



**Farhættir og lýðfræði sandlóu**  
***Charadrius hiaticula***

Böðvar Þórisson



**Líf- og umhverfisví sindadeild**  
**Háskóli Íslands**  
**2013**



Farhættir og lýðfræði sandlóu *Charadrius hiaticula*

Böðvar Þórisson

90 eininga ritgerð sem er hluti af  
*Magister Scientiarum* gráðu í líffræði

Leiðbeinendur  
Dr. Tómas G. Gunnarsson  
Prófessor Arnþór Garðarsson

Prófdómari  
Dr. Guðmundur A. Guðmundsson

Líf- og umhverfisví sindadeild  
Verkfræði- og náttúruvísindasvið  
Háskóli Íslands  
Reykjavík, febrúar 2013

Farhættir og lýðfræði sandlóu *Charadrius hiaticula*.  
90 eininga ritgerð sem er hluti af *Magister Scientiarum* gráðu í líffræði

Höfundarréttur © 2013 Böðvar Þórisson  
Öll réttindi áskilin

Líf- og umhverfisvíssindadeild  
Verkfræði- og náttúruvísindasvið  
Háskóli Íslands  
Sturlugötu 7  
101 Reykjavík

Sími: 525 4600

Skráningarupplýsingar:  
Böðvar Þórisson, 2013, Farhættir og lýðfræði sandlóu *Charadrius hiaticula*,  
meistararitgerð, Líf- og umhverfisvíssindadeild, Háskóli Íslands, 54 bls + xviii.

Prentun: Háskólaprent  
Reykjavík, febrúar 2013

# Útdráttur

Farfuglar lifa tvöföldu lífi, annars vegar á varpstöðum og hins vegar á vetrarstöðvum og leggja oft á sig löng og hættuleg ferðalög á milli þessara svæða. Þættir sem verka á einstaklinga á einni árstíð geta haft keðjuverkandi áhrif á öðrum tímum árs. Komutími að vori sýnir gjarnan fylgni við gæði einstaklinga og varpárangur og getur tengst gæðum vetrarstöðva. Á Íslandi verpa stórir stofnar nokkurra vaðfuglateguna og eru það allt farfuglar sem flestir hafa vetursetu í V-Evrópu og/eða V-Afríku. Það er lítið vitað um afdrif þessara stofna utan varptíma og því erfitt að tengja ástand á vetrarstöðvum við atburði á varpstöðvum, þó endurheimtur hafi sýnt hvar megin vetrarstöðvar þeirra eru. Ef tengja á atburði á vetrarstöðvum og á fartíma við varpvistfræði er því helst að líta til breytileika í komutíma einstaklinga.

Markmið þessara rannsókna var að skoða tengsl fars sandlóa (*Charadrius hiaticula*), einkum komutíma, við lýðfræði. Til að skoða þessa þætti þurfti að einstaklingsmerkja varpfugla og fylgjast með þeim, frá því að þeir komu að vori þar til varpi lauk. Aðal rannsóknarsvæðin voru í Önundarfirði og Bolungarvík á Vestfjörðum og við Stokkseyri á Suðurlandi og stóð rannsóknin yfir á árunum 2004-2011. Talsverður fjöldi litmerktra sandlóa sást utan Íslands og merkingarnar gáfu því einnig upplýsingar um dreifingu sandlóu utan varptímans í Evrópu og Afríku ásamt upplýsingum úr gagnagrunni Náttúrufræðistofnunar Íslands.

Flestar endurheimtur erlendis voru á Bretlandseyjum og vesturströnd Frakklands á haust- og vorfari. Um vetur fengust flestar endurheimtur í Suður Evrópu og í Vestur Afríku. Vísbendingar fengust um að karlfuglar fær frekar til Afríku á veturna en kvenfuglar en sýnið var of lítið til að staðfesta það með vissu. Komutími til Íslands var þekktur fyrir 15 fugla sem vitað var hvar héldu sig á vetrum. Fuglar sem voru í Evrópu á veturna komu marktækt fyrr á varpstöðvar að vori en fuglar sem dvöldu í Afríku.

Sandlóur komu almennt á rannsóknarsvæðin frá 15. apríl til 10. maí og þær allra fyrstu hófu varp í byrjun maí en flestar í lok maí. Einstaklingar voru almennt á sömu áætlun á milli ára, bæði í komutíma og í varpi. Jákvætt samband var á milli komutíma og varptíma en þeir sem komu snemma biðu almennt lengur með að hefja varp heldur en þeir sem komu síðar. Afkoma hreiðra var afar breytileg milli ára, staða og innan varptímans. Klakdagsetningar unga, sem síðar snéru aftur sem varpfuglar, dreifðust yfir allan varptímann. Einstaklingar sem komu snemma gátu reynt varp allt að þrisvar sinnum yfir varptímann þar sem þeir höfðu tæpa two mánuði til að reyna varp en þeir sem hófu varp síðast höfðu aðeins um mánuð. Þar sem varpárangur er mjög breytilegur í tíma og rúmi getur möguleiki á fleiri varptilaunum yfir ævina aukið hæfni (fitness) einstaklingsins.



# Abstract

Migratory birds live a double life and have to negotiate very different conditions on the breeding and wintering grounds throughout the year. The conditions at the distant ends of the migration are limiting in migratory populations. To unravel seasonal interactions it is necessary to follow individuals through the annual cycle. This is rarely possible but timing of migration of individuals is often correlated, both with conditions on the wintering grounds and breeding success, and can give information about seasonal interactions.

A few very large migratory populations of waders breed in Iceland and winter in W-Europe and/or W-Africa. Little is known about most of these populations on wintering sites apart from very basic knowledge of their winter distribution.

This study explored migration patterns and demography of Common Ringed Plovers (*Charadrius hiaticula*) and potential links between the two. Populations of individually marked birds were established in NW- and S-Iceland and followed during spring arrival and the breeding season. Main study sites were in Bolungarvik and Onundarfjordur in NW-Iceland and in Stokkseyri in S-Iceland and these sites were monitored from 2004-2011. Several marked birds were reported from outside Iceland which gave more detailed information about the non-breeding distribution of Ringed Plovers than previously known.

Most recoveries in autumn and spring were from Britain, Ireland and France. In winter most recoveries were from S-Europe and NW-Africa. Icelandic Ringed Plovers leap-frog the British population and probably a part of the S-Scandinavia population. Arrival time in Iceland in spring was known for 15 birds of known winter location and birds wintering in Europe arrived significantly earlier than birds wintering in Africa.

Ringed Plovers generally arrived on breeding sites in late April and early May and the arrival dates of individuals in consecutive years were repeatable. Individual timing of nesting was also repeatable and earlier arrivals tended to lay earlier despite having a longer gap between arrival and laying than later arrivals. Nest survival was generally very low but variable and neither sites nor years had a significant effect on hatching success. The hatching dates of marked chicks that later recruited as adults on the study sites were not significantly different from the background hatching dates in the year of their hatching on their natal sites. When clutches failed, earlier arriving birds in spring seemed to have more time for re-nesting and were more likely to have three nesting attempts than later arriving birds. The scope for increasing breeding success, by arriving earlier to allow for more re-nesting attempts may have a significant effect on fitness during the lifespan of Ringed Plovers.



Þessi ritgerð er tileinkuð Dídíu frænku



# Efnisyfirlit

<b>Myndir .....</b>	<b>xi</b>
<b>Töflur .....</b>	<b>xii</b>
<b>Pakkir .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Inngangur .....</b>	<b>1</b>
Rannsóknarsvæði .....	2
Önundarfjörður .....	3
Bolungarvík .....	7
Stokkseyri .....	9
Aðferðir .....	10
Staða þekkingar .....	11
Einkenni og útbreiðsla sandlóu .....	11
Fæða sandlóu .....	12
Komutími sandlóu .....	12
Varpvistfræði sandlóu .....	14
Áthagatryggð sandlóu .....	17
Hættur .....	18
Lokaorð .....	19
Heimildir .....	19
<b>Non-breeding distribution of Icelandic Common Ringed Plovers .....</b>	<b>25</b>
Abstract .....	26
Introduction .....	27
Methods .....	28
Results .....	29
Timing of migration .....	31
Discussion .....	32
Acknowledgements .....	33
References .....	33
<b>The importance of early arrival for migratory birds when breeding success is unpredictable .....</b>	<b>37</b>
Abstract .....	38
Introduction .....	39
Methods .....	40
Study sites .....	40
Marking of individuals .....	40
Timing of arrival .....	40
Monitoring of nests .....	41
Inter annual territory fidelity and relationship with breeding success .....	41
Relationship between arrival and timing of nesting .....	42
Relationship between hatch dates and recruitment .....	42

Results .....	42
Phenology .....	42
Relationship between arrival and timing of nesting .....	43
Breeding success .....	45
Seasonal patterns in nest success.....	48
Relationships between phenology and breeding success .....	48
Discussion.....	49
Phenology .....	49
Breeding success .....	50
References .....	51

# **Myndir**

## **Inngangur**

Mynd 1. Íslandskort og staðsetningar rannsóknasvæða .....	3
Mynd 2. Rannsóknarsvæðið í Önundarfirði .....	4
Mynd 3. Rannsóknarsvæðið í Bolungarvík .....	8
Mynd 4. Rannsóknarsvæðið við Stokkseyri .....	10
Mynd 5. Komutími merktra sandlóá í Önundarfirði. ....	13
Mynd 6. Varptími sandlóu í Holtsodda í Önundarfirði .....	15
Mynd 7. Hrafnar við sandlóuhreiður í Holtsodda .....	18

## **Non-breeding distribution of Icelandic Common Ringed Plovers**

Figure 1. Ringing sites of birds recovered outside Iceland. ....	29
Figure 2. The non-breeding distribution of Icelandic-breeding Ringed Plovers.....	30
Figure 3. Recoveries of Icelandic Ringed Plovers in W-Europe.....	32

## **The importance of early arrival for migratory birds when breeding success is unpredictable**

Figure 1. Mean individual timing of arrival and 1st egg in Bolungarvik and Holt .....	44
Figure 2. Mean individual timing of arrival and pre-laying period.....	45
Figure 3. Distances between nest locations.....	47
Figure 4. Mean date of first egg in a nesting attempt in relation to the maximum number of nesting attempts per pair. ....	48
Figure 5. Distribution of nest initiation dates of chicks which later recruited as breeding adults in comparison to the distribution of all nests .....	49

# Töflur

## Inngangur

Tafla 1. Komutími fyrstu sandlóu að vori til Bolungarvíkur, Önundarfjarðar, Stokkseyrar og fyrir landið allt.....	13
Tafla 2. Fjöldi sandlóa á leirunni í Holtsodda í apríl-máí 2005-11.....	14
Tafla 3. Stærð varpstofns í Holtsodda og örlög hreiðra 2004-2010.....	16
Tafla 4. Stærð varpstofns í Bolungarvík og örlög hreiðra 2005-2011. ....	16
Tafla 5. Endurheimtur (%) í Önundarfirði af varpfuglum frá Holtsodda.....	17
Tafla 6. Endurheimtur (%) í Bolungarvík af varpfuglum frá því svæði .....	17

## Non-breeding distribution of Icelandic Common Ringed Plovers

Table 1. Location of Common Ringed Plovers during the non-breeding period that were ringed in Iceland or recovered there.....	31
---	----

## The importance of early arrival for migratory birds when breeding success is unpredictable

Table 1. Average arrival dates by sexes and sites. Average laying dates of 1st egg in three attempts. ....	43
Table 2. Repeatability of Ringed Plover, for both sexes, in the date of arrival at Holt, Bolungarvik and Stokkseyri, and laying date (first egg) in Holt and Bolungarvik.....	43
Table 3. Estimation of nest survival at three sites in Iceland.....	46

## Pakkir

Þessi kafli ætti að heita „þakkir og skammir“ því fyrst þarf að skamma þann sem kom manni í þetta verkefni og fyrsti stafurinn er Tommi. Hann sá um að beina sjónum manns að þessum lágfætlingum, veiða þá með þolinmæði kattarins og viðbragði antilópunnar, skreyta þá eins og alltaf væru jólín, plokka þá eins og ... nei ég segi ekki meir. Eftir níu sumur við að telja, veiða, merkja og skrá þá hefur hlaðist upp góður bunki af spurningum og er sú mikilvægasta „af hverju lét ég plata mig í master?“ Þar fær Tommi skammirnar en við teljum okkur hafa frjálsan vilja (nema þú sért bandarískur og í teboðshreyfingunni) og þetta var mitt val og sína. Um leið og Tommi fær skammirnar þá fær hann jafnframt mestu þakkirnar því hans hjálp var ómetanleg í þessu verkefni. Ég vil ekki telja upp alla þá hjálp sem ég fékk frá honum því þá rýrnar minn hlutur opinberlega í verkefninu.

Tommi sendi mig til Banc d'Arguin í Mauritaníu til að leita að sandlóum haustið 2007. Þar var ég með hollenskum leiðangri undir stjórн Juttu Leyrer við að lesa á litmerkta rauðbrystinga o.fl. fugla ásamt veiðum og merkingum. Þetta var gríðarlega góður tími og sá ég eina sandlóu sem ég hafði merkt, eina sem Vigfús hafði merkt og aðrir í leiðangrinum sáu fjórar til viðbótar sem voru merktar af okkur.

Arnþóri Garðarssyni, þakka ég fyrir stuðninginn og umræður um fugla.

Vigfúsi Eyjólfssyni, fuglaáhuga- og sandlóumerkingarmanni, vil ég þakka fyrir gögnin sem hann hefur ötullega safnað í nær áratug. Einnig fyrir heimspekilegar vangaveltur um ástir og örlög sandlóunnar.

Kristjana Einarsdóttir og Cristian Gallo söfnuðu miklu af gögnum um komutíma sandlóu og fundu mörg hreiður á árunum 2006-9 í Holtsodda. Einnig hjálpaði Jana mér mikið sumarið 2005 við merkingar á sandlóum. Cristian hefur síðan 2009 farið nokkrum sinnum í Holtsodda og lesið af litmerktum fuglum. Fyrir þeirra hjálp er ég afar þakklátur.

Potts fjölskyldan eða Pete Potts and family eins og þau heita á útlenskunni, fá þakkir fyrir þau gögn sem þau hafa safnað. Aðallega fá þau samt skammir fyrir að draga athygli mína frá sandlóunni og yfir að háfættari tegundum. Einnig fengu þau skammir frá hinum og þessum á Vestfjörðum.

Öllu áhugafólki sem hefur látið mig vita um sandlóur hérlendis og erlendis er þakkað fyrir.

Náttúrustofa Vestfjarða (Nave) hjálpaði mér með ýmsum hætti svo sem með aðstöðu og tækjum. Hulda Birna Albertsdóttir (HBA) frá Náttúrustofunni á stóran hlut í þeim teikningum sem eru í ritgerðinni og fær hún miklar þakkir fyrir. Sir Þorleifur Eiríksson forstöðumaður fær þakkir fyrir stuðninginn og fyrir að vera verndari sandlóuverkefnisins.

Náttúrufræðistofnun Íslands fær þakkir fyrir merkingargögn. Rósa Björg Jónsdóttir bókasafnsfræðingur stofnunnar og Eskfirðingur fær þakkir fyrir að finna og skanna inn greinar fyrir þessa ritgerð.

Guðmundur A. Guðmundsson frá Náttúrufræðistofnun var prófdómarí og er honum sérstaklega þakkað fyrir góðar ábendingar varðandi ritgerðina.

Hlynur Reynisson fær engar sérstakar þakkir en hann vildi samt vera hér í þakkarorðum.

Stína Gísladóttir fyrrverandi prestur í Holti og Ola Aadnegard maður hennar fá þakkir fyrir að leyfa mér að kanna Holtsodda í þaua þessi ár. Fjölnir Ásbjörnsson prestur tók síðan við af þeim og hugsanlega hefur hann haldið að ég væri ráðsmaður í Holtsodda, allavega var það sjálfsagt að ég fengi að halda mínum rannsóknum þar áfram.

Kristínurnar fá sérstakar þakkir. Kristín Jónsdóttir frænka aðstoðaði mig sumarið 2007 og stóð hún sig mun betur við þetta heldur en í unglingsavinnunni í Bolungarvík en hver hefur svo sem staðið sig vel þar? Þetta var metár í merkingum og hún átti góðan þátt í því. Kristín hennar Petu hafði ekki mikinn áhuga að ellast við fugla enda oft kalt og lítið að gerast. En þetta er eins og með sjóveikina, þegar maður er búinn að æla úr sér lungunum úti á sjó og kominn í land þá langar manni strax aftur á sjó. Hún gleymdi stundum hvað þetta gat verið rólegt og kom með og aðstoðaði og er það mér mikils virði.

Þórey systir kom einu sinni með mér á leirurnar í Holtsodda, auðvitað á háhæluðum skóm. Sandmaðkurinn er rétt núna að jafna sig eftir þá ferð. Það var nú ekki mikil hjálp í henni enda var hún þarna bara upp á móralinn.

Foreldrar míni, Valsteinn Þórir Björnsson og Kristbjörg Böðvarsdóttir, gerðu ekkert í verkefninu en það er samt skylda að þakka þeim fyrir, því ég er af því þau eru.

Nei, ég er ekki búinn að gleyma konunni minni, Petu. Hún fær miklar þakkir fyrir að hafa þolað alla þessa löngu köldu daga og kvöld í Önundarfirði, við að telja fugla snemma vors og svo við veiðar og merkingar á sandlounni. Henni var alltaf kalt en kom samt alltaf með. Eitt skiptið þegar ég var í Holtsodda þá kom hún beint af ballettsýningu dóttur sinnar, spariklædd og á háhæluðum skóm. Fólki varð á orði þegar það sá hana í Holtsoddanum að þetta væri líklega nauðsynlegur klæðnaður við vettvangsathuganir á fuglum á sólbaðströndinni í Önundarfirði.

# Inngangur

Far er algengt meðal fugla og á þeim breiddargráðum sem Ísland er á, eru það um 70% fuglastofna sem fljúga suður að hausti (Newton og Dale 1996a, 1996b). Farfuglar lifa tvöföldu lífi, annars vegar á varpstöðum og hins vegar á vetrarstöðvum og leggja oft á sig löng og hættuleg ferðalög á milli þessara svæða (Kam o.fl. 2004). Aðstæður á varp- og vetrarstöðvum eru oft mjög ólíkar og valþrýstingur, sem verkar á einstaklinga á hvorum stað, er það einnig. Á varpstöðvum fer mest orka og tími í varp en á vetrarstöðvum er valþrýstingur einkum á lífslíkur fullvaxinna fugla (Goss-Custard o.fl. 1995, Harrison o.fl. 2011). Takmarkandi þættir sem verka á einstaklinga á varpstöðvum spila saman við þætti sem verka á einstaklinga á vetrarstöðvum en það samspil takmarkar stofna farfugla (Goss-Custard o.fl. 1995, Sutherland 1996, Norris o.fl. 2004, Gunnarsson o.fl. 2005a). Þættir sem hafa keðjuverkandi áhrif á einstaklinga milli árstíða eru stundum nefndir árstíðaáhrif (e. *carry-over effects*). Til þess að greina áhrif slíkra þátta er mikilvægt að geta fylgt einstaklingum árið um kring. Það hefur reynst erfitt en þó hafa orðið töluberðar framfarir á því sviði á síðustu árum eftir því sem verkefni, þar sem merktum einstaklingum er fylgt eftir, hafa byggst upp og einnig hafa stöðugar samsætur komið að gagni við að tengja atburði sem verka á einstaklinga yfir árið (Marra o.fl. 1998, Gunnarsson o.fl. 2005a, Inger o.fl. 2010). Slíkar rannsóknir hafa sýnt að gæði vetrarstöðva (oft metin með fæðuframboði) hafa mikil áhrif á lífslíkur einstaklinga og á fartíma og að einstaklingar sem eru á betri stöðum á vetrum ferðast oftar fyrr til varpstöðva að vori (Marra o.fl. 1998, Gunnarsson o.fl. 2005a) en komutími að vori sýnir gjarnan fylgni við gæði einstaklinga og varpárangur (Aebischer o.fl. 1996, Currie o.fl. 2000, Møller 2001). Eins hefur verið sýnt fram á hjá margæsum (*Branta bernicla hrota*) að góður varpárangur og stærri fjölskylda getur haft kostnað við fæðunám í för með sér sem minnkari líkur á góðum varpárangri árið eftir (Inger o.fl. 2010). Þéttleikaháðir þættir eru líklegir til að hafa mikil áhrif á árstíðaáhrif því þeir breyta þeim kröftum sem verka á einstaklinga en slíkt hefur einkum verið sýnt fram á fræðilega (Sutherland 1996, Ratikainen o.fl. 2008). Þó virðist stækkan stofns íslenskra jaðrakana (*Limosa limosa islandica*) hafa haft áhrif í þá átt að auka styrk þéttleikaháðra áhrifa bæði að vetri og sumri sem aukið hefur breytileika í hæfni einstaklinga og breytt styrk árstíðaáhrifa á mælikvarða stofnsins (Gill o.fl. 2001, Gunnarsson o.fl. 2005b).

