

LUNDARANNSÓKNIR 2014

VÖKTUN VIÐKOMU, FÆÐU, LÍFTALA & KÖNNUN VETRARSTÖÐVA



© ERPUR SNÆR HANSEN

LOKASKÝRSLA TIL UMHVERFISRÁÐHERRA
RANNSÓKNIR STYRKTAR AF VEIÐIKORTASJÓÐI 2014



NÁTTÚRUSTOFA SUÐURLANDS

JÚNÍ 2015

Forsíðumynd: Lundi (Fratercula arctica) með nýásettan dægurrita (GLS) á fæti í Papey, júní 2014. Ljósmyndari Ingvar A. Sigurðsson.

ÁGRIP	5
1. MEGINMARKMIÐ RANNSÓKNAÁÆTLUNAR 2014, AFURÐIR & HAGNÝTT GILDI.....	6
2. VÖKTUN VIÐKOMU & FÆÐU.....	7
2.1 Skipting rannsóknasvæða	7
2.2 Mat á fæðuframboði og fæðustamsetningu með ljósmyndum	10
2.3 Breytingar á aðalfæðutegundum eftir svæðum með breyttum sjávarhita	10
2.4 Ábúð varphola	12
2.5 Viðkoma og varpárangur	12
2.6 Samband fæðuframboðs við varpárangur og viðkomu.....	14
2.7 Samband viðkomu og fæðuframboðs eftir svæðum	16
2.8 Samband ábúðar og varpárangurs	22
2.9 Samsæturannsóknir ¹³ C & ¹⁵ N.....	23
3. ALDURSSAMSETNING VEIÐI	24
3.1 Norðursvæði.....	25
4. VÖKTUN LÍFTALA	26
4.1 Litmerking varpfugla í Stórhöfða	26
4.2 Merkingar á bæjarpysjum.....	26
5. GREINING VARP HOLUSÖGU: LÍFTÖLUR, STOFNVÖXTUR & INNFLUTNINGUR	27
6. HEILDARMAT ÍSLENSKA LUNDASTOFNSINS	27
7. LÝÐFRÆÐI, VEIÐAR & UMHVERFISBREYTINGAR.....	28
7.1 Mæling líftala ungfugla í Vestmannaeyjum 1959-2005	28

7.2 Útreikningur kynþroskaaldurs lunda með Bayesian tölfræði.	28
7.3 Lundaveiði á sóknareiningu (CPUE)	29
7.4 Vistbýltingar á Selvogbanka síðustu 136 ár (1877-2014)	32
7.5 Lágmarkslengd sandsíla L_{th} fyrir vetrardvala	33
7.6 Magn & tímasetning þörungablóma.....	34
7.7 Tímasetning lundavarps í Vestmannaeyjum, Grímsey & Borgarfirði Eystra	34
7.8 Útbreiðslukönnun nagdýra í Stórhöfða & Ystakletti, Vestmannaeyjum	36
8. KÖNNUN VETRARSTÖÐVA LUNDA MEÐ HNATTRITUM	37
9. STOFNBREYTINGAR BJARGFUGLA.....	39
10. KYNNING NIÐURSTAÐA.....	39
10.1 Fyrirlestrar 2010-2014	39
10.2 Handrit 2010-2014	40
10.3 Fjömiðlar	42
12. ÞAKKIR.....	42
13. HEIMILDIR.....	43

ÁGRIP

Tekin er saman sundurliðuð viðkoma lunda milli þriggja sjávarvistkerfa umhverfis landið byggð á gögnum úr tólf vörpum á landsvísu 2010-2014. Þessar niðurstöður eru settar í samhengi við mat á fæðuframboði út frá fjölda ljósmyndaðra lunda með fæðu (2011-2014), en sterk fylgni er milli viðkomu og þessa mats á fæðuframboði. Viðkoma hefur verið best á Norðursvæði en er engu að síður undir meðallagi í alþjóðlegum samanburði. Talsverð óútskýrð lækkun (um 30%) varð á varpárangri þar 2014 þrátt fyrir aukið fæðuframboð. Á Austursvæði hefur viðkoma vaxið stöðugt frá viðkomubresti 2010, þar til 2014 þegar 50% viðkomulækkun varð samhliða því að loðnulirfur urðu ríkjandi í fæðu. Á Suðvestursvæði hefur fæðuframboð aukist lítillega 2012-2014 en verið undir nauðsynlegum mörkum til ungaeldis og viðkoma lítil sem engin. Ábúð lækkaði þar um 30% 2014. Athygli vekur almenn sterk línuleg fylgni milli ábúðar og varpárangurs ($r = 0,7$), en líkleg skýring á þessu sambandi er að varpfuglar hætti við varp sökum fæðuskorts. Greint er frá miklum breytingum í lykilmælingum lunda milli þriggja vistkerfa við landið fyrir og eftir sjávarhlýnun um aldamótin. Aldurshlutföll lunda í veiði norðanlands eru tekin saman en þau endurspeglar talsverðan breytileika milli ára í veiðveru 2-ára fugla við byggðirnar, sem aftur tengist líklega fæðumagni umhverfis byggðirnar. Tekin eru saman drög að lágmarks stofnmati íslenska lundastofnsins 2.700.000 varpholur eða 2 milljónir varppara. Útreikningur líftala úr merkingagögnum með tveimur aðferðum skilar áþekkri en lágri líftölu varpfugla (0,87). Ljóst er að töluverður breytileiki er í endurheimtuhlutfalli eftir bæði aldri og árum sem þýðir að reikna þarf út hvern árgang og áhrif ára sérstaklega. Til þess þarf meiri upplýsingar og hefur þeirra verið aflað til úrvinnslu í IPM líkani í samstarfi við erlenda sérfræðinga í tengslum við alþjóðlegt samstarfs um úrvinnslu á tengslum lundaveiði og sjávarhita við Vestmannaeyjar sem hófst 2015. Stöðluð veiði á sóknareiningu í fimm veiðifélögum Vestmannaeyja er tekin saman og sýnir að sterkt samband við heildarveiði, sem þýðir að sveiflur í heildarveiði eru ekki nema að hluta skýrðar með sókn, að veiði endurspeglar sterkt viðkomu og nýliðun.

1. MEGINMARKMIÐ RANNSÓKNAÁÆTLUNAR 2014, AFURÐIR & HAGNÝTT GILDI

1. Vöktun viðkomu & pysjufæðu auk aldursamsetningu veiði

- 1.1 Mæling viðkomu í 12 lundabyggðum umhverfis landið.
- 1.2 Uppsetning sjálfvirkra myndavéla í lundavörpum.
- 1.3 Ljósmyndun fæðu pysja í 12 lundabyggðum og fæðugreining af ljósmyndum.
- 1.4 Ljósmyndun veiði og aldursgreining.

2. Vöktun líftala í Vestmanneyjum

- 2.1 Merking pysja veiddra í safngildru í Stórhöfða sem og bæjarpysja á Fiskasafni.
- 2.2 Litmerkingar varpfugla veiddra með yfirlegunetum í Stórhöfða.

3. Könnun vetrarstöðva með dægurritum

4. Fæðurannsóknir með stöðugum samsætum

5. Lýðfræði lunda, veiðar & umhverfisbreytingar

6. Kynning rannsóknaniðurstaða

AFURÐIR

Lundatal Íslands. Viðkoma og fæðusamsetning pysja á landsvísu. Aldursamsetning veiði. Veiðiráðgjöf. Líftölur í Vestmannaeyjum. Vetrarútbreiðslukort. Vetrarfæða. Greining hlutdeildar umhverfis og veiða í stofnbreytingum í Eyjum síðastliðin 135 ár.

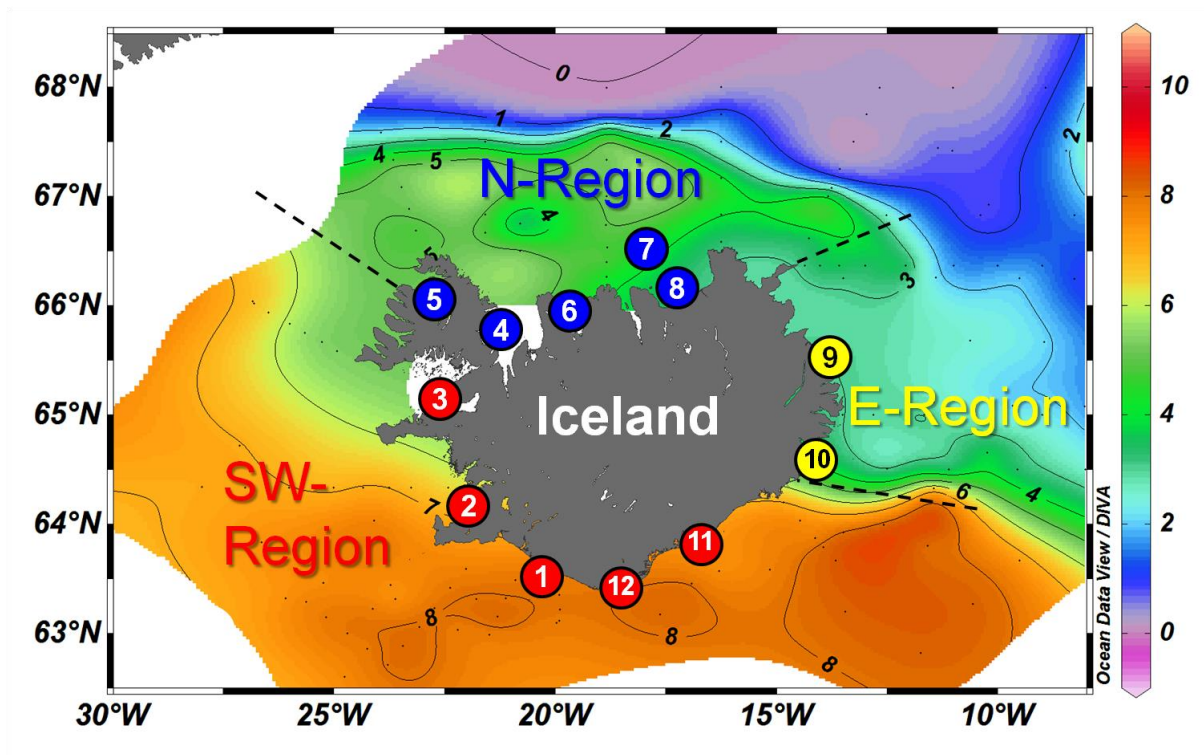
HAGNÝTT GILDI

Hér er lagt til áframhald á rannsóknum á stofnbreytingum mest veiddu fuglategundarinnar hérlendis sem hafa valdið byltingu á þekkingu líffræði tegundarinnar hérlendis og almennt. Rannsóknir á orsökum mikillar og endurtekinnar fækkunar í stofninum (og öðrum sjófuglastofnum sem éta sandsíli) og leggja þar með vísindalegan grunn að nýtingu hans.

2. VÖKTUN VIÐKOMU & FÆÐU

2.1 Skipting rannsóknasvæða

Ákveðið var að skipta lundabyggðunum tólf milli þriggja náttúrulega skilgreindra svæða eftir ríkjandi haffræði og vistkerfum á landgrunni Íslands (1. mynd) [1-3]. Fimm byggðanna eru staðsettar sunnanands (1-3 og 11-12), aðrar fimm norðanlands (4-8) og tvær austanlands (9 og 10), sjá heiti, hnattstöðu og stofnstærð rannsóknabyggða auk áætlaðs heildarfjölda varphola efir svæðum í 1. töflu. Samkvæmt vistkerfaflokkun hafsins tilheyrir sjór á sunnan og vestanverðu landgrunninu „Atlantic Sub-Arctic Province“ (ASAP) en „Atlantic Arctic Province“ (AAP) á norðan og austanverðu landgrunninu [4]. Tímasetning vorblóma á landgrunninu sunnan og vestanlands (ASAP) stjórnast af myndun ferskvatnsskila eftir vorleysingar og er síðbúnari en fyrir norðan en framleiðni hinsvegar mun meiri og stendur lengur. Heimskautasvæðið (AAP) er hér aðgreint í Norður- og Austursvæði. Á Norðursvæði eru mikil áraskipti á blöndunaráhrifum frá hlýjum Irmingerstraumnum og hitalagkipting stuðlar að snemmbúnari vorblóma en á SW-svæði. Austursvæðið einkennist af köldum ólagskiptum sjó þar sem kaldur Austur-Íslandsstraumurinn er ráðandi og frumframleiðni er minnst. Svæðaskipti eru sett við Gölt, Font og Eystrahorn. Fyrri tvær svæðaskiptingarnar eru ekki nákvæmar en Vestrahorn markar suðurmörk skarpra hitaskila sem liggja milli Eystra- og Vestrahorns [5]. Eru niðurstöður bornar saman milli þessara þriggja svæða. Farnir voru tveir leiðangrar umhverfis landið seinni hluta júní og júlí til gagnaöflunnar í tólf byggðum sem voru heimsóttar réttisælis umhverfis landið og hófst júníleiðangurinn að þessu sinni í Akurey á Faxaflóa en í Vestmannaeyjum í júlí.



Mynd 1. Vistflokkun sjávar á landgrunninu og staðsetning rannsóknabyggða. Útbreiðsla sjógerða og samsvarandi vistkerfa er afmörkuð með brotnum línunum við Gølt, Font og Vestrahorn. Hlýr og saltur Atlantssjór ríkir á SW-svæði, blandaður svalsjór á Norðursvæði og kaldur ólagskiptur sjór á Austursvæði (sjá texta). Rannsóknabyggðir á SW-svæði eru sýndar með rauðum forgrunni, á Norðursvæði með bláum og á Austursvæði með gulum. Sýndar eru jafnhitalínur í maí árið 2012 á 50 m dýpi með góðfúslegu leyfi Héðinns Valdimarssonar. Heiti byggða, hnattstaða, stofnstærðarmat og heimildir eru í 1. töflu.

Tafla 1. Heimsóknarnúmer og heiti byggða, hnattstaða, stofnstærðarmat (heildar varpholufjöldi) byggða og svæða ásamt heimildum (sjá 1. mynd).

