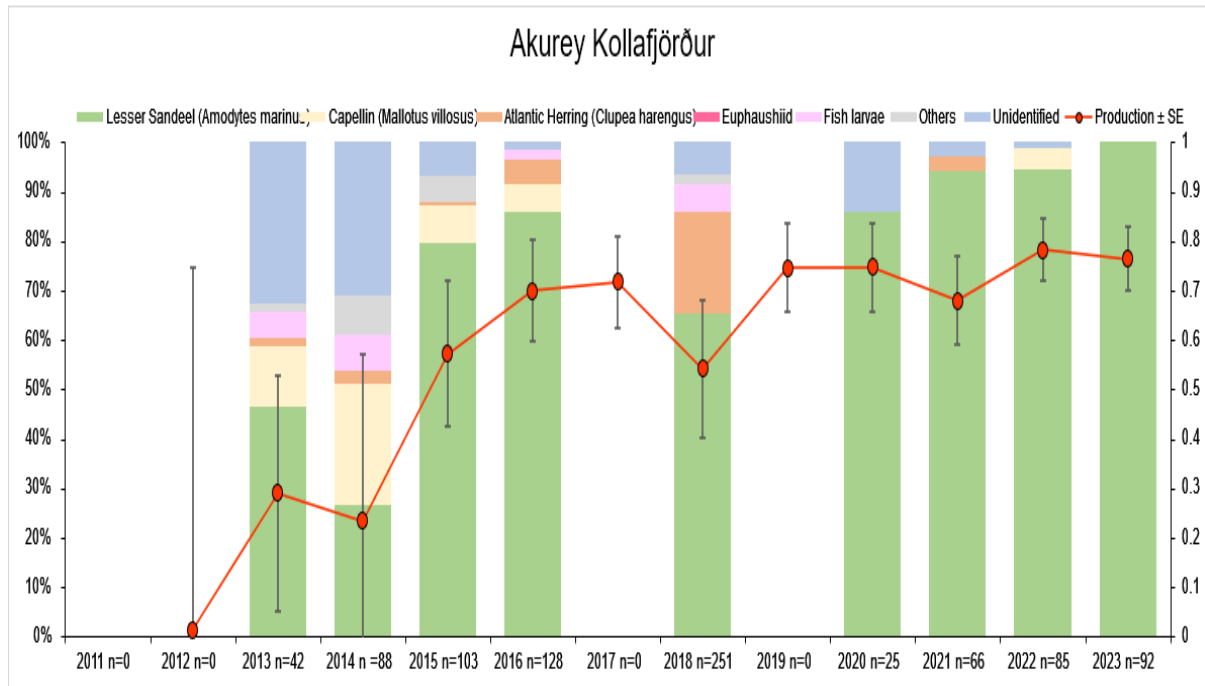
36. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegri viðkomu (\pm SE, rautt línurit). Tegundalykill: 1. Sandsíli (grænt), 2. Loðna (gult), 3. Síld (appelsínugult), 4. Ljósáta (rautt), 5. „Aðrir fiskar“ (grátt), 6. Fisklirfur (bleikt, mest sandsíli & loðna), 7. Ógreint (blátt).



37. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegri viðkomu (\pm SE, rautt línurit). Tegundalykill: 1. Sandsíli (grænt), 2. Loðna (gult), 3. Síld (appelsínugult), 4. Ljósáta (rautt), 5. „Aðrir fiskar“ (grátt), 6. Fisklirfur (bleikt, mest sandsíli & loðna), 7. Ógreint (blátt).



38. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegri viðkomu (\pm SE, rautt línurit). Tegundalykill: 1. Sandsíli (grænt), 2. Loðna (gult), 3. Síld (appelsínugult), 4. Ljósáta (rautt), 5. „Aðrir fiskar“ (grátt), 6. Fisklirfur (bleikt, mest sandsíli & loðna), 7. Ógreint (blátt).



39. Mynd. Fæðusamsetning (tíðni fæðugerða í fæðusýnum) lundapysja samkvæmt ljósmyndum, ásamt árlegri viðkomu (\pm SE, rautt línurit). Tegundalykill: 1. Sandsíli (grænt), 2. Loðna (gult), 3. Síld (appelsínugult), 4. Ljósáta (rautt), 5. „Aðrir fiskar“ (grátt), 6. Fisklirfur (bleikt, mest sandsíli & loðna), 7. Ógreint (blátt).