Sá gluggi sem rannsakendur hafa til að greina árstíðaáhrif er oftast nær takmarkaður við annað hvort vetur eða sumar og farflug til og frá þeim stað sem rannsóknir fara fram á. Sjaldan er möguleiki á að fylgja einstaklingum og stunda á þeim rannsóknir yfir allt árið. Vísbendingar um árstíðaáhrif eru því oft bundnar við tímasetningar, t.d. komutíma að vori, og ástand fugla en hvort tveggja getur gefið upplýsingar um aðstæður í náinni fortíð (Marra o.fl. 1998, Currie o.fl. 2000, Inger o.fl. 2010). Vaðfuglar (Charadrii) eru miklir farfuglar en þeir ferðast margir langar leiðir milli varp- og vetrarstöðva (Kam o.fl. 2004). Þekkt er að komutími vaðfugla á varpstöðvar sýni jákvæða fylgni við varpárangur en þeir bera ekki með sér orku í varpið heldur afla hennar þegar á varpstöðvar er komið (nefnist það *income breeders* á ensku) (Drent og Daan 1980, Klaassen o.fl. 2001, Morrison o.fl. 2005) og því erfitt (auk tæknilegra vandamála) að meta tengsl ástands að vori við lýðfræðilega þætti. Á Íslandi verpa stórir stofnar nokkurra vaðfuglategunda og eru það allt farfuglar sem flestir hafa vetursetu í V-Evrópu og/eða V-Afríku (Guðmundur A. Guðmundsson og Kristinn Haukur Skarphéðinsson 2012). Að jaðrakan slepptum (Alves o.fl. í prentun) er lítið vitað

um afdrif einstaklinga þessara tegunda utan varptíma, að því leyti að tengja megi þau við atburði á varpstöðvum, þó endurheimtur á stálmerktum fuglum hafi sýnt hvar megin vetrarstöðvar þeirra eru. Ef tengja á atburði á vetrarstöðvum og á fari við varpvistfræði er því helst að líta til breytileika í komutíma einstaklinga.

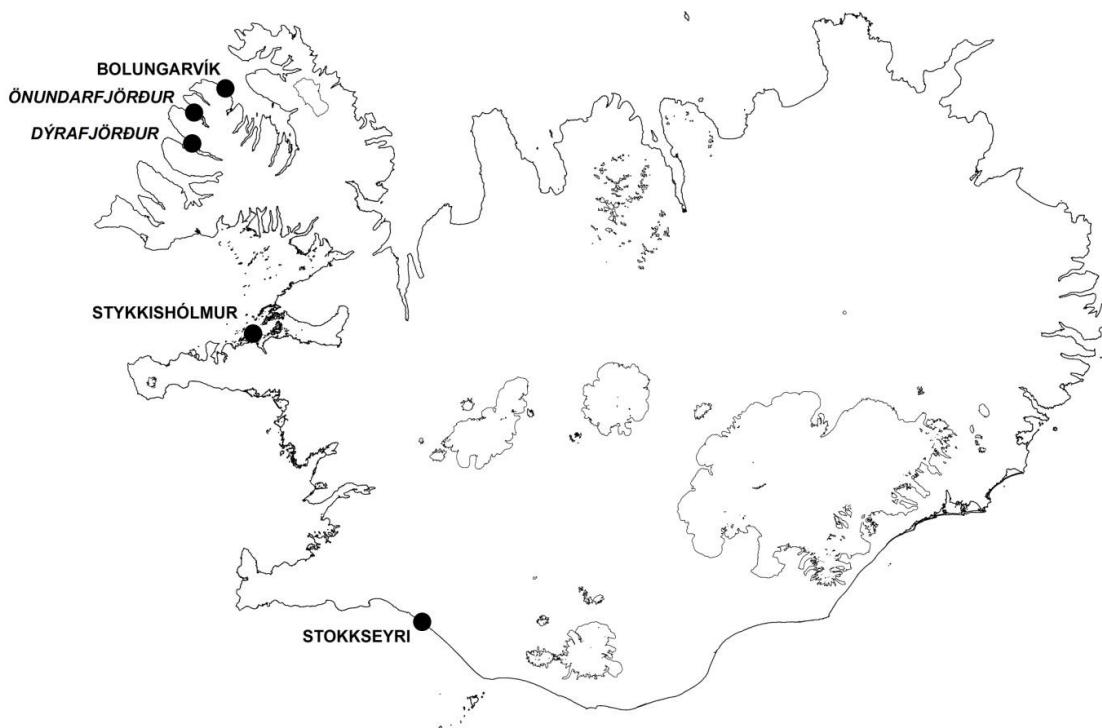
Markmið þessara rannsókna var að skoða tengsl fars sandlóa (*Charadrius hiaticula*), einkum komutíma, við lýðfræði. Til að skoða þessa þætti þurfti að einstaklingsmerkjá varpfugla og fylgjast með þeim, frá því að þeir komu að vori þar til varpi lauk.

Sndlóa er algengur varpfugl víða um landið (Ævar Petersen 1998) og eru vetrarstöðvar hennar í S-Evrópu og V-Afríku (Taylor 1980; þessi ritgerð). Rannsóknir hófust á sandlóu vorið 2004 en fram að því höfðu afar litlar rannsóknir farið fram á tegundinni hérlandis. Talsverður fjöldi litmerktra sandlóa sást utan Íslands og merkingarnar gáfu því einnig upplýsingar um dreifingu sandlóu utan varptímans í Evrópu og Afríku ásamt upplýsingum úr gagnagrunni Náttúrufræðistofnunar Íslands. Aðal rannsóknarsvæðin voru í Önundarfirði og Bolungarvík á Vestfjörðum en einnig merkti Vigfús Eyjólfsson, fuglaáhugamaður frá Selfossi, sandlóur við Stokkseyri og safnaði gögnum um varp þeirra. Tímabundnar athuganir voru einnig gerðar á varpi sandlóa í Stykkishólmi og í Dýrafirði en ekki var fylgst með komutíma þeirra. Merkingar og rannsóknir stóðu enn yfir sumarið 2012 en síðasta árið sem fjallað er um í ritgerðinni er 2011.

Kjarni ritgerðarinnar er í tveimur handritum á ensku og hefur það fyrra birst Wader Study Group Bulletin (Thorisson o.fl. 2012) en það seinna er í handriti. Á undan handritunum er almennari umfjöllun á íslensku þar sem gerð er ítarlegri grein fyrir athugunarsvæðum og helstu aðferðum ásamt því að grunnupplýsingar um lífshætti sandlóu hérlandis eru ræddar í samhengi við stöðu þekkingar á heimsvísu.

## Rannsóknarsvæði

Athuganir voru gerðar á þremur megin rannsóknarsvæðum: Holtsodda í Önundarfirði á árunum 2004-2010, Bolungarvík frá 2005-2011 og Stokkseyri og nágrenni á árunum 2004-2011. Einnig voru gerðar athuganir í Dýrafirði (2007-2008) og við Stykkishólm (2008) (mynd 1) en um þær athuganir er ekki fjallað í ritgerðinni.

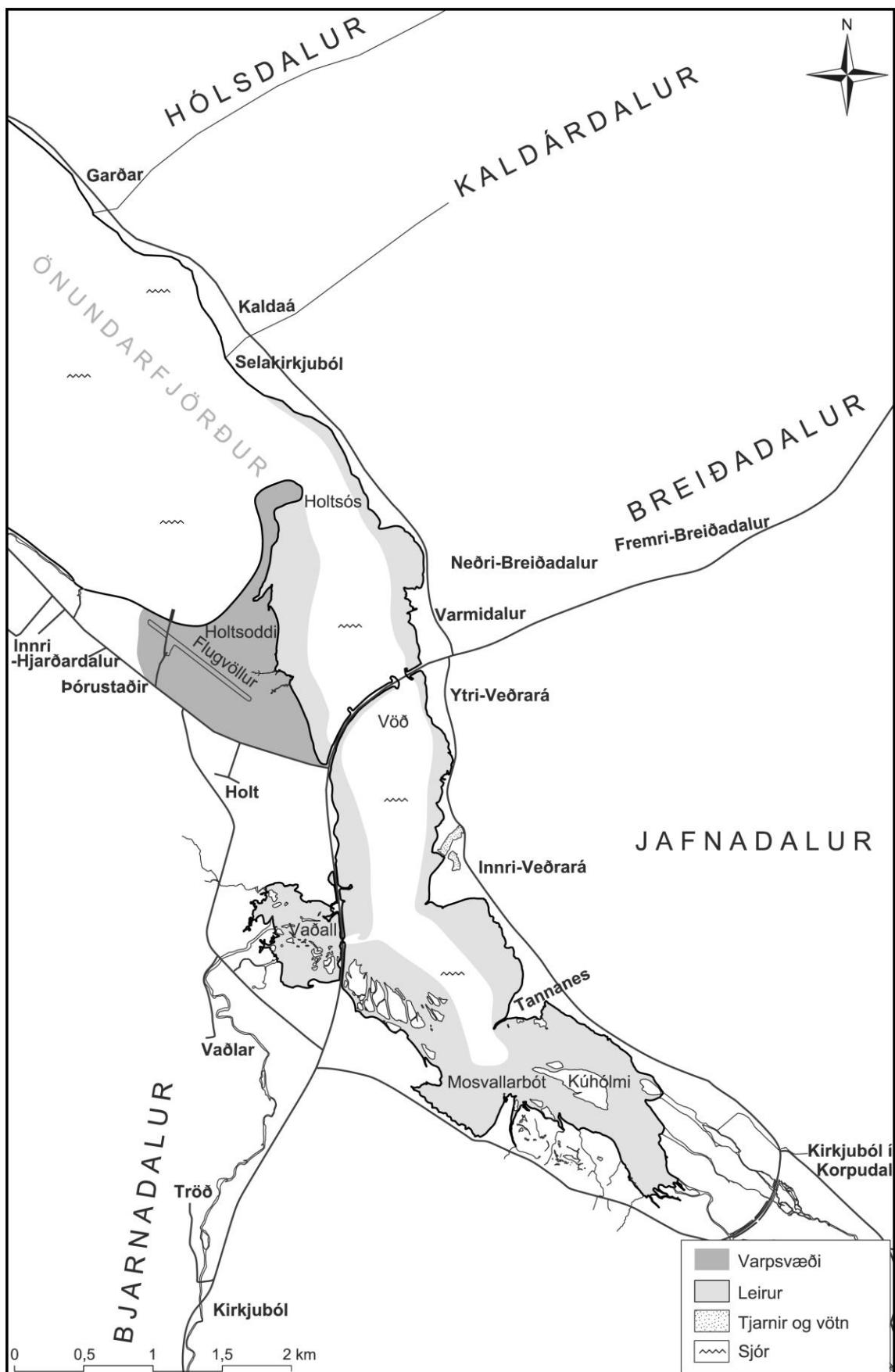


*Mynd 1. Íslandskort og staðsetningar rannsóknasvæða (HBA/Nave©2013).*

## Önundarfjörður

Önundarfjörður er grunnur fjörður þar sem mesta dýpi er um eða yfir 30 m. Fjörðurinn þrengist og grynnkar á móts við Selakirkjuból og Holtsodda og nefnist svæðið þar Holtsós. Innan við ósinn heita Vöð og var fjörðurinn þar þveraður árið 1980 (Kjartan Ólafsson 1999). Sunnan megin, innan þverunnar, er breiður vogur sem heitir Vaðall en við mynni hans var lagður vegur og brú árið 1980. Þessi vogur verður nær þurr á fjöru. Innar er annar vogur er nefnist Mosvallarbót og á móts við hann er tangi er heitir Tannanes en æðarvarp er á þeim tanga. Innan við tangann er grösugur hólmi og heitir hann Kúhólm. Svæðið fyrir innan Tannanes verður nánast þurr á fjöru. Innan fjarðarbotnsins við Kirkjuból í Korpudal taka við víðáttumiklar gulstararengjar (mynd 2).

Athuganir voru aðallega á varpsvæðinu á Holtsodda og leirunni þar en einnig var horft eftir sandlóum í fæðuöflun á leirunni í Vaðlinum og við Varmadal (mynd 2). Athuganir á hreiðrum voru einnig á þessum stöðum en ekki er gerð grein fyrir þeim í þessari ritgerð.



Mynd 2. Rannsóknarsvæðið í Önundarfírði (teikning: BP/HBA/Nave©2013).

## Fjörur

Holtsoddi er með harða skeljasandsleiru (Agnar Ingólfsson 1975) og verður hún á milli 100-200 m breið á stórstraumsfjöru. Sandmaðkur (*Arenicola marina*) er áberandi á þessu svæði og eru 5-20 sandmaðkar á fermetra (Agnar Ingólfsson 1975). Tvær aðrar tegundir af flokki burstaorma (Polychaeta) eru algengar en það eru lónaþreifill (*Pygospio elegans*) og mottumaðkur (*Fabricia sabella*). Ánar (Oligochaeta) og rykmýslirfur (Chironomidae) eru einnig í miklum fjölda (Agnar Ingólfsson 1975, Arnþór Garðarsson o.fl. 1980, Þorleifur Eiríksson og Böðvar Þórisson 2008). Norðan megin í firðinum, frá Varmadal að Selakirkjubóli, er fjaran blönduð leir, sandi og dreif er af hnnullungum. Þangmagn eykst er utar dregur og kræklingur (*Mytilus edulis*) sömuleiðis. Einnig er talsvert af litlum sandmaðki á þessu svæði og mottumaðkur er á dreif (Agnar Ingólfsson 1975, Arnþór Garðarsson o.fl. 1980). Innan við þverun tekur við hörð skeljasandsleira sunnan megin þangað til komið er að Vaðli. Inn á Vaðla voginum er gljúp svört súrefnissnauð leira en fyrir austan voginn (neðan vegar) er leiran meira blönduð sandi þó gljúp sé á köflum. Einnig má sjá þar skeljabrot í sandinum. Burstaormarnir lónaþreifill og *Capitella capitata* finnast austan við voginn en að öðru leyti er svipað dýralíf báðum megin vegar. Ánar, árfætlur (Copepoda) og rykmýslirfur eru algengir hópar á þessu svæði. Við Mosvallarbót og innan Tannaness er hörð sandleira með smásteinum en einnig er dreif af stærri steinum. Rykmýslirfur, árfætlur og ánar eru algengir á þessu svæði. Marflær af ættkvíslinni *Gammarus* finnast einnig á öllum stöðvum þar sem sýni hafa verið tekin (Agnar Ingólfsson 1975, Arnþór Garðarsson o.fl. 1980, Þorleifur Eiríksson og Böðvar Þórisson 2008).

## Fuglar innarlega í Önundarfirði

Fuglalíf innan Flateyrar í Önundarfirði einkennist af æðarfugli (*Somateria mollisima*) og vaðfuglum. Æðarvörpin hafa verið um 3000-3500 hreiður alls að stærð (Arnþór Garðarsson o.fl. 1980, Guðmundur A. Guðmundsson og Arnþór Garðarsson 1986) og hefur Holtsoddi verið með í kringum 600 hreiður síðasta áratug. Stelkur (*Tringa totanus*) er afar áberandi á vorin og hefur fjöldi fugla þar verið 800-1000 fyrir innan þverun (Arnþór Garðarsson o.fl. 1980, Guðmundur A. Guðmundsson og Arnþór Garðarsson 1986, Böðvar Þórisson og Þorleifur Eiríksson 2008). Jaðrakan (*Limosa limosa*) hefur fjölgæð talsvert á síðustu 30-40 árum en einungis 10 fuglar sáust vorið 1979 (Arnþór Garðarsson o.fl. 1980) þrír vorið 1985 (Guðmundur A. Guðmundsson og Arnþór Garðarsson 1986), 40 fuglar í maí 2003 (Tómas Grétar Gunnarsson og Böðvar Þórisson 2004) og um 90 fuglar í maí árin 2004 og 2005 (Böðvar Þórisson og Þorleifur Eiríksson 2008). Af fargestum hefur tildra (*Arenaria interpres*) verið áberandi og hafa sést allt að 400 fuglar (Arnþór Garðarsson o.fl. 1980, Guðmundur A. Guðmundsson og Arnþór Garðarsson 1986, Böðvar Þórisson og Þorleifur Eiríksson 2008). Sanderla (*Calidris alba*) hefur verið áberandi í Önundarfirði síðustu ár og sáust flestar á Holtsodda seinni partinn í maí 2010 eða 570 fuglar (Náttúrustofa Vestfjarða, óbirt gögn). Í talningum 1979 og 1985 sást lítið af henni eða mest 49 fuglar vorið 1985 (Arnþór Garðarsson o.fl. 1980, Guðmundur A. Guðmundsson og Arnþór Garðarsson 1986). Rauðbrystingur (*Calidris canutus*) sést aðallega í Önundarfirði við Holtsodda, Varmadal, Vaðal, Mosvallarbót og Tannanes. Mestur fjöldi sem sést hefur var um 2000 fuglar í maí 2011 við Holtsodda (Náttúrustofa Vestfjarða, óbirt gögn) en lítið sást af honum í talningunum 1979 og 1985 (Arnþór Garðarsson o.fl. 1980, Guðmundur A. Guðmundsson og Arnþór Garðarsson 1986, Böðvar Þórisson og Þorleifur Eiríksson 2008).

Hettumáfur (*Chroicocephalus ridibundus*) er algengur bæði að vorlagi og síðsumars. Það sjást 4-600 fuglar við fæðuöflun frá Holtsodda og inn að Kúhólma.

## Holtsoddi

Varpsvæði sandlóu á Holtsodda er um 1 km<sup>2</sup> (103 ha) að stærð. Það afmarkast gróflega af strandlengju, vegum og norðvestur enda flugvallar (mynd 2). Svæðið er að mestu lítt gróinn skeljasandur og myndar hann öldur nyrst á svæðinu sem er opíð fyrir norðanátt. Þessar sandöldur við ströndina eru grónar melgresi (*Leymus arenarius*). Aðal gróðurþekjan á svæðinu er mosi en algengar plöntutegundir eru lyfjagras (*Pinguicula vulgaris*), geldingahnappur (*Armeria maritima*), beitieski (*Equisetum variegatum*), lokasjóður (*Rhinanthus minor*), víðitegundir (*Salix* spp.), lambagras (*Silene acaulis*) og blóðberg (*Thymus praecox*). Einnig eru margar grastegundir á svæðinu en þær hafa ekki verið greindar. Inni á svæðinu er flugvöllur sem er um 900 m langur og rétt rúmlega 30 m breiður en hann breiðir úr sér við flugstöðina. Völlurinn er byggður úr möl en syðsti hluti hans (100 m) gerður úr malbiki. Í heild er völlurinn 3,7 ha (0,04 km<sup>2</sup>). Áætlunarflugi lauk á Holtsflugvelli 30. júní 1997 og var hann aflagður sumarið eftir (Valdís Ásta Aðalsteinsdóttir flugmálastjórn munnleg heimild, 4. janúar 2013). Það kemur þó fyrir að litlar vélar lendi á vellinum, sjaldan þó yfir varptímann. Meðfram suðaustur hluta flugvallarins eru tjarnir sem þorna upp yfir sumarið. Fuglar nota þessar tjarnir mikið í fæðuöflun en einnig er æðar- og hettumáfsvarp í kringum þær. Rétt austan við flugstöðina liggar slóði frá vellinum og niður að fjöru en sandlóuvarpið hefur verið einna þéttast báðum megin við þennan slóða. Sandlóan verpur um allt svæðið en þó eru blettir þar sem ekki hafa fundist hreiður. Þessir blettir eru um 30-40% af svæðinu.