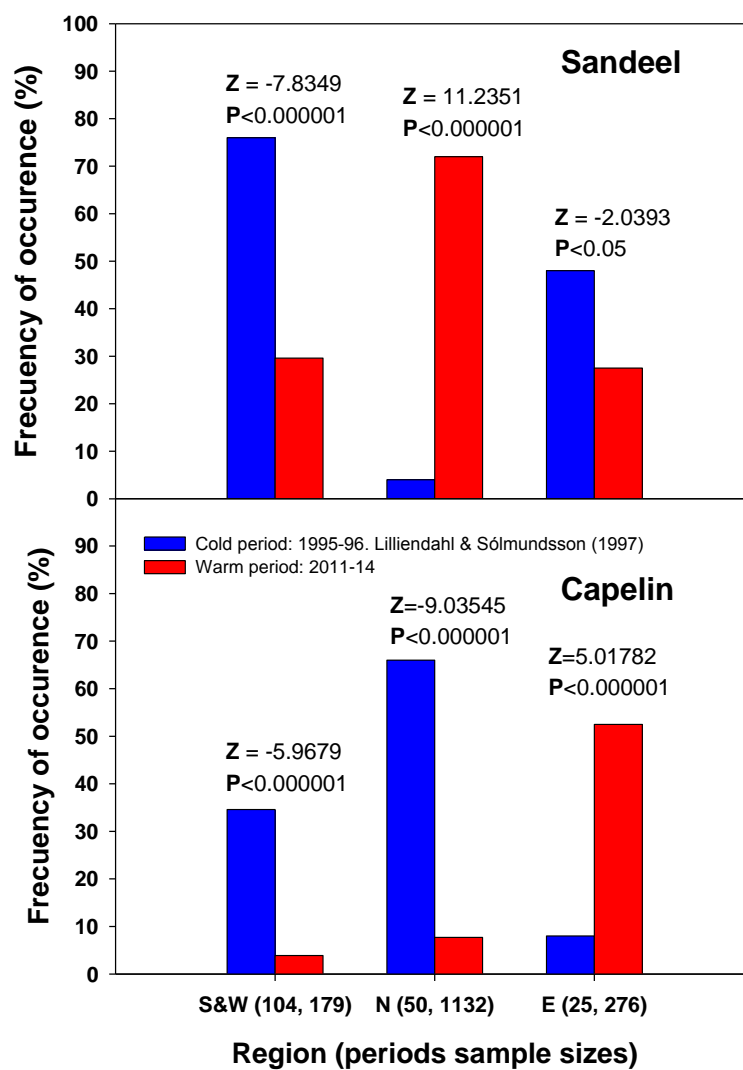
Heimsóknaröð (númer) & heiti byggða	Hnattstaða		Holufjöldi x1000 ± 95% Ö.M., (% af heild)	Heimild
	N	V		
SÜDVESTURSVÆÐI			1750,4 ±386,1 (64,9%)	[6]
1. Vestmannaeyjar	63° 24′	20° 17′	1125,5 ±245	[6]
2. Akurey, Faxaflói	64° 10′	21° 50′	18,8 ±4,2	[6]
3. Elliðaey, Breiðafjörður	66° 8′	22° 59′	4,53 ±1,2	[6, 7]
11. Ingólfshöfði	63° 48′	16° 13′	4,96 ±1,1	[6]
12. Dyrhólaey	63° 24′	19° 6′	2,12 ±0,56	[8]
NORÐURSVÆÐI			427,9 ±45,6 (15,9%)	[6]
4. Grímsey, Steingrímsfirði	65° 41′	21° 24′	31,0 ±8,6	[6, 9]
5. Vigur Ísafjarðardjúpi	66° 3′	22° 5′	38,4 ±8,1	[6]
6. Drangey	66° 57′	19° 41′	49,0 ±6,1	[6]
7. Grímsey	66° 33′	18° 0′	53,7 ±11,5	[6]
8. Lundey, Skjálfanda	66° 7′	17° 22′	36,5	[6]
AUSTURSVÆÐI			518 ±109,4 (19,2%)	[6]
9. Hafnarhólmi, Borgarfjörður Eystri	65° 32′	13° 45′	23,68	[6]
10. Papey	65° 32′	13° 45′	177,5 ±1,4	[6]
Lundaholufjöldi á Íslandi			2696,3 ±541,1	[6]

2.2 Mat á fæðuframboði og fæðustamsetningu með ljósmyndum

Ljósmyndun varpflugla með fæðu í gogg hófst 2011 og hefur síðan verið endurtekin árlega. Myndatakan gegnir tvíþættu hlutverki, hún leyfir tegundagreiningu fæðu sem gefur fæðusamsetningu sem og mat á fæðuframboði sem er metið með fjölda fæðubera sem náðist að ljósmynda í hverri heimsókn í hverja byggð (NFL). Cornelius Schlawe var leiðangursljósmyndari árin 2011 og 2012, og Ingvar Atli Sigurðsson árið 2013 og 2014. Valur Bogason og Kristján Lillindahl ásamt úrvali sérfræðinga á Hafrannsóknastofnun greindu fæðu frá 2011 til tegunda. Valur Bogason og Erpur S. Hansen greindu af myndum frá 2012 og 2013, en ESH 2014. Greining fæðu af öllum myndum er lokið. Á landsvísu eru síli (*Ammodytes marinus*) og loðna (*Mallotus villosus*) ríkjandi fæðutegundir. Hlutdeild annrara fæðutegunda eins og flekkjamjóna (*Leptoclinus maculatus*) á norðursvæði, rauðu sæveslu (*Gaidropsarus argentatus*) á suðursvæði og þorskfiska (*Gadidae*) víða hafa verið bæði svæða- og árabundnar sem er vísbending um að lundinn nýti aðgengilega fæðu hverju sinni. Greint verður frá tegundasamsetningu síðar.

2.3 Breytingar á aðalfæðutegundum eftir svæðum með breyttum sjávarhita

Athyglisverðar breytingar, sem hafa átt sér stað á tíðni sandsílis og loðnu í fæðu innan svæða samanborið við fæðuathuganir á landsvísu frá síðasta sjávarkaldskeiði 1995-96 [10, 11], eru teknar saman í mynd 2. Miklar og tölfræðilega marktækar breytingar hafa orðið á tíðni bæði loðnu og sandsíls milli kald- og hlýsjávarskeiða (þessi rannsókn 2010-2014) innan allra þriggja svæða (2. mynd). Sandsíli er nú ríkjandi fæðutegund á N-svæði en var loðna á síðasta kaldskeiði og eru tegundaumskiptin alger, sandsíli fer úr 4 í 72% fæðutíðni en loðna úr 66 í 7.7%. Á E-svæði hefur hlutdeild loðnu aukist úr 8 í 52.5% samtímis fækkun sílis úr 48 í 27,5% fæðutíðni. Loðna hvarf þar að mestu árið 2012. Á SW-svæði féll tíðni sandsílis í fæðu úr 76 í 29.4% og loðnu úr 34.6 í 3.9% en loðna þar var að mestu leyti bundin við árið 2013.



Mynd 2. Samanburður á tíðni sandsílis (efri hluti) og loðnu (neðri hluti) í fæðu fyrir (bláar súlur) og eftir hlýnun sjávar (rauðar súlur, þessi rannsókn) eftir svæðum.

2.4 Ábúð varphola

Ábúðarhlutfall í >40 varpholum í hverri byggð var mælt beint með holumyndavélum sem nota innrauða lýsingu ósýnilega fuglunum. Hlutfall varphola í ábúð er önnur grunnstærð við mat á stærð varpstofns lunda, en hin er heildarholufjöldi. Algengt er að langlíf dýr eins og sjófuglar taki sér stöku frí frá varpi og gróflega metið sleppa 10% lunda varpi ár hvert á Isle of May [12, 13]. Ekki er vel þekkt hvernig þessi varpfrí almennt ákvarðast utan þess að sjófuglar eru líklegri til að taka sér frí þegar fæðuframboð dregst saman [14]. Rannsóknir Mike P. Harris o.fl. á Isle of May við Bretland benda til að ábúðarhlutfall varphola lunda sé stöðugt á bilinu 70-80% (Harris & Wanless 2011). Byggðin á Isle of May er best þekkt dæmið um samfellt ört vaxandi lundavarp undanfarna hálföld. Ábúðarhlutfall virðist þannig vera stöðugt við kjöraðstæður. Af einhverri gefinni stofnstærð endurspeglar ábúð þannig hlutfall varpfugla sem sleppa úr varpi, nýliðun og þar með talinn innflutning. Langvarandi viðkomubrestur eins og í Vestmannaeyjum þurrkar nánast út staðbundna nýliðun og ætti að lækka ábúð verulega. Það er fyrirhafnarinnar virði að skoða þetta tölulega, ef ekki til annars en að átta sig á betur á staðreyndum. Reiknað er með árlegri líftölu fullorðinna 0,9 (liggur líklega á bilinu 0,87-0,95), allir varpfuglar verpa, engin innflutingur á sér stað. Kynþroski er við sex ára aldur þannig að nýliðun vegur upp dánartölu (að þerrandi marki) í fimm ár frá upphafi viðkomubrests (árið 2003), nýliðun er þá engin frá og með 2008 (nýliðunaráhrif frá fyrri árum horfin). Stofnstærð varpstofns 2014 ætti að vera 43% (0,9⁸, 0,33-0,66) af gildi sínu árið 2008, þannig að ef ábúð var um 75% árið 2008 þá ætti ábúð árið 2014 að vera um 32% (0,25-0,5). Hún hefur verið 50% að meðaltali undanfarinn fimm ár (tafla 4.). Gera má ráð fyrir að varpfuglar sleppi varpi í hallæri (lækkar ábúð), sem og að einhver innflutningur eigi sér stað (hækkar ábúð). Líklegt má telja að líftala varpfugla sé fremur hærri en lægri og t.d. áhrif veiða horfin frá 2008. Ef svo er þá minnkar ábúð vegna minnkunar varpstofns um 5-7% árlega sem sést helst með að skoða ábúð yfir lengri tíma sökum árlegs breytileika. Samanburður meðalábúðar milli svæða er sýndur í töflu 4, og ábúð einstakra ára á hverju svæði á myndum 4-6. Meðalábúð á N-svæði (78,7%) er 155% af og marktækt hærri en meðalábúð SW-svæðis (50,5%). Meðalábúð á E-svæði er 70,2% en ekki marktækt frábrugðin hinum svæðunum tveimur.

2.5 Viðkoma og varpárangur

Viðkoma (fleygir ungar/varpholu) er margfeldi ábúðarhlutfalls varphola (egg/varpholu) og varpárangurs (fleygir ungar/egg). Þar sem rannóknabyggðir eru heimsóttar tvisvar árlega, á álegutíma júní og ungatíma í júlí, mælist vel hlutfall eggja sem klekjast en endanlegan fjölda fleygra unga þarf að áætla. Hingað til hefur verið reiknuð hámarksviðkoma þannig að gert er ráð fyrir að ungar á lífi seinni hluta júlí verði fleygir seinna nema að þeir væru annaðhvort smávaxnir eða veiklaðir [15]. Hér

er notuð leiðrétting sem byggir á útreikningi daglegra lífslíka afkvæma milli heimsókna okkar sem notuð til framreiknings fyrir heildarvarptímann [16, 17]. Fyrst er reiknuð dagleg dánartala sem er fjöldi afkvæma sem misfarast milli heimsókna deilt með samalögðum hreiðurdagafjölda. Dánartala -1 gefur líftöluna. Varpárangur er reiknaður sem dagleg líftala afkvæma sett í veldi sem er jafnt heildarvarptímanum. Álegutími lunda er 42 dagar og ungaeldi tekur einnig 42 daga í góðu árferði og varptími því samtals 84 dagar. Vaxtartími lunda lengist hinsvegar við fæðuskort vegna hægari vaxtar [12]. Meðal varptímalengd hefur verið metin í Vestmannaeyjum með klaktíma og meðaldagsetningu komu bæjarpysja og er það mat látið gilda fyrir suður- og vesturland árin 2010-2014 (tafla 2.) en 84 dagar notaðir fyrir hin svæðin. Árið 2015 er fyrirhugað er að nota sex sjálfvirkar myndavélar til að ákvarða lengd tímabila innan svæða.

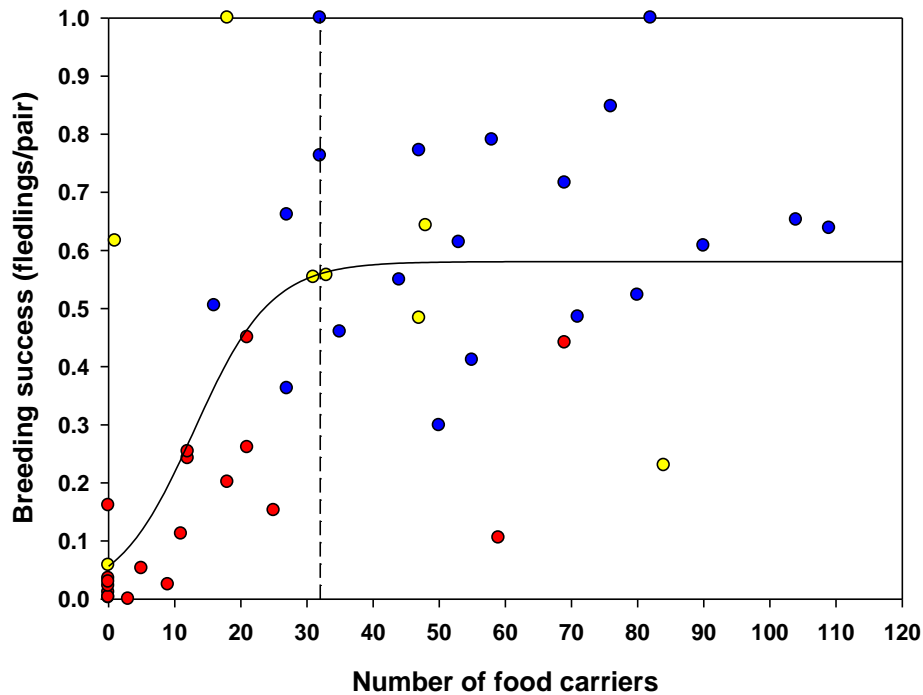
Viðkoma (og varpárangur) er nú sett í beint samhengi við fæðuframboð í fyrsta sinn, en fjöldi ljósmyndaðra fæðubera var kannaður með tilliti til þess hvort finna mætti tölfræðilega þröskuld þar sem fæðuframboð væri takmarkandi fyrir viðkomu, sem og samband varpárangurs og ábúðar.

Tafla 2. Varptímalengd (dagar) í Vestmannaeyjum 2007-2014. Sýnd eru meðaldagsetningar klaks og brottflugs (komutími bæjarpysja) skráðum á Fiskasafni Vestmannaeyja auk áætlaðs meðalvarptíma sem er 42 dögum fyrir klak, einnig er sýnd er staðalskekkja (S.E., dagar) og sýnastærð (n). Dagsetningar eru gefnar sem dagafjöldi innan árs (frá 1. janúar). Áætlaðar dagsetningar eru í hornklofum.

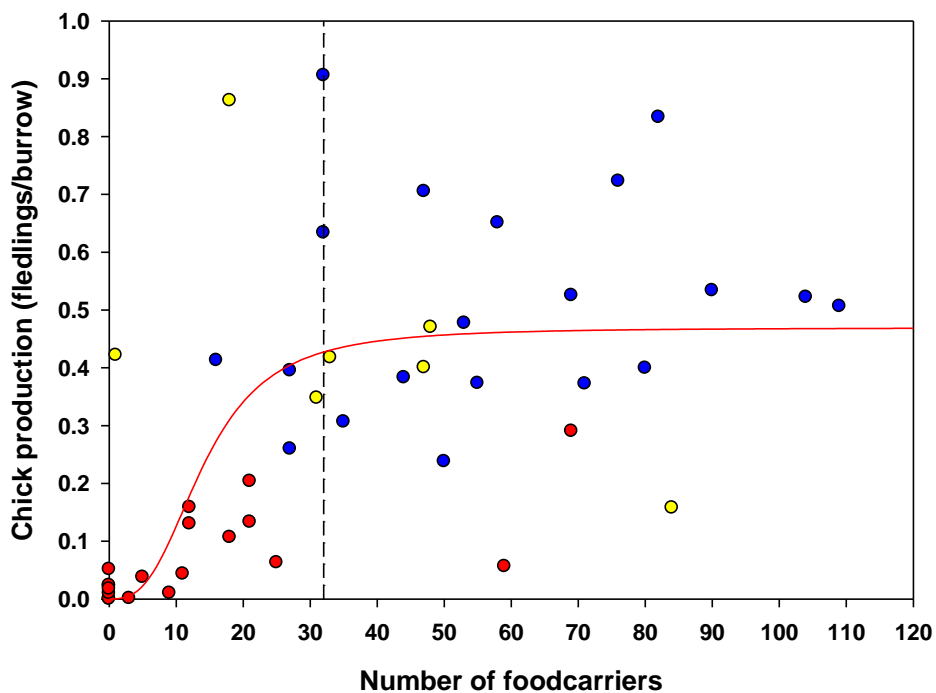
Ár	Dags. varps	Dags. klaks S.E. (n)	Dags. brottflugs S.E. (n)	Ungatími (dagar)	Varptími (dagar)
2007	[161]	203 ±2.5 (16)	252 ±0.1 (1161)	49	91
2008	[158]	201 ±1.3 (42)	255 ±0.2 (383)	54	96
2009	[157]	199 ±1.5 (40)	257±0.2 (514)	58	100
2010	[137]	179 ±1.0 (19)	247 ±0.6 (10)	68	110
2011	[155]	[197]	267 ±8.0 (27)	70	112
2012	[156]	198 ±3.0 (14)	254 ±0.1 (1829)	56	98
2013	[156]	198 ±2.8 (22)	261 ±0.2 (29)	63	105
2014	[143]	[198]	254 ±0.6 (99)	56	98

2.6 Samband fæðuframboðs við varpárangur og viðkomu

Samband fæðuframboðs og varpárangurs annarsvegar (2. mynd), og viðkomu hinsvegar (3. mynd), var kannað með samsettri línulegri aðhvarfsgreiningu (piecewise linear regression) þar sem tvær aðhvarfslínur eru tengdar saman í punkti „FAT“ sem einnig er sömuleiðis ákvarðaður með lágmarkun fervikasummu samsetts aðhvarfsfallsins [18]. Þessi punktur markar þröskuld fæðuskorts. Fyrir neðan þröskuldin fara bæði varpárangur og viðkoma hraðlækkandi en haldast svipuð en breytileg fyrir ofan hann. Niðurstöður aðhvarfsgreiningarinnar eru sýndar í töflu 3. Um 50% breytileika (R^2) í bæði varpárangri og viðkomu er skýrður með aðhvarfsgreiningunni með ASin umbreytingu og er fæðuskortsþröskuldurinn $FAT = 32$ fæðuberar/heimsókn.