© Richard Lewis

Lundatal Íslands

Gagnaöflun fyrir lundatal hófst 1983 en frumkvöðull þess var Arnþór Garðarsson heitinn, sem lést á nýársdag árið 2023 á fertugsafmæli lundatalsins. Arnþóri verður seint þakkað fyrir sitt framlag til vistfræðirannsókna á Íslandi og sú velvild sem hann gaf af sér. Arnþór hefði án notið þessara mynda Richard Lewis sem prýða þessa skýrslu, enda listamaður sjálfur. Eins og Arnþór orðaði sjálfur: „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 og áætla afganginn skynsamlega.“ 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 nú í einungis fimm byggðakjörnum: Vestmannaeyjum, Breiðafirði, Skrúð, Papey og Grímsey, en minnur eyddi líklega snemma að mestu mjög stórum vörpum á Mýrum í Borgarfirði, og einnig fjölmörgum smærri byggðum nærri strönd Breiðafjarðar.

Aðferðafræði er í þróun með notkun sjálfvirkrar drónamyndatöku með mismunandi myndatökubúnaði (1) (hnitsettar loftmyndir í hárri upplausn, (2) samtíma myndataka á fimm ljósbandviddum (E: multi-spectral) sem greinir gróður í heildir, og (3) Lidar (laser radar punktaský) sem sér í gegnum gróður. Vonir eru bundnar við að hægt verði mæla upp nákvæmlega stærð varpa, leiðrétta fyrir landslagi með notkun þrívíðra tölvulíkana í hugbúnaðinum Agisoft Metashape (<https://www.agisoft.com>), en einnig mælingu þéttleika varphola, líklega sjálfvirk í náginni framtíð. Þessi tækni getur mögulega opnað möguleika á að mæla mörg stærri varpana á nokkurra ára fresti og fela í sér mikinn tímasparnað en um leið verulega aukna greiningarmöguleika. Notkun dróna lofar mjög góðu til að kanna afskekktar byggðir hratt og vel með litlum tilkostnaði.