Æðarfugl og kría (*Sterna paradisaea*) eru algengstu varpfuglar í Holtsodda. Æðarvarpið er um 600 hreiður en kríuvarpið hefur líklega verið um 500 pör þegar mest var. Kríuvarpið gekk ágætlega árin 2004 og 2005 en rannsóknarárin þar á eftir hefur kríunni gengið illa. Hettumáfur er algengur varpfugl í Holtsodda og í landi Þórustaða. Það hefur ekki verið lagt mat á varpstofninn en hann gæti verið rúm 100 varppör. Svartbakur (*Larus marinus*) verpur nyrst á svæðinu en þetta eru fá pör og oft er tekið undan þeim. Spói (*Numenius phaeopus*), heiðlöa (*Pluvialis apricaria*), tjaldur (*Haematopus ostralegus*) og lóuþræll (*Calidris alpina*) eru allt varpfuglar á svæðinu. Jaðrakan hefur fundist með ófleyga unga en ekki verið staðfest að hann hafi orpið innan svæðisins. Grágæs (*Anser anser*), toppönd (*Mergus serrator*), urtönd (*Anas crecca*) og rauðhöfði (*Anas penelope*) verpa á svæðinu. Einu sinni hefur hávella (*Clangula hyemalis*) orpið nyrst á svæðinu. Eitt lómapar (*Gavia stellata*) hefur orpið á tjörnum við suðaustur enda flugvallarins en þessar tjarnir þorna upp yfir sumarið.

Líklegir afraeningjar á sandlóuhreiðrum sjást reglulega á svæðinu. Fyrir utan hettumáf, sem er varpfugl á svæðinu, þá sjást hrafnar (*Corvus corax*) og einn til tveir kjóar (*Stercorarius parasiticus*) reglulega. Bæði fálki (*Falco rusticolus*) og smyrill (*Falco columbarius*) hafa sést á svæðinu en sá síðarnefndi gæti náð fullorðnum fuglum. Tófa (*Vulpes lagopus*) og minkur (*Neovison vison*) hafa sést á svæðinu en einnig er vitað að villikettir (*Felis catus*) hafa verið í nágrenninu. Umferð fólkis er bönnuð yfir varptímann nema með leyfi landeigenda og hundar ekki leyfðir innan svæðis né í fjörunni yfir varptímann. Æðarvarpið er varið en erfitt hefur reynst að eiga við hópa af hröfnum.

## Bolungarvík

Bolungarvík er við utanvert Ísafjarðardjúp að vestanverðu og opnast hún til norðurs. Að vestanverðu er hnullungafjara en við taka hafnarmannvirki til suðausturs og síðan dökk sandfjara. Austast á sandfjörunni rennur Ósá til sjávar og við tekur hnullungafjara austan við hana. Ósá fellur úr Syðradalsvatni sem er inni í samnefndum dal. Á milli vatnsins og sjávar er sandur sem hefur að mestu verið græddur upp. Djúpvegur nr. 61 liggur um sandinn en þessi vegarkafla er í daglegu tali kallaður sandvegur eftir samnefndu svæði. Hann hefur nú átt tvö afkvæmi og bera þrjár brýr yfir Ósá vitni um hina miklu þörf á samgöngubótum á svæðinu. Nýr vegur og brú voru tekin í notkun árið 2003 en hluti af þeim vegi var síðan fjarlægður 2011. Þriðji sandvegur var tekinn í notkun árið 2010 og liggur hann á milli elsta og næst elsta vegarins. Til einföldunar er þessir vegir kallaðir S1, S2 og S3 í aldursröð í ritgerðinni hér eftir. Þvert í gegnum sandvegina liggur gömul flugbraut og endar nyrðri endi hennar við skreiðarhjalla (trönur) en það svæði er kallað hjallar í ritgerðinni. Ofan S1 er nú holu golfvöllur og rétt innan vallarins er tjörn sem hefur ekkert nafn en verið kölluð námutjörn vegna sandnámu sem þar er (mynd 3).

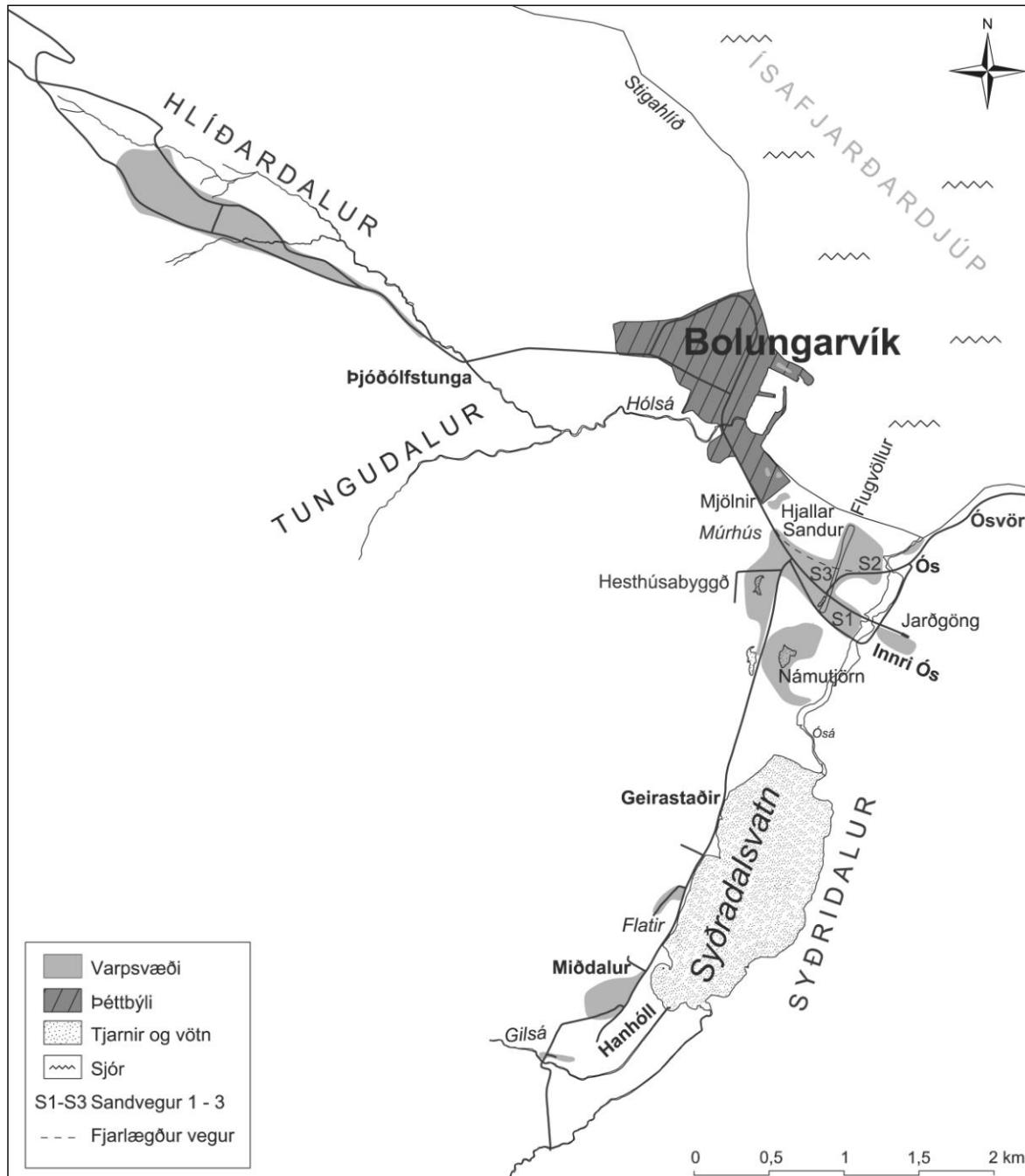
Sumrin 2005 og 2006 var aðeins svæðið (Sandur) næst byggðinni í Bolungarvík athugað en um sumarið 2007 og næstu ár á eftir, voru kannaðir allir hugsanlegir staðir þar sem sandlöa gæti verið með varpóðal. Á mynd 3 hafa verið teiknuð gróflega inn varpsvæðin frá árinu 2005-2011. Það má sameina þau í þrjú megin svæði. Niður á Sandi er svæðið um 52 ha að stærð, inn í Syðridal við Flatir, Miðdal, Hanhól og Gilsá eru tæpir 10 ha af varplandi og uppi í Hlíðardal eru sandlóur dreifðar á 41 ha svæði. Samtals eru þetta 103 ha eða rétt rúmur 1 km<sup>2</sup>.

## Sandur

Frá námutjörninni og niður að sjó er aðal varpsvæði sandlóunnar. Sandlöan verpur nær eingöngu vestan við Ósá og einungis hafa fundist tvö pör verpandi austan við hana og urpu þau í aðeins eitt skipti síthvert árið. Sandlöan sést í fæðuleit í höfninni í Bolungarvík en varpsvæðið er að mestu austar, þó hefur eitt par a.m.k. tvisvar reynt varp hlémegin við sjóvarnargarð (Brimbrjótinn) við Bolungarvíkurhöfn. Þetta par skildi síðan og hefur kvenfuglinn verið með óðal á Sandi en karlfuglinn í Syðridal. Rétt austan við höfnina hafa verið 1-2 pör við vélarverkstæðið Mjölnir. Milli Mjölnis og hjalla er tjarnarsvæði sem þornar upp þegar kemur fram í byrjun júní en sandlöa hefur ekki orpið á því svæði. Æðarfugl og kríur verpa í kringum tjörnina og færa sig inn á svæðið þegar hún þornar upp. Æðarvarpið er að mestu neðan S2 en það teygir sig einnig inn að námutjörninni. Æðarvarpið er um 200 hreiður en kríuvarpið er á bilinu 3-500 pör.

Talsverðar framkvæmdir hafa verið á Sandinum á síðasta áratug og byrjaði það með að nýr vegarkafla var tekin í notkun árið 2003. Milli S1 og S2 fékk golfklúbbur Bolungarvíkur svæði til notkunar og átti að gera þar æfingarsvæði fyrir kylfinga. Byrjað var að sléttu svæðið en við það var sú litla gróðurþekja sem var þar fyrir, fjarlægð. Svæðið dró að sér bæði sandlóur og kríur og varð að ákjósanlegu varpsvæði. Grasfræjum var sáð í sandinn en illa gekk að fá almennilega þekju. Svæðið var nokkrum sinnum slegið og við það eyðilögðust mörg kríuhreiður en einnig nokkur sandlóuhreiður. Framkvæmdir við jarðgöng milli Bolungarvíkur og Hnífsdals hófust haustið 2008 og var lagður nýr vegur (S3) yfir æfingarsvæðið árið 2009. Vinna var við veginn árið 2010 og reyndu sandlóupör varp bæði ofan á veginum og í vegkanti. Hluti af veginum frá 2003 var fjarlægður og var sárið sem eftir var notað sem varpsvæði af sandlóu og tjaldi en einnig fæðusvæði fyrir þessa fugla og

setstað fyrir kríu. Neðarlega á sandinum við hjalla var efni haugsett en einnig var það malað á staðnum á meðan framkvæmdum stóð. Bæði var ónaði af þessu en einnig fóru möguleg varpsvæði undir hauga. Áhrifin virtust þó hafa verið lítil á sandlóu en því meiri á kríur þar sem mörg hreiður þeirra eyðilögðust.



Mynd 3. Rannsóknarsvæðið í Bolungarvík (teikning: BP/HBA/Nave©2013).

Golfklúbbur Bolungarvíkur fékk nýtt svæði til umráða í stað þess sem fór undir veg. Svæðið er á milli Syðridalsvegar og hesthúsabyggðar í mynni Syðridals. Eitt sandlóupar hafði orpið á þessu svæði og þá nálægt veginum að hesthúsunum. Farið var eins að og í fyrra skiptið þ.e. svæðið sléttað en einnig var flutt efni á svæðið til að fylla upp í tjörn og hófust framkvæmdir seit um sumarið 2009. Sumarið 2010 voru tvö pör á þessu svæði og

tvö til viðbótar rétt hjá en ekki hafði verið varp þar áður eða síðan rannsóknir hófust. Sumarið 2011 voru einnig tvö pör en gróður hafði þá tekið nokkuð vel við sér og aðstæður því ekki eins ákjósanlegar.

Varpstaðirnir á þessu svæði eiga það sammerkt að vera gróðurlitlir og flestir á röskuðum svæðum. Einungis eitt par hefur orpið í fjörunni og þá aðeins einu sinni á rannsóknarárunum. Fjöldi varppara á þessu svæði hefur verið um og yfir 20 pör.

### Syðridalur

Í grennd við sveitabæinn Hanhól í Syðridal er lítið sandlóuvarp (3-4 pör) en það er um 3,5-4 km frá sjó. Varpsvæðið er á lítt grónum vegköntum og skerðingum. Við veg sem liggur að sumarbústaðnum Flötum hafa verið eitt til tvö pör. Sandlóa hefur orpið á miðjum veginum að sumarbústaðnum og í vegköntum.

Sandlóa sést í fæðuöflun við innsta hluta Syðradalsvatns þegar lítið er í vatninu en þá koma þar upp fjörur.

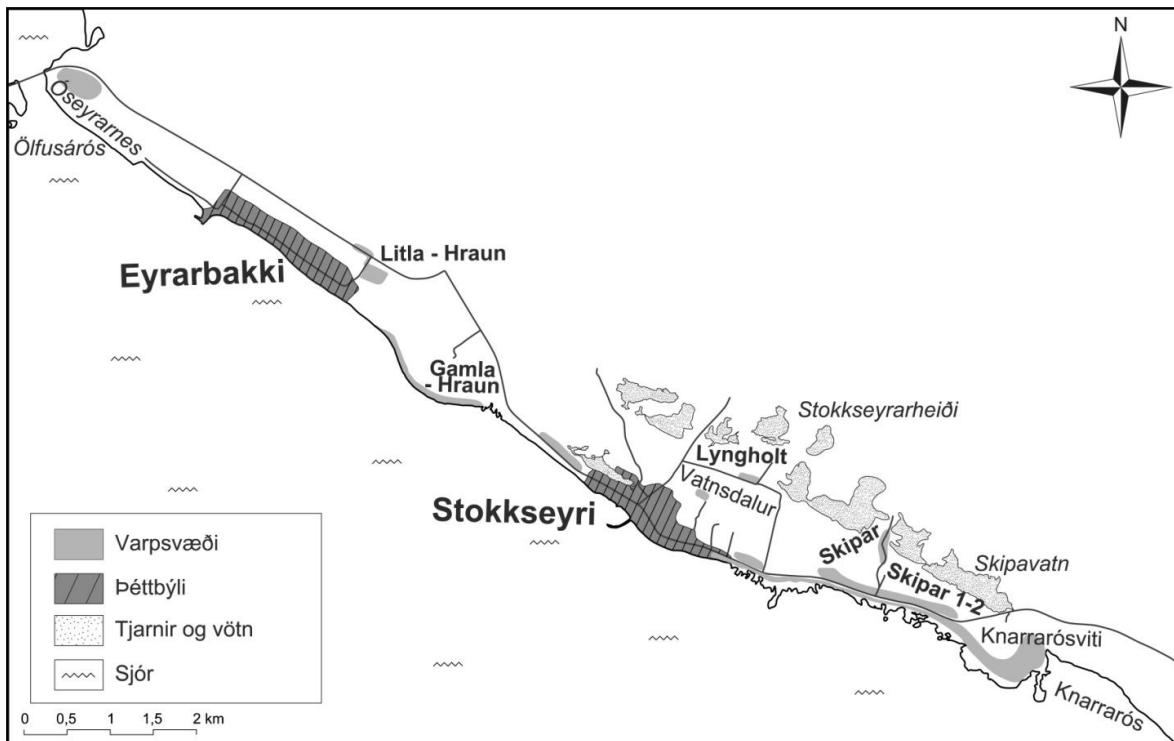
### Hlíðardalur

Frá Bolungarvík liggur Skálavíkurvegur um Hlíðardal upp á Skálavíkurheiði og niður til Skálavíkur. Gamall vegslóði liggur meðfram veginum og fer slóðinn um námu ofarlega í dalnum en náma þessi hefur ekki verið í notkun árum saman. Lítið er um mannaferðir á þessu svæði en þó sést stundum fólk með hunda og strákar á torfæruhjólum hafa einstaka sinnum keyrt um slóðann og námuna. Varpið er dreift í Hlíðardal og geta verið allt að 2 km á milli neðsta parsins og þess næsta. Aðal varpið er við námuna og þar fyrir ofan eða í u.p.b. 300 m hæð yfir sjávarmáli. Fjöldi varppara í Hlíðardal hefur verið þrjú til sex. Sandlóan verpur á röskuðum svæðum í Hlíðardal en einnig á náttúrulega hálfgrónum svæðum. Þar er krækilyng algengasta tegundin en aðrar áberandi tegundir eru: ljónslappi (*Alchemilla alpina*), lambagras (*Silene acaulis*), sauðamergr (*Loiseleuria procumbens*) og grasvíðir (*Salix herbacea*).

### Stokkseyri

Rannsóknarsvæðið er meðfram ströndinni frá Ölfusárósi að Knarrarósi en það eru tæpir 15 km. Inn til landsins hafa vegir og slóðar verið kannaðir en aðal áhersla verið lögð á ströndina. Svæðið í heild er kallað Stokkseyri til einföldunar.

Aðal varpsvæðin hafa verið frá Knarrarósi að Stokkseyri og við Gamla hraun. Einnig hafa fundist verpandi pör við Skipa, norðan Vatnssdals, á námusvæði austan við Lyngholt, á aflögðum reiðvelli vestan við Stokkseyri, innan og utan við fangelsisyfirvalda fékkst til að rannsaka sandlóupör innan girðingar á Litla-Hrauni. Á Óseyrarnesi hefur aðeins verið eitt par í senn. Varpsvæðin má sjá á mynd 4 og eru þau í heild sinni um  $0,9 \text{ km}^2$  (88 ha).



Mynd 4. Rannsóknarsvæðið við Stokkseyri (Teikning: BP/HBA/Nave©2013).

Rannsóknarsvæðið liggur ofan á stærsta hraun sem hefur komið upp á nútíma (fyrir um 8700 árum), Þjórsáhraun. Þetta hraun myndar ströndina, allt frá Þjórsárosi vestur fyrir Ölfusárós (Árni Hjartarson 1988). Efsti hluti fjörunnar eru þó yfirleitt ljós sandur og finnast sandlóuhreiður frekar í þessum ljósa sandi heldur þar sem hann er dökkur. Sandfjaran er mjó ræma meðfram ströndinni, á bilinu 10-40 m breið. Víða meðfram ströndinni er sandlóunni hætt við að flæði yfir hreiðrin.

## Aðferðir

Leitað var að hreiðrum á rannsóknasvæðunum frá miðjum maí að miðjum júlí ár hvert. Fuglar voru flæmdir up og síðan fylgst með þeim þangað til þeir settust á hreiður. Öll hreiður voru hnitzett með GPS tæki en ekkert þeirra var sérstaklega merkt heldur skráð ef einhver kennileiti voru til staðar til að forðast að afræningjar lærðu á merkingar. Hreiður fundust aftur eftir minni, kennileitum eða GPS tæki. Klakstig var mælt með flotprófi (Liebezeit o.fl. 2007). Fylgst var með flestum hreiðrum þangað til afdrif þeirra voru ljós. Mæld var lengd og breidd hvers eggs með skífumáli upp á 0,1 mm. Rúmmál eggja er reiknað með formúlunni:

$$V = L \times B^2 \times k$$

þar sem V er rúmmál, L er lengd eggs, B er breidd og k er fasti sem er 0,485 fyrir sandlóur (Liley 1999).