Mynd 3. Samband varpárangurs og fjölda fæðuberar í einstaka byggðum. SW-svæði sýnt með rauðu, Norðursvæði með bláu og austursvæði með gulu. Fæðuskortsþröskuldur er sýndur með lóðréttri brotalínu ($FAT = 32$ fæðuberar / heimsókn). Tölfræðiniðurstöður eru í 3. töflu.



Mynd 4. Samband viðkomu og fjölda fæðubera í einstaka byggðum. SW-svæði sýnt með rauðu, Norðursvæði með bláu og austursvæði með gulu. Fæðuskortspröskuldur er sýndur með lóðréttri brotalínu (FAT = 32 fæðuberar / heimsókn). Tölfræðiniðurstöður eru í töflu 3.

Tafla 3. Niðurstöður aðhvarfsgreininga milli viðkomu (P) og varpárangurs (BS) á gagnvart fæðuframboði, beint eða með ASin(SQRT()) umbreytingu. NFL <X, Y = B0+B1 NFL. NFL >X, Y= (B0-(X B2)) + (B1+B2) NFL.

			R (obs. vs pre.)	B0 ±A.S.E.	B1 ±A.S.E.	B2 ±A.S.E.	X ±A.S.E.
Breyta	d.f.	RSS					
P	42	0.042	0.409	0.0420 ±0.0609	0.0118 ±0.0032	-0.0108 ±0.0040	32.0000 ±12.6441
ASin(P)	42	191.870	0.502	9.0432 ±4.0976	1.0110 ±4.6805	-0.9640 ±0.2729	32.0000 ±8.7020
BS	43	0.050	0.479	0.0634 ±0.0686	0.0188 ±0.0063	-0.0176 ±0.0066	24.7078 ±8.0236
ASin(BS)	43	285.010	0.488	12.7673 ±4.9427	1.2578 ±0.3309	-1.2836 ±0.3680	31.5480 ±7.6316

RSS: Residual sum of squares. M.E.P: Mean Error Prediction (SQRT(RSS)). A.S.E: Asymptotic Standard Error.

2.7 Samband viðkomu og fæðuframboðs eftir svæðum

Meðaltöl fæðuframboðs, ábúðar, varpárangur og viðkoma eru borin saman milli svæða með fervikagreiningu (ANOVA) í töflu 4. Ársmeðaltöl eru borin saman innan svæða á myndum 5-7. Meðaltöl allra fjögurra breyta hafa verið hæst á N-svæði, og öll tölfræðilega marktækt hærri en á SW-svæði, en meðalvarpárangur var marktækt hærri en á E-svæði. Fæðuframboð er hæst öll ár á N-svæði og ávallt yfir hungurmörkum (FAT =32) en kemst næst þeim 2012 (mynd 5). Meðalfæðuframboð hækkar bæði 2013 og 2014. Hækka varpárangur og ábúð 2013 í takt við fæðuframboðið en 2014 breytist ábúð lítið en varpárangur lækkar um 30% og dregur viðkomuna niður um svipað hlutfall. Ástæðan fyrir þessari „sérkennilegu“ lækkun varpárangurs er óþekkt. Það er rétt að taka það fram að meðalvarpárangur N-svæðis er lægri en sjö af átta langtímameðaltölum (3-35 ár) frá lundabyggðum við Bretland. Aðeins St. Kilda er áþekkt, þannig að þótt ástandið hérlendis sé skárst á N-svæði er ekki rétt að líta á það sem gott, heldur undir meðallagi.

Á E-svæði eru meðaltöl allra fjögurra breyta á milli hinna svæðanna, þó fremur nær gildum N-svæðis (tafla 4.). Bæði meðalfæðuframboð og meðalábúð E-svæðis er ekki marktækt frábuðin hinum svæðunum en hinsvegar er viðkoma marktækt hærri en á SW svæði. Fæðuframboð þar hefur aukist frá því að vera undir hungurmörkum árin 2011 og 2012, við hungurmörk 2013 og vel yfir mörkin 2014 (mynd 6). Varpárangur og ábúð hefur hækkað með fæðuframboði 2011-2013, en hið sama gerist árið 2014 og á N-svæði, fæðuframboð eykst mikið, en bæði ábúð og varpárangur taka

dýfu og viðkoma lækkar um >50%! Á þessu er reyndar einföld skýring, langflestir fuglarnir voru að bera loðnulirfur sem eru afar smávaxin fæða (<3 cm). Fjöldi máltíða hafði minna að segja en smæð þeirra.

Viðvarandi viðkomubrestur hefur verið á SW-svæði og hefur viðkoma í Vestmannaeyjum verið lítil sem engin í samfelld 12 ár. Sandsílastofninn hrundi 2005 sem er álitin aðalástæða fæðuskorts lunda og flestra íslenskra sjófugla [15].

Meðaltöl allra fjögurra breyta voru hæst á N-svæði og ávallt marktækt hærri en á SW-svæði en bæði varpárangur og viðkoma voru marktækt hærri þar en á E-svæði. Viðkoma var marktækt hærri á E-svæði en SW-svæði. Skoðuð var fylgni allra fjögurra breyta við tíma (ár) til þess að skoða hvort kerfisbundnar breytingar í tíma ættu sér stað. Fæðuframboð hefur marktækt aukist á N- og SW svæðum en hæsti fylgnistuðullinn á E-svæði er á marktæknimörkum sem stafar líklega af lítilli sýnastærð. Rétt er að hafa í huga að fjöldi fæðubera segir hálfá söguna, þ.e. enduspeglar fæðugjafatíðni þokkalega en ekki stærð máltíða. Smávaxin loðna (lirfur) voru t.d. áberandi á E-svæði 2014 og skýra væntanlega hemings lækkun varpárangurs miðað við 2014. Þessi skýring gildir ekki um hin svæðin.

Tafla 4. Niðurstöður fervikagreingar á meðaltölum fæðuframboðs (fjöldi fæðubera/heimsókn), ábúðar (egg/varpholu), varpárangurs (fleygir ungar/egg) og viðkomu (fleygir ungar/varpholu) milli svæðanna þriggja. Tölfræðilega marktækur munur var á milli svæða innan allra fjögurra breytanna. Sýnt er með bókstöfum hvaða meðaltöl eru marktækt ólík samkvæmt Tukey HSD post hoc prófi, en meðaltöl sem bera sama bókstaf eru marktækt ólík (marktækni sýnd í fótskrift).

Breyta	ANOVA	Meðaltal (\pm S.E.)		
	R ² (%), F, P<	N-Svæði	E-Svæði	SW-Svæði
Fæðuframboð	45.6, 5.425, 0.03	57.8 ^a \pm 9.5	33.1 \pm 12.1	14.5 ^a \pm 5.1
Ábúð varphola	54.6, 7.227, 0.009	0.787 ^b \pm 0.036	0.702 \pm 0.041	0.505 ^b \pm 0.076
Varpárangur	64.7, 11.038, 0.002	0.611 ^{c,d} \pm 0.042	0.391 ^d \pm 0.124	0.090 ^c \pm 0.037
Viðkoma	65.6, 11.463, 0.002	0.482 ^e \pm 0.046	0.287 ^f \pm 0.229	0.038 ^{e,f} \pm 0.020

a: P<0.03. b: P<0.008. c: P<0.002. d: P<0.05. e: P<0.002. f: P<0.05.

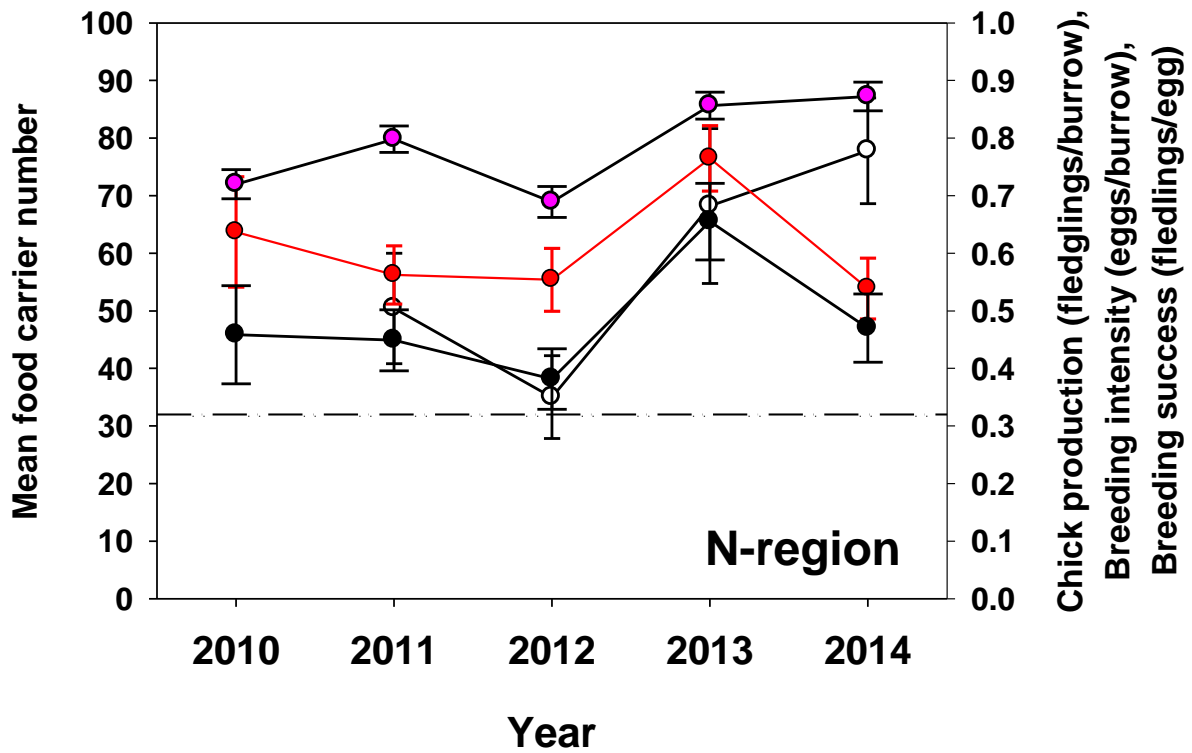
Tafla 5. Niðurstöður fervikagreingar á meðaltölum fæðuframboðs (fjöldi fæðubera/heimsókn), ábúðar (egg/varpholu), varpárangurs (fleygir ungar/egg) og viðkomu (fleygir ungar/varpholu) milli ára innan svæðanna þriggja. Vísað er með bókstöfum í háskrift hvaða ár meðaltöl eru marktækt ólík samkvæmt Tukey HSD post hoc prófi, niðurstöður eru sýndar ásamt marktækni í fótskrift.

Breyta	R ² (%)	F-raito	d.f.	P<
N-Svæði				
Fæðuframboð ^a	40.4	3.61694	3, 16	0.03633
Ábúð varphola ^b	39.0	3.19709	4, 20	0.03494
Varpárangur	-	1.12720	4, 16	N.S.
Viðkoma	-	1.72991	4, 16	N.S.
SW-Svæði				
Fæðuframboð	-	1.11841	4, 15	N.S.
Ábúð varphola ^c	59.3	7.28110	4, 20	0.00087
Varpárangur	-	2.54323	4, 18	N.S.
Viðkoma	-	1.98971	4, 17	N.S.
E-Svæði				
Fæðuframboð	-	2.14717	3, 4	N.S.
Ábúð varphola	-	1.12423	4, 6	N.S.
Varpárangur	-	1.30156	4, 4	N.S.
Viðkoma	-	1.35108	4, 4	N.S.

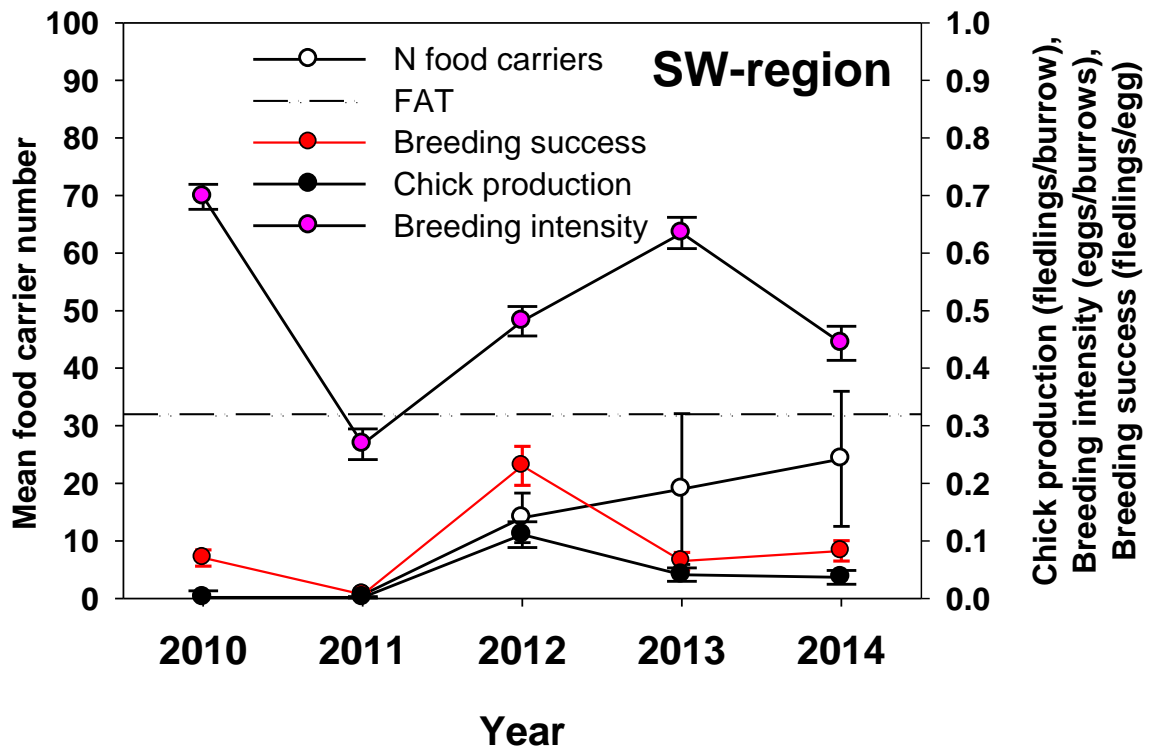
a: 2012 & 2014 (P<0.03607). b: 2012 & 2013 (P<0.04771). c: 2010 & 2011 (P<0.00081), 2011 & 2013 (P<0.00267).

