

## Lundatal Vestmannaeyja

Varpstofn lunda í Vestmannaeyjum var metinn með myndatöku úr lofti og með því að telja varpholur á vettvangi á árunum 1988-1993 og 2007-2009. Flatarmál lundabyggða var mælt af loftmyndum og leiðrétt fyrir landslagi (halla). Fjöldi varphola er metinn 1.120.500. Árið 2010 voru 74,4% varphola í ábúð. Stærð varpstofnsins, reiknuð sem margfeldi holufjölda og ábúðarhlutfalls, er 830.100 pör. Þessi tala svarar til um fimmtungs lundastofnsins í heiminum og staðfestir að Vestmannaeyjar eru stærsta lundabyggð heims.

### Inngangur

Lundinn *Fratercula arctica* (1. mynd) er útbreiddur í norðanverðu Atlantshafi. Samkvæmt nýlegu yfirliti, sem byggt er á skástu fyrirliggjandi upplýsingum, er mest af honum á Íslandi (2-3 milljónir para), í Noregi (1,5-2 milljónir para), á Bretlandseyjum (600.000 pör), í Færeyjum (550.000 pör), og á Nýfundnalandi og austurströnd Kanada (350-400.000 pör), en annars staðar eru varpstofnar hlutfallslega smáir (Harris & Wanless 2004). Giskað hefur verið á að lundinn sé stærsti fuglastofninn á Íslandi (Finnur Guðmundsson 1953). Lengi hefur þótt ljóst að lundabyggðir Vestmannaeyja væru mjög stórar og þar væri stóran hluta íslenska stofnsins að finna (Nettleship & Evans 1985).

Torvelt er að meta fjölda varpfugla með vissu vegna þess að lundi verpur í holum sem hann grefur eða í grjóturðum. Leiðir til að nálgast sannleikann um stofnstærð lunda byggjast á nokkrum skrefum: (1) að kanna útbreiðslu byggða, (2) mæla flatarmál þeirra, (3) meta þéttleika hola og (4) að meta samræmi milli holufjölda og fjölda hreiðra neðanjarðar (Erpur S. Hansen & Arnbór Garðarsson 2009a,b).

Í þessari grein er skýrt frá niðurstöðum mælinga á lundastofni Vestmannaeyja. Rannsóknir þessar hafa staðið árum saman og skiptast þær í nokkra ólíka þætti. Lokið var við loftmyndatöku og mælingu flatarmáls allra þekktra lundabyggða af loftmyndum 1993. Þéttleikamælingar hófust 1988 en verður seint endanlega lokið þar sem þær eru fremur tafsöm iðja og lundabyggðir Vestmannaeyja margar. Flestar stærstu og aðgengilegustu byggðirnar hafa nú verið þéttleikamældar, en fáeinar litlar og óaðgengilegar byggðir voru áætlaðar. Frá og með 2007 hefur ábúðarhlutfall verið mælt með sérstökum „holumyndavélum“.

### Aðferðir

#### Rannsóknarsvæði

Til Vestmannaeyja (2. mynd) teljast Heimaey sem er þeirra stærst að flatarmáli (13,6 km<sup>2</sup>) og 15 óbyggðar en grasivaxnar úteyjar sem allar eru minni en 0,5 km<sup>2</sup> og svo Surtsey (1,9 km<sup>2</sup>) sem enn er lítt gróin. eru þá undanskildir drangar og sker þar sem lundi verpur ekki. Varðandi



1. mynd. Lundi *Fratercula arctica*. – Atlantic Puffin. – Yann Kolbeinsson.



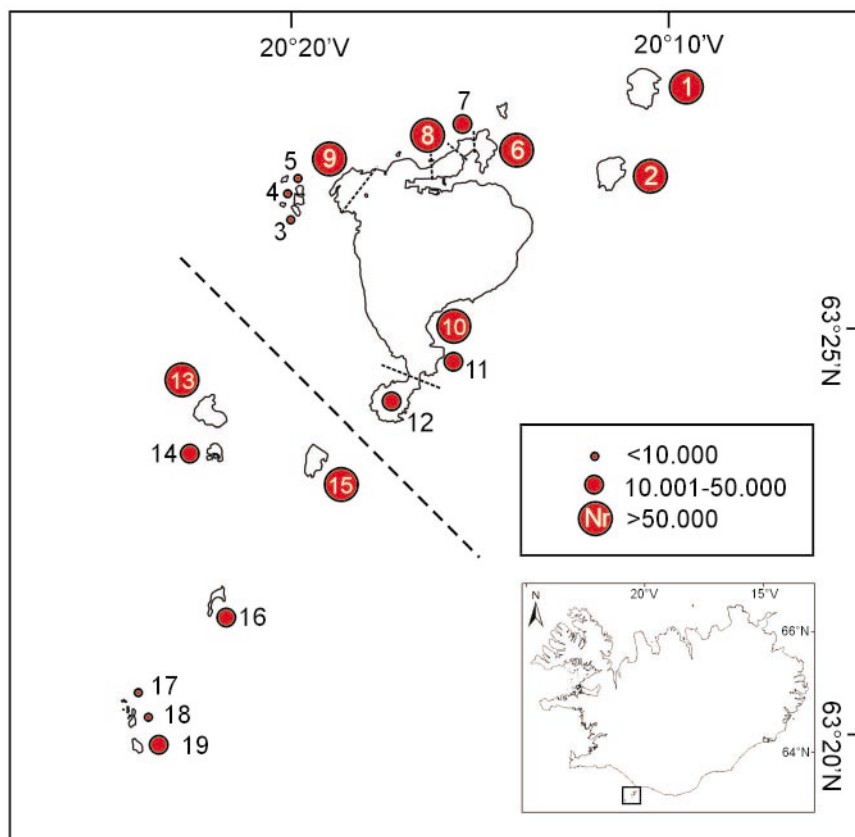
2. mynd. Loftmynd af Vestmannaeyjum, horft í norður frá Súlnaskeri (neðst) 27. maí 2007. – An oblique aerial view of the Vestmannaeyjar archipelago, looking north over Súlnasker (at bottom) on 27 May 2007. – Arnþór Garðarsson.

almenna lýsingu á staðhættum og fuglalífi Vestmannaeyja er vísað til Árbókar Ferðafélags Íslands (Guðjón Ármann Eyjólfsson 2009).

Í útreikningum og umfjöllun er eyjunum skipt í tvo klasa, norðureyjar og suðureyjar, um línu sem liggur NV-SA um Suðureyjarsund milli Stórhöfða og Suðureyjar (3. mynd). Til norðurklasans teljast Elliðaey, Bjarnarey og Smáeyjar (Hæna, Hani, Hrauney og Grasleysa) auk Heimaeyjar, en til suðurklasans eru taldar allar eyjar suðvestur af Heimaey. Svæðaskiptingin fer saman við

mismun á þéttleika varphola milli þessara svæða og kemur að notum við að minnka spönn öryggismarka stofnmats fyrir hvort svæði.