Fullorðnir fuglar voru veiddir í hreiðurgildrur á rannsóknarsvæðunum frá 2004-2011 og merktir með samsetningu litmerkja sem auðkenna einstaklinga. Kynin eru svipuð að stærð og eru því ekki greind af því, en þó eru karlfuglar með marktaekt stærra höfuð en

kvenfuglar (Tómas G. Gunnarsson o.fl. 2006). Kyn voru greind eftir búningi fuglanna (Prater o.fl. 1977, Meissner o.fl. 2010) eða stöðu þeirra við mökun (karlinn ofan á). Ungar fengu stálmerki en fáeinir fengu litmerki og þá yfirlleitt orðnir um eða yfir 20 daga gamlir. Höfuð, nef og þyngd voru mæld hjá bæði fullorðnum og ungum. Að auki voru vængur, rist + lengsta tá og breidd höfuðbands mæld hjá fullorðnum.

Fjöldi varppara í Bolungarvík og Holtsodda var metinn eftir fjölda hreiðra og para með unga ef hreiður þeirra hafði ekki fundist. Þar sem stór hluti af sandlóum á þessum svæðum voru með einstaklingsmerki þá var hægt að þekkja endurvarp og taka tillit til þess við mat á heildarfjölda para. Athuganir í Bolungarvík frá 2007-2011 og í Holtodda 2005-2010 voru tíðar og gefa ágætt mat á fjölda varppara á svæðunum. Sumarið 2004 var aðeins tæpur helmingur svæðisins í Holtsodda skoðaður og sömuleiðis í Bolungarvík árin 2005 og 2006.

Athuganir á komutíma hófust ekki á rannsóknasvæðunum að ráði fyrr en vorið 2005 en þá skilaði sér fyrsti árgangur litmerktra fugla frá 2004. Á hverju vori var skráðar endurheimtur á litmerktum fuglum en einnig fóru fram reglulegar talningar í Holtsodda og í fjörunni í Bolungarvík. Frá árinu 2005 hófust athuganir í byrjun apríl og svæðin skoðuð lauslega. Þegar fyrsta sandlóan sást í Önundarfirði var reynt að fara nærrí daglega í Holtsodda fram til 15. maí en það leið lengra á milli athugana eftir miðjan maí og fjörur lítið skoðaðar eftir 1. júní. Í Bolungarvík gátu athuganir verið nokkrar á hverjum degi þar sem höfundur er búsettur þar.

Könnuð var átthagatryggð sandlóa sem voru merktar í Bolungarvík ( $n=122$ , ♀67, ♂55) og Holtsodda ( $n=199$ , ♀113, ♂86) á árunum 2004-2010. Ef sandlóa merkt í Holtsodda sást síðari ár í Önundarfirði, var hún talin hafa komið aftur á rannsóknarsvæðið. Eins var farið með fugla úr Bolungarvík.

Sumarið 2010 var reynt að meta hverjir væru helstu afræningjar á sandlóuhreiðrum og voru því settar myndavélar nærrí hreiðrum þeirra. Notaðar voru þrjár myndavélar að gerð HCO SG550 en þær geta tekið þrjár myndir í einu þegar þær nema hreyfingar. Myndavélar af svipaðri gerð hafa verið notaðar til að meta afrán á vaðfuglahreiðrum á heimskautasvæðum og þar virtust þær ekki hafa áhrif á varpárangur (McKinnon og Bety 2009). Myndavélarnar voru settar upp í Holtsodda og hafðar u.p.b. 4 m frá hreiðri. Hver vél var ekki höfð að jafnaði lengur en 10 daga við hvert hreiður.

## **Staða þekkingar**

### **Einkenni og útbreiðsla sandlóu**

Sandlóa er af ættbálki strandfugla (Charadriiformes) en innan þess ættbálks eru t.d. svartfuglar (Alcidae) og máfar (Laridae). Sandlóa er af lóuætt (Charadriidae) en lóur eru litlir til meðalstórir vaðfuglar með stuttan gogg og stór augu. Hún er ein af 67 tegundum innan þessarar ættar auk m.a. heiðlóu, grálóu (*Pluvialis squatarola*) og vepju (*Vanellus vanellus*). Sandlóan er hánorrænn varpfugl, allt frá norðaustur Kanada, Grænlandi, Síberíu og með norðurströnd Rússlands að Beringssundi en syðri mörk varpútbreiðslu í Evrópu eru við Bretlandseyjar og Frakkland. Hún verpur meðfram ströndum en einnig inn til landsins og á hálendi Íslands. Sandlóan skiptist í þrjár deilitegundir og tilheyrir sú íslenska *C. h. psammodroma* en hún verpur einnig í norðaustur Kanada, á Grænlandi, Jan Mayen og í

Færeyjum. Hinar deilitegundir eru *C.h. hiaticula* sem er varpfugl á Bretlandseyjum, Frakklandi og suður Skandinavíu og *C.h. tundrae* sem verpur frá norður Skandinavíu um Finnland, Rússland og að Beringssundi (Cramp og Simmons 1983, Piersma og Wiersma 1996, Ævar Petersen 1998, Delany o.fl. 2009). Vetrarútbreiðsla þessara deilitegunda skarast líklega í vestur Afríku en útbreiðsla *psammodroma* og *hiaticula* er aðallega í suður Evrópu og vestur Afríku á meðan *tundrae* deilitegundin er að mestu í austur- og suðurhluta Afríku (Delany o.fl. 2009). Íslenski sandlóu stofninn er talinn vera um 50.000 varppör (Gudmundsson 2002) sem er u.þ.b. helmingur af varpstofni deilitegundarinnar *psammodroma* (Delany o.fl. 2009).

## Fæða sandlóu

Sndlóa notar stutt hlaup og pikk við fæðuöflun en stendur einnig á annarri löppinni og hreyfir hina löppina þannig að tain rétt snertir yfirborðið (e. *foot-trembling*) (Cramp og Simmons 1983). Þessar tähreyfingar geta hjálpað til við að sjá dýr í yfirborðinu en einnig til að koma hreyfingu af stað hjá þeim. Samkvæmt rannsókn í Skotlandi virtust sandlóur einungis nota þessa aðferð nærrí flóðmörkum og þegar flóð var. Á því svæði voru þráðormar (Nematoda) helsta mögulega fæðan og þeir hreyfðu sig frekar við þessar tähreyfingar (Osborne 1982).

Helsta fæða sandlóu eru burstaormar (Polychaeta), lindýr (Mollusca) og krabbadýr (Crustacea) (Cramp og Simmons 1983). Á norðaustur Englandi var aðalfæða unga og fullorðinna í fjörum, burstormarnir *Scoloplos armiger* og *Notomastus* sp. (Pienkowski 1984a). Í Önundarfirði um vor og sumar 1979 var leirumý (Chironomidae) aðal fæða hennar en einnig voru marflóategundir af ættkvísl *Gammarus* og tegundin *Pseudalibrotus litoralis* mikilvægar. Burstaormar voru einungis um 12% í fæðu hennar og voru þetta t.d. *Scoloplos armiger* og sandmaðkur (*Arenicola marina*) (Arnþór Garðarsson o.fl. 1980). Sandlóa tekur einnig köngulær (Araneae), fiðrildi (Lepidoptera) og tvívængjur (Diptera) (Pienkowski 1982, 1983, Cramp og Simmons 1983). Ekki voru gerðar athuganir á fæðu sandlóu fyrir þessa ritgerð.

## Komutími sandlóu

Athuganir á komutíma varpfugla voru gerðar af Arnþóri Garðarssyni og Agnari Ingólfssyni (1955) á Seltjarnarnesi á árunum 1952-4. Fyrstu sandlóurnar sáust um 20. apríl en þó sást ein heldur fyrr eða 10. apríl 1953. Á tveimur leirum við Reykjavík sáust fyrstu sandlóurnar um 11-17. apríl árin 1980 og 1981 (Arnþór Garðarsson og Ólafur Karl Nielsen 1989). Vorið 1979 sást fyrsta sandlóa í Önundarfirði 29. apríl (Arnþór Garðarsson o.fl. 1980) en þetta vor var afar kalt og hefur það hugsanlega seinkað komu hennar norður það árið. Talið var í botni Skutulsfjarðar árið 1992 flesta daga í apríl og maí en fyrsta sandlóan sást ekki fyrr en 30. apríl (Sigurður Ægisson 1992).

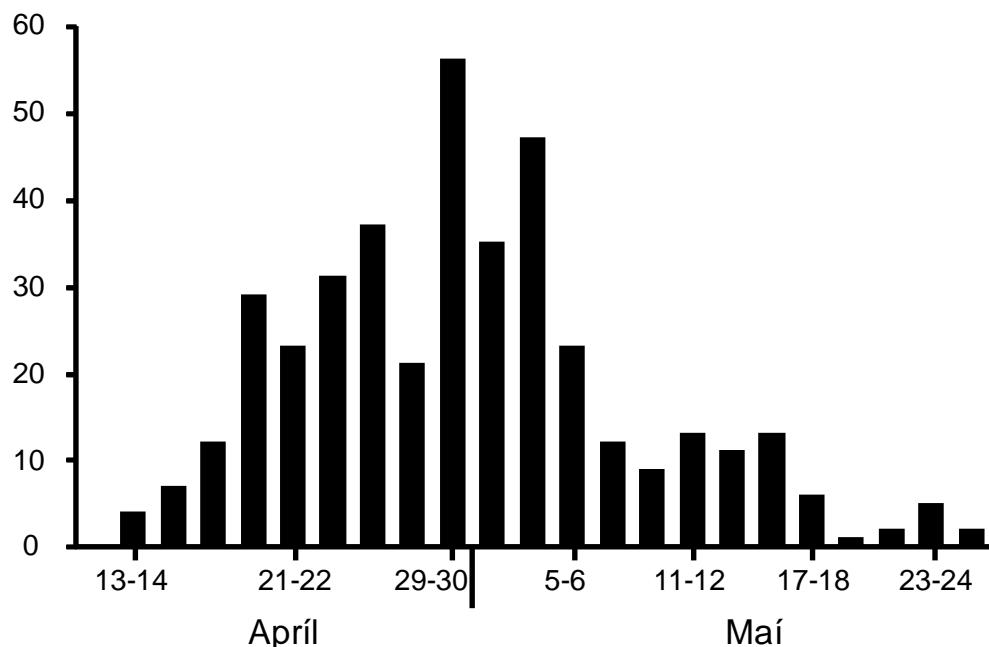
Á árunum 2005-2011 sáust fyrstu sandlóur frá 11. til 19. apríl í Önundarfirði (að meðaltali 15. apríl, SE ± 1,01) en heldur seinna í Bolungarvík og við Stokkseyri (Tafla 1). Á sömu árum voru fyrstu sandlóurnar að sjást á landinu frá 31. mars til 11. apríl (að meðaltali 5. apríl, SE ± 1,55) (Yann Kolbeinsson 2012).

Tafla 1. Komutími fyrstu sandlóu að vori til Bolungarvíkur, Önundarfjarðar, Stokkseyrar og fyrir landið allt. Í sviga eru fyrstu komudagsetningar á litmerktum karl- og kvenfuglum.

Ár	Bolungarvík	Önundarfjörður	Stokkseyri	Ísland*
2005	20.4	17.4 (22.4 ♂♀)	(21.4 ♂, 23.4 ♀)	1.4
2006	25.4 (1.5 ♂)	19.4 (20.4 ♂, 19.4 ♀)	(20.4 ♂♀)	11.4
2007	26.4 (1.5 ♂♀)	14.4 (20.4 ♂, 19.4 ♀)	(21.4 ♂, 23.4 ♀)	5.4
2008	20.4 (21.4 ♂♀)	12.4 (19.4 ♂, 17.4 ♀)	(19.4 ♂, 22.4 ♀)	10.4
2009	16.4 (20.4 ♂, 16.4 ♀)	14.4 (15.4 ♂, 14.4 ♀)	(16.4 ♂, 19.4 ♀)	4.4
2010	27.4 (27.4 ♂♀)	11.4 (13.4 ♂♀)	(17.4 ♂♀)	3.4
2011	22.4 (25.4 ♂, 22.4 ♀)	18.4 (20.4 ♂, 18.4 ♀)	(18.4 ♂♀)	31.3

\*Yann Kolbeinsson 2012.

Í Önundarfirði sáust flestar litmerktar sandlóur í fyrsta skipti á árinu um mánaðarmótin apríl-máí (29. apríl til 4. maí, mynd 5) og fer það vel saman við topp sem er í fjölda sandlóa á þessum tíma (Tafla 2).



Mynd 5. Samanlagður fjöldi merktra sandlóa sem sáust í fyrsta skipti um vorið á árunum 2005-11 í Önundarfirði.

Heildarfjöldi sandlóa (merktar og ómerktar) var einnig talinn á leiru við Holtsodda og fór þeim jafnan að fjörlga um 27. apríl og toppur um 30. apríl. Síðan var annar toppur frá 21.-30. maí og voru þar líklega aðallega grænlenskir fuglar á ferð (Arnþór Garðarsson o.fl. 1980, Arnþór Garðarsson og Ólafur Karl Nielsen 1989, Gudmundur A. Gudmundsson og Arnþor Gardarsson 1993). Í Töflu 2 eru talningar á leirunni í Holtsodda á árunum 2005-11.

Tafla 2. Fjöldi sandlóa á leirunni í Holtsodda í apríl-máí 2005-11.

Dagar	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
11-15. apríl					14	4	
16-20. apríl	7	42	36	45	63	4	33
21-25. apríl	59	60	77	108	58	27	55
26-30. apríl	130	112	132	125	69	67	89
1-5. maí	130	140	210	138	112	58	107
6-10. maí	114		246	104	91	55	60
11-15. maí	122	150	210	118	44	56	
16.-20. maí	49	295	131	76	108	70	
21-25. maí	130	186	210	159	144		72
26-30. maí	160	81	102	266	114		

Þann 19. maí 2006 voru 295 sandlóur á leirunni í Holtsodda og mögulega hafa grænlenskar sandlóur verið hér snemma á ferðinni og blandast við þær íslensku. Óvenju mikill fjöldi var einnig frá 4. maí til 13. maí 2007 en þá sáust í hverri athugun á því tímabili 200 eða fleiri sandlóur, flestar 6. maí. Síðan 2007 hafa ekki sést svona háir toppar í byrjun maí en talsverður fjöldi sást í lok maí 2008. Í Töflu 2 eru nokkrar eyður í heildartalningunni þar sem ekki var talið en litmerktir fuglar voru samt skráðir á þessum tímabilum.

## Varpvistfræði sandlóu

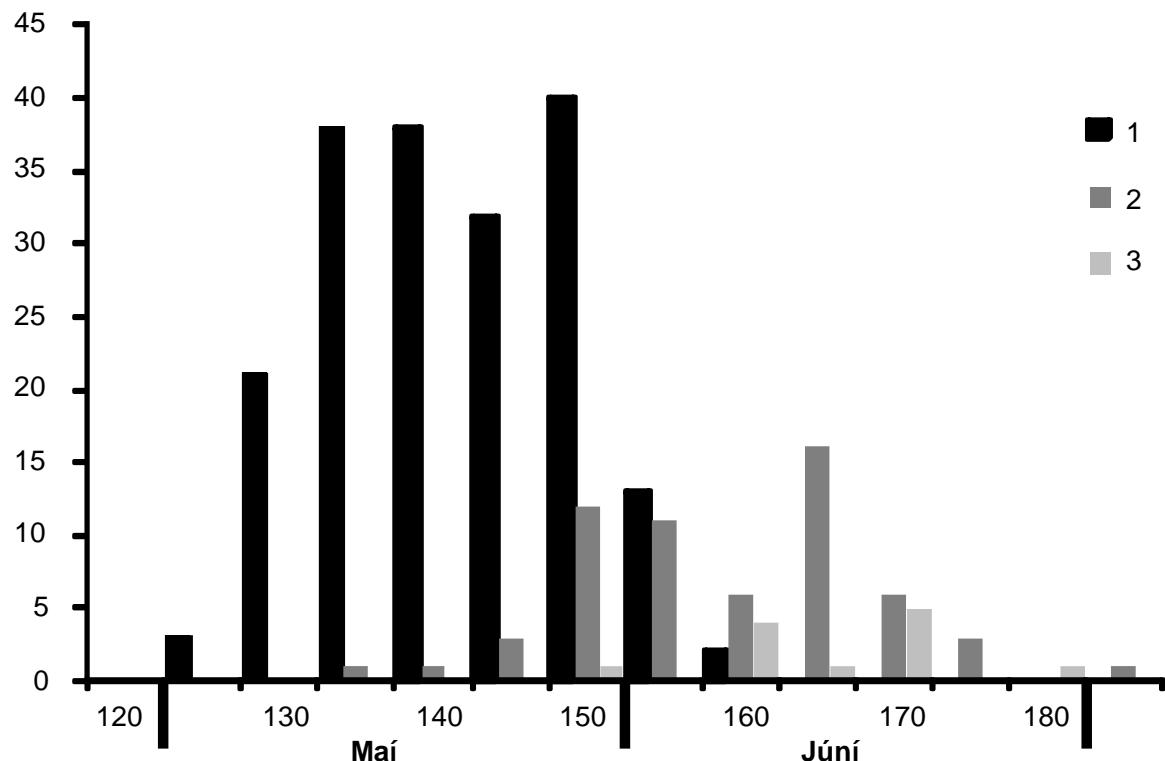
Sndlóa er einkvænisfugl og samkvæmt erfðafræðirannsóknum á ungum í Svíþjóð er sjaldgæft að ungar eigi annan föður en þann sem sér um uppeldi unga (Wallander o.fl. 2001). Karlfuglar hafa sést makast við fleiri en einn kvenfugl í þessari rannsókn en það var þó fátítt. Fjögur tilvik er vitað um í þessari rannsókn þar sem karlfugl var með tvö hreiður samtímis og a.m.k. eitt tilvik erlendis (Cramp og Simmons 1983). Fljóttlega eftir að sandlóa kemur til landsins finnur hún sér maka og tímgunarferli hefst svo sem að verja maka, mökun, söngflug o.fl. Það getur þó liðið rúmur mánuður frá komutíma og þangað til varp hefst. Í Svíþjóð er vitað til þess að 58 dagar liðu frá fyrstu mökun og þangað til fyrsta eggí var orpið (Wallander o.fl. 2001).

Hreiður sandlóu eru yfirleitt á gróðurlitlum svæðum og eru þau aðeins grunn laut eða skál á jörðinni. Sandlóan býr til lautina og raðar í hana möl, skeljabrotum eða gróðurleifum. Í Holtsodda er hreiðurbotninn oft með skeljabrotum eða beitieski en í Bolungarvík er hann oftast með möl. Sandlóa verpur fjórum eggjum eins og flestir vaðfuglar (Maclean 1972, Cramp og Simmons 1983). Frá fyrsta eggí er álegan að meðaltali 30 dagar og ungar verða fleygir á 24 dögum (Cramp og Simmons 1983, Wallander 2001). Eggin voru að meðaltali 33,8 mm ( $sd \pm 1,2$ ) að lengd og 25,0 mm ( $sd \pm 0,7$ ) á breidd (n=823, fyrsta varptilraun). Rúmmál eggja var 10,2 ml ( $sd \pm 0,7$ ) í fyrstu varptilraun en fyrir aðra og þriðju tilraun var meðalrúmmál eggja 10,3 ml ( $sd \pm 0,7$ , n=267) sem er um 1% aukning (þessi rannsókn). Í rannsókn í suður Svíþjóð voru sandlóuegg, frá sama kvenfugli, sem orpin voru seinni hluta varptímabils að meðaltali 5% stærri en þau sem voru orpin á fyrra hluta tímabilsins (Wallander og Andersson 2003). Í þessari rannsókn var athugaður fjöldi eggja í urpt eftir tilraunum (#1 urpt:  $3,91 \pm 0,32$ , n=282, #2 urpt:  $3,68 \pm 0,57$ , n=81, #3 urpt:  $3,50 \pm 0,73$ , n=16) en í Svíþjóð var þetta skoðað með tilliti til dagsetningar og var urptarstærð 3,78 á fyrra huta tímabilsins en 3,06 á seinni hluti þess (Wallander og Andersson 2003). Rúmmál eggja eykst hjá sandlóu er líður á varptímabilið en hjá jaðrakan (*Limosa limosa islandica*)

hér á landi fannst ekkert samband (Schroeder o.fl. 2010) á meðan það var neikvætt hjá deilitegundinni (*Limosa limosa limosa*) (Schroeder 2010, Lourenco o.fl. 2011). Það er vel þekkt að jákvætt samband er á milli stærðar eggja og stærðar unga við klak (Ricklefs 1984) og afkomu þeirra (Blomqvist o.fl. 1997, Schroeder 2010) en það var ekki kannað í þessari rannsókn.