Tafla 6. Niðurstöður fylgnigreiningar (Kendall tau-b) á fæðuframboði (fjöldi fæðubera/heimsókn), ábúð (egg/varpholu), varpárangurs (fleygir ungar/egg) og viðkomu (fleygir ungar/varpholu) milli svæðanna þriggja. Marktækur munur (P<0,05) er sýndur með *.

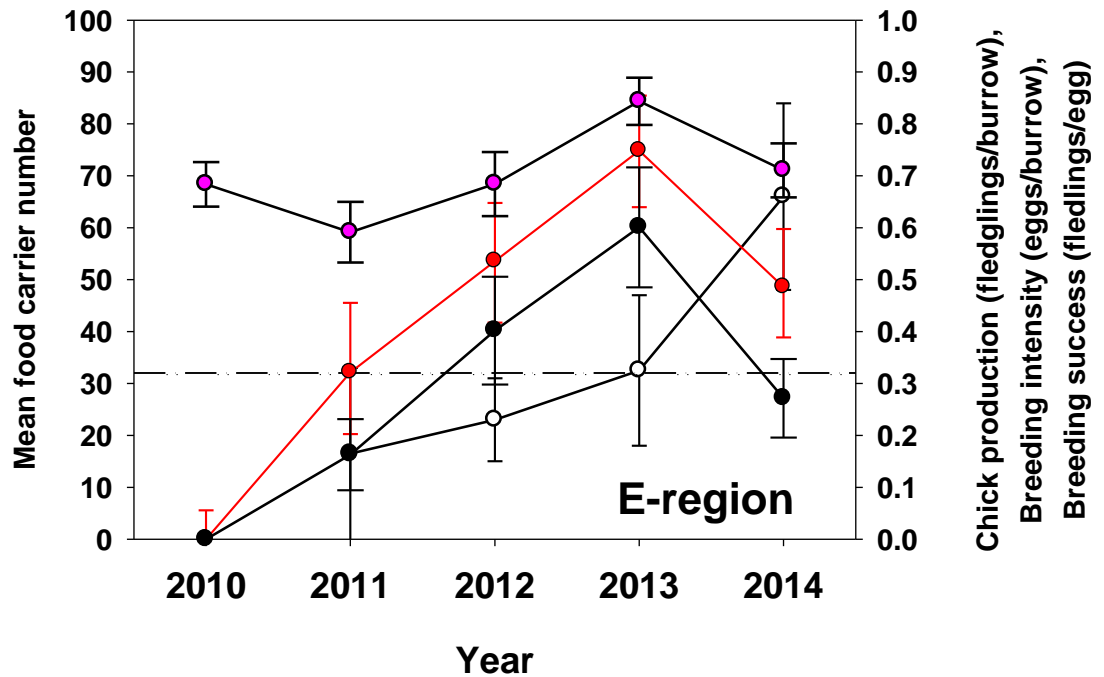
Breyta (n ár)	N-Svæði (n)	E-Svæði (n)	SW-Svæði (n)
Fæðuframboð (4)	0.345* (21)	0.617 (8)	0.420* (20)
Ábúð varphola (5)	0.277 (25)	0.194 (11)	-0.040 (25)
Varpárangur (5)	0.169 (21)	0.353 (9)	-0.004 (23)
Viðkoma (5)	0.190 (21)	0.412 (9)	-0.009 (22)



Mynd 5. Árleg meðaltöl varpárangurs (fleygur ungi/egg, rautt), viðkomu (fleygur ungi/varphola, svart), og fjölda fæðubera (hvítt) fyrir norðurland. Sýnd eru 95% öryggismörk. Punktstrikalínan sýnir fæðuskortsþröskuld (FATT = 32 fæðuberar / heimsókn).

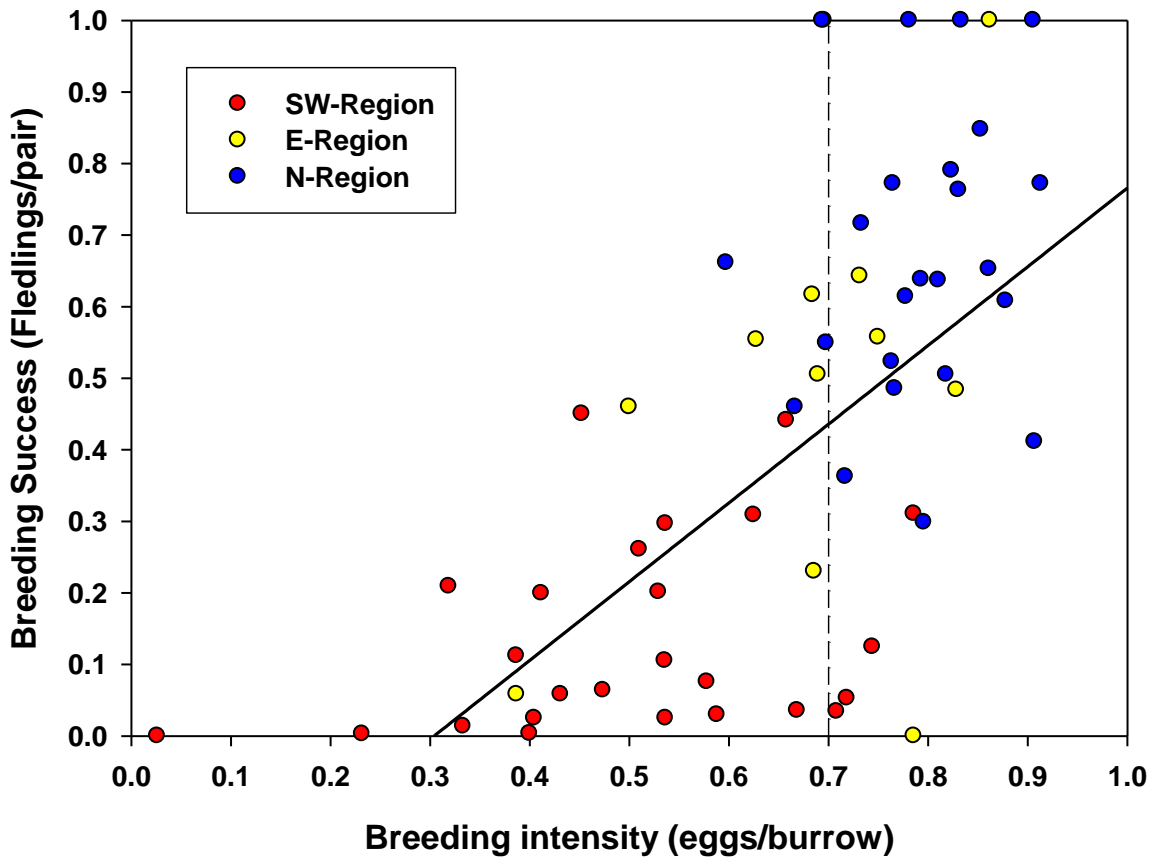


Mynd 6. Árleg meðaltöl varpárangurs (fleygur ungi/egg, rautt), viðkomu (fleygur ungi/varphola, svart), og fjölda fæðubera (hvítt) fyrir austurland. Sýnd eru 95% öryggismörk. Punktstrikalínan sýnir fæðuskortsþröskuld (FAT = 32 fæðuberar / heimsókn).



Mynd 7. Árlæg meðaltöl varpárangurs (fleygur ungi/egg, rautt), viðkomu (fleygur ungi/varphola, svart), og fjölda fæðubera (hvítt) fyrir suðvesturland. Sýnd eru 95% öryggismörk. Punktstrikalínan sýnir fæðuskortsþröskuld (FAT = 32 fæðuberar / heimsókn).

2.8 Samband ábúðar og varpárangurs



Mynd 8. Samband ábúðarhlufalls og varpárangurs. Pearson fylgni 0.70 ($P > 0.01$). Línulegt aðhvarf R^2 adj. = 0.480, $F_{1, 51} = 49.152$, $P < 0.000001$. Standard error of estimate 0.2133. Aðhvarfsjafna: $BS = -0.302 (0.1034 \text{ S.E.}) + BO 1.066 (0.1521 \text{ S.E.})$.

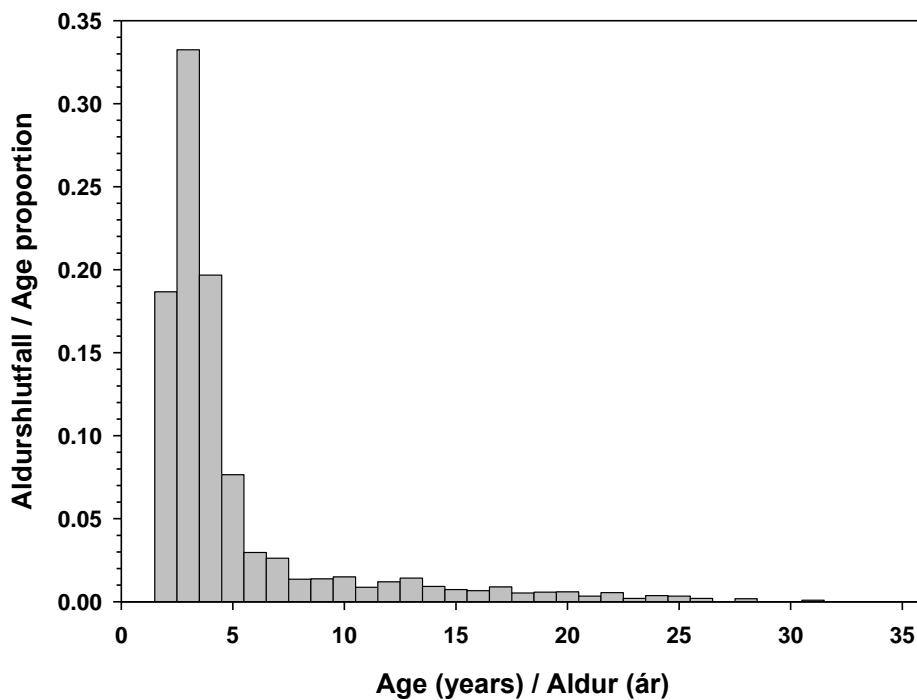
Sterkt samband milli ábúðar og varpárangurs er sýnt á mynd 8. N-og SW-svæði eru næstum aðgreind og mætti gera athugasemd við að leggja þau að jöfnu. Að ábúð sem er orðinn lág á SW-svæði en eðlileg á N-svæði gefi saman ímyndað samband sem endurspeglir svæðamun fremur en að tengis séu við fæðumagn fyrir varptíma (ábúð) og um varptímamann (varpárangur). Niðurstöðurnar frá A-svæðinu sýna hinsvegar að fjöldi varptilrauna er tengdur við varpárangur, en breytileiki er talsverður.

2.9 Samsæturannsóknir ¹³C & ¹⁵N

Efnagreiningum á sýnum frá 2014 og eldri sýnum lauk um miðjan júní 2015 en mólun skinnasýna tafði verkið verulega og bíður úrvinnsla fram á haust. Í skoðun er að gera þessa úrvinnslu að meistaraverkefni tengdum niðurstöðum úr dægurritum. Einnig má geta óformlegs samstarfs við Mads Frost Bertelsen og Flemming Nielsen við Dýragarðinn í Kaupmannahöfn en þeir hafa gert rannsókn á leiðréttingarstuðli fyrir fimm mismunandi fæðutegundir lunda. Þessar rannsóknir verða grundvöllur okkar rannsókna og annara framtíðarrannsókna á lunda. Undirritaður hannaði rannsóknina.

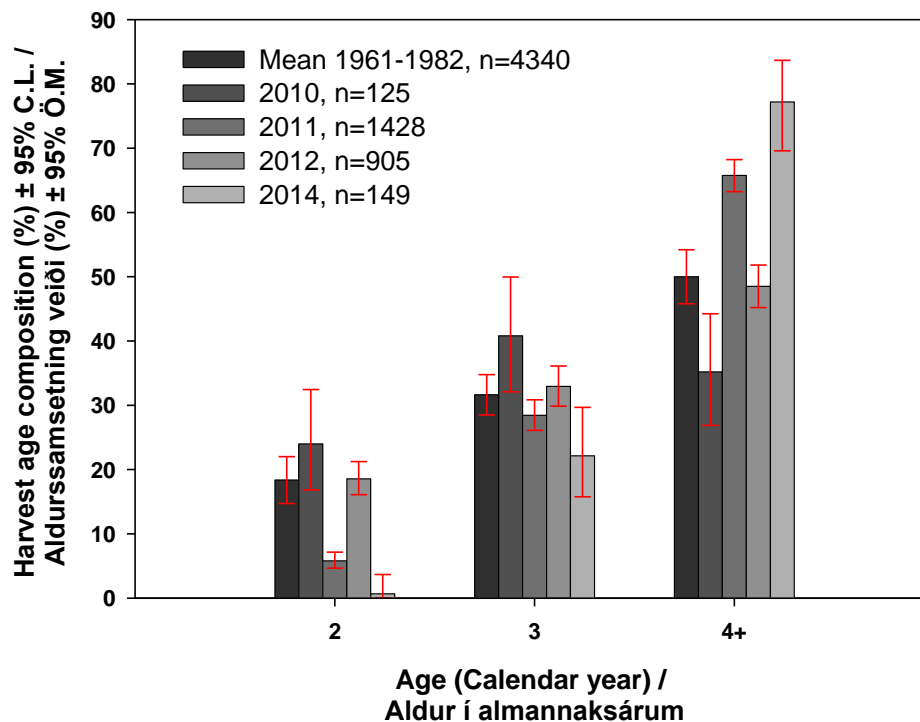
3. ALDURSSAMSETNING VEIÐI

149 lundar voru ljósmyndaðir í afla á Norðursvæði (Vigur) árið 2014 og hafa þeir verið aldursgreindir (10. mynd). Flokkað var eftir nefskorufjölda en ≥ 2 nefskoru flokkarnir eru ekki greindir frekar til aldurs og eru nefndir hér „4+“ ára. Til samanburðar hafa verið tekin saman meðalaldurshlutföll 22 árganga (1961-1982, n=4340) fugla af þekktum aldri í veiði (merktir sem pysjur í Vestmannaeyjum) þar sem hver árgangur hefur verið veiddur í að minnsta kosti 25 ár (9. mynd).



Mynd 9. Meðalaldurshlutföll 22 árganga í háfaveiði, merktra sem pysjur 1961-1982 í Vestmannaeyjum og hafa því allir árgangarnir verið veiddir í 25 ár eða lengur, N = 4340.

3.1 Norðursvæði



Mynd 10. Aldurshlutföll (% ± 95 öryggismörk) í lundaveiði á Norðursvæði 2010-2014. Til samanburðar eru meðalaldurshlutföll 22 árganga merktra sem pysjur 1961-1982 í Vestmannaeyjum sem hafa allir verið veiddir í 25 ár eða lengur (sjá mynd 9.).