Hér eru lundabyggðir flokkaðar í 19 byggðir sem í flestum tilfellum eru vel skilgreindar landfræðilega. Frekari umfjöllun um eftirtaldir 11 smábyggðir er sleppt. Í suðaustanverðu Stóraklifi varp lundi á fyrri hluta 20. aldar, en nú er einungis örfáar holur að finna undir suðurhömrnum (Viktor Sigurjónsson munnl. uppl.). Líklega hefur uppbygging atvinnustarfsemi á Prælaeiðinu



3. mynd. Lundabyggðir í Vestmannaeyjum. Brotalínan sýnir skiptingu í norður- og suðureyjar (sjá texta). Númer byggða eru þau sömu og í 1.-3. töflu. – Atlantic Puffin breeding colonies in Vestmannaeyjar. The broken line separates the southern and northern islands. The colonies are numbered as in Tables 1-3.

ekki verið varpinu til framdráttar. Eitthvert varp er í ókleifum norðurhömrum Stóráklífs (78.400 m<sup>2</sup>) á NV-Heimaey, enginn lundi er hins vegar í kolli Stóráklífs. Fáir eða engir lundar eru í Litla Klifi. Lundi varp fram undir 1970 í Hásteinsbrekku sem er austast á Hánni en líklega hefur nálægð byggðar hrakið lundann þaðan (Bjarni Jónasson munnl. uppl.). Órsmátt lundavarp er eftir í vesturbrekkum Herjólfssdals en meira var þar af lunda á fyrrihluta tuttugustu aldar (Viktor Sigurjónsson munnl. upplýs.). Þá verpa sennilega fáeinir lundar í Stóra Erni við Heimaey að norðan og í 650 m<sup>2</sup> grasbletti í Grasleysu (5.900 m<sup>2</sup>) í Smáeyjum, í Máfadrangi (8.600 m<sup>2</sup>) og Hafnadrangi (6.100 m<sup>2</sup>) við Brand og í 600 m<sup>2</sup> grasbletti í Geirfluglaskeri (15.200 m<sup>2</sup>). Tvö lundapör hófu varp í Surtsey 2005 og hefur lundi orpið þar síðan (Ævar Petersen 2009).

Lundabyggðum Vestmannaeyja hefur verið lýst sem sérstöku gróðurlendi, graslendi þar sem mest er af túnvingli *Festuca rubra* L., en einnig er mikið af vallarsveifgrasi *Poa pratensis* L., svo og hásvæifgrasi *Poa trivialis* L. og ýmsum tvíkímblaða urtum, einkum baldursbrá *Matricaria maritima* L. og haugarfa *Stellaria media* L. (Baldur Johnsen 1934, Sturla Friðriksson & Björn Johnsen 1967, Sturla Friðriksson o.fl. 1972).

Lundinn verpur aðallega í holum sem hann grefur í jarðveg, en einnig verpur hann í urðum, klettaglufum og grasi grónum bjargbrúnum (Finnur Guðmundsson 1953, Erpur S. Hansen 1995, Tómas G. Gunnarsson o.fl. 2007).

Lundabyggðir í Vestmannaeyjum eru fremur auðgreinanlegar á loftmyndum þar sem þær eru dekkri (grænni) en lundalaust graslendi. Þetta er sérstaklega áberandi á vorin, af því að grasið grænkar fyrr í lundabyggðunum. Mismunurinn á gróðurfari stafar mest af efnaflutningi lundans, sem ber áburðarefni úr sjónum upp á land, umturnar jarðvegi og flytur sinu niður í holurnar. Í Vestmannaeyjum er auk þess mikil sauðfjárbætur og skerpir hún trúlega á áhrif lundans á lit svarðarins.

Loftmyndir voru teknar af öllum Vestmannaeyjum á árunum 1988 til 1993 oftast úr 1220 m (4000 fetum) eða 1830 m (6000 fetum) hæð (1. tafla). Myndirnar voru teknar lóðrétt með 80 mm linsu á 6x6 cm eða 70 mm litfilmu sem gefa um 55x55 mm myndflöt. Stækkanir á pappír voru notaðar til mælinga á flatarmáli byggða.

### Flatarmál lundabyggða

Útlínur lundabyggða á loftmyndum voru dregnar á stafrænu teikniborði (digitizer) inn í forritið *Microstation* og skilgreindar eftir aðstæðum sem óreglulegur flötur eða fletir. Einnig var þekkt línuleg vegalengd milli kennileita sem eru auðkennanleg á loftmyndum mæld með málbandi á vettvangi, og notuð sem mælikvarði á flatarmyndirnar þegar flatarmál byggðanna var reiknað í forritinu.

Grunnflatarmál mælt af lóðréttum loftmyndum vanmetur raunverulegt mishæðótt (þrívítt) yfirborðsflatarmál og því reiknuðum við leiðréttingarstuðul  $K$  sem er fall af halla:  $K(h)$ . Grunnflatarmál (tvívítt flatarmál) byggða

1. tafla. Lundabyggðir Vestmannaeyja: upplýsingar um loftmyndatöku og lárétt flatarmál (óleiðrétt fyrir halla). *Atlantic Puffin colonies in Vestmannaeyjar: date of aerial photographs and vertical surface area (uncorrected for slope).*

Byggð nr. Site No.	Staður Location	Dags. Date	Flatarmál (m <sup>2</sup> ) Surface area (m <sup>2</sup> )
<b>Norðureyjar:</b>			<b>331.490</b>
1	Ellidaey	16.05.1989	149.004
2 <sup>a</sup>	Bjarnarey, Bunki	16.05.1989	102.357
2 <sup>b</sup>	Bjarnarey, brúnir		46.792
3	Hani	29.07.1989	13.712
4	Hæna	29.07.1989	8.037
5	Hrauney	29.07.1989	11.588
<b>Heimaey:</b>			<b>469.101</b>
6	Ystiklettur	21.09.1993	156.693
7	Miðklettur	21.09.1993	28.718
8	Heimaklettur	21.09.1993	77.684
9	Dalfjall-Há	21.09.1993	73.365
10	Sæfjall-Kervíkurfjall	21.09.1993	71.212
11	Litlihöfði	21.09.1993	31.542
12	Stórhöfði	16.05.1989	29.887
<b>Suðureyjar:</b>			<b>322.482</b>
13	Álsey	16.05.1989	160.764
14	Brandur	16.05.1989	32.005
15	Suðurey	16.05.1989	71.520
16	Hellisey	16.05.1989	17.859
17	Litli Geldungur	16.05.1989	7.323
18	Stóri Geldungur	15.06.1992	9.140
19	Súlasker	25.08.1988	23.871
<b>Samtals</b>			<b>1.123.073</b>

<sup>a</sup> Central cone.

<sup>b</sup> Edges.

er margfaldað með leiðréttingarstuðlinum til að fá raunverulegan yfirborðsflöt.

Aðferðum við mælingu halla hefur verið lýst (Erpur S. Hansen 1995). Halli var ekki mældur í öllum byggðum (2. tafla). Leiðréttingarstuðull fyrir halla í þessum byggðum var áætlaður og var útreikningunum skipt í tvennt norður- og suðureyjar (3. mynd). Notað var meðaltal leiðréttingarstuðuls (normaldreift) fyrir hvort svæði fyrir sig. Fyrir norðureyjar var notað  $K=1,152\pm 0,080$  (staðalfrávik),  $n=6$ , nema fyrir brúnir Bjarnareyjar voru notaðar hallamælingar úr Bjarnareyjarbunka ( $K=1,081$ ). Fyrir suðureyjar var notað  $K=1,076\pm 0,016$ ,  $n=3$ . Í skópvensgútreikningunum var notast við tilviljanakennt valin gildi úr normaldreifingum hvors svæðis.