Á rannsóknarsvæðunum voru allra fyrstu sandlóur að hefja varp í byrjun maí og flestar byrjaðar fyrir mánaðarmót maí-júní. Ef þær misstu undan sér snemma þá var möguleiki að sumar hæfu varp aftur áður en aðrar voru byrjaðar á fyrstu tilraun (mynd 6). Hér á landi geta sandlóur náð þremur tilraunum eftir að hafa misst fulla urpt og vitað er til þess að eitt par reyndi fimm sinnum en í því tilviki var aðeins ein tilraun af fimm með fulla urpt. Í Bretlandi og Svíþjóð er vitað til þess að þær reyni allt að fimm sinum og að þær geti reynt að koma upp öðrum ungahóp ef fyrri hópurinn kemst á legg snemma sumars (Prater 1976, Pienkowski 1984b, Liley 1999, Wallander 2001).

Sandlóur virðast lítið verpa í lok júní og seinna. Því má ætla að aftari mörk í varptíma séu um það leyti. Af 550 hreiðrum í Bolungarvík og Önundarfirði voru aðeins fjögur þar sem varp hófst í júlí og klöktust ungar úr einu hreiðri. Frá og með 20. júní hefur verið orpið í 13 hreiður á þessum svæðum og klöktust egg úr fimm þeirra. Óvist er hvaða þættir ákvarða aftari mörk varptíma. Þau hreiður sem orpið er í þetta seint virðast álíka líkleg til að klekjast og hreiður sem orpið er í fyrr svo e.t.v. er orka fullorðinna fugla til að halda varptilraunum áfram farin að þverra um þetta leyti (Tómas G. Gunnarsson o.fl. 2006). Á mynd 6 má sjá hvernig varpið í Holtsodda í Önundarfirði, samkvæmt þekktum varptilraunum, dreifist yfir tímabilið.



Mynd 6. Varptími sandlóu í Holtsodda í Önundarfirði sundurlíðaður eftir varptilraunum. Dagar eru frá áramótum og samsvarar 150, tímabilið 26-30. maí (n=258).

Mestur heildarfjöldi para fannst árið 2005 í Holtsodda eða 65-68 pör. Sumarið 2006 var mikið afrán og endurvarp. Það er ekki ólíklegt að fjöldi varppara sé vanmetinn það ár vegna þess að mikill tími fór í að leita að endurvarpshreiðrum og líklega hafa einhver hreiður ekki fundist áður en þau voru rænd. Frá og með 2006 hafa um 56-84% hreiðra (allar tilraunir saman) verið rænd. Í tveimur tilvikum er vitað til þess að hreiður hafi eyðilagst vegna manna en hugsanlega hafa tvö hreiður verið yfirgefin vegna truflunar sem má rekja til manna. Fjölda varppara hefur um leið fækkað á svæðinu. Sumarið 2011 var Holtsoddi lítillega kannaður og aðeins fundust þrjú hreiður. Þeim var ekki fylgt eftir og því er það ár ekki í Töflu 3.

*Tafla 3. Stærð varpstofns í Holtsodda og örlög hreiðra 2004-2010. Varppör eru bæði pör sem fundust með hreiður og pör sem fundust með unga án þess að hreiður fyndist. Töpuð hreiður voru: rænd, yfirgefin og/eða töpuðust af mannavöldum. Hreiður þar sem ekki er vitað um örlög eru skráð óþekkt.*

Ár	Fjöldi		Örlög hreiðra, fjöldi og hlutfall (%)						
	Pör	Hreiður	Endurvarp	Klak	Tap	Óþekkt	Rænt	Yfirgefið	Maður
2004	35	19	0	16	1 (5,3)	2 (10,5)	1 (5,3)	0	0
2005	65-68	65	3	45	11 (16,9)	9 (13,8)	4 (6,2)	6 (9,2)	1 (1,5)
2006	55	77	22	3	69 (89,6)	5 (6,5)	65 (84,4)	4 (5,2)	0
2007	51-54	70	20	17	51 (72,9)	2 (2,9)	44 (62,9)	6 (8,6)	1 (1,4)
2008	37	50	15	20	30 (60,0)		0 29 (58,0)	1 (2,0)	0
2009	24-26	32	8	10	22 (68,8)		0 18 (56,3)	4 (12,5)	0
2010	23	30	9	5	25 (83,3)		0 23 (76,7)	2 (6,7)	0

Sumrin 2005 og 2006 var nær eingöngu leitað að hreiðrum niður á Sandi í Bolungarvík en sumarið 2007 og árin eftir voru öll líkleg svæði í Bolungarvík athuguð. Fjöldi varppara hefur verið frá 29-33 á árunum 2007-2010 en árið 2011 fóll fjöldinn niður í 22 pör. Vorhret var um miðjan maí 2011 og stóð það yfir í nokkra daga. Flest töpuð hreiður voru rænd og koma hrafn og kjói helst til greina en aðrir líklegir eru hettumáfur, köttur og minkur. Nokkur hreiður töpuðust vegna áhrifa mannsins og sumarið 2010 var það aðallega vegna vegagerðar (Tafla 4).

*Tafla 4. Stærð varpstofns í Bolungarvík og örlög hreiðra 2005-2011. Varppör eru bæði pör sem fundust með hreiður og pör sem fundust með unga án þess að hreiður fyndist. Töpuð hreiður voru: rænd, yfirgefin og/eða töpuðust af mannavöldum.*

Ár	Fjöldi		Örlög hreiðra, fjöldi og hlutfall (%)					
	Pör	Hreiður	Endurvarp	Klak	Tap	Rænt	Yfirgefið	Maður
2005	11	8	0	5	3 (37,5)	1 (12,5)	1 (12,5)	1 (12,5)
2006	15	10	0	8	2 (20,0)	2 (20,0)	0	0
2007	31	36	8	24	12 (33,3)	8 (22,2)	1 (2,8)	3 (8,3)
2008	29	31	6	20	11 (35,5)	7 (22,6)	3 (9,7)	1 (3,2)
2009	33	37	7	26	11 (29,7)	10 (27,0)	1 (2,7)	0
2010	32	37	6	27	10 (27,0)	4 (10,8)	1 (2,7)	5 (13,5)
2011	22	30	8	18	12 (40,0)	11 (36,7)	1 (3,3)	0

## Átthagatryggð sandlóu

Pað er vel þekkt að vaðfuglar sýni átthagatryggð bæði við varpsvæði og vetrarstöðvar (Klima og Johnson 2005, Leyrer o.fl. 2006, Newton 2008). Blökkutildra (*Arenaria melanocephala*) er afar trygg sínum varpstöðum og komu 80-90% af fuglum aftur tilbaka ári eftir merkingu (Handel og Gill 2000). Sandlóur sýna einnig mikla átthagatryggð (Liley 1999, Wallander 2001) og komu 76-84% af sandlóum tilbaka á rannsóknarsvæði í Englandi ári eftir merkingu (Liley 1999). Átthagatryggð sandlóu var könnuð í Bolungarvík og Holtsodda í Önundarfirði. Í Töflu 5 eru endurheimtur á Holtsodda fuglum í Önundarfirði á árunum 2005-2011. Í Önundarfirði sáust 20-100% af varpfuglum úr Holtsodda árið eftir merkingar (Tafla 5). Að jafnaði var hærra endurheimtu hlutfall á kvenfuglum úr Holtsodda en taka verður fram að hér hefur ekki verið reiknað út hversu hátt hlutfall skilaði sér sem varpfugl á sama svæði.

*Tafla 5. Endurheimtur (%) í Önundarfirði af varpfuglum frá Holtsodda næstu ár eftir merkingar. Skyggðir reitir sýna endurheimtur einu ári eftir merkingar en línum sýna hvernig merktum fuglum af tilteknun árgangi fækkar eftir því sem árin líða.*

Ár Árg.	Hlutfall (%) endurheimta eftir kyni og ári frá Holtsodda												Fjöldi í árg. (n)			
	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011			
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂		
04-árg	93	73	73	53	47	40	33	33	20	20	20	20	7	7	15	15
05-árg			90	83	49	68	31	38	15	25	13	23	13	18	40	40
06-árg					61	89	39	89	28	33	17	22	6	0	18	9
07-árg						50	56	38	33	13	22	6	11	16	9	
08-árg									60	20	50	0	10	0	10	5
09-árg										71	60	43	20	7	5	
10-árg											71	33	7	3		

Í Töflu 6 eru fuglar sem sáust í Bolungarvík á árunum 2005-2011 og voru merktir þar. Endurheimtur í Bolungarvík ári eftir merkingar sýna allan skalann (0-100%). Karl fuglar voru að jafnaði að endurheimtast betur (Tafla 6).

*Tafla 6. Endurheimtur (%) í Bolungarvík af varpfuglum frá því svæði næstu ár eftir merkingar. Skyggðir reitir sýna endurheimtur einu ári eftir merkingar en línum sýna hvernig merktum fuglum af tilteknun árgangi fækkar eftir því sem árin líða.*

Ár Árg.	Hlutfall (%) endurheimta eftir kyni og ári í Bolungarvík												Fjöldi í árg. (n)		
	2006		2007		2008		2009		2010		2011				
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	
05-árg	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	
06-árg			100	67	40	67	30	17	20	17	0	0	11	6	
07-árg					60	84	50	58	10	37	24	37	21	19	
08-árg							44	88	33	75	14	63	7	8	
09-árg									77	80	46	40	13	10	
10-árg											67	63	12	7	

## Hættur

Sandlóur verpa á opnu og gróðurlitlu landi. Hreiður þeirra hafa yfirleitt enga hulningu og eru því í mikilli afránshættu. Sandlóan treystir bæði á felulit eggjanna og á atferli sitt sem dregur athygli afræningja frá eggjunum. Þrátt fyrir góð leikræna tilburði verður hún fyrir talsverðu afráni. Í Englandi töpuðust á þriggja ára tímabili 54% af hreiðrum og þar af 33% vegna afráns (Liley 1999). Í Holtsodda töpuðust að meðaltali 57% af hreiðrunum og þar af var 50% vegna afráns. Ef fyrstu tveimur árunum er sleppt þá var hlutfallið 75% og afrán 68%. Í Bolungarvík eru minni sveiflur og að meðaltali töpuðust 32% af hreiðrunum og þar af var afránið 22%.

Myndavélarnar, sem settar voru út sumarið 2010 í Holtsodda, staðfestu a.m.k. tvö tilvik þar sem hrafnahópur fór í hreiður (mynd 7) og eitt tilvik þar sem hettumáfur náði nýklöktum ungum. Á sama tíma og þetta átti sér stað þá voru hreiður rænd sem engar myndavélar voru við. Þá var vídeoúpptökuvél sett út til prufu í Holtsodda 2009 og stóð hún æðarkollu að verki við að tæma sandlóuhreiður.



Mynd 7. Hrafnar við sandlóuhreiður í Holtsodda, 29. maí 2010.

Afföll á ungum voru ekki athuguð sérstaklega á rannsóknarsvæðunum en það fundust dauðir ungar flest árin. Oftast var banamein þeirra (sem fundust) árekstur við þungan hlut á hreyfingu sem var líklega bíll í flestum tilvikum. Einu sinni sást til hettumáfs gleypa unga og einu sinni sást kría taka upp unga og fljúga með hann stuttan spöl og sleppa í 4-5 m hæð en hann lifði af fallið. Í eitt skipti sást til sandlóu pikka í hausinn á unga og féll unginn við í hvert skipti. Höfundur bjargaði unganum enda átti hann e.t.v. örlitla sök því nýbúið var að

merkja þennan unga og honum sleppt án þess að foreldrið sæi hann. Pikkaróninn var líklega ekki varpfugl a.m.k. ekki þegar þessi atburður átti sér stað.

Aðeins er vitað um tvö tilvik þar sem fullorðnir létust á rannsóknarsvæðunum. Annar fuglinn varð fyrir bíl en hinn fannst í gini kattarins, hvort það var banamein hans er ekki vitað. Einu sinni sást smyrill á veiðum nálægt sandlóuhreiðri en eftir það sást ekki til karlfugls (sem var merktur) þess hreiðurs. Hvort sem þessi smyrill náði sandlóunni eða ekki þá eru líklega fáir sem geta náð fullorðinni sandlóu á Íslandi nema hann.

Sandlóa og skyldar tegundir verpa oft þar sem umsvif mannsins eru talsverð en búsvæði þeirra hafa m.a. verið skert vegna útvistar, framkvæmda við strandir (sjóvarnagarðar) og gróðursetningar (landgræðslu). Strandlóa (*Charadrius alexandrinus nivosus*) sem er ættingi sandlóunnar, er á válista í Ameríku en þar á hún undir högg að sækja vegna þessara þátta sem hafa verið nefndir en einnig er hún undir mikilli afránspressu frá hröfnum og rauðref (*Vulpes vulpes*) (Colwell o.fl. 2010). Deilitegund strandlóunnar (*Charadrius alexandrinus alexandrinus*) í Evrópu hefur einnig fækkað umtalsvert á varpstöðum við strendur Hollands í Vaðlahafi og er það vegna þess að búsvæði hennar fara saman við útvistarþörf (sólböð) Hollendinga (Kam o.fl. 2004). Hér á landi hefur ekki verið kannað af hverju sandlóu stafar mest hætta, en líklega eru það uppgræðsla á strandsvæðum, ágengar tegundir eins og alaskalúpína (*Lupinus nootkatensis*) sem græða hratt upp lítt gróin svæði og sjóvarnargarðar sem valda hvað mestu raski á búsvæðum hennar auk truflunar af ýmsu tagi.

## Lokaorð

Hér hefur athugunarsvæðum og helstu aðferðum við rannsóknirnar verið lýst ásamt almennri umfjöllun um sandlóur og skyldar tegundir. Einnig voru lýsandi gögn um fartíma og varp sem tengjast handritum að aftan sett fram. Rannsóknir á sandlóu hafa staðið yfir frá 2004 og á þeim tíma hefur viðamiklum gögnum verið safnað um marga þætti er snúa að lýðfræði, fartíma og atferli sandlóu. Hér á eftir fara tvö sjálfstæð handrit þar sem fjallað er um afmarkaða þætti þessara rannsókna, hið fyrra um farhætti og vetrarstöðvar sandlóa sem þegar hefur verið birt (Thorisson o.fl. 2012) en hið seinna um tengsl milli komutíma og varps hjá sandlóu.

## Heimildir

- Aebischer, A., Perrin, N., Krieg, M., Studer, J. og Meyer, D. R.** 1996. The role of territory choice, mate choice and arrival date on breeding success in the Savi's warbler *Locustella lusciniooides*. *Journal of Avian Biology* 27: 143-152.
- Agnar Ingólfsson.** 1975. Forkönnun á lífríki Laxárvogs, Álfafjarðar og Önundarfjarðar. Fjölrít nr. 4, Líffraeðistofnun Háskólangs.
- Agnar Ingólfsson og Arnþór Garðarsson.** 1955. Fuglalíf á Seltjarnarnesi. *Náttúrufræðingurinn* 25: 7-23.
- Alves, J. A., Gunnarsson, T. G., Hayhow, D. B., Appleton, G. F., Potts, P. M., Sutherland, W. og Gill, J.A.** í prentun. Costs, benefits and fitness consequences of different migratory strategies. *Ecology*.

- Arnbór Garðarsson og Ólafur Karl Nielsen.** 1989. Fuglalíf á tveimur leirum við Reykjavík, I Vaðfuglar. *Náttúrufræðingurinn* 59: 59-84.
- Arnbór Garðarsson, Ólafur Karl Nielsen og Agnar Ingólfsson.** 1980. *Rannsóknir í Önundarfirði og víðar á Vestfjörðum 1979: fuglar og fjörur*. Fjöldit nr. 12, Líffræðistofnun Háskólangs.
- Árni Hjartarson.** 1988. Þjórsárhraunið mikla, stærsta nútímahraun jarðar. *Náttúrufræðingurinn* 58: 1-16.
- Blomqvist, D., Johansson, O. C. og Götmark, F.** 1997. Parental quality and egg size affect chick survival in a precocial bird, the lapwing *Vanellus vanellus*. *Oecologia* 110: 18-24.
- Böðvar Þórisson og Þorleifur Eiríksson.** 2008. *Dýralíf í Önundarfirði og Dýrafirði: Fuglar*. Áfangaskýrsla 5. NV 19-08, Náttúrustofa Vestfjarða.
- Colwell, M. A., Burrell, N. S., Hardy, M. A., Kayano, K., Muir, J. J., Pearson, W. J., Peterson, S. A. og Sesser, K. A.** 2010. Arrival times, laying dates, and reproductive success of Snowy Plovers in two habitats in coastal northern California. *Journal of Field Ornithology* 81: 349-360.
- Cramp, S. og Simmons, K. E. L.** 1983. *The birds of western Palaearctic. Vol. III: Waders to Gulls*. Oxford: Oxford University Press.
- Currie, D., Thompson, D. B. A. og Burke, T.** 2000. Patterns of territory settlement and consequences for breeding success in the Northern Wheatear *Oenanthe oenanthe*. *Ibis* 142: 389-398.
- Delany, S., Dodman, T., Stroud, D. og Scott, D.** 2009. *An Atlas of Wader Populations in Africa and Western Eurasia*. Wageningen: Wetlands International.
- Drent, R. H. og Daan, S.** 1980. The prudent parent: energetic adjustments in avian breeding. *Ardea* 68: 225-252.
- Gill, J. A., Norris, K., Potts, P. M., Gunnarsson, T. G., Atkinson, P. W. og Sutherland, W. J.** 2001. The buffer effect and large-scale population regulation in migratory birds. *Nature* 412: 436-438.
- Goss-Custard, J. D., Clarke, R. T., Durell, S., Caldow, R. W. G. og Ens, B. J.** 1995. Population consequences of winter habitat loss in a migratory shorebird. II. Model predictions. *Journal of Applied Ecology* 32: 337-351.
- Gudmundsson, G. A.** 2002. *Estimates of population of Icelandic waders*. Unpublished report for the International Wader Study Group Icelandic Institute of Natural History.
- Guðmundur A. Guðmundsson og Arnþor Gardarsson.** 1993. Numbers, geographic distribution and habitat utilization of waders (Charadrii) in spring on the shores of Iceland. *Ecography* 16: 82-93.
- Guðmundur A. Guðmundsson og Arnbór Garðarsson.** 1986. *Fuglaathuganir í Dýrafirði og Önundarfirði 1985*. Fjöldit nr. 23, Líffræðistofnun Háskólangs.
- Guðmundur A. Guðmundsson og Kristinn Haukur Skarphéðinsson.** 2012. Vöktun íslenskra fuglastofna. *Forgangsröðun tegunda og tillögur að vöktun*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-12010.
- Gunnarsson, T. G., Gill, J. A., Newton, J., Potts, P. M. og Sutherland, W. J.** 2005a. Seasonal matching of habitat quality and fitness in a migratory bird. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 272: 2319-2323.
- Gunnarsson, T. G., Gill, J. A., Petersen, A., Appleton, G. F. og Sutherland, W. J.** 2005b. A double buffer effect in a migratory shorebird population. *Journal of Animal Ecology* 74: 965-971.