Veiðihlutföll í fjórum byggðum (Vigur, Grímsey, Drangey og Lundey á Skjálfanda) á norðursvæði hafa verið mjög breytileg milli ára en leitnin er eftir því sem á líður er að tveggja og þriggja ára fuglum fækkar hlutfallslega en eldri fuglum fjölgar (10. mynd). Of snemmt er að álykta um hvort þessar breytingar séu tölfræðilega marktækar. Líklegt er að fækkun 2 ára fugla auki hlutdeild fullorðina, en breytileiki í fjölda 2 ára fugla er líklega háður fæðuskilyrðum umhverfis byggðirnar. Þrátt fyrir að viðkoma hafi verið skárst á Norðursvæði öll úttektarárin (5. mynd), er engu síður ljóst að fæðuframboð hefur verið nægjanlega lágt árið 2011 til að tveggja ára fuglar (2009 árgangurinn) löðuðust lítið að vörpunum. Þessi árgangur er í eðlilegu hlutfalli af veiði árið eftir (2012) þannig þessir fuglar voru á lífi árið 2011. Engar veiðitölur fengust 2013. Árið 2014 vekur athygli að hlutfall tveggja ára fugla (2012 árgangurinn) hefur ekki verið lægri í veiði. Af þessu að dæma þá eru

byggðaheimsóknir tveggja ára fugla að mestu leyti bundnar fæðuframboði innan veiðilenda varpana (0-60 km [19]), öfugt við heimsóknir þriggja ára fugla. Árið 2015 mun koma í ljós hvort 2012 árgangurinn var óvenju lítill eða að gæftir hafi verið lélegar nálægt vörpum árið 2014.

4. VÖKTUN LÍFTALA

4.1 Litmerking varpfugla í Stórhöfða

Árið 2013 gengu háfaveiðar ekki og voru mistnet reynd 2014 til veiða í Litlu Rauf NV í Stórhöfða. Fugl settist almennt lítið upp og lítið flug fyrir en eftir tíu á kvöldin. 34 varpfuglar voru litmerktir 2014 og náðust allir í mistnet. Yfirlegunet voru notuð á sama stað 2008 og 65 fuglar þá litmerktir, af þeim má reikna með að 31 sé á lífi meðað við 0.93 líftölu. Í sumar 2015 er fyrirhugað að veiða bæði með mistnetum og yfirlegunetum og er stefnt að litmerkja 120 fugla, en markmiðið er að hafa um 150 litmerkta fugla í gangi hverju sinni. Sömuleiðis er fyrirhugað að setja upp sex myndavélar með hreyfiskynjurum og tengja þær beint við rafmagn í lok maí. Markmiðið með því er að reyna mynda fuglana til að lesa á númerinn til viðbótar beinum athugunum með fjarsjá. Beintenging við rafmagn lækkar rekstrarkostnað vegna rafhlaða og tvöfaldar hámarks myndafjölda sem er þá einungis takmarkaður af hámarksstærð minnskorta (32 Gb).

4.2 Merkingar á bæjarpysjum

Viðkoma var næstum engin í Vestmannaeyjum 2014 (2. mynd), og aðeins var komið með 99 pysjur á Fiskasafn Vestmannaeyja og engar bæjarpysjur merktar. Frestað verður að setja upp safngildru fyrir Stórhöfða þar til að ungaframleiðsla tekur við sér aftur.

5. GREINING VARPHOLUSÖGU: LÍFTÖLUR, STOFNVÖXTUR & INNFLUTNINGUR

Nú hefur verið safnað „varpholusögu“ um árabíl á landsvísu. Varpholusaga felur í sér tímasetta þekkingu á fjölda varprilrauna og varpárangurs sömu varphola. Þessar upplýsingar fela í sér mikilvægar upplýsingar um varptíðni og „útdauða“ einstakra varphola sem aftur er hægt að nota til að meta fjölda fullorðinna geldfugla ásamt fleiri mikilvægum breytum með svokölluðu „robust design spatial occupancy model“ [20]. Varpholusaga hentar vel til slíkrar úrvinnslu með hugbúnaðinum PRESENCE [21] sem gerir kleyft að reikna staðbundinn stofnvöxt, auk lífslíka með aðferð Pradels [22]. Samantekt varpholusögu í öllum rannsóknaholum frá upphafi er langt kominn. Hugmyndin er að nota þessa aðferð einnig á ljósmyndir af bjargfuglum [23] og að útfæra þessar rannsóknir sem meistaraverkefni. Þessari aðferðafræði hefur enn lítið verið beitt á sjófuglagögn þótt hún henti þeim vel [23, 24]. Ástæðan er líklega sú að hún er illa þekkt meðal rannsakenda sjófugla.

6. HEILDARMAT ÍSLENSKA LUNDASTOFNSINS

Ritun handrits lundatals Íslands er undir stjórn Arnþórs Garðarssonar og er fyrirhugað að birta í tímaritinu Blika. Frumniðurstöður voru kynntar á alþjóðlegri sjófugla ráðstefnu 2014 [6]. Heildarholufjöldi er 2.680.000 að lágmarki, og lágmarksmat stofnsins 2014 að teknu tilliti til svæðabundinnar ábúðar er 2.024.000 varppör (± 329.400 , 95% öryggismörk). 41% stofnsins verpur í Vestmannaeyjum, og 74% (að Eyjum meðtöldum sem ein heildarbyggð) í 18 stórbyggðum. Þrátt fyrir að mörg smærri vörp hafi ekki enn verið mæld og munu því bætast við þessar tölur, þá mun heildarmyndin ekki breytast mikið þar sem mjög stórt hlutfall stofnsins verpur í fremur fáum en mjög stórum vörpum [6]. 26-40% af heimstofninum verpur héraendis og berum við því alþjóðlega ábyrgð á velfarnaði algengasta varpfugls og veiðitegund héraendis. Í því felst meðal annars sú lágmarkskrafa að hér séu stundaðar sjálfbærar veiðar. Það er athyglisvert að aðeins ein þessara stóru byggða nýtur lögformlegrar verndar, en ekki fyrir veiðum (Skrúður). Það virðist því hafa farið framhjá Íslendingum að hér eru mörg alþjóðlega mikilvæg svæði sem eru á heimsmælikvarða.

7. LÝÐFRÆÐI, VEIÐAR & UMHVERFISBREYTINGAR

7.1 Mæling líftala ungfugla í Vestmannaeyjum 1959-2005

Hafið er samstarf við erlenda sérfræðinga um úrvinnslu á þessum (merkinga) gögnum og sambandi þeirra við veiðar og umhverfisþætti.

7.2 Útreikningur kynþroskaaldurs lunda með Bayesian tölfræði.

Kynþroskaaldur er ein höfuðbreyta lýðfræðinnar og nauðsynleg til að reikna stofnviðkomu. Almennt er erfitt að mæla hana beint hjá langlífum tegundum með síðbúinn kynþroska eins og títt er um sjófugla og lunda þar með talinn. Hálfán H. Helgason [25] tók saman fjölda fugla eftir aldri sem var náð sem varpfluglum í holu einhverjum árum eftir að þeir höfðu verið merktir sem pysjur í Stórhöfða af Óskari J. Sigurðssyni (tafla 7.). Samskonar gögn eru til frá Skotlandi (Ile of May) og Noregi. Þessi gögn bjaga kynþroskaaldur þar sem líklegt að einhverjir fuglanna hafi hafið varp áður en þeim var náð. Þetta vandamál er hægt að leysa tölfræðilega og er hugmyndin er að gera Bayesian greiningu á líklegasta kynþroska hlutfalli og bera saman milli landana, en kynþroski virðist vera 1-2 árum seinna í Vestmannaeyjum en Skotlandi.

Tafla 7. Samantekt gagna til útreiknins kynþroskaaldurs lunda með Bayesian tölfraði. Aldurstíðni 198 fugla sem náð var í varpholu af 13.187 merktum sem pysjur í Stórhöfða, Heimaey [25] og aldursdreifing frá Isle of May til samanburðar [12].

Aldur (CY)	Í varpi	Ile of May
4	1	5
5	5	17
6	13	24
7	19	14
8	13	48 ^a
9	20	
10	18	
11	6	
12	13	
13	13	
14	7	
15	7	
16	5	
17	9	
18	5	
19	20	
Samtals	198	108

^a 8 ára og eldri samanlagt.

7.3 Lundaveiði á sóknareiningu (CPUE)

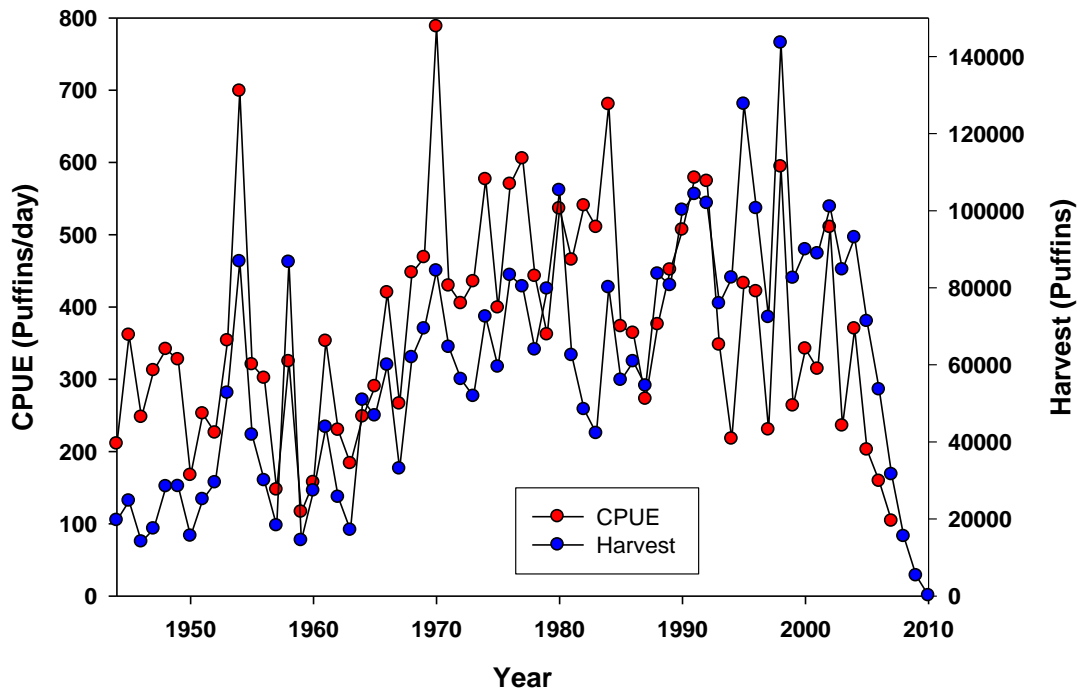
Þekking á sóknarþunga er grunnskilyrði fyrir túlkun stofnbreytinga sem byggðar eru á háfaveiðisögu Vestmannaeyja sem hefur verið tekin saman frá upphafi [26]. Síðustu sextíu ár hefur sóknarþungi hefur verið mældur sem fjöldi veiðidaga á ári og veiði á sóknareiningu því meðaldagveiði, (heildarveiði deilt með fjölda veiðidaga, CPUE). Þetta hefur verið gert fyrir fimm byggðir í Vestmanneyjum (Álsey, Bjarnarey, Brandur og Suðurey, og Ystaklettur). Álseyjargögnin ná lengst aftur í tíma og voru hinar gagnaraðrinar staðlaðar við Álsey með sígildri aðferð Beverton og Holt með því að reikna umbreytistuðul (RFP) byggðan á hlutfalli veiði á sóknareiningu milli Álseyjar og hverrar hinna

byggðanna yfir sameiginlegt veiðitímabil og á sérstaklega vel við þessi stöðluðu gögn (8. tafla). Á þennan hátt er mögulegt að leiðrétta fyrir mismunandi veiði á sóknareingu milli eyjanna, og taka meðaltal fyrir sókn á veiðieiningu til samanburðar við heildarveiðina (11. mynd). Breytingar á heildarveiði skýrast að stórum hluta ($R^2 = 44\%$) af breytingum á veiði á sóknareiningu (12. mynd). Þetta þýðir að eftir að breytileiki í sókn (fjöldi veiðidaga) hefur verið tekinn saman og áhrifum „eytt“ með meðaltali þá eru sterk tengsl við heildarveiði. Heildarveiði endurspeglar þannig sterkt viðkomu og nýliðun. Notuð voru gögn >1967 þar sem heildarveiði 1944-1967 eru byggð á veiði Álsey deilt með hlutfalli veiði í Álsey af heildarveiði >1967. Niðurstöðurnar breytast reyndar lítið sem ekkert ef þessum hugsanlega bjöguðu gögnum er bætt við.

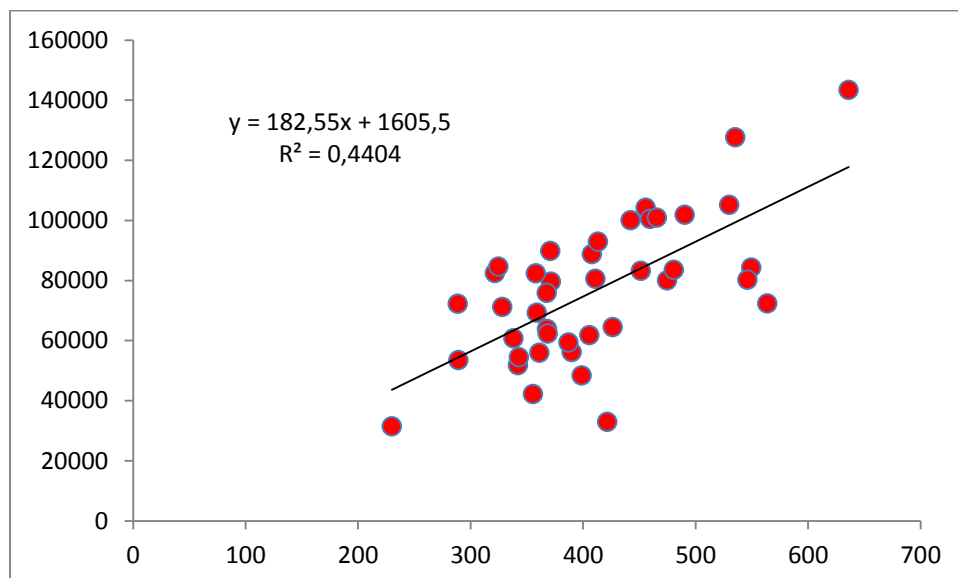
Tafla 8. Útreikningur umbreytistuðuls veiði (RFP) á sóknareingu staðlaða við veiði í Álsey.

Byggð	Tímabil	Ár	dagar	Veiði	CPUE	dagar	Veiði	CPUE	RFP
Suðurey	'68-'07	40	1147	491.916	428.9	839	298.288	355.5	0.8289
Y.K. ^a	'67-'07	40	1166	484.371	415.4	1358	515.496	379.6	0.9137
Bjarnarey	'86-'07	19	651	232.117	356.6	522	177.298	339.7	0.9525
Brandur	'62-'04	19	1285	510.609	397.4	1335	176.272	132.0	0.3322

^a: Ystiklettur.