$K$  var reiknað í töflureikni fyrir hverja hallagráðu ( $h$ ) á bilinu  $0^\circ$ - $50^\circ$  og síðan voru þessi hnit notuð til að reikna þriðja stigs fjöllinu með aðhvarfsreikningi:  $K(h) = 0,994 + 0,0017h + 0,000002h^2 + 0,000003h^3$  ( $R^2=99,98$ ). Halli ( $h^\circ$ ) 255 reita var mældur á vettvangi og var reiknað út hver styttingin vegna halla (skekkan) væri mikil í hverjum reit fyrir sig (2. tafla). Til að reikna meðaltal og 95% öryggismörk (ö.m.) var notast við „skópvensgáðferð“ eða „bootstrap“ (Efron & Tibshirani

Byggð nr. Site No.	Staður Location	Meðalhalli (°) Mean slope (°)	s.f. S.D.	Fjöldi n	K
	<b>Norðureyjar<sup>a</sup></b>	<b>30,4</b>	<b>6,69</b>	<b>6</b>	<b>1,152 ±0,080 (8)</b>
1	Ellidaey	25,1	6,6	88	1,104
2	Bjarnarey, Bunki <sup>b</sup>	23,2	4,8	6	1,081
2	Bjarnarey, brúnir <sup>c</sup>	-	-	-	(1,081)
3	Hani	-	-	-	(1,152)
4	Hæna	-	-	-	(1,152)
5	Hrauney	-	-	-	(1,152)
	<b>Heimaey</b>				
6	Ystiklettur	27,8	8,1	119	1,136
7	Miðklettur	-	-	-	(1,152)
8	Heimaklettur	37,0	1,7	3	1,237
9	Dalfjall-Há	40,0	0,0	3	1,288
10	Sæfjall, Kervíkurfjall	-	-	-	(1,152)
11	Litlihöfði	-	-	-	(1,152)
12	Stórhöfði	29,2	5,4	10	1,140
	<b>Suðureyjar<sup>a</sup></b>	<b>22,4</b>	<b>2,6</b>	<b>3</b>	<b>1,076 ±0,016 (3)</b>
13	Álsey	25,0	2,9	5	1,094
14	Brandur	22,5	5,8	6	1,079
15	Suðurey	19,8	6,2	15	1,063
16	Hellisey	-	-	-	(1,076)
17	Litli Geldungur	-	-	-	(1,076)
18	Stóri Geldungur	-	-	-	(1,076)
19	Súlnasker	-	-	-	(1,076)
	<b>Heildarmeðaltal</b>	<b>26,4</b>	<b>7,64</b>	<b>254</b>	<b>1,129 ±0,0755 (11)</b>

<sup>a</sup> Sjá skilgreiningu í 1. töflu – See definition in Table 1.

<sup>b</sup> Central cone.

<sup>c</sup> Edges.

1993, Chernick 1999) með forritinu *PopTools* 3.1 útgáfu (Hood 2009) í *Excel*. Grunnflatarmál hverrar byggðar var margfaldað með hverri tiltækri hallamælingu sem gaf mat á heildarflatarmáli leiðréttu fyrir halla miðað við hverja hallamælingu. Þetta var endurtekið fyrir hverja byggð og fékkst þannig dreifing á leiðréttu flatarmáli sem samsvaraði fjölda hallamælinga í hverri byggð. Úr þessari dreifingu voru tekin 10.000 sýni með endurtekningu. Þeim sýnum var síðan raðað eftir stærð og gildi dreifingarinnar nr. 250 og 9750 gáfu 95% ö.m. meðaltalsins.

### Holupéttleiki

Mat á þéttleika krefst mælinga á staðnum en slíkt er seinlegt og verður því að styðjast við einhvers konar úrtak ef markmiðið er að meta stofnstærð lunda á stórum svæðum. Lundaholur voru taldar á árunum 1988-1992 (258 reitir) og 2007-2009 (69 reitir). Talningaradferðum hefur áður verið ítarlega lýst (Erpur S. Hansen 1995). Notaðir voru 25 fermetra (5x5 m) réttthyrndir reitir (4. mynd). Öll holuop voru talin, óháð því hvort þær væru í notkun eða ekki. Þéttleiki varphola var mældur á samtals á 8175 m<sup>2</sup> (2. tafla). Staðsetning talningarreita var valin á tvo vegu: (1) 64 slembidreifðir reitir þar sem staðsetning innan lundabyggða var valin með slembidreifðum hnitum samtals 1600 m<sup>2</sup>. (2) Ellefu reitasnið með alls 263 reitum,

2. tafla. Meðalhalli (°), staðalfrávik (s.f.), fjöldi hallamælinga (n) og leiðréttingarstuðlar *K* til að leiðrétta flatarmál lundabyggða fyrir halla. Tölur í svigum eru áætlaðar. Útreikningar eru skýrðir í texta. – Mean slope (°), standard deviation of the mean (S.D.), sample size (n) and mean correction factor *K* to correct the vertical surface area for slope. Calculations are explained in the text.

samtals 6575 m<sup>2</sup>. Reitasnið er samliggjandi röð 5x5 m talningarreita sem látnir eru liggja eftir brekkum, að undanskildu reitasniði í Bjarnareyjarbunka sem liggur samhliða brún þvert á halla. Þegar reitasnið lágu að hluta til um lundalaus svæði var þeim hlutum sniðanna sleppt (þ.e. utan byggða). Sniðin voru lögð út þannig að þau endurspegluðu sem best breytileika í landslagi á hverjum stað. Þéttleiki í slembivöldum talningarreitum (n=12) og reitasniðum (n=76) mældum í Elliðaey 1988-1992 var borinn saman með *F*-prófi,  $F_{11,75}=1,7982$ ,  $P>0,05$ , og tvíhliða *t*-prófi,  $t_{86}=1,7172$ ,  $P>0,05$ . Samkvæmt þessum niðurstöðum er ekki marktækur munur á breytileika (*F*-próf) eða meðalþéttleika (*t*-próf) milli slembivaldra reita og reita í reitasniðum, og voru þessi þéttleikagögn því sameinuð.

Athugað var hvort þéttleiki varphola hefði breyst á athuganatímabilinu með samanburði (*t*-próf) á mælingum á holupéttleika í neðanverðu Hábarði í Elliðaey 1991 og 2008.

### Fjöldi lundahola

Fyrir hverja byggð var leiðrétt flatarmál margfaldað með tiltækum holupéttleikamælingum. Skópvegsadferðin var notuð við þessa margföldun og leiðrétt flatarmál margfaldað 10.000 sinnum með tiltækum þéttleikamælingum hverrar byggðar sem gaf mat á

4. mynd. Þéttleiki og ábúðarhlutfall lundahola mæld á 25 m<sup>2</sup> talningareit. – *Atlantic Puffin burrow density measured in a 25 m<sup>2</sup> plot.* – Bérengère Bougué.



holufjölda miðað við hverja þéttleikamælingu (25 m<sup>2</sup>). Heildarfjöldi lundahola er summa meðalholufjölda allra byggða og 95% ö.m. er summa öryggismarka allra byggða. Í átta tilvikum þar sem þéttleikatölur vantar var þéttleiki varphola áætlaður og var þeim skipt í tvo flokka eftir svæðum, norðureyjar ásamt Heimaey (Hani, Hæna, Hrauney, Miðklettur, Litlihöfði) og suðureyjar (Litli- og Stóri Geldungar, Súlnasker). Notað var meðalþéttleiki á fermetra  $\pm$ staðalfrávik fyrir hvort svæði: fyrir norðureyjar  $0,70 \pm 0,207$  (n=8), en fyrir suðureyjar  $1,41 \pm 0,263$  (n=4).

#### Ábúðarhlutfall

Ábúðarhlutfall er það hlutfall varphola af heildarfjölda (að frádregnum „stubbholum“) þar sem metið er að gerð hafi verið tilraun til varps. Ekki er orpið í allar holur árlega, sumar eru afræktar annað hvort tímabundið eða endanlega, meðan aðrar eru í smíðum eða hætt hefur verið við gróft þeirra ófullbúinna. Þessar nýbyggingar eru stuttar (<50 cm) og því nefndar „stubbar“ á íslensku (Tómas G. Gunnarsson o.fl. 2007). Stærð varpstofns er margfeldi ábúðarhlutfalls og heildarfjölda hola. Ábúðarhlutfall er því lykilstærð við mat á stofnstærð og þar af leiðandi ungaframleiðslu varpstofnsins.