- Handel, C. M. og Gill, R. E.** 2000. Mate fidelity and breeding site tenacity in a monogamous sandpiper, the black turnstone. *Animal Behaviour* 60: 471-481.
- Harrison, X. A., Blount, J. D., Inger, R., Norris, D. R. og Bearhop, S.** 2011. Carry-over effects as drivers of fitness differences in animals. *Journal of Animal Ecology* 80: 4-18.
- Inger, R., Harrison, X. A., Ruxton, G. D., Newton, J., Colhoun, K., Gudmundsson, G. A., McEelwaine, G., Pickford, M., Hodgson, D. og Bearhop, S.** 2010. Carry-over effects reveal reproductive costs in a long-distance migrant. *Journal of Animal Ecology* 79: 974-982.
- Kam, J. v. d., Ens, B., Piersma, T. og Zwarts, L.** 2004. *Shorebirds: an illustrated behavioural ecology*. Utrecht: KNNV.
- Kjartan Ólafsson.** 1999. *Firðir og fólk 900-1900: Vestur-Ísafjarðarsýsla*. Reykjavík: Búnaðarsamband Vestfjarða.
- Klaassen, M., Lindström, Å., Meltofte, H. og Piersma, T.** 2001. Ornithology - Arctic waders are not capital breeders. *Nature* 413: 794.
- Klima, J. og Johnson, O. W.** 2005. Return rates of male and female monogamous shorebirds to their breeding grounds. *Wader Study Group Bull.* 106: 42-46.
- Leyrer, J., Spaans, B., Camara, M. og Piersma, T.** 2006. Small home ranges and high site fidelity in red knots (*Calidris c. canutus*) wintering on the Banc d'Arguin, Mauritania. *Journal of Ornithology* 147: 376-384.
- Liebezeit, J. R., Smith, P. A., Lanctot, R. B., Schekkerman, H., Tulp, I., Kendall, S. J., Tracy, D. M., Rodrigues, R. J., Meltofte, H., Robinson, J. A., Gratto-Trevor, C., McCaffery, B. J., Morse, J. og Zack, S. W.** 2007. Assessing the development of shorebird eggs using the flotation method: Species-specific and generalized regression models. *Condor* 109: 32-47.
- Liley, D.** 1999. *Predicting the consequences of human disturbance, predation and sea-level rise for Ringed Plover population*. Ph.D. Thesis, Anglia Polytechnic University.
- Lourenco, P. M., Kentie, R., Schroeder, J., Groen, N. M., Hooijmeijer, J. og Piersma, T.** 2011. Repeatable timing of northward departure, arrival and breeding in Black-tailed Godwits *Limosa l. limosa*, but no domino effects. *Journal of Ornithology* 152: 1023-1032.
- Maclean, G. L.** 1972. Clutch size and evolution in Charadrii. *Auk* 89: 299-324.
- Marra, P. P., Hobson, K. A. og Holmes, R. T.** 1998. Linking winter and summer events in a migratory bird by using stable-carbon isotopes. *Science* 282: 1884-1886.
- McKinnon, L. og Bety, J.** 2009. Effect of camera monitoring on survival rates of High-Arctic shorebird nests. *Journal of Field Ornithology* 80: 280-288.
- Meissner, W., Chylarecki, P. og Skakuj, M.** 2010. Ageing and sexing the Ringed Plover *Charadrius hiaticula*. *Wader Study Group Bull.* 117: 99-102.
- Møller, A. P.** 2001. Heritability of arrival date in a migratory bird. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 268: 203-206.
- Morrison, R. I. G., Davidson, N. C. og Piersma, T.** 2005. Transformations at high latitudes: Why do red knots bring body stores to the breeding grounds? *Condor* 107: 449-457.
- Newton, I.** 2008. *The migration ecology of birds*. Academic Press. London.
- Newton, I. og Dale, L.** 1996a. Bird migration at different latitudes in eastern North America. *Auk* 113(3): 626-635.
- Newton, I. og Dale, L.** 1996b. Relationship between migration and latitude among west European birds. *Journal of Animal Ecology* 65: 137-146.

- Norris, D. R., Marra, P. P., Kyser, T. K., Sherry, T. W. og Ratcliffe, L. M.** 2004. Tropical winter habitat limits reproductive success on the temperate breeding grounds in a migratory bird. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 271: 59-64.
- Osborne, B. C.** 1982. Foot-trembling and feeding behaviour in the Ringed Plover *Charadrius hiaticula*. *Bird Study* 29: 209-212.
- Pienkowski, M. W.** 1982. Diet and energy intake of Grey and Ringed Plovers, *Pluvialis squatarola* and *Charadrius hiaticula*, in the non-breeding season. *Journal of Zoology* 197: 511-549.
- Pienkowski, M. W.** 1983. Development of feeding and foraging behaviour in young Ringed Plover *Charadrius hiaticula*, in Greenland and Britain. *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 77: 133-147.
- Pienkowski, M. W.** 1984a. Behavior of young Ringed Plovers *Charadrius hiaticula* and its relationship to growth and survival to reproductive age. *Ibis* 126: 133-155.
- Pienkowski, M. W.** 1984b. Breeding biology and population-dynamics of Ringed Plovers *Charadrius hiaticula* in Britain and Greenland - Nest-predation as a possible factor limiting distribution and timing of breeding. *Journal of Zoology* 202: 83-114.
- Piersma, T. og Wiersma, P.** 1996. Family Charadriidae (Plovers). Í J. d. Hoyo, A. Elliott og J. Sargatal (Ritstj.), *Handbook of the birds of the world*. Barcelona: Lynx Edicions.
- Prater, A. J.** 1976. Breeding Population of the Ringed Plover in Britain. *Bird Study* 23: 155-161.
- Prater, T., Marchant, J. og Vuorinen, J.** 1977. *Guide to the identification and ageing of Holarctic waders*. British Trust for Ornithology.
- Ratikainen, I. I., Gill, J. A., Gunnarsson, T. G., Sutherland, W. J. og Kokko, H.** 2008. When density dependence is not instantaneous: theoretical developments and management implications. *Ecology Letters* 11(4): 417-417.
- Ricklefs, R. E.** 1984. Egg dimensions and neonatal mass of shorebirds. *Condor* 86: 7-11.
- Schroeder, J.** 2010. *Individual fitness correlates in the black-tailed godwit*. Ph.D. Thesis, University of Groningen, Groningen.
- Schroeder, J., Roodbergen, M., Gestel, J. v., Brink, V. v. d., Groen, N. M. og Gerritsen, G. J.** 2010. Associations in male plumage ornamentation and reproductive parameters in the Icelandic Black-tailed Godwit *Limosa limosa islandica*. *Wader Study Group Bull.* 117: 85-90.
- Sigurður Ægisson.** 1992. *Fuglalif í botni Skutulsfjarðar. Könnun gerð á tímabilinu 2. október 1991 – 30. september 1992*.
- Sutherland, W. J.** 1996. Predicting the Consequences of Habitat Loss for Migratory Populations. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 263: 1325-1327.
- Taylor, R. C.** 1980. Migration of the Ringed Plover *Charadrius hiaticula*. *Ornis Scandinavica* 11: 30-42.
- Thorisson, B., Eyjólfsson, V., Gardarsson, A., Albertsdóttir, H. B. og Gunnarsson, T. G.** 2012. The non-breeding distribution of Icelandic Common Ringed Plovers. *Wader Study Group Bull.* 119: 97-101.
- Tómas Grétar Gunnarsson og Böðvar Þórisson.** 2004. Fjölgun jaðrakans í Önundarfirði og Dýrafirði milli 1979 og 2003. *Bliki* 25: 61-65.
- Tómas G. Gunnarsson, Vigfús Eyjólfsson og Böðvar Þórisson.** 2006. Þyngdarbreytingar sandlóá á varptíma. *Bliki* 27: 7-12.

- Wallander, J.** 2001. *Reproductive tactics, mating and parental care system in the Ringed Plover*. Ph.D. Thesis, Göteborg University, Göteborg, Sweden.
- Wallander, J. og Andersson, M.** 2003. Reproductive tactics of the ringed plover *Charadrius hiaticula*. *Journal of Avian Biology* 34: 259-266.
- Wallander, J., Blomqvist, D. og Lifjeld, J. T.** 2001. Genetic and social monogamy - does it occur without mate guarding in the Ringed Plover? *Ethology* 107: 561-572.
- Yann Kolbeinsson.** 2012. *Icelandic migrant news*. Sótt 4.01.2013 af <https://notendur.hi.is/yannk/migrants.htm>
- Porleifur Eiríksson og Böðvar Þórisson.** 2008. *Dýralíf í Önundarfirði og Dýrafirði. Áfangaskýrsla 4: Rannsóknir á fjörum í Önundar- og Dýrafirði*. NV 21-08, Náttúrustofa Vestfjarða.
- Ævar Petersen.** 1998. *Íslenskir fuglar*. Reykjavík: Vaka-Helgafell.



# **Non-breeding distribution of Icelandic Common Ringed Plovers**

Bodvar Thorisson<sup>1,3\*</sup>, Vigfús Eyjólfsson<sup>2</sup>, Arnþor Gardarsson<sup>3</sup>, Hulda Birna Albertsdóttir<sup>1</sup> & Tómas Grétar Gunnarsson<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Westfjords Natural History Institute, Aðalstræti 21, IS-415 Bolungarvík, Iceland

<sup>2</sup>Heimahagi 13, IS-800 Selfossi, Iceland

<sup>3</sup>University of Iceland, Institute of Biology, Askja , IS-101 Reykjavik, Iceland

<sup>4</sup>University of Iceland, S-Iceland Research Centre, Tryggvagata 36, IS-800 Selfoss and Gunnarsholt, IS-851 Hella, Iceland

\*Corresponding author: bodvar@nave.is

## **Abstract**

The Ringed Plover (*Charadrius hiaticula*) has a widespread breeding distribution at temperate and high latitudes in Europe and NE-Canada. Three subspecies have been identified: *C. h. psammodroma* has a breeding range from the Faeroes to NE-Canada, *C. h. hiaticula* breeds in Britain, S-Scandinavia, Northern and Eastern Europe and *C. h. tundrae* breeds from N-Scandinavia to Russia. These populations have a wintering range from Britain to S-Africa and SW-Asia, where *psammodroma* and *tundrae* leap-frog most of the *hiaticula* race by breeding further North and wintering further South. Even though the non-breeding distribution of the Ringed Plover is quite well known, the knowledge of movements of the subspecies from breeding ground to wintering sites is sparse. The Icelandic population (*psammodroma*) has been thought to winter in S-Europe and NW-Africa but only one winter recovery has been reported, in S-Spain. Here we show 104 recoveries of Icelandic Ringed Plovers outside Iceland, 86 sightings of colour ringed birds and 18 recoveries of metal ringed birds. Most recoveries in autumn and spring were from Britain, Ireland and France. In winter most recoveries were from S-Europe and NW-Africa. Icelandic Ringed Plovers leap-frog the British population and probably a part of the S-Scandinavia population.

## Introduction

The Common Ringed Plover (*Charadrius hiaticula*) (henceforth Ringed Plover) is a widespread breeding bird at temperate and high latitudes in Europe, Asia, Greenland and NE-Canada. In Iceland the Ringed Plover breeds mainly along the coastline but also occurs as a breeder in the highlands. The species is migratory, arrives in April and is mostly gone by September. The Icelandic birds have been grouped with birds from NE-Canada, Greenland, the Faeroes and Jan Mayen in the subspecies *C. h. psammmodroma*. Two other subspecies have been recognised; *C. h. hiaticula*, breeding in Britain, Ireland, France, S-Scandinavia and Northern and Eastern continental Europe and *C. h. tundrae*, breeding from N-Scandinavia, Finland, and N-Russia as far as the Bering Strait (Delany *et al.* 2009).

The Icelandic population is estimated at 50,000 breeding pairs (Gudmundsson 2002) which is about half the breeding population of the subspecies *psammmodroma* (Delany *et al.* 2009). This race as well as *hiaticula* winters along the coasts of W-Europe, NW- and W-Africa; and some have been recorded in S-Africa. Most of the *tundrae* subspecies winters in E- and S-Africa and SW-Asia but overlap with the other races is unknown (Delany *et al.* 2009).

The British population is mostly sedentary while breeding birds ringed in S-Norway, S-Sweden, S-Finland, Germany and Denmark have been recovered from Britain to Iberia with a few recoveries in NW-Africa (Taylor 1980, Bakken *et al.* 2003, Bønløkke *et al.* 2006, Fransson *et al.* 2008, Delany *et al.* 2009). Birds ringed during autumn migration in Sweden have been recovered further south than birds ringed there as chicks during the breeding season. Some of the birds ringed on migration in Sweden have been recovered south of 20°N in Africa and are likely of the *tundrae* race (Fransson *et al.* 2008). Birds ringed in Greenland have mostly been recovered in Britain during migration but one bird has been reported in Senegal in late October and one in E-Spain in spring (Lyngs 2003). Birds ringed in Iceland have been recovered from Britain south to NW-Africa. Of those only one bird has been recovered in winter (Nov) and that was in S-Spain. Three birds have been reported in NW-Africa (2 in Morocco, 1 in Western Sahara) in August and April (Taylor 1980).

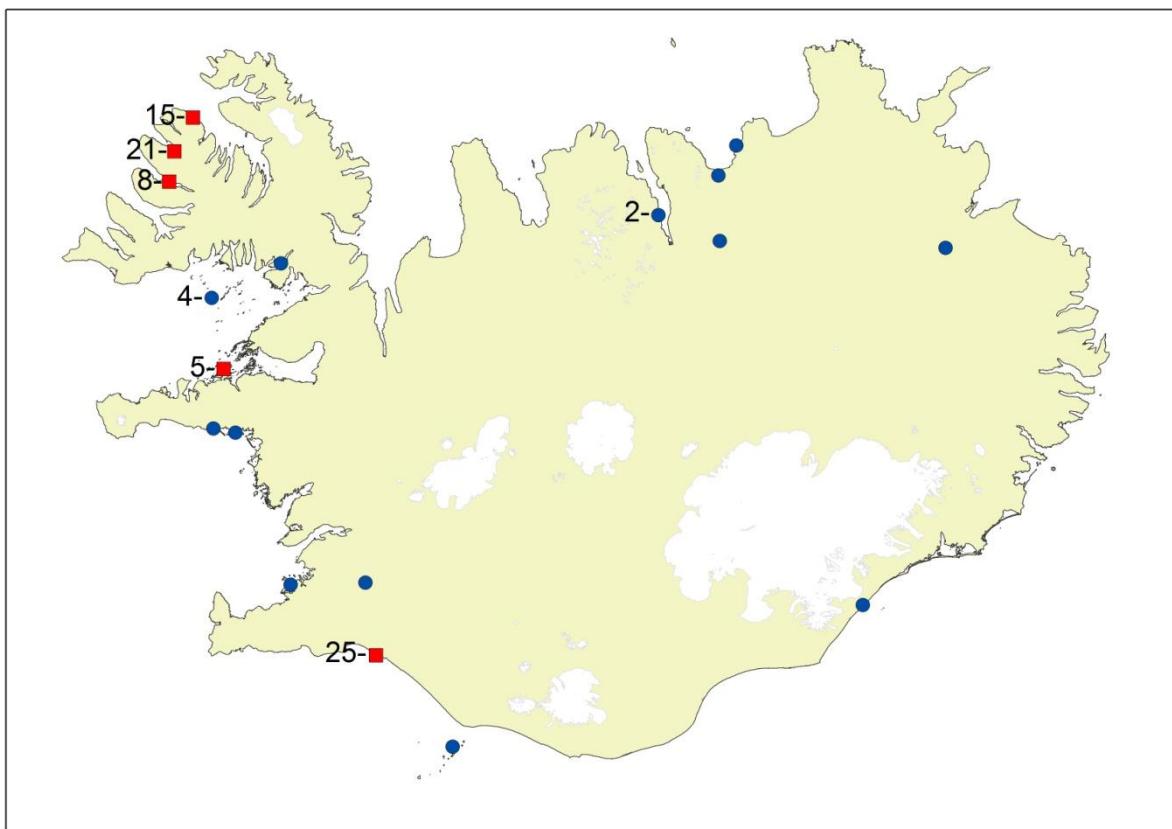
Populations of Ringed Plovers are well-known for their leap-frog migration in which northern breeding populations leap-frog their more southerly breeding conspecifics on autumn migration and winter further South (Newton 2008). Salomonsen (1955) showed that, while the British population is mainly sedentary, S-Scandinavian birds winter in SW-Europe and NW-Africa and N-Scandinavian and Russian birds winter mostly in Africa. Why Ringed Plover have a leap-frog migration is not known but two hypotheses have been presented (e.g. Pienkowski *et al.* 1985). One is that birds winter as close to the breeding grounds as possible, to reduce energy costs. Southern breeders finish breeding earlier than northern breeders and can therefore occupy the closest wintering grounds before the northern birds arrive. There are also indications that birds that winter further North are larger and might therefore have a competitive advantage (Cramp & Simmons 1983, Kam *et al.* 2004, Newton 2008). Icelandic Ringed Plovers are smaller in size than Ringed Plovers in Britain (Cramp & Simmons 1983, Gunnarsson *et al.* 2006) and they leap-frog the British population (Taylor 1980, Cramp & Simmons 1983).

In some species, birds of different age and/or sex may exhibit different migration patterns. Females of many species migrate further than males and juveniles migrate further than adults (Cristol *et al.* 1999, Nebel *et al.* 2002, Newton 2008). Males might select to winter closer to the breeding grounds so they can respond quickly when weather conditions are favourable to secure a territory. Ruff (*Philomachus pugnax*) is an example of a species in which females migrate much further south than males. Ruff females are also smaller which lends support to both hypotheses for size and sex driven variation in migration distance (Gill *et al.* 1995). In some species where females are larger (as among raptors) males migrate further (Cristol *et al.* 1999, Lyngs 2003, Newton 2008). For the Icelandic Ringed Plover there is a small difference in total head length (males are larger) but not in other standard biometrics (Gunnarsson *et al.* 2006). It is not known if there is latitudinal segregation of the sexes in Icelandic plovers but females from S-Sweden had a higher recovery rate in Europe in winter than males which suggests a different non-breeding distribution (Wallander 2001).

The non-breeding distribution of Icelandic Ringed Plovers is not at all well known but Taylor (1980) showed recovery locations of 18 birds ringed in Iceland and recovered elsewhere. Of these, only one was recovered in winter (in Iberia) but it could have originated from Greenland as it was ringed as an adult in October. Two birds ringed as chicks in Iceland were recovered in Morocco in August (Taylor 1980). Since 1980 almost 100 individual Ringed Plovers, that were either metal-ringed or colour-ringed, have been recovered outside Iceland. We have analysed these recoveries to map the nonbreeding distribution of the Icelandic breeding population and to determine the timing of migration and possible sex-related variation in migration patterns.

## Methods

From 2004 to 2011 at three sites in NW-, W- and S-Iceland, incubating Ringed Plovers were caught in nest-traps and individually colour-marked (Figure 1). In addition, unfledged chicks on study sites were ringed with a metal ring. Ringed Plovers have been metal-ringed in Iceland since 1927 and in total 8,528 birds (1,690 full-grown, 6,838 as chicks) have been ringed. In the database of the Icelandic ringing scheme, nine birds were ringed as adults in spring or autumn and could potentially be transient birds breeding in Greenland or Canada. In addition, records of 15 Ringed Plovers that were ringed in other countries and recovered in Iceland were obtained from the Icelandic ringing scheme, but these birds are of unknown breeding origin. In total, 174 recoveries of 115 individuals were available for analysis. Of the 174 recoveries, 128 were used for the analysis (see below). These include 104 recoveries of 91 individuals related to Icelandic breeding birds (see Figure 1 for ringing locations); for the remaining 24 recoveries the breeding location of the bird was unknown.