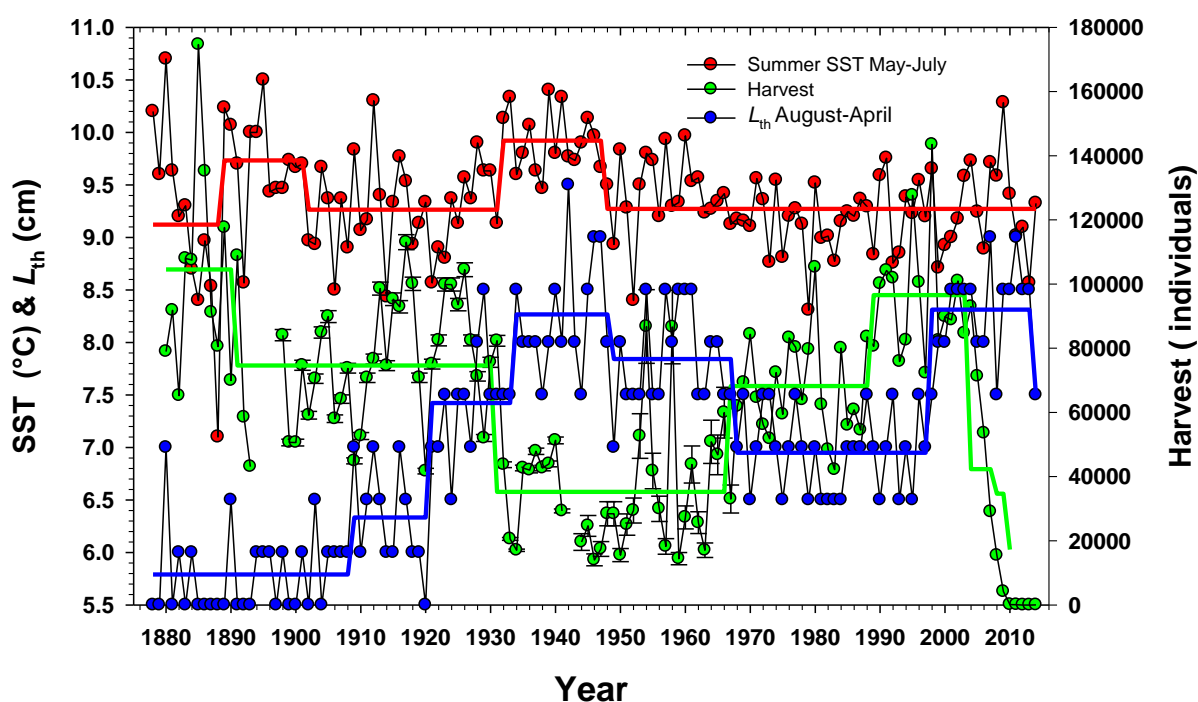
Mynd 11. Meðalveiði á sóknareiningu (W_CPUE, dag) í fjórum byggðum stöðluðum miðað við Ásey auk Áseyjar, samanborið við heildarveiði.



Mynd 12. Samband heildarveiði og veginnar meðalveiði á sóknareiningu (dag) 1967-2007. Fylgni $r = 0,66$ og skýrður breytileiki í heildarveiði með veiði á sóknareiningu $R^2 = 0,44$.

7.4 Vistbýltingar á Selvogbanka síðustu 136 ár (1877-2014)

Sjávar- og lofthitatölur við Vestmannaeyjar voru fengnar frá Veðurstofu Íslands. Sjávaryfirborðshiti við Vestmannaeyjar frá 1965-1998 var reiknaður fyrir hvern mánuð með aðhvarfsgreiningu milli sjávar- og lofthita 1877-1964 og >1997. Sumarmeðalhiti sjávar (maí-júli) skilgreindur sem vaxtartími sandsílis var tekin saman, einnig var reiknuð lármarks lengd sandsíla (L_{th} , sjá 7.5) fyrir vetrardvala sem byggir á beinum áhrifum sjávarhita að vetri (ágúst-apríl) þegar síli liggur í botni [27]. Gert var „sequential t-test“ [28-30] til að leita að marktækt mismunandi tímabilum („regimes“) í þessum tveim umhverfisbreytum og hvort samanburður við heildaveiði á lunda sýndi einhver tengsl við þessar vistbýltingar (13. mynd). Hér verður ekki farið nánar í tülkanir á þessum niðurstöðum að öðru leyti en því að viðkoma lunda (veiði) er nátengd sjávarhita síðastliðin 136 ár en fyrirhugað er að gera taka þær saman í grein í haust. Þetta er janframt lengsta gagnaröð sem er til um sjóflugla á heimsvísu og sérstaklega áhugaverð.

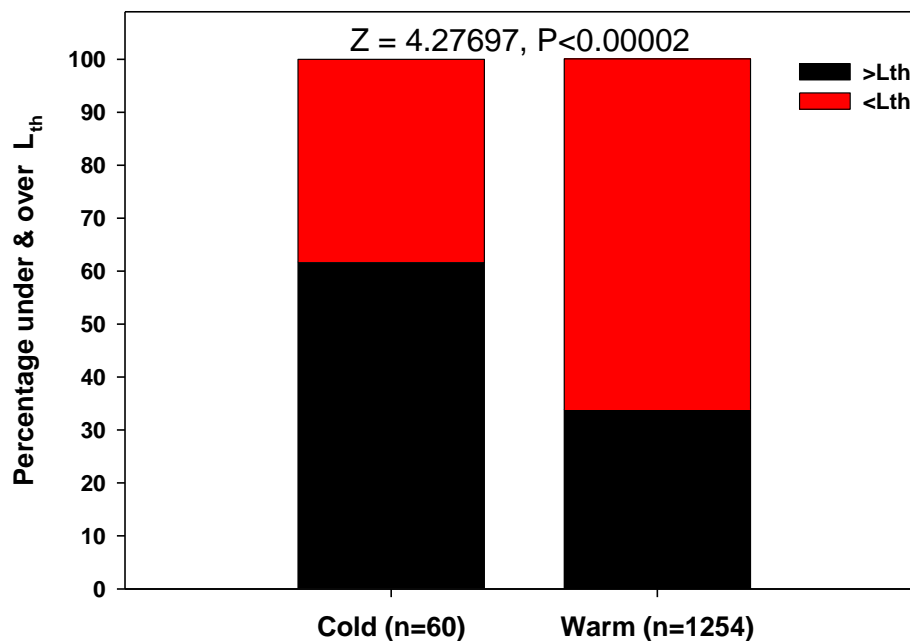


Mynd 13. Lundaveiði í Vestmannaeyjum, sumarmeðalhiti sjávar og útreiknið lármarksstærð sandsíla L_{th} til að þau lifi af sinn fyrsta vetur á Selvogsbanka. Sýnd eru með lituðum línum marktæk mismunandi tímabil („regimes“) innan hvernar gagnaraðar. Þegar $L_{th} > 7.7$ cm hrynur viðkoma lunda (veiði) og gerðist 1931 og 2005. Árið 1890 minnkar veiði en vegna geysi mikilla og hraðra hitabreytinga.

7.5 Lágmarkslengd sandsíla L_{th} fyrir vetrardvala

Reiknað hefur verið út lágmarkslengd síla (L_{th}) þannig að endurspegli nægjanlegan vetrarforða til að lifa af sinn fyrsta vetur [27] (13. mynd). Byggja þessir útreikningar á beinum mælingum á efnaskiptahraða sem falli af sjávarhita. Því heitari sem vetur eru, því hraðari er efnaskiptahraðin, og því stærri þurfa sílin að vera til þess að lifa veturinn af. Þetta var gert fyrir Selvogsbanka frá 1877-2014 og notað mánaðarmeðalhitastig yfirborðs sjávar í níu mánuði (ágúst-apríl). Niðurstöðurnar sýna að viðkoma hrynur árin 1931 og 2005 þegar $L_{th} > 7,7$ cm. Hin hlið málsins er hvort sílið nái að vaxa upp í nauðsynlega lágmarksstærð, hver sem hún er. Það ræðst af öðru jöfnu af þrem þáttum, fæðuframboði, lengd vaxtartíma og sjávarhita. Hærrí sjávarhiti dregur úr vexti [31] en hinir tveir þættirnir auka hann.

Borið var saman hlutfall sandsíla undir og yfir L_{th} milli síðasta kaldskeiðs [32] og núverandi hlýskeiðs (Valur Bogason & Kristján Lilliendahl óútgefið, mynd 14.). Niðurstöðurnar styðja ótvírætt að mun hærra hlutfall sandsíla á núverandi hlýskeiði ná ekki lágmarksstærð samanborið við síðasta kaldskeið (mynd 14.). Þess má geta að sumarhiti á þessum tímabilum var svipaður.



Mynd 14. Hlutfall sandsíla á fyrsta ári (0-grúpa) í lok sumars sem er undir eða yfir lágmarkslengd fyrir vetrardvala. Borin eru saman hlutföll milli tveggja tímabila, „kalt“ 1981 [32] og „hlýtt“ >2006 (Valur Bogason & Kristján Liliendahl óútg.).

7.6 Magn & tímasetning þörungablóma

Stærð síla fyrir haustið ræðst af fæðumagni sem er áta og á rauðáta þar stærstan hlut. Einnig er tímasetning og magn vorblóma þörungna mikilvæg þar sem hún ræður tímasetningu og magni átu, og þannig vaxtartíma síla og fæðuframboði. Ljóst að tilraun til að reikna tímasetningu og blaðgrænu (*Chlorophyll a*) með svokölluðu 1D-líkani [33-36] reyndist óraunhæf vegna mikilla ferskvatnsáhrifa á Selvogsbanka. Í býgerð er að nota fremur niðurstöður haflíkansins CODE (www.marsyn.is) sem hannað hefur verið af Kai Logeman í samvinnu við Guðrúnu Marteinsdóttur sem frumbreytur í líkani af sumarvexti sílisins [31]. Mjög athyglisvert verður að bera niðurstöður þessa vaxtarlíkans saman við niðurstöður á lágmarkslengd síla (L_{th}).

7.7 Tímasetning lundavarps í Vestmannaeyjum, Grímsey & Borgarfirði Eystra

Haft var samband við nokkra aðila varðandi komutíma lunda í vörpum þar sem þeir voru þaukunnugir. Hugmyndin með þessu var að skoða mismun milli landsvæða, en lundin sést og verpur fyrir norðanlands en sunnan, og einnig til að skoða hver breytileiki komutímans er. Fengust gögn frá þrem aðilum og stöðum: Gylfa Þ. Gunnarssyni í Grímsey (1997-2014), Magnúsi Þorsteinssyni með Hafnarhólma í Borgarfirði Eystra (1986-2013, vantar 3 ár), og Óskari J. Sigurðssyni frá Stórhöfða Heimaey (1952-2014). Eiga þeir þakkir fyrir! Gögnin eru tekin saman í töflu 9. Rétt er að geta þess að lundin kemur að byggðunum hérlendis í apríl og helst við í byggðunum í fáa daga áður en hann hverfur aftur á braut og snýr ekki aftur til að verpa fyrir en í seinni hluta maí. Líklegt er tilgangur aprílheimsóknarinnar sé að hitta makann og hafa e.t.v. tíma til endurpörunar í kjölfar makamissis.

Ljóst er að lundin kemur „í byggð“ að meðaltali í Grímsey 3.apríl, 13. apríl í Hafnarhólma og 19. apríl í Stórhöfða og því fyrir norðanlands en sunnan. Þetta er í samræmi við um tveggja vikna mun á varptíma norðanlands (um 20. maí) [37] og í Eyjum (4. júní, tafla 2).

Tafla 9. Komutímar lunda til þriggja byggða, Stórhöfða Vestmannaeyjum, Hafnarhólma Borgarfirði Eystra, og Grímsey. Athuganir eru frá Óskari J. Sigurðssyni, Magnúsi, Þorsteinssyni. Dagsetningar eru í apríl nema utan örfárna í mars. Fuglarnir sjást á sjó og setnast „í byggð“, slíkri aðgreiningu ekki til í Grímsey („í byggð“).

Ár	Stórhöfði	Í byggð	Hafnarhólmi	Í byggð	Grímsey
1952	17				
1953	18				
1954	22				
1955	26				
1956	19				

1957	20				
1958	25				
1959	28				
1960	23				
1961	23				
1962	16				
1963	20				
1964	16				
1965	16	20			
1966	24	24			
1967	24				
1968	16				
1969	19				
1970	15	16			
1971	25				
1972	20	22			
1973	16				
1974	15	16			
1975	19	19			
1976	19	19			
1977	18	22			
1978	15	21			
1979	17	22			
1980	19	19			
1981	14	14			
1982	16	25			
1983	22	24			
1984	16	16			
1985	15	18			
1986	2	11	6	10	
1987	11				
1988	14	14		20	
1989	19	19	8	12	
1990	18	19	7	13	
1991	12	16	11	11	
1992	11	15	7	11	
1993	21	21			
1994	15	15	13		
1995	21	22			
1996	15	15		14	
1997	15	17	12	15	7
1998	10	12	0	15	3
1999	18	18	14	19	2
2000	16	16	13	25	6
2001	15			18	1
2002	18	19	5	14	28. mars

2003	17		5	10	4
2004	17	17	1	12	29. mars
2005	14	14	9	15	29. mars
2006	18	27	9	18	9
2007	22	27	13		11
2008	19	19			5
2009	22	22	5	14	4
2010	13		4	7	4
2011	26		3	8	30. mars
2012	19	25	26. mars	4	2
2013	24	24	1	8	29. mars
2014	26				30. mars
2015	29	30	3	5	
Meðaldagsetning	18	19	6	13	3
SD	4.715623	4.039281	5.21652386	5.013421	4.045897
CV	0.257949	0.212594	0.80819384	0.386942	1.549492

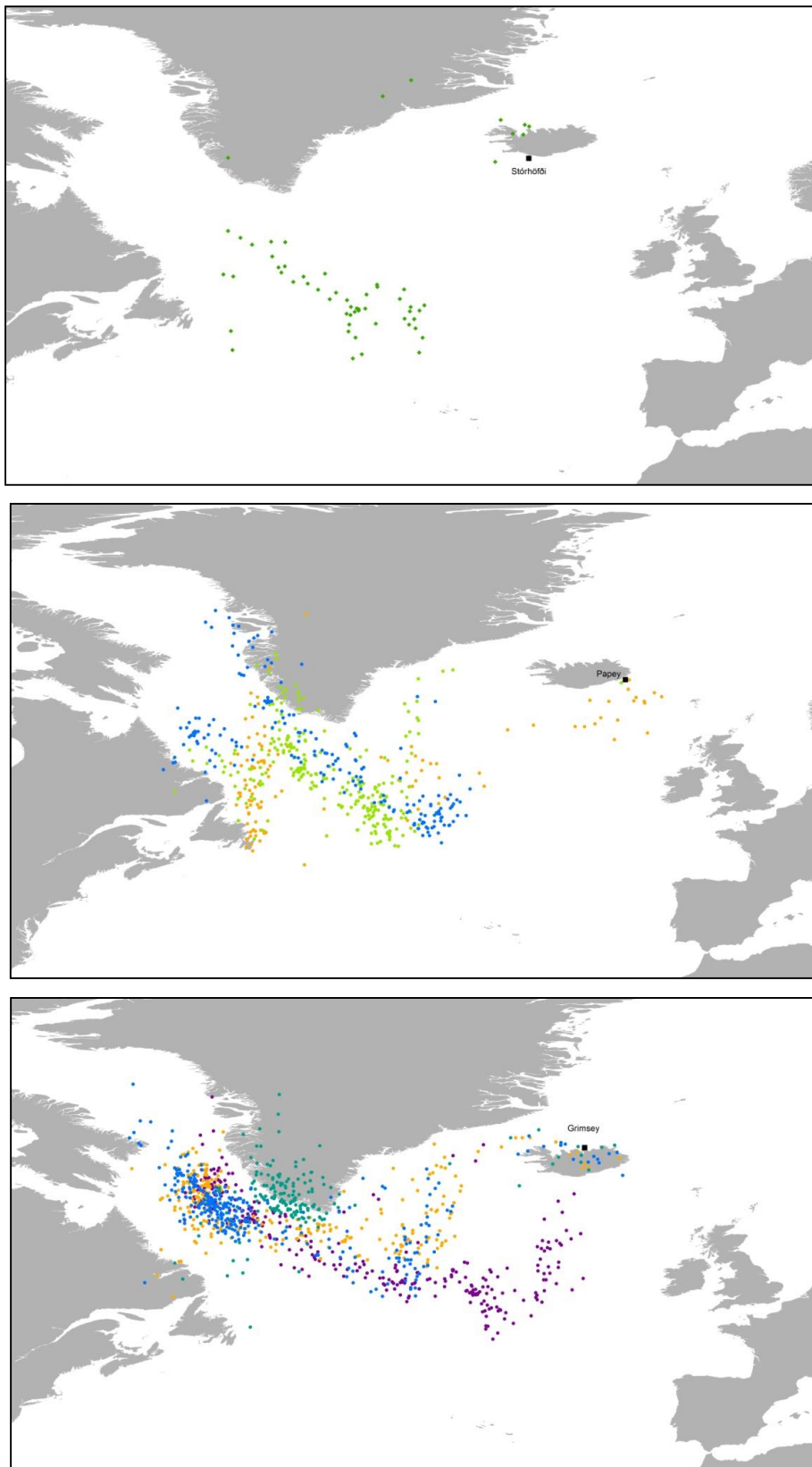
7.8 Útbreiðslukönnun nagdýra í Stórhöfða & Ystakletti, Vestmannaeyjum