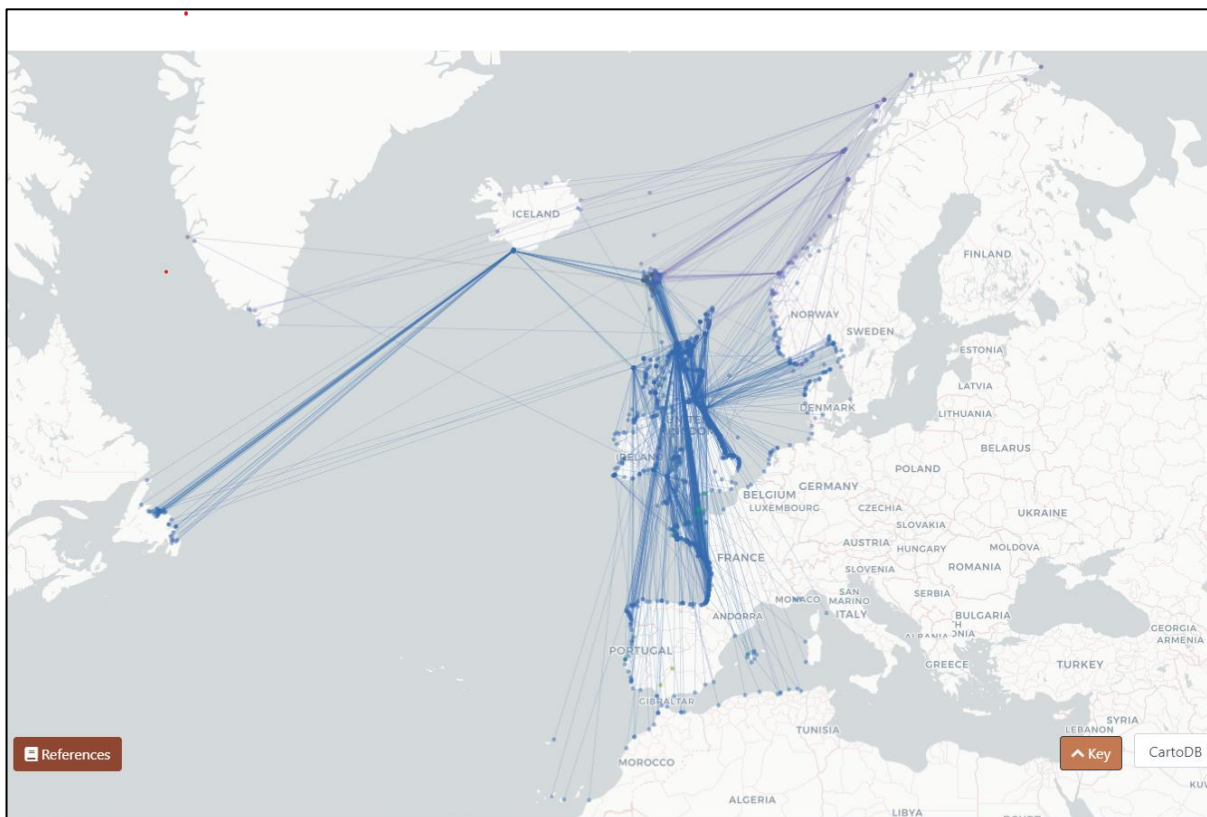
© Richard Lewis

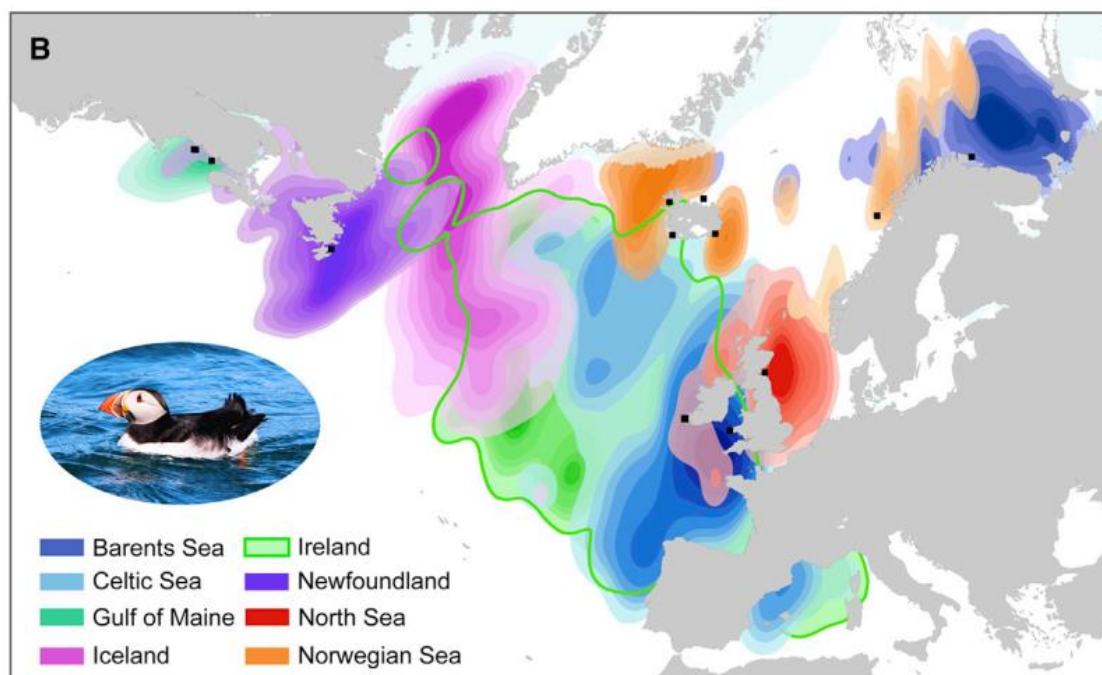
Könnun vetrarstöðva

Starfsfólk Náttúrustofu Suðurlands hefur sett dægurrita á lunda síðan 2013 í fimm byggðum: Grímsey, Papey, Heimaey, Elliðaey Vestmannaeyjum og Hafnarhólma í Borgarfirði Eystra, samtals 626 tæki árið 2023²⁴. Frá 2014 hefur þetta verkefni verið innan vébanda alþjóðlegs samstarfs í SEATRACK verkefninu sem Norðmenn fjármagna og stjórna <https://seapop.no/en/seatrack/>. 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. Frá árinu 2020 voru einnig settir ritar á lunda í Stórhöfða. Dægurritar 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 234 dægurritar verið endurheimtir til og með 2023. Núverandi þriðji fasi verkefnisins mun standa til 2026, og var landfræðilegt umfang stækkað í vestur með þátttöku Kanada, Grænlands og Írlands árið 2019 og inniheldur nú allt norðanvert N-Atlantshaf. Þetta verkefni er orðið hið stærsta sinnar tegundar á heimsvísu. Vetrarstöðvar lunda voru

kortlagðar í fyrsta sinn í þessu verkefni árið 2017 (41. Mynd)²³.