*Figure 1. Ringing sites of Ringed Plovers in Iceland and number of ringed birds (n=91, breeding birds or chicks) recovered outside Iceland that were used in the analysis. Main study sites are marked with red squares and other ringing sites with filled circles. Numbers of recovered birds are given for sites with > 1 recovered bird.*

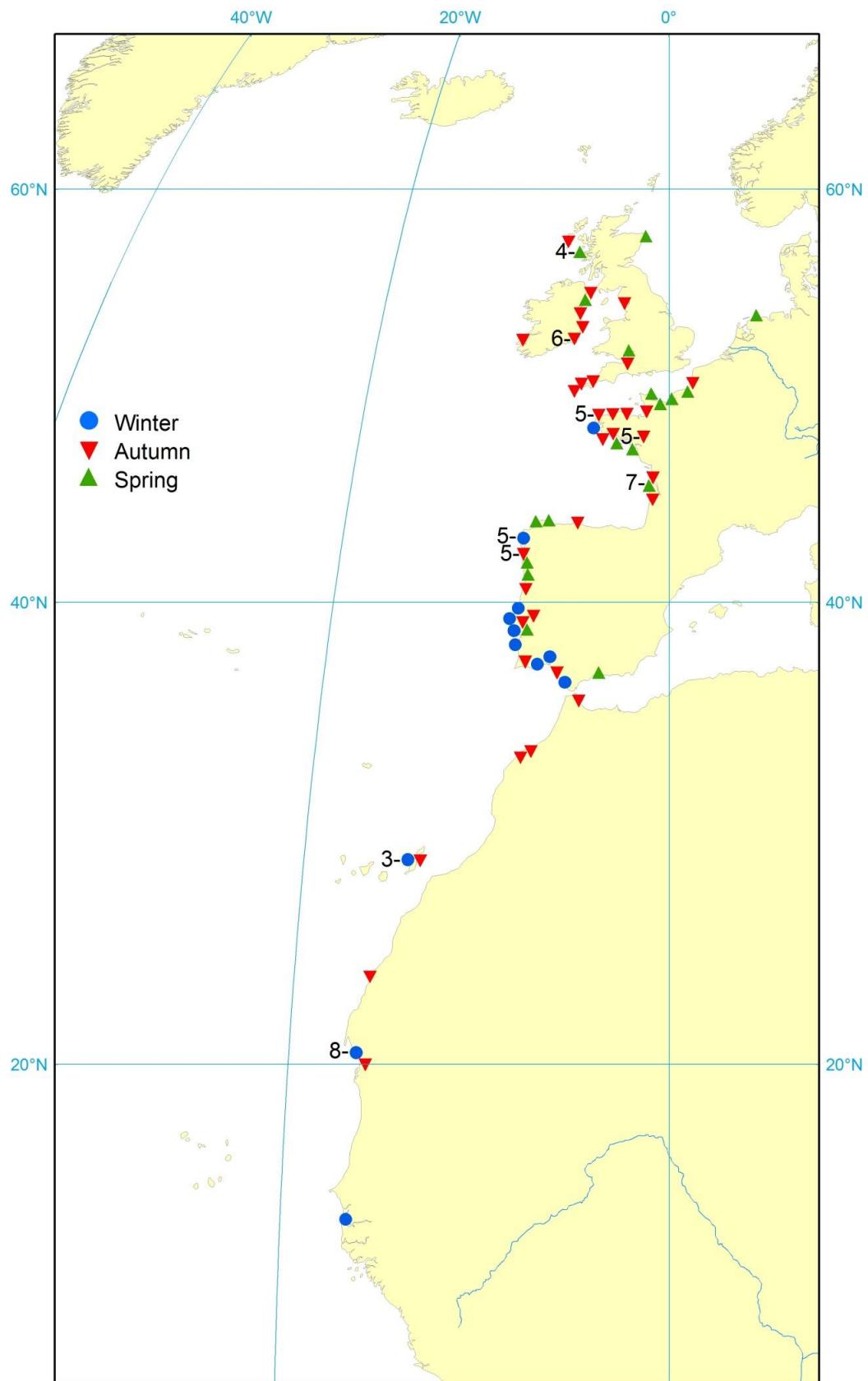
Birds of confirmed Icelandic origin (breeding adults or chicks) were analysed separately from birds of unknown origin (birds ringed in other countries or during migration in Iceland). Non-breeding sightings (outside Iceland) were split into three periods; autumn: Jul–Oct, winter: Nov–Feb and spring: Mar–Jun, and noted with different symbols on the maps. Also, 18 birds were seen outside Iceland more than once. If they were seen in the same area and same season they were treated as one data point but if they were seen in different areas and/or different seasons of the year, their sightings were entered on the map separately.

Adults caught as breeders were sexed on plumage characteristics which allow for sexing of most individuals (Prater *et al.* 1977, Gunnarsson *et al.* 2006, Meissner *et al.* 2010). These birds were individually colour ringed (females = 386, males = 319).

## Results

### Non-breeding distribution

Of the 104 recoveries of Icelandic-breeding Ringed Plovers found away from Iceland, 52 were recovered during autumn migration, 25 in winter and 27 in spring (Figure. 2).



*Figure 2. The non-breeding distribution of Icelandic-breeding Common Ringed Plovers as shown by recoveries and resightings of marked birds in autumn (Jul–Oct), winter (Nov–Feb) and spring (Mar–Jun).*

Of the autumn recoveries, 16 were in Britain and Ireland, 10 in France, 19 in Iberia and 6 in NW-Africa. In winter, there were no recoveries in Britain or Ireland; there was one in France, 12 in Iberia and 12 in W-Africa. The southernmost recovery concerned a bird found dead in Gambia (Bijol Island, 13°N), in January, about seven months after hatching in NW-Iceland. Most recoveries in Africa in winter (8/12) were from Banc d'Arguin Mauritania. In spring, seven recoveries were in Britain and Ireland, one in the Netherlands, 13 in France, six in Iberia and none in Africa. In addition one bird ringed as a chick in Iceland was found dead on a boat near Svalbard on 1 July two years later (not shown on map).

Birds of unknown breeding origin (Table 1) showed largely the same non-breeding distribution as those of confirmed Icelandic origin. However, two birds were recovered in Greenland (ringed in Iceland on 1 June and 12 August) confirming the passage of high-arctic Ringed Plovers through Iceland. One bird ringed as an adult on 27 August in S-Norway was recovered in July in NE-Iceland two years later.

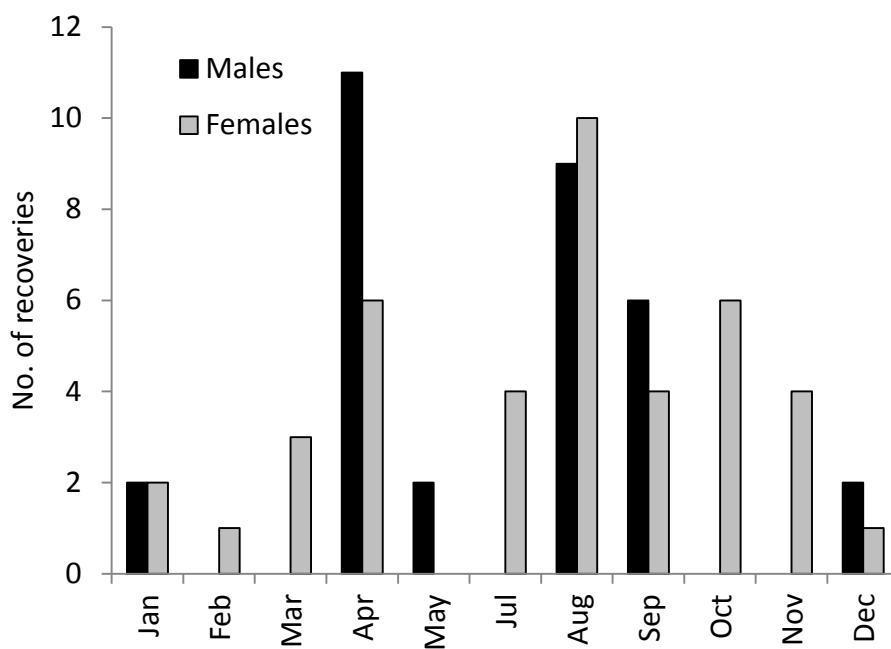
*Table 1. Location of Common Ringed Plovers during the non-breeding period that were ringed in Iceland or recovered there, but are of unknown breeding or natal origin.*

Season	Greenland	Norway	Britain and Ireland	France	Iberia	Africa
Autumn	1	1	7	1	1	1
Winter					1	
Spring	1		5	2	3	

### **Timing of migration**

As many Icelandic Ringed Plovers winter in Iberia and W-Africa, recoveries in France and the British Isles give an idea of the timing and duration of migration. In April there is an abrupt increase in European recoveries, a few in May and none in June which is the peak of the breeding season in Iceland. Autumn migration starts in July, peaks in August and stretches into November (Figure 3). The data suggest a longer autumn migration in females (Figure 3) but are not conclusive due to small sample size.

Some individuals either do not stop in Europe during southward migration or only make a short stopover there. This is indicated by three birds that were recovered in Africa as early as August. One of them (a male) was still on its breeding grounds in NW-Iceland on 24 July 2006 but on 15 August 2006 it was seen on Banc d'Arguin, Mauritania. The two others were unfledged chicks that were recovered in Africa in August the year after ringing so it is possible that they had remained on the wintering grounds for the whole of their first year.



*Figure 3. Number of recoveries of Icelandic Ringed Plovers in W-Europe (outside Iceland) by month for birds of known sex (32 males, 41 females).*

## Discussion

This study confirms what limited evidence had previously suggested (Taylor 1980) that Icelandic Ringed Plovers seem to winter largely in S-Europe and NW-Africa. It is possible that some of the Ringed Plovers that are recorded in S-Europe during Nov-Feb move further South for some part of the winter period, but there are too few repeated recoveries of the same individuals to reveal such movements.

During autumn migration, most Ringed Plovers seem to stop along the coasts of Europe rather than fly direct to Africa although such long-distance flights are known among other small waders (Gudmundsson *et al.* 1991, Scott *et al.* 1994, Dierschke 1998, Lindström *et al.* 2011). Icelandic Ringed Plovers arrive in Britain, Ireland and France in July and August, at the same time as birds from S-Scandinavia (Wallander 2001, Bakken *et al.* 2003, Bønløkke *et al.* 2006, Fransson *et al.* 2008). During spring migration, Icelandic Ringed Plovers are mostly recorded along the coasts of W-Europe and peak passage occurs during a short period in early April, when the first Ringed Plovers are already arriving in Iceland (mean first date 6 April) (Kolbeinsson 2012).

Icelandic Ringed Plovers show similar migration patterns to other European Ringed Plover populations, except for the one that breeds in Britain. In-winter Icelandic birds are mostly reported in Iberia and NW-Africa but birds from S-Scandinavia are mostly reported in Britain, France and Iberia (Wallander 2001, Bakken *et al.* 2003, Bønløkke *et al.* 2006, Fransson *et al.* 2008). Birds ringed in S-Scandinavia that have been reported in Africa are mostly birds ringed as chicks or during autumn migration (Bakken *et al.* 2003, Bønløkke *et al.* 2006, Fransson *et al.* 2008). Birds ringed in S-Scandinavia during autumn migration could originate from further North and are possibly of the *tundrae* race. Icelandic Ringed

Plovers leap-frog the British population and probably a part of the S-Scandinavian population. In winter, it is likely that some birds of all three subspecies mix in the same areas of Iberia and NW-Africa, but the ratios of the subspecies in these places are not known.

Our sample size is too small to test whether there is any latitudinal segregation of the sexes in Icelandic Ringed Plovers in winter. However, Wallander (2001) found a higher proportion of females than males in Europe among a population that bred on the West coast of Sweden. When those birds returned to their breeding areas, there was no difference in arrival time between the sexes (Wallander 2001).

Our knowledge of the non-breeding distribution of Icelandic Ringed Plovers is reduced by variation in colour-ring resighting effort, which is much lower in Africa than in W-Europe. Of the 25 winter recoveries, almost half (12) were in Africa and most of them were from expeditions to Mauritania; there were also three recoveries from the Canary Islands and one from Gambia. In W-Europe, waders are more intensively watched, but even so Europe only accounts for half of the winter recoveries. It therefore seems likely that the majority of Icelandic Ringed Plovers migrate to Africa in winter. But there, their winter distribution is poorly known and is likely to be biased towards Mauritania where intensive fieldwork takes place every winter. Banc d'Arguin in Mauritania and Bijagos Archipelago in Guinea-Bissau are important sites for Ringed Plovers in Africa (Wymenga *et al.* 1990, Salvig *et al.* 1997, Trollet & Fouquet 2004, Delany *et al.* 2009), but they are also widespread in winter along other parts of the coasts of W- and S-Africa (Wearne & Underhill 2005, Delany *et al.* 2009). Further studies are needed to accurately determine the distributions of the different populations and their migration strategies. It is likely that such studies will benefit from recent advances in geolocator technology (Clark *et al.* 2010).

## Acknowledgements

Thanks to the Icelandic Ringing Scheme for recovery data and to all the observers and finders of marked plovers and to all those who helped with ringing. Special thanks to Petrína F. Sigurðardóttir for helping with capturing and ringing. Many thanks to Jutta Leyrer and the team from NIOZ for their help and hospitality when BT joined their expedition to Banc d'Arguin, Mauritania in 2007. Meinte Engelmoer and Mike Pienkowski made helpful comments to the manuscript.

## References

- Bakken, V., Runde, O. & Tjorve, E. 2003. *Norsk ringmerkingatlas*. Stavanger Museum. Stavanger.
- Bønløkke, J., Madsen, J. J., Thorup, K., Pedersen, K. T., Bjerrum, M. & Rahbek, C. 2006. *Dansk Trækfugleatlas*. Rhodos Humlebæk.
- Clark, N. A., Minton, C. D. T., Fox, J. W., Gosbell, K., Lanctot, R. B., Porter, R. R. & Yezerinac, S. 2010. The use of light-level geolocators to study wader movements. *Wader Study Group Bull.* 117: 173–178.
- Cramp, S. & Simmons, K. E. L. 1983. *The birds of western Palaearctic. Vol. III: Waders to Gulls*. Oxford University Press. Oxford.

- Cristol, D. A., Baker, M. B. & Carbone, C.** 1999. Differential migration revisited: Latitudinal segregation by age and sex class. *Current Ornithology* 15: 33-88.
- Delany, S., Dodman, T., Stroud, D. & Scott, D.** 2009. *An Atlas of Wader Populations in Africa and Western Eurasia*. Wetlands International. Wageningen.
- Dierschke, V.** 1998. High profit at high risk for juvenile Dunlins *Calidris alpina* stopping over at Helgoland (German Bight). *Ardea* 86: 59-69.
- Fransson, T., Österblom, H. & Hall-Karlsson, S.** 2008. *Svensk ringmärkningsatlas*. Stockholm Naturhistoriska riksmuseet. Stockholm.
- Gill, J. A., Clark, J., Clark, N. & Sutherland, W. J.** 1995. Sex differences in the migration, moult and wintering areas of British-ringed Ruff. *Ringing and Migration* 16: 159-167.
- Gudmundsson, G. A.** 2002. Estimates of population of Icelandic waders. Unpublished report for the International Wader Study Group. Icelandic Institute of Natural History.
- Gudmundsson, G. A., Lindström, Å. & Alerstam, T.** 1991. Optimal fat loads and long-distance flights by migrating Knots *Calidris canutus*, Sanderlings *C. alba* and Turnstones *Arenaria interpres*. *Ibis* 133: 140-152.
- Gunnarsson, T.G., Eyjólfsson, V. & Pórísson, B.** 2006. Þyngdarbreytingar sandlóa á varptíma. *Bliki* 27: 7-12.
- Kam, J., Ens, B., Piersma, T. & Zwarts, L.** 2004. *Shorebirds: An illustrated behavioural Ecology*. KNNV Publisher. Utrecht.
- Kolbeinsson, Y.** 2012. *Icelandic migrant news* [Online]. Available: <https://notendur.hi.is/yannk/migrants.htm> [Accessed 4.01.2013].
- Lindström, Å., Gill, R. E., Jamieson, S. E., McCaffery, B., Wennerberg, L., Wikelski, M. & Klaassen, M.** 2011. A puzzling migratory detour: are fueling conditions in Alaska driving the movement of juvenile sharp-tailed sandpipers? *Condor* 113: 129-139.
- Lyngs, P.** 2003. Migration and winter ranges of birds in Greenland - An analysis of ringing recoveries. *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 97: 1-167.
- Meissner, W., Chylarecki, P. & Skakuj, M.** 2010. Ageing and sexing the Ringed Plover *Charadrius hiaticula*. *Wader Study Group Bull.* 117: 99-102.
- Nebel, S., Lank, D. B., O'hara, P. D., Fernandez, G., Haase, B., Delgado, F., Estela, F. A., Ogden, L. J. E., Harrington, B., Kus, B. E., Lyons, J. E., Mercier, F., Ortego, B., Takekawa, J. Y., Warnock, N. & Warnock, S. E.** 2002. Western sandpipers (*Calidris mauri*) during the nonbreeding season: Spatial segregation on a hemispheric scale. *Auk* 119: 922-928.
- Newton, I.** 2008. *The migration ecology of birds*. Academic Press. London.
- Pienkowski, M. W., Evans, P. R. & Townshend, D. J.** 1985. Leap-frog and other migration patterns of waders: a critique of the Alerstam and Hogstedt hypothesis, and some alternatives. *Ornis Scandinavica* 16: 61-70.
- Prater, T., Marchant, J. & Vuorinen, J.** 1977. *Guide to the identification and ageing of Holarctic waders*. British Trust for Ornithology.
- Salomonsen, F.** 1955. *The Evolutionary Significance of Bird-Migration*. 62 pp. København.
- Salvig, J. C., Asbjørk, S., Kjeldsen, J. P., Rasmussen, P. a. F., Quade, A., Frikke, J. & Christoffersen, E.** 1997. Coastal waders in Guinea-Bissau - aerial survey results and seasonal occurrence on selected low water plots. *Wader Study Group Bull.* 84: 33-38.

- Scott, I., Mitchell, I. & Evans, P. R.** 1994. Seasonal changes in body mass, body composition and food requirements in wild migratory birds. *Proceedings of the Nutrition Society* 53: 521-531.
- Taylor, R. C.** 1980. Migration of the Ringed Plover *Charadrius hiaticula*. *Ornis Scandinavica* 11: 30-42.
- Trollet, B. & Fouquet, M.** 2004. Wintering waders in coastal Guinea. *Wader Study Group Bull.* 103: 56-62.
- Wallander, J.** 2001. *Reproductive tactics, mating and parental care system in the Ringed Plover*. Ph.D. Thesis, Göteborg University, Göteborg, Sweden.
- Wearne, K. & Underhill, L. G.** 2005. Walvis Bay, Namibia: a key wetland for waders and other coastal birds in southern Africa. *Wader Study Group Bull.* 107: 24-30.
- Wymenga, E., Engelmoer, M., Smit, C. J. & Vanspanje, T. M.** 1990. Geographical breeding origin and migration of waders wintering in West-Africa. *Ardea* 78: 83-112.