Frá og með 2007 hefur ábúðarhlutfall í Vestmannaeyjum verið mælt beint með holumyndavélum (Peep-a-Roo, Sandpiper Technologies Inc., [www.sandpipertech.com](http://www.sandpipertech.com)). Videomyndavélar eru festar eru framan á hálfstífan kapal sem hægt er að þræða inn eftir holugöngum, en horft er á myndina í skjágleraugum eða á skjá (5. mynd). Lundinn sér ekki innrauðar ljósdíóður sem eru sambyggðar linsu vélarinnar og lýsa holuna upp. Myndavélin virðist ekki trufla lundann sem er annars viðkvæmur í holunni, sérstaklega þegar hann liggur á (Harris & Wanless 2011). Athuganareitir voru að uppistöðu þeir sömu og hafa verið notaðar til að mæla

varpárangur (Erpur Snær Hansen o.fl. 2009) og eru staðsettir í löngum brekkum eða á brúnum í Álsey (Vatnsgil – brekka, N=32) sem er fulltrúi suðureyja, fulltrúar norðureyja eru Elliðaey (Hábarð – brekka, N=60) og fimm byggðir í Stórhöfða á Heimaey (N=166): Höfðavík – brún (N=28), Stóra Rauf – brekka (N=55), Malarkórar – brún (N=29), Lambhilla – brún (N=24) og Stórató – brún (N=30). Einnig hafa tiltækar mælingar úr könnunarreitum verið notaðar. Allar varpholur á 25 m<sup>2</sup> reitum eru kannaðar. Ábúðarhlutfall er reiknað með því að deila í fjölda hola, sem orpið hefur verið í, með heildarholufjölda að frádregnum stubbholum. Til þess að reikna stærð varpstofns Vestmannaeyja var notað ábúðarhlutfall í samtals 258 holum árið 2010 en það ár var ábúðarhlutfallið jafnt og landsmeðaltal í þeim vörpum þar sem varpárangur var í meðallagi. Ekki var tölfræðilega marktækur munur á ábúðarhlutfalli milli norðureyja (74,3%, Elliðaey og Stórhöfði) og suðureyja



5. mynd. Holumyndavél. – *Videoprobe and goggles* – Jules Looman.

3. tafla. Stofnreikningur lundabyggða Vestmannaeyja. Flatarmál byggða leiðrétt fyrir halla, meðalholubéttleiki,  $\pm$ staðalfrávik (s.f.), og fjöldi 25 m<sup>2</sup> mælieita (n). Fjöldi hola er margfeldi leiðréttis flatarmáls og meðalþéttleika. Tölur að undanskildum þéttleika námundaðar að næsta hundradi – Calculation of the Atlantic Puffin breeding population of Vestmannaeyjar. Colony area corrected for slope, mean burrow density, standard deviation of the mean (S.D.) and the number of 25 m<sup>2</sup> sampling plots (n). Number of burrows are the product of corrected area and density. All figures beside density are rounded to the nearest hundred.

Nr. Svæðis Site No.	Staður Location	Leiðrétt flatarmál (m <sup>2</sup> ) Corrected area (m <sup>2</sup> )	Holubéttleiki (n/m <sup>2</sup> ) $\pm$ s.f. Burrow density (n/m <sup>2</sup> ) $\pm$ S.D.	Mælingarár (n) Year of measurement (n)	Fjöldi hola Number of burrows	Pör Pairs	95% ö.m. 95% C.L.
<b>Norðureyjar:<sup>a</sup></b>							
1	Elfiðæy	363.900	0,70 $\pm$ 0,207 (8)		240.100	177.400	139.300-216.600
2	Bjarnarey, Bunki <sup>b</sup>	164.600	0,75 $\pm$ 0,05	1988 (6), 1989 (6), 1991 (76)	124.800	92.400	77.200-108.600
2	Bjarnarey, brúnir <sup>c</sup>	110.400	0,69 $\pm$ 0,30	1989 (5), 2009 (10)	75.800	56.100	46.900-64.000
3	Hani	50.400	0,25 $\pm$ 0,11	2009 (10)	12.700	9.400	6.900-11.800
4	Hæna	15.800	(0,70)	-	11.000	8.200	3.400-13.200
5	Hrauney	9.300	(0,70)	-	6.500	4.400	2.000-7.800
		13.400	(0,70)	-	9.300	6.900	2.900-11.200
<b>Heimaey:</b>							
6	Ystiklettur	554.100	-		400.900	297.100	229.200-376.100
7	Miðklettur	178.300	0,46 $\pm$ 0,33	1991 (119)	82.000	60.700	53.000-68.700
8	Heimaklettur	33.100	(0,70)	-	23.000	17.000	7.000-27.700
9	Dalfall-Há	96.100	0,75 $\pm$ 0,27	1992 (3)	71.900	53.200	46.400-60.600
10	Sæ- & Kervikurfjöll	94.500	1,07 $\pm$ 0,27	1992 (3)	100.800	74.700	62.100-89.000
11	Litlihöfði	81.600	0,85 $\pm$ 0,36	1992 (4), 2007 (2)	69.000	51.200	36.100-68.700
12	Stórhöfði	36.400	(0,70)	-	25.300	18.900	7.600-30.700
		34.100	0,85 $\pm$ 0,48	1989 (10), 2008 (18)	28.900	21.400	17.000-26.100
<b>Suðureyjar:<sup>a</sup></b>							
13	Alsey	342.100	1,41 $\pm$ 0,263 (4)		479.500	355.100	280.800-428.200
14	Brandur	175.600	1,22 $\pm$ 0,12	1989 (5), 2008 (9)	210.200	155.700	124.300-185.600
15	Suðurey	34.400	1,39 $\pm$ 0,73	1989 (6), 2007 (11)	47.800	35.400	27.200-44.700
16	Hellisey	76.000	1,64 $\pm$ 0,12	1989 (15)	125.600	93.000	76.000-108.900
17	Litli Geldungur	19.100	2,28 $\pm$ 0,36	2007 (9)	43.600	32.300	28.900-35.500
18	Stóri Geldungur	1.500	(1,41)	-	2.100	1.600	1.000-2.200
19	Súlmasker	9.800	(1,41)	-	13.900	10.300	6.400-14.200
		25.700	(1,41)	-	36.300	26.800	17.000-37.100
<b>Samtals</b>					<b>1.120.500<sup>d</sup></b>	<b>830.100</b>	<b>649.300-1.020.900</b>

<sup>a</sup> Sjá skilgreiningu í 1. töflu – See definition in Table 1.

<sup>b</sup> Central cone.

<sup>c</sup> Edges.

<sup>d</sup> 95% ö.m. 879.100 - 1.369.300.

(Álsey 75.0%) árið 2010 (G-próf:  $G_{adj}=0.0063$ , frítala=1) og ekki heldur árin 2008 (G-próf:  $G_{adj}=0.4107$ , frítala=1) og 2009 (G-próf:  $G_{adj}=0.2050$ , frítala=1) þegar mælingar eru til frá báðum svæðum. Gögn um ábúð voru því sameinuð fyrir allar Vestmannaeyjar. Frekari greining á ábúðarhlutföllum lunda hérlendis er fyrirhuguð í handriti um viðkomu lunda við Ísland (Erpur S. Hansen, Marinó Sigursteinsson & Arnþór Garðarsson óbirt). Þess skal getið að áður útgefið ábúðarhlutfall fyrir árið 2007 (40,2 % Erpur Snær Hansen o.fl. 2009) er hér endurskoðað með því að leggja meiri gögn til grundvallar til samræmis við reynslu og aðferð seinni ára.