40. Mynd. Ferðir lunda milli landa samkvæmt niðurstöðum hefðbundinna merkinga (www.migrationatlas.org). Nýfleygar pysjur fara frá Íslandi til Nýfundnalands að hausti, og unglundar (2-4 ára) fara töluvert frá Íslandi til Færeyja á varptíma, og er metið að þeir séu um 8% veiðinnar þar²⁵.





41. Mynd. Niðurstöður kortlagningar vetrarstöðva lunda með dægurritum²³. Svartir ferningar sýna byggðir þar sem dægurritar voru settir á. Græna útlínan sýnir útbreiðslumörk Írskra lunda. Ljósblá svæði sýna meðal útbreiðslu hafíss²³

Könnun fellistöðva og fellitíma

Með því að setja tvo dægurrita á lunda er bæði hægt að tímasetja og staðsetja fellitíma sem reyndist vera 46-77 dagar hjá fjórum fuglum í frumathugunum²⁶. Lundi eins og aðrir svartfuglar er ófleygur þar sem hann fellir allar handflugfjaðrirnar samtímis. Það er mikilvægt að finna fellistöðvarnar þar sem fellitíminn virðist vera mjög langur, en fæðuskortur í fáeina daga er lunda lífshættulegur sem ófleygir fuglar geta ekki flúið. Settir voru tveir dægurritar á 13 fugla í Papey sumarið 2023



Erpur og Úlfur Hansen setja SEATRACK dægurrita á í Grímsey

í tilraun til að kortleggja fellistöðvar Íslenskra lunda, einnig voru gerðar sömu tilraunir m.a. á Nýfundnalandi og Noregi.

Hér er settar fram tvær tilgátur, að Íslenskir lundar felli handflugfjaðrir að hausti á Labradorhafi, eða að vori á Atlantshafshryggnum. Niðurstöður munu liggja fyrir nokkrar byggðir í Atlantshafi árið 2024.

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 og utan.

Ráðstefnur

Fjallað var um stofnbreytingar hjá Íslenskum sjófuglum 1898-1941 í erindi á ráðstefnu Vistfræðifélags Íslands (*Ecolce* 2023) 24-25. Mars á Laugarbakka. Erpur S. Hansen: *Centurial population control dynamics*.

Rannsóknasamstarf

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/> ⁶. Ein grein kom út 2023 úr þessu verkefni og hagnýttu lundagögn okkar:

Amélineau o.fl.(2023). Multi-colony tracking of two pelagic seabirds with contrasting flight capability illustrates how windscapes shape migratory movements at an ocean-basin scale. *Ecography* **2024**(2): e06496

<https://doi.org/10.1111/ecog.06496>

2. ARCTOX. Safnað hefur verið lífsýnum úr endurheimtum lundum með dægurrita til mælinga á kvikasilfri, lífrænum eiturefnum og stöðugum ísótópum (C og N) í samstarfsverkefni tengdu SEATRACK undir stjórn Jerome Fort við La Rochelle háskóla í Frakklandi.

<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>

Meistararitgerð Rojo Mélyne kom út 2022 við La Rochelle háskóla og fjallaði um kvikasilfursmengun í lunda við Ísland, sem eykst frá suðri til norðurs: *Contamination par le mercure des oiseaux marins arctiques*.

3. CLIMSTAT. Alþjóðlegur hópur sérfræðinga rannsakaði samband

lundaveiði í Vestmannaeyjum við sjávarhita í 134 ár ².

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 nokkur rannsóknaverkefni tengd lunda í gangi:

4a. Fæða lunda í rannsóknabyggðum árið 2021 með „DNA Metabarcoding“ greiningu á stroksýnum. Úrvinnsla yfirstandandi.