Rottur eru hættulegar sjófuglum og hafa útrýmt þeim víða um heim með því að leggjast á egg og unga [38, 39]. Talið er að mörgum lundavörpum í Færeyjum hafiverið eytt af rottum á síðustu öld eftir að rottur komu þangað í kjölfar samgöngutenginga milli eyja með jarðgöngum eða brúm (Bergur Olsen munnleg heimild, [40]). Rottur finnast einungis á Heimaey í Vestmannaeyjum, en nú aðeins svartrottur (*Rattus rattus*) sem er jafnframt eina vígi þeirra héraendis [41]. Brúnrottur (*R. norvegicus*) sem eru hættulegri sjófuglum var útrýmt með eitrunarherferð sem hófst árið 1994 og var reyndar beint gegn landnámi svartrottunnar. Svartrottum tók að fjölga í kjölfarið uppúr 2002, en þær eru hér á norðurmörkum útbreiðslu sinnar og þrífast ekki nema í tengslum við manninn og þessvegna af tvennu illu ákjósanlegri tegund gagnvart sjófuglum. Þar sem sést hefur til rotta við Stórhöfðavita eftir síðustu aldamót (Óskar J. Sigurðsson *munnleg heimild*) var ákveðið að kanna hvort rottur væru í Stórhöfða og Ystakletti. Þetta var gert með því að bræða vax og súkkulaði saman í kökur sem nagdýrum þykir hvorutveggja hnossgæti. Þessar kökur voru festar með járnvír inni plaströr og komið fyrir á þrem stöðum í lundabyggðum Stórhöfða og tveimur í Ystakletti sumarið 2010. Rétt þótti að koma þessum niðurstöðum á framfæri en engin nagfór sáust næstu 2 ár eftir útsetningu. Farið var með eitt rörið að sumarbústað við Þingvallavatn til að athuga hvort kökurnar virkuðu eftir að hafa legið úti í 2 ár, sem þær og gerðu mjög fljótlega. Þetta má túlka sem vísbendingu um að rottur séu bundar við bæinn sjálfann og þá líklega svartrottur, en einnig að hin nagdýrategund Heimaeyjar, húsamúsinn (*Mus domesticus*) sé líklega einnig fátíð á þessum tveim stöðum eða hafi verið í stofnlægð þessi ár [42].

8. KÖNNUN VETRARSTÖÐVA LUNDA MEÐ HNATTRITUM

Veiðikortasjóður styrkti samstarf þriggja náttúrustofa til rannsókna á íslenskum svartfuglum og lunda titlaða: „*Farhættir og vetrarstöðvar íslenskra svartfugla*“ [43]. Hér eru teknar saman bráðabirgðaniðurstöður úr þessari rannsókn um vetrarstöðvar lunda. Sumarið 2013 voru dægurrítar settir á tíu varpfugla í Grímsey, Papey og Vestmannaeyjum, samtals 30 tæki, samhliða vettvangsvinnu við lundavöktun. Þessi tæki skrá daglega tíma og daglengd og þarf að ná fuglum aftur til að hlaða niður gögnunum. Átta tæki voru endurheimt sumarið 2014 (27% heimtur, og eitt náðist til viðbótar 2015). Senda þurfti tvö tæki til framleiðanda (Biotrack) til að hlaða gögnum niður af þeim og reyndust þau bæði innihalda staðsetningargögn. Aðeins náðist einn fugl frá Stórhöfða á Heimaey; en þrír frá Papey og fjórir frá Grímsey (mynd 15). Blóð og fjaðrasýni voru tekin úr fuglum og send í samsætugreiningu á kolefni og nitri í Boston háskóla, auk kyngreiningar með DNA í samstarfi við Kristinn Pálson hjá Náttúrufræðistofnun Íslands. Með þessu er ætlunin að kanna fæðuprep o.fl. á þekktum vetrarstöðvum. Niðurstöður úr efnagreiningum liggja fyrir frá 2014.

Af þessum átta fuglum að dæma skarast vetrarstöðvar fugla frá mismunandi landshlutum talsvert sunnan Grænlands og austan Nýfundnalands (40°-60° N & V) yfir Atlantshafshryggnum á svonefndu Charley-Gibbs svæði, en fuglarnir frá Grímsey aðgreinast með langdvöl á Labradorhafi. Fyrirnefnt svæði þar sem heitur Golfstraumurinn og kaldur Labradorstraumurinn mætast er tiltölulega nýuppgevötvað sem helstu vetrarstöðvar margra sjófuglategunda í N-Atlantshafi [44-48] og virðist miðlægur hluti vetrarútbreiðslu íslenskra lunda. Lundar frá Bretlandseyjum halda sig að lang mestu leyti í Norðursjó og í minna mæli vestur af Bretlandseyjum [46, 49]. Tiltæk gögn fengin með ARGOS gerfihnattasendum sýndu að norskir lundar fylgja síldargöngunum norður í Barentshaf snemma hausts [50]. Lundapætti þessa verkefnis mun ljúka með ásetningu 20 rita í Hafnarhólma í Borgarfirði Eystri í sumar og endurheimtum þeirra 2016. Þær upplýsingar um lunda sem við höfum aflað verða m.a. nýttar í alþjóðlegu samstarfsverkefni undir stjórn Annette Fayet doktorsnema við Oxford háskóla. Einnig er hafið samstarf við Ævar Petersen og Ib Petersen þar sem fyrri gögnum um lunda verður slegið saman í eitt og er kynning niðurstaða fyrirhuguð á ráðstefnu í lok október og vinna hafinn við handrit. Fyrirhugað er að gefa út samantekt niðurstaða fyrir allar tegundirnar í desember í ár. Að lokum skal þess getið að greinarhöfundar hafa ásamt fleiri íslenskum vísindamönnum hafið þátttöku í norska SEATRACK verkefninu sem standa mun 2014-2017. Voru tuttugu SEATRACK rítar settir á lunda í bæði Grímsey og Papey sumarið 2014 og verður því haldið áfram til 2017 Í SEATRACK verkefninu verða lagðir til hundruðir dægurríta árlega sem settir verða á íslenska sjófugla sem og norska (þ.m.t. á Svalbarða og Bjarnarey), færeyska og rússneska (m.a. á Franz Joseph landi). Geysimikillar þekkingar verður þannig aflað um vetrarstöðvar sjófugla frá NA-Atlantshafi og þær í raun kortlagðar í fyrsta sinn á næstu árum. Þessar upplýsingar nýtast meðal annars til þess að finna stofnuppruna fugla sem veiddir eru að vetrarlagi.



Mynd 15. Vetrarútbreiðsla íslenskra lunda, bráðabrigðaniðurstöður. Þriggja daga miðgildi staðsetninga frá 15. ágúst 2013 til 30. apríl 2014, 15 dögum er sleppt báðum megin við jafndægur. Mismunandi litir tákna mismunandi einstaklinga.

9. STOFNBREYTINGAR BJARGFUGLA

Bjargfuglabýggðir hafa verið myndaðar í þrem landshlutum, Bjargabjargi á Skaga, Drangey, Árhöfn í Papey, Ingólfshöfða og byggðir langvíu (*Uria algae*), ritu (*Rissa tridactyla*), og fýls (*Fulmarus glacialis*) á völdum stöðum í Heima-, Mið- og Ystakletti í Heimaey. Ljósmyndun verður haldið áfram og Grímsey á Steingrímsfirði bætt við 2015. Reynt verður markvisst að mynda alla staðina árlega. Í býgerð er að talningar af myndum og úrvinnsla þeirra upplýsinga (sjá kafla 5) auk varpholusögu lunda verði að meistaraverkefni sem hugmyndin er að auglýsa í haust.

10. KYNNING NIÐURSTAÐA

10.1 Fyrirlestrar 2010-2014

- 2014a. Páll Marvin Jónsson, Valur Bogason, - , Ingvar Atli Sigurðsson, & Kristján Lilliendahl. *Kortlagning búsvæða sandsílis umhverfis Vestmannaeyjar*. Ráðstefna um hafsbotn & lífríki hans, Hafrannsóknastofnun 25.2
http://www.hafro.is/rad-hafsbotn14/myndir/busvaedi_sili_agrip_poster.pdf
- 2014b. -. *Current reproductive collapse & diet of Icelandic Atlantic Puffins: A cyclic temperature dependent mechanism?* 12. International Seabird Group Conference, 21-23. mars Merton College, Oxford
- 2014c. -. Sama. Minningarráðstefna Vistfræðifélags Íslands um Agnar Ingólfsson. 2. apríl Norræna Húsinu.
- 2014d. -, Arnthor Gardarsson & Kristjan Lilliendahl. *The size of the population of Atlantic Puffin Fratercula arctica breeding in Iceland*. 12. Int. Seabird Group Conf. 21-23. mars Merton College, Oxford http://www.nattsud.is/skrar/file/170314_puffin_pop.pdf
- 2014e. Sami. Minningarráðstefna Vistfræðifélags Íslands um Agnar Ingólfsson. 2. apríl Norræna Húsinu.
- 2014f. *Hitastýrðar sveiflur íslenskra síla-, loðnu- & sjófuglastofna*. Erindi á Hrafnæpingi Náttúrufræðistofnunar Íslands 5. nóv.
<https://www.youtube.com/watch?v=qpdllypxkm&feature=em-uploademail-ctrl>
- 2014g. -. *Lotubundnar sjávarhita- & vistbýltingar við Íslandsstrendur. Tengsl hitastýrðra lífslíka og hrygningar sandsíla við viðkomu lunda*. Ársþing rannsókna & fræða á Suðurlandi 24.11, Gunnarsholt. [http://hfsu.is/images/stories//erpur%20\(1\).pdf](http://hfsu.is/images/stories//erpur%20(1).pdf)

- 2013a. -, Marínó Sigursteinsson, Cornelius Schlawe & Arnþór Garðarsson. *Viðkoma og fæða lunda við Ísland*. Ráðstefna um Veðurfar og lífríki sjávar á Íslandsmiðum, Hafrannsóknastofnun 21. Febrúar. <http://www.hafro.is/rad-vedur13/undirsida1.html>
- 2013b. -, Marínó Sigursteinsson, Cornelius Schlawe, Ingvar Atli Sigurðsson, Valur Bogason & Arnþór Garðarsson. *Viðkoma, fæða og fæðuprep lunda*. Ráðstefna Líffræðifélags Íslands 9. Nóv. í Öskju.
- 2012a. -. *Samanburður breytinga á stofnum lunda og sílis við Ísland og í Norðursjó*. Fjarfundareriði 23. febrúar í fræðsluerindaröð Samtaka Náttúrustofa
- 2012b. - Marínó Sigursteinsson & Cornelius Schlawe: *Vöktun ábúðar, viðkomu og fæðu lunda á Íslandi*. Ráðstefna Vistfræðifélags Íslands 17.11.
- 2011a. - *Stofnrannsóknir á lunda, hlýnun sjávar & sjálfbærni veiða*. Málstofa Umhverfisráðuneytisins og Náttúrufræðistofnunar Íslands: “Sjófuglar við Ísland: hvað er að gerast í stofnum sjófugla og hvert stefnir?” 31. mars á Hótel Sögu.
- 2011b. *Staða lundastofnsins 2011*. Ráðstefna Líffræðifélags Íslands 11. nóv., Íslensk Erfðagreining.
- 2010a. *Stofnhrun Íslenskra sjófugla: ástæður & úrbætur*. 7. Þing SNS 12. okt., Hótel Hvolsvöllur.
- 2010b. -, Marínó Sigursteinsson & Arnþór Garðarsson. *Vöktun á viðkomu lundastofns Vestmannaeyja 2007-2010*. Veggspjald á Norðurslóðadegi 10.11. Breytingar á norðurslóðum: Vöktun umhverfis og samfélags. Samvinnunefnd um málefni norðurslóða, Norræna húsinu Reykjavík.

10.2 Handrit 2010-2014

- 2015a. Erpur Snær Hansen, Ingvar A. Sigurðsson, Þorkell Lindberg Þórarinsson, Böðvar Þórisson. *Vetrarstöðvar íslenskra lunda*. Veiðidagbók Umhverfisstofnunar 19: 18-21
- 2015b. Þorkell Lindberg Þórarinsson, Yann Kolbeinsson, Aðalsteinn Örn Snæþórsson, Böðvar Þórisson, Erpur Snær Hansen. *Farhættir og vetrarstöðvar íslenskra svartfugla*. Veiðidagbók Umhverfisstofnunar 19: 12-15
2014. Þorkell Lindberg Þórarinsson, Böðvar Þórisson, Erpur Snær Hansen. *Farhættir og vetrarstöðvar íslenskra svartfugla*. Veiðidagbók Umhverfisstofnunar 18: 40-43
- 2013a. Kristján Lilliendahl, Erpur S. Hansen, Valur Bogason, Páll M. Jónsson, Margrét L. Magnúsdóttir, Marínó Sigursteinsson, Hálfán H. Helgason, Gísli J. Óskarsson, Pálmi F. Óskarsson & Óskar J. Sigurðsson. *Viðkomubrestur lunda og sandsílis við Vestmannaeyjar*. Náttúrufræðingurinn **83** (1-2): 81-95
- 2013b. - & Arnþór Garðarsson. *Lundarannsóknir 2013*. Vöktun viðkomu, fæðu, líftala og könnun vetrarstöðva. Nóvember. Lokaskýrsla til Veiðikortasjóðs. 59 bls.