### Stærð varpstofns

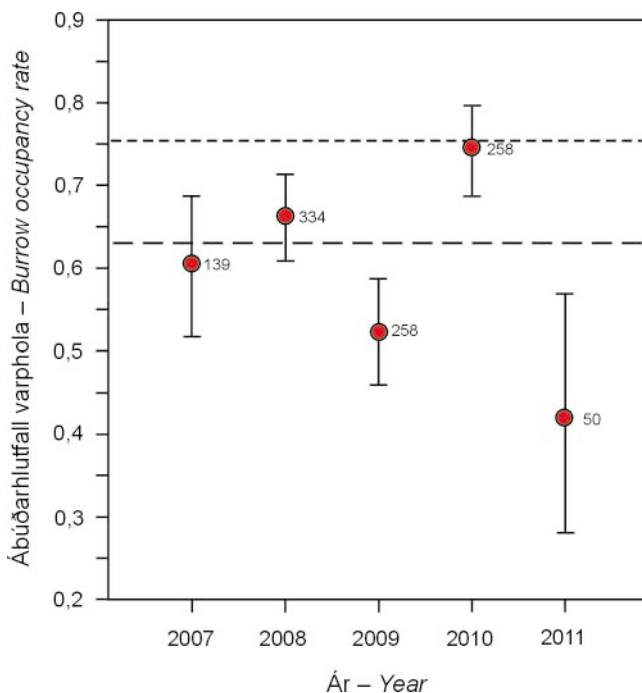
Öryggismörk á stærð varpstofnsins voru reiknuð með skóþvengsaðferð þannig að margfölduð voru saman tilviljanakennt valin gildi úr dreifingum, flatarmáls, leiðréttistuðla flatarmáls, holupéttleika og ábúðarhlutfalls, alls 10.000 sinnum fyrir hverja byggð (3. tafla). Summa meðaltala allra byggða ásamt 95% öryggismörkum gefur varpstofnstærð með öryggismörkum.

### Niðurstöður

Útbreiðsla lundabyggða í Vestmannaeyjum má heita vel þekkt og er flatarmál nítján helstu lundabyggðanna með leiðréttingu fyrir halla 1.260.100 m<sup>2</sup> (3. tafla). Víðáttumestu byggðirnar eru í Ystakletti á Heimaey (178.300 m<sup>2</sup>), Álsey (175.600 m<sup>2</sup>), Elliðaey (164.600 m<sup>2</sup>) og Bjarnarey (160.800 m<sup>2</sup>). Þá koma þrjár byggðir á Heimaey: Heimaklettur (96.100 m<sup>2</sup>), Dalfjall-Há (94.500 m<sup>2</sup>), og Sæ- og Kervíkurfjöll (81.600 m<sup>2</sup>) auk Suðureyjar (76.000 m<sup>2</sup>). Aðrar byggðir eru talsvert smærri (<36.400 m<sup>2</sup>, 3. tafla).

Holupéttleiki var breytilegur eftir vörpum, en eins og áður segir var Eyjum skipt eftir meðalþéttleika (holur/m<sup>2</sup>) vegnum með flatarmáli byggða í norðureyjar - (0,70 holur/m<sup>2</sup>) og suðureyjar (1,41 holur/m<sup>2</sup>, 3. tafla). Minnsti þéttleikinn mældist í brúnum Bjarnareyjar 0,25 holur/m<sup>2</sup>, en mesti þéttleikinn mældist 2,28 holur/m<sup>2</sup> í Hellisey.

Í Vestmannaeyjum var beitt mælingum og athugunum sem náðu yfir langt tímabil. Eflaust hefði verið æskilegt að athuganirnar tækju sem skemmstan tíma, en því varð ekki við komið. Hins vegar eru vísbendingar um að holufjöldi hafi lítið eða ekki breyst síðustu tvo áratugi. Sjónrænn samanburður á útbreiðslu varpa í Elliðaey á loftmyndum teknum 1989 og 2006 bendir ekki til breytinga að best verður séð. Meðalholupéttleiki í Hábarði í Elliðaey var borinn saman með reitasniðum (25 m<sup>2</sup> reitum) sem mæld voru 1991 (1,066±0,5739 s.f., n=23) og aftur 2008 (1,016±0,1887 s.f., n=10). Mismunur á staðsetningu þessara tveggja sniða eru örfáir metrar. 1991 sniðið nær 135 m frá hæsta punkti Hábarðs og niður að neðri mörkum lundavarpis ofan við vatnsöfnunartank, en 2008 sniðið byrjar við þessi neðri mörk og nær 50 m upp eftir brekkunni. F-próf sýnir að dreifni er marktækt hærri 1991 ( $F_{9,22}=0,1083$ ,  $P<0,0008$ ). Ekki reyndist marktækur munur á meðalþéttleika samkvæmt tvíhliða t-prófi með ójafni dreifni:  $t_9=-0,3748$ ,  $P>0,05$ .



6. mynd. Ábúðarhlutfall lundahola í Vestmannaeyjum 2007-2011. Lóðrétt „T“ sýna 95% öryggismörk og tölur hversu margar holur voru skoðaðar ár hvert. Neðri brotalínan sýnir meðalábúðarhlutfall í Eyjum þessi ár (62,8%), efri brotalínan sýnir landsmeðaltalið 2010 án Eyja (75,3%). – *Burrow occupancy ratio (BOR) of Atlantic Puffin burrows in Vestmannaeyjar 2007-2011. The vertical bars show 95% C.I. of individual BOR's and the numbers are sampled burrows each year. The lower horizontal broken line shows the average BOR in Vestmannaeyjar for these years (62.8%), the higher broken line shows the national mean BOR in 2010 excluding Vestmannaeyjar (75.3%).*

Fjöldi varphola í einstökum byggðum ræðst af margfeldi flatarmáls og þéttleika þeirra. Heildarfjöldi varphola er 1.120.500 (95% ö.m.: 879.100-1.369.300). Í norðureyjum utan Heimaeyjar eru 240.100 holur og í suðureyjum 479.500 holur. Í Heimaey eru 400.900 holur sem bætast við fjöldann í norðureyjum sem eru þá samtals 641.000 holur. Stærsta einstaka lundabyggðin er í Álsey með 210.200 holur en næstar í röðinni eru Suðurey og Elliðaey með um 125.000 holur hvor.

Ábúðarhlutfall í 258 holum í Eyjum árið 2010 var 74,4% (95% ö.m.: 68,6-79,6) en það er hæsta ábúðarhlutfall sem hefur verið mælt í Eyjum (6. mynd). Ábúðarhlutfall hefur verið vakt að árlega í Vestmannaeyjum síðan 2007 og var meðalábúðarhlutfall til og með 2011 62,8% (6. mynd). Vakið hefur athygli bæði hve lágt og breytilegt meðalábúðarhlutfallið hefur verið þessi ár (G-próf fyrir misleitni:  $G_H=58,462$ , frítala=4,  $P<0,000001$ ). Ábúð 2010 var tölfræðilega marktækt hærri (G-próf:  $G_{2010}=20,682$ , frítala=1,  $P<0,0001$ ) og marktækt lægri bæði 2009 (52,3%) og 2011 (38,8%) en meðalábúð (G-próf:  $G_{2009}=7,9935$ , frítala=1,  $P<0,01$ ;  $G_{2011}=25,952$ , f.t.=1,  $P<0,000001$ ). Ábúðarhlutfallið í Eyjum 2010 var

tölfræðilega ekki frábrugðið landsmeðaltali (án Eyja) 2010 (75,3%, G-próf: 0,10535, frítala=1, P>0,05, Erpur S. Hansen, Marinó Sigursteinsson & Arnþór Garðarsson óbirt).

Varpstofn er margfeldi ábúðarhlutfalls og holufjölda og samantekið var heildarvarpstofn Vestmannaeyja 2010: 830.100 pör (95% ö.m.: 649.300-1.020.900).

### Umræða

Sjófuglar verpa flestallir í þéttum byggðum og auðveldar það mat á fjölda fullorðinna varpfugla. Einfaldast er að telja hreiður (t.d. skarfa, súlu eða ritu) og umreikna fjölda þeirra yfir í pör (sjá t.d. Arnþór Garðarsson 2008). Matið er strax orðið flóknara hjá svartfuglum þegar engin hreiðurgerð er sýnileg. Það gefur auga leið að holufuglar eins og lundi eru erfiðastir viðfangs að þessu leyti. Enn flóknara er svo að meta heildarfjölda fullvaxinna fugla, því erfið er að mæla hversu mikill hluti af viðkomandi stofni tekur þátt í varpi hverju sinni. Slíkt er þó hugsanlega mögulegt með því að fylgjast árlega með föstum hreiðurstæðum.