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

4c. Vírusar í sjófuglum (þ.m.t. lunda), fuglaflensa o.fl. vírusar. Gagnasöfnun lokið 2021. Engir sýktir fuglar fundust en um helmingur var með mótefni við venjulegri fuglaflensu. M.S. verkefni Teresa M. Dembinska við Háskólann á Hólum.

5. Erfðafræðileg stofngerð lunda í Atlantshafi. Samstarf hófst árið 2018 undir stjórn Sanne Boessenkool við

Óslóarháskóla í Noregi, en úrvinnsla var hluti doktorsverkefnis Olivers Kersten og lauk 2021 með útgáfu greinar:

Kersten, O. o.fl. (2021). Complex population structure of the Atlantic puffin revealed by whole genome analyses. *Nature Communications Biology* **4**: 922 <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02415-4>

6. Samanburður 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.

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. Kortlagning örveruþarmaflóru (E: microbiome) lunda. Þetta verkefni var undir stjórn Gary King við fylkisháskólann í Louisiana, Baton Rouge BNA og lauk 2022 með samantekt í meistara ritgerð Eric Jose Ramon Martinez árið 2022: *Analysis of geographic variability of fecal microbiomes of Fratercula arctica and cross-comparison of fecal microbiomes of different avian feeding types.*



© Richard Lewis

https://repository.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=6681&context=gradschool_theses

8. Tímasetning þörungablóma og viðkoma lunda á Íslandi. Samstarfsaðilar Hjálmar Hátún Havstofan Færeyjum og Kristinn Guðmundsson o.fl.. Handrit er í undirbúningi.

9. Erfðafræðileg stofngerð sjófuglamítla (lundalúsa) á lunda með örtunglagreiningu. M.S. verkefni Nathan Parris við háskólasetur Vestfjarða. Einnig í

samstarfi við **Szczecin háskóla**, Póllandi. Aðalleiðbeinandi Erpur S. Hansen.

10. Stofnvöxtur, nýliðun, og hlutfall lundapara sem sleppa úr varpi. M.S. verkefni Anni Teperi við háskólasetur vestfjarða. Aðalleiðbeinandi Erpur S. Hansen.

Þakkir

Frá upphafi hafa fjölmargir aðstoðað við stofnvöktun lundans á ýmsa vegu og hljóta verðskuldaðar þakkir fyrir! Starfsmenn og sjálfboðaliðar stofnvöktunar 2023 voru Anni Teperi, Björg Harðardóttir, Erpur S. Hansen, Edwin Towler, Harry Reed, Nathan Parris, Nynke de Jong, Rodrigo A. Martínez Catalan. Vigfús Svavarsson smíðaði fjórar holumyndavélar á árinu. Ólafur K. Nielsen aðstoðaði við athuganir á krufningaskýrslum á NÍ. Richard Lewis lagði til teikningarnar sem prýða þessa skýrslu. Fá þau ómældar þakkir fyrir. Veiðikortasjóður, Rannsóknasjóður, Minningarsjóður Pálma Jónssonar í Hagkaup og Náttúrustofa Suðurlands styrktu rannsóknirnar.