- <http://www.nattsud.is/skrar/file/Lundarannsoknir2013.pdf>
- 2012a. Erpur S. Hansen & Arnþór Garðarsson. *Staða lundastofnsins við Ísland 2011*. Veiðidagbók Umhverfisstofnunar 2012 **17**: 16-18
- 2012b. - & Ingvar A. Sigurðsson. *Úttekt á fuglalífi Dyrhólaeyjar 2012*. Skýrsla unnin fyrir Umhverfisstofnun 17 bls.
<http://www.nattsud.is/skrar/file/Dyrholaey%20skyrsla%20Natsud%202012.pdf>
- 2012c. - & Arnþór Garðarsson. *Lundarannsóknir 2012. Vöktun viðkomu, fæðu, heildarstofnmat, meðalfæðuþrep sumar & vetur, vetrarstöðvar & sjálfbærni veiða*. Desember. Lokaskýrsla til Veiðikortasjóðs. 35 bls. http://www.nattsud.is/skrar/file/puffin_report_2012.pdf
- 2012d. Ritstjóri ásamt Kári Bjarnasyni, Marínó Sigursteinssyni & Sigurgeiri Jónssyni. *Eyjar og úteyjalf. Úrval verka Árna Árnasonar símrítara frá Grund*. 474 bls. Sögufélag Vestmannaeyja
- 2011a. -, Marínó Sigursteinsson & Arnþór Garðarsson. *Lundatal Vestmannaeyja*. Bliki **31**: 15-24
- 2011b. - & Arnþór Garðarsson. *Stofnrannsóknir á lunda (Fratricula arctica): Heildarstofnmat, vöktun viðkomu & áhrif veiða. Myndavélarlinsa & minniseining til rannsókna á stofnbreytingum bjargfugla*. Lokaskýrsla til Veiðikortasjóðs. 28 bls. www.nattsud.is
- 2010a. -, Arnþór Garðarsson & Ingvar A. Sigurðsson. *Mæling stofnstærðar lundastofns Íslands & holumyndavél til rannsókna á ábúðarhlutfalli & varpárangri lunda*. Lokaskýrsla til Veiðikortasjóðs. 14 bls. www.nattsud.is
- 2010b. -. *Lundarannsóknir í Vestmannaeyjum*. Ársskýrsla Samtaka Náttúrustofa 2009: 18-21.
www.nattsud.is
- 2009a. - & Hálfán H. Helgason, Elínborg S. Pálsdóttir, Bérengére Bougué, & Marínó Sigursteinsson. *Staða lundastofnsins í Vestmannaeyjum 2009*. Fuglar **6**: 46-48 www.nattsud.is
- 2009b. -. *Staða veiðistofns lunda í Vestmannaeyjum*. Veiðidagbók Umhverfisstofnunar 2009 **14**: 8-12.
Umhverfisstofnun UST-2008:01 www.nattsud.is
2008. -. *Staða lundastofnsins í Vestmannaeyjum 2008. Nýliðun lunda 2005-2008 og veiðiráðgjöf*.
16. apríl. 22 bls. skýrsla Náttúrustofa Suðurlands www.nattsud.is

10.3 Fjömiðlar

Þessi skýrsla (pdf) verður sett á vef Náttúrustofu Suðurlands (www.nattsud.is).

Fjallað var rannsóknirnar í *Living Bird*. Hugh Powell & Chris Linder. 2013. Little Brother of the North. Folklore and fieldwork in the stronghold of the Atlantic Puffin. <http://www.allaboutbirds.org/page.aspx?pid=1085>

Veitt voru viðtöl í útvarpi, sjónvarpi og dagblöðum á árinu sem eru ekki talin upp hér sérstaklega en til dæmis má nefna:

<http://www.environmentalhealthnews.org/ehs/news/2014/aug/wingedwarnings3empty-nests-of-the-north>

<http://news.nationalgeographic.com/news/2014/08/140827-seabird-puffin-tern-iceland-ocean-climate-change-science-winged-warning/>

http://www.slate.com/articles/health_and_science/science/2014/01/puffin_hunting_in_iceland_breeding_collapse_due_to_climate_change.2.html

12. ÞAKKIR

Í þessum rannsóknum var komið á góðu og fjölbættu samstarfi við fjölda heimamanna sem ekki verða taldir sérstaklega upp hér. Úlfur A. Hansen, Vigfús Svafarsson og Zofia Burr voru sjálfboðaliðar árið 2014. Ingvar A. Sigurðsson var starfsmaður í báðum leiðöngrunum. Allir þátttakendur hafa gert þessar rannsóknir mögulegar til samans með fjármögnun úr Veiðikortasjóði. Trausti Jónsson útvegaði veðurgögn frá Veðurstofu Íslands.

13. HEIMILDIR

1. Unnsteinn Stefánsson, *Hafið*. 1999, Reykjavík: Háskólaútgáfan. 480.
2. Unnsteinn Stefánsson & Jón Ólafsson (1991). Nutrients and fertility of Icelandic waters. *Rit Fiskideildar* **12**(3): 1-56
3. Kai Logemann, J Ólafsson, Á Snorrason, Héðinn Valdimarsson, & Guðrún Marteinsdóttir (2013). The circulation of Icelandic waters — a modelling study. *Ocean Science* **10**: 931-955
4. Alan R Longhurst, *Ecological geography of the sea*. 2. ed. 2007, Burlington, Massachusetts: Academic Press.
5. Unnsteinn Stefánsson (1972). Near-shore fluctuations of the frontal zone southeast of Iceland. *Rapp. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* **161**: 201-205
6. Erpur Snær Hansen, Arnthor Gardarsson, & Kristján Lilliendahl. *The size of the population of Atlantic Puffin *Fratercula arctica* breeding in Iceland* http://www.nattsud.is/skrar/file/170314_puffin_pop.p. í 12. *International Seabird Group Conference*. 2014. Merton College, Oxford.
7. Árni Ásgeirsson (2011), *Varpvistfræði lunda á Breiðafirði*, in *Biology*. University of Iceland: Reykjavík.
8. Erpur Snær Hansen & Ingvar Atli Sigurðsson, eds. *Úttekt á fuglalífi í Dyrhólaey 2012. Unnið fyrir Umhverfisstofnun október 2012* <http://www.nattsud.is/skrar/file/Dyrholaey%20skyrsla%20Natsud%202012.pdf>. 2012, Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar. 17.
9. Tómas Grétar Gunnarsson, Höskuldur Búi Jónsson, Böðvar Þórisson, & Hersir Gíslason (2007). Lundavarp í Grímsey á Steingrímsfirði. *Bliki* **28**: 51-55
10. Kristján Lilliendahl & Jón Sólmundsson (1997). Sumarfæða sex sjófuglategunda við Ísland. *Fjölrit Hafrannsóknastofnunnar* **57**: 249-259
11. Kristján Lilliendahl & Jón Sólmundsson (1998). Fæða sex tegunda sjófugla við Ísland að sumarlagi. *Bliki* **19**: 1-12
12. Michael P Harris & Sarah Wanless, *The Puffin*. 2011, Calton, England: T & A D Poyser. 256.
13. M J M Poot, P W van Horssen, M P Collier, Lensink. R, & S Dirksen (2011), *Effect studies offshore wind Egmond aan Zee: cumulative effects on seabirds. A modelling approach to estimate effects on population levels in seabirds*. Bureau Waardenburg bv. Consultants for environment & ecology. p. 220.
14. Stéphanie Jenouvrier, Christophe Barbraud, Bernaud Cazelles, & Henri Weimerskirch (2005). Modelling population dynamics of seabirds: importance of the effects of climate fluctuations on breeding proportions. *Oikos* **108**: 511-522
15. Kristján Lilliendahl, Erpur Snær Hansen, Valur Bogason, Marinó Sigursteinsson, Margrét Lilja Magnúsdóttir, Páll Marvin Jónsson, Hálfán Helgi Helgason, Gísli Jóhannes Óskarsson, Pálmi Freyr Óskarsson, & Óskar Jakob Sigurðsson (2013). Viðkomubrestur lunda og sandsílis við Vestmannaeyjar. *Náttúrufræðingurinn* **83**(1-2): 81-95
16. H F Mayfield (1961). Nesting success calculated from exposure. *Wilson Bulletin* **73**: 255-261
17. H F Mayfield (1975). Suggestions for calculating nest success. *Wilson Bulletin* **87**: 456-466
18. Leland Wilkinson, Grant Blank, & Christian Gruber, *Desktop data analysis with SYSTAT*. 1996, Upper Saddle River, New York: Prentice Hall. 798.

19. Michael P Harris, Maria I Bogdanova, Francis Daunt, & Sarah Wanless (2012). Using GPS technology to assess feeding areas of Atlantic Puffins *Fratercula arctica*. *Ringling and Migration* **27**(1): 43-49
20. Darryl I MacKenzie, James D Nichols, James E Hines, Melinda G Knutson, & Alan B Franklin (2003). Estimating site occupancy, colonization, and local extinctions when a species is detected imperfectly. *Ecology* **84**(8): 2200-2207
21. J E Hines (2006), *PRESCENCE*. USGS-PWRC. p. Software to estimate patch occupancy and related parameters.
22. R Pradel (1996). Utilization of capture-mark-recapture for the study of recruitment and population growth rate. *Biometrics* **52**: 703-703
23. Christian Kerbiriou, Isabelle Le Viol, Xavier Bonnet, & Alexandre Robert (2012). Dynamics of a northern fulmar (*Fulmarus glacialis*) population at the southern limit of its range in Europe. *Population Ecology* **54**: 295-304
24. Florent Bled, J Andrew Royle, & Emmanuelle Cam (2011). Assessing hypotheses about nesting site occupancy dynamics. *Ecology* **92**: 938-951
25. Hálf dán Helgi Helgason (2012), *Survival of Atlantic Puffins (Fratercula arctica) in Vestmannaeyjar, Iceland during different life stages*, in *School of Engineering and Natural Sciences*. University of Iceland: Reykjavik. p. 75.
26. Erpur S Hansen & Arnþór Garðarsson (2013), *Lundarrannsóknir 2013: Vöktun viðkomu, fæðu, líftala, & könnun vetrarstöðva. Desember. Skýrsla til Veiðkortasjóðs*. <http://www.nattsud.is/skrar/file/Lundarrannsoknir2013.pdf>. Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar. p. 59.
27. Mikael van Deurs, Martin Hartvig, & John Fleng Steffensen (2011). Critical threshold size for overwintering sandeels (*Ammodytes marinus*). *Marine Biology* **158**: 2755-2764
28. Sergei N Rodionov (2004). A sequential algorithm for testing climate regime shifts. *Geophysical Research Letters* **31**: L09204
29. Sergei N Rodionov (2006). The problem of red noise in climate shift detection. *Geophysical Research Letters* **31**(12): L12707
30. Sergei N Rodionov & James E Overland (2005). Application of a sequential regime shift detection method to the Bering Sea ecosystem. *ICES Journal of Marine Science* **62**: 328-332
31. Christopher A Griffiths (2014), *Sandeel Growth: An Individual-based modelling approach.*, in *School of Biological Sciences*. University of Aberdeen: Aberdeen. p. 39.
32. Eyjólfur Friðgeirsson (1983). Sandsíli. *Ægir* **76**: 98-106, 66
33. Jonathan Sharples (1999). Investigating the seasonal vertical structure of phytoplankton in shelf seas. *Marine Models* **1**: 3-38
34. Jonathan Sharples, Oliver N Ross, Beth E Scott, Simon P R Greenstreet, & Helen Fraser (2006). Inter-annual variability in the timing of stratification and the spring bloom in the North-western North Sea. *Continental Shelf Research* **26**: 733-751
35. Jonathan Sharples & P Tett (1994). Modelling observation of the seasonal cycle of primary productivity: the importance of short-term physical variability. *Journal of Marine Research* **52**: 219-238
36. Keith M Brander, R R Dickson, & J G Shepherd (2001). Modelling the timing of plankton production and its effect on recruitment of cod (*Gadus morhua*). *ICES Journal of Marine Science* **58**: 962-966
37. Finnur Guðmundsson (1953). Íslenskir fuglar V. Lundi (*Fratercula arctica* (L.)). *Náttúrufræðingurinn* **23**: 43-46

38. K. A. Hobson, M. C. Drever, & G. W. Kaiser (1999). Norway rats as predators of burrow-nesting seabirds: Insights from stable isotope analyses. *Journal of Wildlife Management* **63**(1): 14-25
39. Holly P Jones, Bernie R Tershy, Erica S Zavaleta, Donald A Croll, Bradford S Keitt, Myra E Finkelstein, & Gregg R Howard (2008). Severity of the effects of invasive rats on seabirds: a global review. *Conservation Biology* **22**(1): 16-26
40. Jens-Kjeld Jensen, *Lundefangst - en fangstdag på Nólsoy*. 2009, Tórshavn, Faroes: Jensen, Jens-Kjeld. 87.
41. Karl Skírnisson, *Svartrottan, í Íslensk spendýr*, P. Hersteinsson, Editor. 2004, Vaka-Helgafell: Reykjavík. p. 282-287.
42. Karl Skírnisson, *Húsamús, í Íslensk spendýr*, P. Hersteinsson, Editor. 2004, Vaka-Helgafell: Reykjavík. p. 270-275.
43. Þorkell Lindberg Þórarinnsson, Böðvar Þórisson, & Erpur Snær Hansen (2014). Farhættir og vetrarstöðvar íslenskra svartfugla. *Veiðidagbók Umhverfisstofnunar* **18**: 40-43
44. Jérôme Fort, Grégory Beaugrand, David Grémillet, & Richard A Phillips (2012). Biologging, reotely-sensed oceanography and the continuous plankton recorder reveal the environmental determinants of a seabird wintering hotspot. *PLoS ONE* **7**(7): e41194
45. Morten Frederiksen, Borge Moe, Francis Daunt, Richard A Phillips, Robert T Barrett, Maria I Bogdanova, Thierry Boulinier, John W Chardine, Olivier Chastel, Lorraine S Chivers, Signe Christensen-Dalsgaard, Céline Clément-Chastel, Kendrew Coulhon, Robin Freeman, Anthony J Gaston, Jacob González-Solís, Aurélie Goutte, David Grémillet, Tim C Guilford, Gitte H Jensen, Yuri Krasnov, Svein-Håkon Lorentsen, Mark L Mallory, Mark Newell, Bergur Olsen, Deryk Shaw, Harald Steen, Hallvard Strøm, Geir Helge Systad, Thorkell Lindi Þórarinnsson, & Tycho Anker-Nilssen (2011). Multicolony tracking reveals the winter distribution of a pelagic seabird on a ocean basin scale. *Diversity and Distributions*: 1-13
46. Michael P Harris, Francis Daunt, Mark Newell, Richard A Phillips, & Sarah Wanless (2010). Wintering areas of adult Atlantic Puffins *Fratercula arctica* from a North Sea colony as revealed by geolocation technology. *Marine Biology* **157**(4): 827-836
47. Ellen Magnúsdóttir, Eliza H K Leat , Sophie Bourgeon, Strøm Hallvard, Aevær Petersen, Richard A Phillips, Sveinn A Hanssen, Jan O Bustnes, Páll Hersteinsson, & Robert W Furness (2012). Wintering areas of Great Skuas *Stercorarius skua* breeding in Scotland, Iceland and Norway. *Bird Study* **59**(1): 1-9
48. Laura A McFarlane Tranquilla, William A Montevecchi, April Hedd, David A Fifield, Chantelle M Burke, Paul A Smith, Paul M Regular, Gregory J Robertson, & Anthony J Phillips Gaston, Richard A (2013). Multiple-colony winter habitat use by murrelets *Uria* spp. in the Northwest Atlantic Ocean: implications for marine risk assessment. *Marine Ecological Progress Series* **472**: 287-303
49. Michael P Harris, Tycho Anker-Nilssen, R. H. McCleery, Kjell Einar Erikstad, D. N. Shaw, & Vladimir Grosbois (2005). Effect of wintering area and climate on the survival of adult Atlantic puffins *Fratercula arctica* in the eastern Atlantic. *Marine Ecology Progress Series* **297**: 283-296
50. Tycho Anker-Nilssen & Tomas Aarvak (2009). Post-breeding movements of Atlantic puffins *Fratercula arctica* in North Norway explored by satellite telemetry, ring recoveries and distribution patterns. *Polar Biology* **32**(11): 1657-1664