Aðferðin við að meta fjölda lunda í hverri byggð felst í því að vinna á nokkrum þrepum. Fyrst þarf að kanna útbreiðslu byggða, síðan að mæla flatarmál þeirra, meta þéttleika holumunna og tilsvaramandi fjölda hreiðra neðanjarðar. Útbreiðsla lundabyggða er nokkuð vel þekkt, heimildir eru að vísu misgamlar og auk þess hafa orðið nokkrar breytingar á síðustu 50 árum á fastalandinu sem aðallega stöfuðu af innrás minksins *Mustela vison* (Karl Skírnisson & Ævar Petersen 1980). Flatarmál byggðanna er hægt að mæla og það er auðveldast með því að beita fjarkönnun eins og hér hefur verið gert. Halli lundabyggða er yfirleitt nokkur eða  $26,4^\circ \pm 7,64$  staðalfrávik að meðaltali í Vestmannaeyjum sem hefur þau áhrif að hækka mat miðað við lárétta mælingu um nálægt 13%. Þéttleiki holumunna er almennt séð líklegur til að svara til fjölda hreiðra (= para) að teknu tilliti til ábúðarhlutfalls.

### Ábúðarhlutfall

Holur metnar í ábúð með huglægu mati er það sem kallað hefur verið „holur sem virðast vera setnar“, á ensku „Apparently Occupied Burrow“ eða AOB (Walsh o.fl. 1995). Þetta er hin hefðbundna talningareining og eru þá ósetnar holur ekki taldar. Í Bretlandi hafa menn notast við prik til að fálma eftir varpfuglum og afkvæmum þeirra (Harris & Wanless 2011), og eru holur þar milli 70-110 cm langar. Meðallengd frá opi í hreiðurkima 238 varphola í sjö byggðum í Vestmannaeyjum er 102 cm  $\pm 31,9$  cm (staðalfrávik) og virðast þær því aðeins lengri héraendis og því erfiðara að kanna innihald þeirra á sama hátt. Þess í stað hefur verið notast við ýmis ummerki í eða við holumunna, eins og nýlegan skít, bældan gróður og fótspor við mat á ábúð. Smárætur í holulofti hafa reynst okkur öðru fremur áreiðanlegar við þetta mat, en þær eru öruggt einkenni yfirgefningu hola. Hinsvegar krefjast þær þess að kíkt sé vandlega inn í hverja holu sem er tímafrekt. Þegar unginn hefur klakist hefur verið notast við skítalykt

úr holu en fjaðurstafahjastur á holugólfi er mjög gott til greiningar á ábúð og var fyrrum notað við greflaveiði á pysju (Harris & Wanless 2011, Lúðvík Kristjánsson 1986). Ábúðarmat er eðlilega að nokkru einstaklingsbundið túlkunaratriði, háð veðri (ummerki um umferð eru oft skýrari eftir rigningu) og staðháttum en holumunnar geta verið talsvert mismunandi í útliti eftir staðháttum og jarðvegsgerð. Bein mæling á ábúðarhlutfalli með holumyndavél er að okkar mati besta aðferðin þar sem hún byggir á beinni athugun. Skekkja sem fæst með holumyndavél getur verið umtalsverð (Hamilton 2000) en samkvæmt okkar reynslu er hún fyrst og fremst háð byggingu hola, þ.e. hvort þær veiti lunda, eggji eða unga skjól fyrir linsunni með lögun sinni, en slíkar holur er skynsamlegast að forðast.

Hlutfall stubba hefur verið notað til að meta nýliðun í vörpum (Harris & Wanless 2011). Fjöldi stubba er háður staðháttum í Vestmannaeyjum og eru þeir algengari þar sem grjót er í jarðvegi (t.d. í Stóru Rauf í Stórhöfða). Hætt hefur verið við gróft margra þessara hola. Af þessum sökum liggur ekki beint við að nota stubbahlutfall sem vísbendingu um nýliðun í Vestmannaeyjum.

Á meðal sjófugla er vel þekkt að taka sér frí frá varpi (t.d. Hudson o.fl. 2000, Grosbois & Thompson 2005, Jenouvrier o.fl. 2005). Harris & Wanless (2011) nefna að 5% af kynþroska lundapörum sleppi varpi hverju sinni í eðlilegu árferði en Ashcroft (1976) 10-30%. Þetta atferli er almennt ekki vel þekkt hjá lunda. Komið hefur í ljós í Vestmannaeyjum að í fæðuskortsárum eins og undanfarin ár (2007-2011) hefur aðeins verið orpið í hluta þeirra hola þar sem ummerki um umferð eru sýnileg og getur þannig hefðbundna ábúðarmati skeikað um allt að 50%. Einnig hefur komið í ljós mikill breytileiki milli ára í ábúðarhlutfalli, mældu beint með holumyndavélum, eða á bilinu 38,8 til 74,4% árin 2007-2011 (6. mynd). Þetta samsvarar mismun á stærð varpstofns Vestmannaeyja sem nemur 435.000 pörum. Að þessu sögðu liggur fyrir að notkun AOB sem talningareiningar er háð árferði en beinar mælingar á ábúð með holumyndavélum eru lausar við slíka skekkju.

Varp var ekki með hefðbundnu sniði í lundavörpum Vestmannaeyja sumarið 2010 (Erpur S. Hansen o.fl. 2010, Erpur S. Hansen, Marinó Sigursteinsson & Arnþór Garðarsson óbirt). Um fjórðungur para varp mjög seint eða eftir 15. júní. Þessi varppör ásamt flestum öðrum (82% af heild) afræktu svo eggjið aðeins nokkrum dögum eftir varp eða innan viku samkvæmt fösturþroska í öllum eggjum (n=17) sem skoðuð voru. Klakárangur 192 eggja í Eyjum sumarið 2010 var einungis 17,7% og hefur ekki mælst svo lágur fyrr (en varð enginn sumarið 2011). Að auki drápu allir ungar í rannsóknaholunum og hafði það heldur ekki gerst frá því að athuganir hófust 2007. Sumarið 2010 sátu lundar sjaldan í byggðunum en ef slíkt kom fyrir voru fuglarnir að jafnaði mjög margir. Það vekur athygli að þessi algeri viðkomubrestur er samhliða hæsta ábúðarhlutfalli sem hefur mælst í Eyjum en áþekkt landsmeðaltali 2010. Kom á óvart að sjá svo hátt ábúðarhlutfall þar sem ætla mátti að nýliðun 2010



væri lítil. Nýliðun hefði átt að byggjast að mestu á fimm ára gömlum fuglum, þ.e. á 2005 árganginum en hann var smár í Eyjum samkvæmt greiningu aldurshlutfalla í háfaveiði (Erpur S. Hansen 2008, 2009, Erpur S. Hansen o.fl. 2009). Þetta háa ábúðarhlutfall í Eyjum 2010 má túlka sem vísbendingu um talsverðan innflutning varpfugla seint á varptíma 2010 eða allt að 146.000 pörum. Önnur hugsanleg skýring er að nær allur varpstofninn hafi orpið 2010. Slík viðbrögð varpstofns kunna að virðast óeðlileg í samhengi við algert gæftaleysi, enda hefði fremur mátt búast við fjölgun geldpara líkt og 2007-2009 (6. mynd). Tímasetning síðvarpsins 2010 er í fremur samræmi við að fuglar í varphug hafi yfirgefið varpheimkynni sín og látið slag standa í Eyjum. Þetta kann með öðrum orðum að hafa verið þrautalending fugla sem komust síðan að því að staðan í Eyjum var engu betri. En þá var eggþroskun of langt af stað kominn til að hætt yrði við varp. Hver svo sem uppruni þessarar síðbúnu varpfugla er, þá er ljóst að varptilrauninni var ekki fylgt eftir og flest eggin voru afrækt örfáum dögum eftir varp. Viðkomubrestur var hjá lunda víða um land sumarið 2010, m.a. í Breiðafirði, Faxaflóa og á Austurlandi (Erpur S. Hansen, Marinó Sigursteinsson o.fl. óbirt). Þessar vangaveltur velta upp þeirri spurningu hvaða ábúðarhlutfallsmæling gefi réttast mat á stofnstærð? Við ákváðum að nota landsmeðaltalið (75%) þar sem varp var eðlilegt. Óháð því hvernig þessir fuglar komu til í Eyjum 2010 þá er þetta einnig mat á stærð stofnsins áður en hann fór að réna vegna lítillar viðkomu. Lægsta ábúðarhlutfall sem mælt hefur verið hingað til var 38,8% sumarið 2011 og er það í samræmi við að nýliðun varpstofnsins sé mjög lág vegna lítillar viðkomu fyrri ára og innflutningur hafi verið fremur lítill. Án innflutnings er viðbúið er að ábúðarhlutfall verði lágt og fremur lækkandi á næstu árum.