Heimildir

- 1 Edwards, M. *et al.* North Atlantic warming over six decades drives decreases in krill abundance with no associated range shift. *Communications biology* **4** (2021). <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s42003-021-02159-1>
- 2 Hansen, E. S. *et al.* Centennial relationships between ocean temperature and Atlantic puffin production reveal shifting decennial trends. *Glob. Change Biol.* **27**, 3753-3764 (2021). <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/gcb.15665>
- 3 Hansen, E. S. Stofnvöktun lunda 2018. Framvinduskýrsla til
- 4 Hansen, E. S. Stofnvöktun lunda 2017. Áfangaskýrsla til Umhverfisstofnunar. 15 (Náttúrustofa Suðurlands, Vestmannaeyjar, 2017).
- 5 Hansen, E. S. Lundarannsóknir 2014. Vöktun viðkomu, fæðu, líftala & könnun varpstöðva. Skýrsla til Veiðikortasjóðs, júní. 45 (Náttúrustofa Suðurlands, Vestmannaeyjar, 2015).
- 6 Hansen, E. S. Lundarannsóknir 2015. Vöktun viðkomu, fæðu, líftala & könnun varpstöðva. Skýrsla til Veiðikortasjóðs, október., 24 (Náttúrustofa Suðurlands, Vestmannaeyjar, 2015).
- 7 Hansen, E. S. & Garðarsson, A. Lundarrannsóknir 2012: Vöktun viðkomu, fæðu, heildarstofnmat, meðalfæðuprep sumar og vetur, vetrarstöðvar og sjálfbærni veiða. Nóvember. Skýrsla til Veiðikortasjóðs., 34 (Náttúrustofa Suðurlands, Vestmannaeyjar, 2012).
- 8 Hansen, E. S. & Garðarsson, A. Lundarrannsóknir 2013: Vöktun viðkomu, fæðu, líftala, & könnun vetrarstöðva. Desember. Skýrsla til Veiðikortasjóðs., 59 (Náttúrustofa Suðurlands, Vestmannaeyjar, 2013).
- 9 Kersten, O. *et al.* Complex population structure of the Atlantic puffin revealed by whole genome analyses. *Communications Biology* **4** (2021). <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s42003-021-02415-4>
- 10 Stempniewicz, L. & Jensen, J.-K. Puffin harvesting and survival at Nólsoy, the Faroes. *Ornis Svecica* **17**, 1-9 (2007). https://doi.org/esearehgate.net/profile/Lech-Stempniewicz/publication/256486410_Puffin_harvesting_and_survival_at_Nolsoy_The_Faroes/links/02e7e5250824a194bc000000/Puffin-harvesting-and-survival-at-Nolsoy-The-Faroes.pdf
- 11 Harris, M. P. & Wanless, S. *The Puffin*. (T & A D Poyser, 2011).

- 12 Petersen, Æ. Size variables in Puffins *Fratercula arctica* from Iceland, and bill features as criteria of age. *Orn. Scand.* **7**, 185-192 (1976).
- 13 Helgason, H. H. *Survival of Atlantic Puffins (Fratercula arctica) in Vestmannaeyjar, Iceland during different life stages* Magister Scientiarum thesis, University of Iceland, (2012).
- 14 Zuur, A. F., Leyo & Smith. *Analysing ecological data.* (Springer, 2007).
- 15 Garðarsson, A. et al. Starfshópur umhverfisráðherra um verndun og endurreisn svartfuglastofna. Greinargerð og tillögur starfshópsins. http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/Tillagur-svartfuglahops-2011.pdf. 39 (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, Reykjavík, 2011).
- 16 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. 361 (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, Reykjavík, 2013).
- 17 Lebreton, J.-D. Dynamical and statistical models for exploited populations. *Aust. N. Z. J. Stat.* **47**, 49-63 (2005).
- 18 Ásgeirsson, Á. *Varpvistfræði lunda á Breiðafirði* B.S. thesis, Háskóli Íslands, (2010).
- 19 Hansen, E. S., Sigursteinsson, M. & Garðarsson, A. Lundatal Vestmannaeyja. *Bliki* **31**, 15-24 (2011).
- 20 Williams, B. K., Nichols, J. D. & Conroy, M. J. *Analysis and management of animal populations.* (Academic Press, 2002).
- 21 Hobson, K. A. & Clark, R. A. Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of ¹³C in tissues. *Condor* **94** (1992).
- 22 Hobson, K. A. & Clark, R. A. Assessing avian diets using stable isotopes II: factors affecting diet-tissue fractionation. *Condor* **94** (1992).
- 23 Fayet, A. L. et al. Ocean-wide drivers of migration strategies and their influence on population breeding performance in a declining seabird. *Curr Biol* **27**, 3871-3878 (2017).
- 24 Hansen, E. S., Sigurðsson, I. A., Þórarinnson, Þ. L. & Þórisson, B. Vetrarstöðvar íslenskra lunda. *Veiðidagbók Umhverfisstofnunar* **20**, 18-21 (2015).
- 25 Olsen, B., Jens-Kjeld, J. & Reinert, J. Populations of Guillemots, Razorbills and Puffins in Faroes waters as documented by ringed birds. Report No. GEM Report No. C22-161-1, (2000).
- 26 Darby, J. H. et al. A new biologging approach reveals unique flightless molt strategies of Atlantic puffins. *Ecology and Evolution* **12**, e9579 (2022). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ece3.9579>