### Stofnstærð og flokkun í einstakar byggðir

Almenn umfjöllun um stærð varpa er háð vegalengdum milli varpstaða og skilgreiningu á byggð eða varpi. Skilgreining á varpi sem hér er notuð byggir hvað hentugt er að telja og á augljósi landfræðilegri aðgreiningu þar sem sjór aðskilur einstakar byggðir. Einnig er notast við náttúrulega hnappdreifingu byggða sem felur í sér að einstök vörp mynda heildir, þau vörp eru nær hvert öðru en öðrum vörpum sem tilheyra þá öðrum heildum. Fjarlægðir milli varpheiða hafa líffræðilega þýðingu t.d. hvað varðar ferðalög fugla milli skilgreindra varpa en fjarlægð á fæðumið skiptir líklega mestu varðandi staðarval (t.d. Erpur S. Hansen 2003). Svo dæmi sé tekið þá skiptir litlu fyrir stuttnefju *Uria lomvia* hvort hún verpur í Hornbjargi eða Hælavíkurbjargi varðandi nálægð við fæðumið þar sem fjarlægðin milli þessara varpa (3 km) er hverfandi í samanburði við vegalengdina sem fuglarnir fara til fæðuöflunar í hafisjaðrinum (240 km, Benvenuti o.fl. 1998). Í þeim skilningi eru áðurnefnd björg í raun sama varpið. Meðal- og „hámarks“ vegalengdir á fæðumið hjá lunda eru 30,4 og 60,2 km (<http://seabird.wikispaces.com/Atlantic+Puffin>), þótt lundar geti farið töluvert lengra eins og í fæðuskortsárum (Anker-Nilsen & Lorentsen

1990, Kristján Lilliendahl o.fl. handrit). Um 10 km eru á milli Elliðaeyjar í norðri og Súlnaskers í suðri með miðpunkt í Stórhöfða og skarast því fæðuöflunarsvæði allra lundabyggða í Eyjum verulega og eru í raun sama varpið með hliðsjón af hlutdeild sameiginlegra fæðumiða. Í þessu ljósi er athyglisvert að meðalþéttleiki skuli vera um helmingi hærri í suðureyjum en norðureyjum. Um 7 km eru til lands frá Elliðaey og 16 km frá Stórhöfða og stendur því minna hafsvæði norðureyjum til boða nema að fljúga lengra á fæðumið. Hinsvegar eru aðeins 1,4 km milli Stórhöfða og Suðureyjar þar sem svæðamörkin liggja, því er líklegt að einhverjir aðrir en jafnframt óþekktir þættir eigi hér líka stórann hlut að máli.

### PAKKIR

Árni Ásgeirsson, Ásgeir Árnason, Auðunn Herjólfsson, Béréngère Bougué, Bjarni Jónasson, Broddi Reyur Hansen, Böðvar Þórisson, Cornelius Schlawe, Cristian Gallo, Einar Sigurðsson, Einar Ólafur Þorleifsson, Elínborg Sædís Pálsdóttir, Erna Svanhvít Sveinsdóttir, Georg Skæringsson, Gunnar Guðmundsson, Hafþór Hafsteinsson, Hálfán Helgi Helgason, Hermann Einarsson, Héðinn Jónasson, Ingvar Atli Sigurðsson, Jóhann Óli Hilmarsson, Jón Einar Jónsson, Jón Magnússon, Jón Marvin Pálsson, Jules Looman, Kristján Kristinnsson, Kristján Lilliendahl, Lovísa Arnbjörnsdóttir, Lucy R. Quinn, Magnús Þorsteinsson, Nick Richardson, Ólafur Einarsson, Ólafur Jónsson, Óskar Jakob Sigurðsson, Páll Marvin Jónsson, Páll Leifsson, Páll Stefánsson, Pétur Henry Petersen, Salvar Baldursson, Sigmundur Ásgeirsson, Sigurður E. Vilhelmsson, Valur Bogason, Viggó Jónsson, Viktor Sigurjónsson, Þorkell Lindberg Þórarinnsson, Yann Kolbeinsson og fjölmargt ónefnt og gott samferðafólk. Félagar í Bjargveiðifélögum Vestmannaeyja voru okkur innan handar í hvívetna. Guðmundur A. Guðmundsson, Kristinn Haukur Skarphéðinsson og Tómas Grétar Gunnarsson færðu handritið til betri vegar. Bæjarsjóður Vestmannaeyja, Nýsköpunarsjóður stúdenta, Rannsóknaráð Íslands, Veiðikortasjóður og Þjóðhátíðarsjóður styrktu rannsóknirnar.

### HEIMILDIR

- Anker-Nilsen, T. & S. H. Lorentsen 1990. Distribution of Puffins *Fratercula arctica* feeding off Røst, northern Norway, during the breeding season, in relation to chick growth, prey and oceanographical parameters. – Polar Research 8: 67-76.
- Arnþór Garðarsson 2008. Súlutalning 2005-2008. – Bliki 29: 19-22.
- Ashcroft, R. E. 1976. Breeding biology and survival of Puffins. – D.Phil. thesis, Oxford.
- Baldur Johnsen 1934. Observations on the vegetation of the Westman Islands. – Societas Scientiarum Islandica, Rit 22. 39 bls.
- Benvenuti, S., F. Bonadonna, L. Dall'Antonia & G.A. Gudmundsson 1998. Foraging flights of breeding thick-billed murre (*Uria lomvia*) as revealed by bird-borne direction recorders. – Auk 115: 57-66.
- Chernick, M.R. 1999. Bootstrap methods: a practitioner's guide. – John Wiley & Sons. New York.
- Efron, R. & B. Tibshirani 1999. An introduction to the bootstrap. – Chapman & Hall, New York.
- Erpur Snær Hansen 1995. Habitat selection of the Atlantic puffin *Fratercula arctica*: in the perspective of a functional constraint by aerodynamical "take-off" capacity and the geometrical aspect of burrowing. – Fjórða árs ritgerð við Háskóla Íslands. [http://www.nattsud.is/skrar/file/Hansen\\_1995.pdf](http://www.nattsud.is/skrar/file/Hansen_1995.pdf).
- Erpur Snær Hansen 2003. Ecophysiological constraints on energy provisioning rate by seabird parents. – Ph.D. ritgerð við Missouri háskóla, St. Louis. [http://www.nattsud.is/skrar/file/Hansen\\_2003.pdf](http://www.nattsud.is/skrar/file/Hansen_2003.pdf)
- Erpur Snær Hansen 2008. Staða lundastofns Vestmannaeyja 2008. Nýliðun lunda 2005-2007 og veiðiráðgjöf. – Náttúrustofa Suðurlands, Vestmannaeyjum. <http://www.nattsud.is>.
- Erpur Snær Hansen 2009. Staða veiðistofns lunda í Vestmannaeyjum. – Veiðidagbók Umhverfisstofnunar 14: 8-12.

- Erpur Snær Hansen & Arnþór Garðarsson 2009a. The Atlantic Puffin's population size of Vestmannaeyjar, Iceland. – Veggspjald á 10. alþjóðlegu ráðstefnu Seabird Group 27.-30. mars 2009, Provincial Court, Brugge, Belgíu. <http://www.nattsud.is/skrar/file/ES%20Hansen%20&%20A%20Garðarsson%202009%20Puffin%20Population%20of%20Vestmannaeyjar.pdf>.
- Erpur Snær Hansen & Arnþór Garðarsson 2009b. Lundatal Vestmannaeyja. – Veggspjald á Ráðstefnu Líffræðifélags Íslands 6.-7. nóvember 2009, Öskju, Háskóla Íslands. <http://www.nattsud.is/skrar/file/Erpur%20S%20Hansen%20&%20A%20Ar%20n%20C%3%BE%20C%3%B3r%20Gar%20C%3%B0arsson%202009%20Lundatal%20Vestmannaeyja.pdf>.
- Erpur Snær Hansen, Hálfán Helgi Helgason, Elínborg Sædis Pálsdóttir, Bérengère Bougué & Marinó Sigursteinsson 2009. Staða lundastofnsins í Vestmannaeyjum 2009. – Fuglar 6: 46-48.
- Erpur Snær Hansen, Marinó Sigursteinsson & Arnþór Garðarsson 2010. Vöktun á viðkomu lundastofns Vestmannaeyja 2007-2010. – Veggspjald á Norðurlóðadegi: Breytingar á norðurlóðum – Vöktun umhverfis og samfélags 10. nóvember, Norræna húsið. <http://www.nattsud.is/skrar/file/Erpur%20S%20Hansen%20of%202010%20V%20C%3%B6ktun%20Lundastofns%20Vestmannaeyja.pdf>.
- Erpur Snær Hansen, Marinó Sigursteinsson & Arnþór Garðarsson. Viðkoma lunda við Ísland. – Handrit
- Finnur Guðmundsson 1953. Íslenskir fuglar V. Lundi *Fratercula arctica*. – Náttúrufr. 23: 43-46.
- Grosbois, V. & P.M. Thompson 2005. North Atlantic climate variation influences survival in adult fulmars. – Oikos 109: 273-290.
- Guðjón Ármann Eyjólfsson 2009. Vestmannaeyjar. – Árbók Ferðafélags Íslands.
- Hálfán Helgi Helgason, Elínborg Sædis Pálsdóttir, Óskar Jakob Sigurðsson, Ævar Petersen & Erpur Snær Hansen 2009. Lundamerkingar í Vestmannaeyjum 1953-2007. – Veggspjald á Ráðstefnu Líffræðifélags Íslands 6.-7. nóvember 2009, Öskju, Háskóla Íslands. <http://www.nattsud.is/skrar/file/H%20C%3%A1lf%20C%3%A1n%20H%20Helgason%20of%202009%20Lundamerkingar%20C%3%AD%20Vestmannaeyjum%201953-2007.pdf>.
- Hamilton, S. 2000. How precise and accurate are data obtained using an infra-red scope on burrow-nesting Sooty Shearwaters *Puffinus griseus*? – Marine Ornithology 28: 1-6.
- Harris, M.P. & S. Wanless 2004. Atlantic Puffin *Fratercula arctica*. – Bls. 396-402 í: Mitchell, P.I., S.F. Newton, N. Ratcliffe & T. E. Dunn (ritstj.). Seabird populations of Britain and Ireland. Results of the Seabird 2000 census. – T. & A. D. Poyser, London.
- Harris, M.P. & S. Wanless 2011. The Puffin. – T. & A.D. Poyser. Calton, England.
- Hood, G.M. 2008. PopTools, 3. útgáfa. – <http://www.poptools.cse.csiro.au/poptools>.
- Hudson, C. M., H. Moller, D. Fletcher 2000. Parameter uncertainty and elasticity analyses of a population model: setting research priorities for shearwaters. – Ecological Modelling 134: 299-323.
- Jenouvrier, S., C. Barbraud, B. Cazelles & H. Wimerskirch 2005. Modeling population dynamics of seabirds: importance of the effects of climate fluctuations on breeding proportions. – Oikos 108: 511-522.
- Karl Skírnisson & Ævar Petersen 1980. Minkur. – Rit Landverndar 7: 80-94.
- Kristján Lillendahl, Erpur Snær Hansen, Valur Bogason, Páll Marvín Jónsson, Margrét Lilja Magnúsdóttir, Marinó Sigursteinsson, Hálfán Helgi Helgason, Gísli Jóhannes Óskarsson, Pálmi Freyr Óskarsson & Óskar Jakob Sigurðsson. Lundi og sandsíli við Vestmannaeyjar. – Handrit.
- Lúðvík Kristjánsson 1986. Íslenskir sjávarhættir V. – Bókaútgáfa Menningarsjóðs, Reykjavík.
- Nettleship, D.N. & P.G.H. Evans 1985. Distribution and status of the Atlantic alcidae. – Bls. 54-149 í: Nettleship, D.N. & T.R. Birkhead (ritstj.). The Atlantic Alcidae. Academic Press, London.
- Sturla Friðriksson & Björn Johnsen 1967. The vascular flora of the Vestmann Islands. – Societas Scientiarum Islandica, Greinar IV, 3: 37-67.
- Sturla Friðriksson, Bjartmar Sveinsbjörnsson & Skúli Magnússon 1972. On the vegetation of Heimaey, Iceland II. – Surtsey Research Progress Report 6: 36-53.
- Tómas Grétar Gunnarsson, Höskuldur Búi Jónsson, Böðvar Þórisson & Hersir Gíslason 2007. Lundavarp í Grímsey á Steingrímsfirði. – Bliki 28: 51-55.
- Valur Bogason & Kristján Lillendahl 2009. Rannsóknir á sandsíli. – Hafrannsóknir 145: 36-41.
- Walsh, P.M., D.J. Halley, M.P. Harris, A. del Nevo, I.M.W. Sim & M.L. Tasker 1995. Seabird monitoring handbook for Britain and Ireland. – JNCC / RSPB / ITE / Seabird Group, Petersborough.
- Ævar Petersen 2009. Formation of a bird community on a new island, Surtsey, Iceland. – Surtsey Research 12: 133-148.

#### SUMMARY

#### The breeding population size of Atlantic Puffin in Vestmannaeyjar, S-Iceland

The breeding population of Atlantic Puffins *Fratercula arctica* of the Vestmannaeyjar archipelago off the coast of S-Iceland was estimated using aerial photography and burrow density counts in 19 colonies. Surface area of the colonies, measured from vertical low-level aerial photographs and corrected for slope, was 112 hectares. The total estimated number of burrows was 1,120,500 with 95% confidence limits 879,100-1,369,300. In 2010 the burrow occupancy rate (BOR) estimated with burrow cameras was 74.4% (95% CL 68.6%-79.6%) and equal to the country's mean. The estimated breeding population size in 2010, calculated as the bootstrapped product of the BOR value and total number of burrows, was 830,100 pairs (95% CL 649,300-1,020,900). This corresponds to about 20% of the world population, and confirms that the Vestmannaeyjar are the largest Atlantic Puffin settlement on earth.

Erpur Snær Hansen, Náttúrustofa Suðurlands / South Iceland Nature Centre, Strandvegur 50, IS-900 Vestmannaeyjar ([erpur@nattsud.is](mailto:erpur@nattsud.is)).

Marinó Sigursteinsson, Fjólugata 15, IS-900 Vestmannaeyjar ([midstodin@midstodin.is](mailto:midstodin@midstodin.is))

Arnþór Garðarsson, Líffræðistofnun Háskóla Íslands / Institute of Biology, University of Iceland, Askja, Sturlugata 7, IS-101 Reykjavík ([arnthor@hi.is](mailto:arnthor@hi.is)).

#### Tilvitnun:

Erpur Snær Hansen, Marinó Sigursteinsson & Arnþór Garðarsson 2011. Lundatal Vestmannaeyja. – Bliki 31: 15-24.