# **The importance of early arrival for migratory birds when breeding success is unpredictable**

Bodvar Thorisson<sup>1,3\*</sup>, Vigfús Eyjólfsson<sup>2</sup>, Arnþor Gardarsson<sup>3</sup>, Tómas Grétar Gunnarsson<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Westfjords Natural History Institute, Aðalstræti 21, IS-415 Bolungarvík, Iceland

<sup>2</sup>Heimahagi 13, IS-800 Selfossi, Iceland

<sup>3</sup>University of Iceland, Institute of Biology, Askja, IS-101 Reykjavik, Iceland

<sup>4</sup>University of Iceland, S-Iceland Research Centre, Tryggyagata 36, IS-800 Selfoss and Gunnarsholt, IS-851 Hella, Iceland

\*Corresponding author: bodvar@nave.is

## **Abstract**

Bird species which breed where breeding failure is high and unpredictable have limited options for adjusting their breeding effort. Life history strategies in such species, like the plovers (*Charadrius* spp.), are adapted to high rates of clutch losses with the capacity for frequent re-nesting and a prolonged breeding period. In migratory species, there is a scope for lengthening the window for breeding, by migrating earlier in spring. Timing of spring migration is also under selection through its effect on mortality rates and seasonal influence on breeding success through factors such as territory acquisition and in some systems, seasonal changes in food abundance. Here the phenology of spring migration and timing of nesting were studied in relation to breeding success in Common Ringed Plovers (*Charadrius hiaticula*). The studies were conducted between 2004-2011 on individually marked populations in NW- and S-Iceland. Ringed Plovers generally arrived on breeding sites in late April and early May and the arrival dates of individuals in consecutive years were repeatable. Females arrived slightly but significantly earlier than males. Individual timing of nesting was also repeatable and earlier arrivals tended to lay earlier despite having a longer gap between arrival and laying than later arrivals. Nest survival was generally very low but variable and neither sites nor years had a significant effect on hatching success. Ringed Plovers frequently re-nested when failed with the vast majority re-laying once or twice. When sites were combined, seasonal patterns in nest survival were not evident nor did individuals explain a significant part of the variation in nesting success between years. The hatching dates of marked chicks that later recruited as adults on the study sites were not significantly different from the background hatching dates in the year of their hatching on their natal sites. When clutches failed, the earlier arriving birds in spring seemed to have more time for re-nesting and were more likely to have three nesting attempts than later arriving birds. Ringed Plovers have a hard life to hatch their clutches due to high and unpredictable failure rates. The scope for increasing breeding success, by arriving earlier to allow for more re-nesting attempts may have a significant effect on fitness during the lifespan of Ringed Plovers. Early arrival in spring also contributes to other important factors like securing a territory and a mate which may produce a strong selection on long-term reproductive success.

## Introduction

Early arrival of migratory birds is often correlated with increased fitness through processes such as territory acquisition and the ability to tolerate unfavourable conditions (Møller 1994, 2001, Kokko 1999). Early birds have an advantage in competition for resources and mates (Aebischer *et al.* 1996, Lozano *et al.* 1996, Newton 2008). Males are often the first to arrive (Myers 1981, Francis & Cooke 1986, Cristol *et al.* 1999, Newton 2008) but females that arrive early have more high quality males and territories to choose from (Bensch & Hasselquist 1992). There is also evidence that early arrivals, start laying earlier than late arrivals which is often beneficial for breeding success operating through seasonal changes in resources (Cristol 1995, Smith & Moore 2005). Several studies support that earlier arriving or laying individuals tend to have higher breeding success (Aebischer *et al.* 1996, Perrins 1996, Kokko 1999, Currie *et al.* 2000, Møller 2001). In territorial birds, synchronized arrival of the sexes is also important (Gunnarsson *et al.* 2004) as the earlier the males arrive, the earlier females are able to lay eggs which also enables them to raise more broods (Aebischer *et al.* 1996, Blomqvist *et al.* 2001) and the time to re-nest after failed nesting attempt is longer (Lozano *et al.* 1996). Populations that breed at high latitudes have short breeding seasons and many of them have to rely on a peak in food resources for raising their offspring successfully (Schekkerman *et al.* 1998, Kam *et al.* 2004). The short season at high latitudes can also restrict the number of nesting attempts (Byrkjedal & Thompson 1998, Naves *et al.* 2008). The patterns described above are likely to apply mostly to populations which breed in predictable environments where probability of raising young varies strongly with season, because of predictability in weather, timing of resource peaks or other events that put variation in timings of arrival and breeding under evolutionary pressure. However, many species breed under unpredictable conditions where variation in seasonal resource abundance is low, predation patterns or influential weather events are stochastic. For such populations it is not clear how evolution would favour different strategies in timing of arrival and breeding in terms of maximising breeding success.

The Common Ringed Plover (*Charadrius hiaticula*) is a monogamous shorebird with a breeding range from the temperate zone to the High Arctic (Cramp & Simmons 1983, Delany *et al.* 2009, Thorisson *et al.* 2012). It is known for frequent re-nesting after nesting failure and up to five nesting attempts have been recorded in temperate areas (Prater 1974, Pienkowski 1984b, Liley 1999, Wallander *et al.* 2001). This is probably because, like many related species, Ringed Plovers breed in very exposed sandy areas where predation pressure and disturbance are generally very high (Wallander & Andersson 2003, Liley & Sutherland 2007). In temperate areas the Ringed Plover can also produce a second brood if the first attempt is early and successful (Prater 1974, Cramp & Simmons 1983, Pienkowski 1984b, Wallander & Andersson 2003). Food resources for chicks, both in northerly populations in Greenland and southerly populations in England, are abundant for most of the breeding season (Pienkowski 1984a) suggesting that Ringed Plovers may generally not experience the pronounced peak in resource abundance which affects chick survival and affects the evolution in timings, especially in northerly breeding species (Schekkerman *et al.* 1998, Tulp & Schekkerman 2008).

An estimated one-third of the world population of Ringed Plovers breeds in Iceland but the population has been estimated at 50 thousand pairs (Gudmundsson 2002, Gunnarsson *et al.*

2006a) migrating from wintering grounds in W-Africa and S-Europe (Delany *et al.* 2009, Thorisson *et al.* 2012). They are widespread breeders across the country from core populations along the coast to more scattered breeding in the highlands. Ringed Plovers arrive on the breeding grounds in mid April to early May and incubation starts in mid May (this paper). Populations in S- and NW-Iceland were studied for eight years from 2004. Around 500 breeding adults were colour-marked and individual timings of spring arrival and laying were recorded each year and all nesting attempts followed throughout the season. This detailed dataset allowed us to a) estimate the temporal and spatial variation in breeding success, b) relate that variation to individual timing of arrival on the breeding grounds and timing of laying c) assess the strategies in timings used by migratory birds, when they are faced with poor predictability of conditions on the breeding grounds.

## Methods

### Study sites

The study was conducted on three sites in Iceland. Two in NW-Iceland: Holt ( $66^{\circ}01'N$ ,  $23^{\circ}26'W$ ) and Bolungarvik ( $66^{\circ}08'N$ ,  $23^{\circ}14'W$ ) and one in S-Iceland: Stokkseyri ( $63^{\circ}50'N$ ,  $21^{\circ}03'W$ ). Stokkseyri was monitored from 2004-2011, Holt from 2004-2010 and Bolungarvik from 2005-2011. Holt is a  $1\text{ km}^2$  sparsely vegetated coastal plain adjacent to a mudflat which is a key passage site for Ringed Plovers and other migrant shorebirds from a large area. Bolungarvik study area consists mainly of three patches of Ringed Plover habitat, on sand near the coast and further inland on gravel, which amount to  $1\text{ km}^2$  in total. In 2005-6 only about half of the study area in Bolungarvik was monitored. Stokkseyri site is a narrow sandy shoreline (15 km) with several sheltered bays. The site consists of the shoreline and few inland patches, which amount to a total area of  $0.9\text{ km}^2$ .

### Marking of individuals

In the years 2004-2011 incubating adults ( $n=486$ ) have been caught in nest-traps and individually marked with colour rings. At two sites and neighbouring area in NW-Iceland about 750 unfledged chicks have been metal ringed. Adults caught as breeders were sexed on plumage characteristics which allow sexing of most individuals (Prater *et al.* 1977, Gunnarsson *et al.* 2006, Meissner *et al.* 2010).

### Timing of arrival

Study sites and nearby coastal areas, where Ringed Plovers congregate before establishing up territories, were monitored daily from early April to late May. Systematic searches were made for individually marked plovers on each visit and their arrival dates recorded. Birds, recorded after 25 May, were excluded from the analysis of arrival as search effort for arrivals decreased at that time due to initiation of nest finding. Repeatability in timing of arrival was calculated according to Lessells & Boag (1987). Standard error (SE) was calculated following Becker (1992). It is important to bear in mind that the repeatability can be low for two reasons: high within-individual variation or low between-individual variation (Pulido 2007, Nakagawa & Schielzeth 2010). A general linear model (GLM) was used to test whether there were differences in average timing of arrival of the sexes and

between years and sites. A full factorial model was first tested with non-significant terms sequentially removed to produce a minimum adequate model.

To test if wintering locations of birds were related to timing of arrival in spring we compared mean arrival dates of birds which had been found in Africa during the non-breeding season to those which were found during winter (Oct-Feb) in Europe (Thorisson *et al.* 2012). We assumed that all birds which were seen in Africa wintered there but one bird there (in Mauritania in August) did not fall into the defined winter period.

### **Monitoring of nests**

Nests of Ringed Plovers were most often found by flushing the incubating bird and watching them return to the nest from within a car or another hide. The positions of all nests were described and GPS coordinates recorded so it was not necessary to mark the nests to relocate them. All eggs were measured (length and breadth) and their incubating stage estimated by floating them in water (Liebezeit *et al.* 2007). From the incubation stage the laying date of the first egg was back-calculated using 30 days nesting period from the first egg to hatching (Laven 1940, Cramp & Simmons 1983, Wallander 2001). Nests were observed throughout the incubation period or until they were lost or the chicks had left. Same was done with re-nesting attempts. Repeatability in timing of first egg was calculated as for timing of arrival. Daily survival rate of nest and nest success was calculated by the Mayfield (1975) method and standard error was calculated according to Johnson (1979). If an individual or a pair was known to have more than one breeding attempt in the same year then only the first attempt was used in calculation. A nest was considered successful if at least one chick hatched. Nesting success (daily survival rate of first nests) was compared between study sites with a GLM, with site as a fixed factor and year as a covariate.

### **Inter annual territory fidelity and relationship with breeding success**

One of the key drivers of variation in breeding success is local site or territory quality. Territory quality is difficult to separate from individual quality but the two are likely to be correlated. If individuals show high fidelity to breeding territories between years and variation in territory quality within sites affects breeding success, variation in breeding success of individuals in different years should be lower than variation in success between individuals. To explore this we measured breeding dispersal distances for the sexes separately. This was only done for Bolungarvik as that site is well defined geographically. Only the first two years which a bird was located nesting were used and the distance between consecutive nest sites (first attempts of the year) were measured. The dispersal distances of the sexes were compared with a GLM with a poisson error distribution and a log link function. We then estimated the individual effect on variation in breeding success of the more territory faithful sex with repeated measures GLM with a binomial distribution and logit link function.

## **Relationship between arrival and timing of nesting**

To isolate the relative arrival time of individuals it was necessary to control for annual variation in arrival dates. A new reference point was made by scaling arrival within a year to the overall mean arrival of all years of the study (mean of the mean arrival each year) to which the arrival of individuals within a year were compared. For example, if mean arrival in year x was on day 120 and the overall mean was 130, ten days were added to all dates from year x and the same was done for the data from each year to make years comparable. The same procedure was carried out for the timing of first nesting attempts. The relationship between mean individual timing of nesting and mean individual timing of arrival was then compared by linear regression. Individuals that were recorded with arrival date 5 days or less before their first egg, were excluded from the data set from that year. Males of songbirds and waders have well developed gonads on arrival (Morrison *et al.* 2005, Bauchinger *et al.* 2007) but females of passerines and small waders need probably at least 4 days for yolk formation and one day for the egg formation and laying the first egg (Roudybush *et al.* 1979, Vezina & Salvante 2010).

## **Relationship between hatch dates and recruitment**

Fledgling success was not studied in detail but the timing of hatching of chicks which were later recruited as adults on the study sites or neighbour area can give an estimate of the relative importance of timing of laying on chick survival. This rests on the assumption that recruiting birds are more likely to have survived than birds that do not recruit. And hence the comparison of the age of successful recruits to the underlying distribution of hatch dates gives an estimate of seasonal patterns in chick survival. Hatch date of chicks which later returned to the study sites to breed as adults, was determined as the timing of the first egg in the clutch they hatched from (timing of incubation is almost fixed). The null model to which the hatch date of surviving chicks was compared to was the mean timing of clutch initiation for the year of hatching on that site. Mean chick hatch date was compared to the mean of all chicks on that year-site with a paired t-test.

# **Results**

## **Phenology**

Ringed Plovers generally arrived on the study sites between 15 April and 10 May. Marked birds arrived on average 5 days later in Bolungarvik (5 May) than in Holt and Stokkseyri (30 April). The average first sighting of marked birds was in Holt 15 April, in Stokkseyri 19 April and in Bolungarvik 23 April (Table 1). There was a significant difference in timing of arrival between sexes (females earlier:  $F_{1,689} = 4.61$ ,  $P = 0.032$ ) and between sites (Bolungarvík later than other sites:  $F_{2,689} = 19.18$ ,  $P < 0.001$ ; full model:  $F_{9,698} = 6.01$ ,  $P < 0.001$ ). No interaction terms were significant and the main effects model is reported. The mean initiation of first clutches was generally around 25-30 May. Laying dates were earlier in Holt than in Bolungarvik for the first two attempts but not for the third (Table 1).

*Table 1. Average arrival dates by sexes and sites. Average laying dates of 1st egg in three attempts. Dates are ordinal days (121 = 1<sup>st</sup> May).*

Arrival/egg laying	Holt	Bolungarvik	Stokkseyri
Male arrival ± SE	121.6 ± 0.61	125.1 ± 1.04	119.5 ± 0.86
Female arrival ± SE	119.1 ± 0.77	124.8 ± 0.97	120.8 ± 1.05
Egg laying 1 <sup>st</sup> attempt	139.8 ± 0.57	145.7 ± 0.90	
Egg laying 2 <sup>nd</sup> attempt	157.6 ± 1.19	160.3 ± 1.71	
Egg laying 3 <sup>rd</sup> attempt	163.1 ± 2.09	163.3 ± 4.46	

Individual males and females were repeatable in the timing of arriving on the breeding grounds and also in the timing of nest initiation (date of first egg), except for females in Bolungarvik (Table 2).

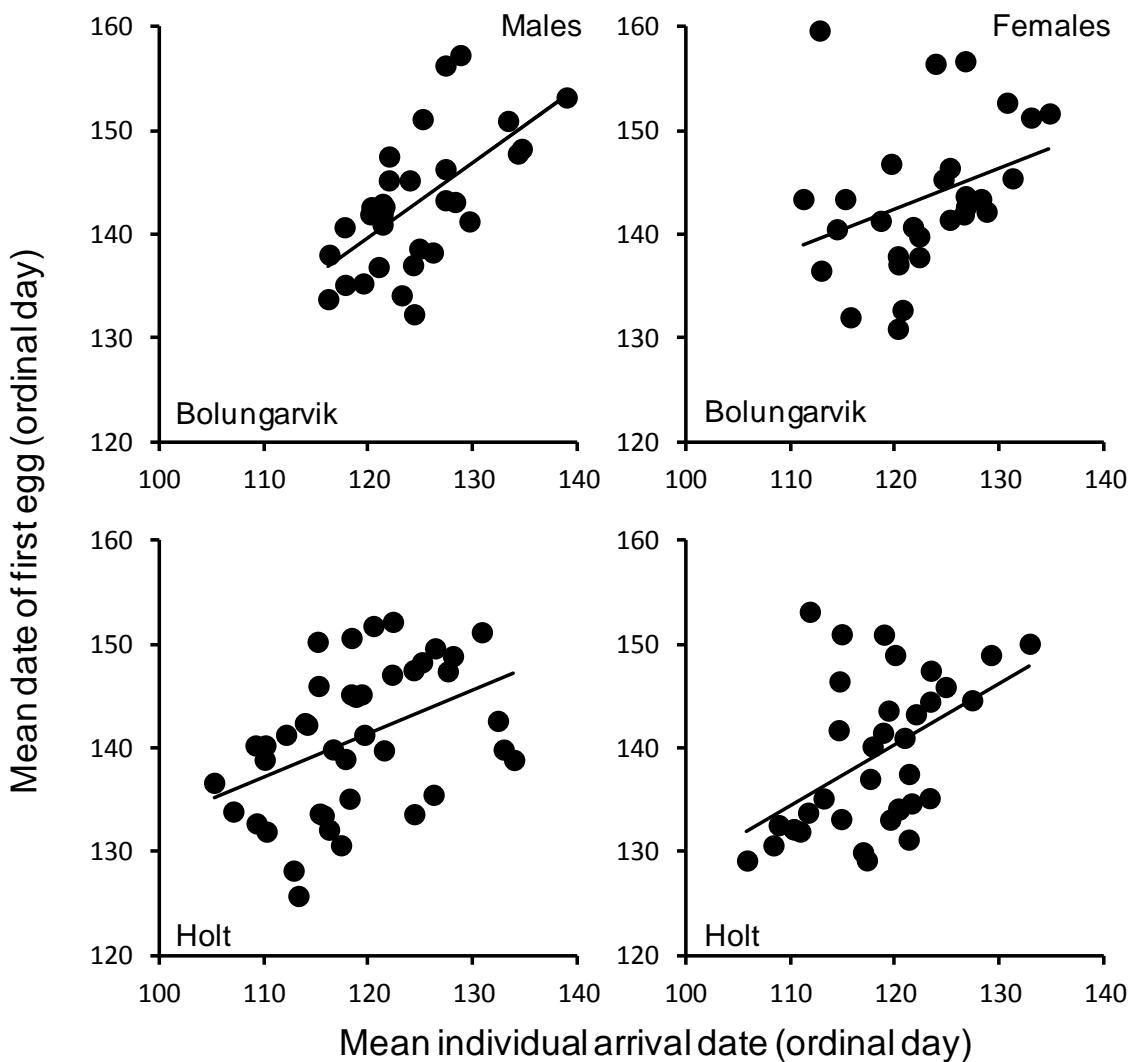
*Table 2. Repeatability of Ringed Plover, for both sexes, in the date of arrival at Holt, Bolungarvik and Stokkseyri, and laying date (first egg) in Holt and Bolungarvik. n<sub>0</sub> is a coefficient related to the sample size per group in the analysis of variance.*

Sites	Sex	Repeatability	± SE	n <sub>0</sub>	F statistic	P value
<b>Arrival</b>						
Holt	Male	0.53	± 0.010	3.403	F <sub>49,117</sub> = 4.853	<0.001
Holt	Female	0.57	± 0.009	2.942	F <sub>57,110</sub> = 4.857	<0.001
Bolungarvik	Male	0.32	± 0.032	2.746	F <sub>21,36</sub> = 2.812	<0.05
Bolungarvik	Female	0.44	± 0.035	3.040	F <sub>17,34</sub> = 3.399	<0.01
Stokkseyri	Male	0.53	± 0.028	3.313	F <sub>18,44</sub> = 4.783	<0.001
Stokkseyri	Female	0.44	± 0.036	2.358	F <sub>18,26</sub> = 2.879	<0.01
<b>Laying first egg</b>						
Holt	Male	0.31	± 0.017	3.216	F <sub>34,78</sub> = 2.463	<0.001
Holt	Female	0.22	± 0.020	2.799	F <sub>31,58</sub> = 1.792	<0.05
Bolungarvik	Male	0.42	± 0.018	3.054	F <sub>31,66</sub> = 3.191	<0.001
Bolungarvik	Female	0.19	± 0.020	2.737	F <sub>31,56</sub> = 1.651	0.051

Of birds which arrival times in spring were known for, eight had been found wintering in Africa and seven in Europe. As sample sizes were necessarily small the sexes were pooled for the comparison. The proportions of males (5 and 3) and females (3 and 4) were similar between both continents (Africa and Europe respectively) and did not affect the results. Birds wintering in Europe arrived significantly earlier (mean 116.7 ± 1.73, range 110-123) than birds wintering in Africa (mean 123.6 ± 2.23, range 115-136) (t-test: t = 2.37, P = 0.034). Excluding an outlier (Africa winterers arriving on day 136 = 16<sup>th</sup> May) did not change the significance of the result (P = 0.05).

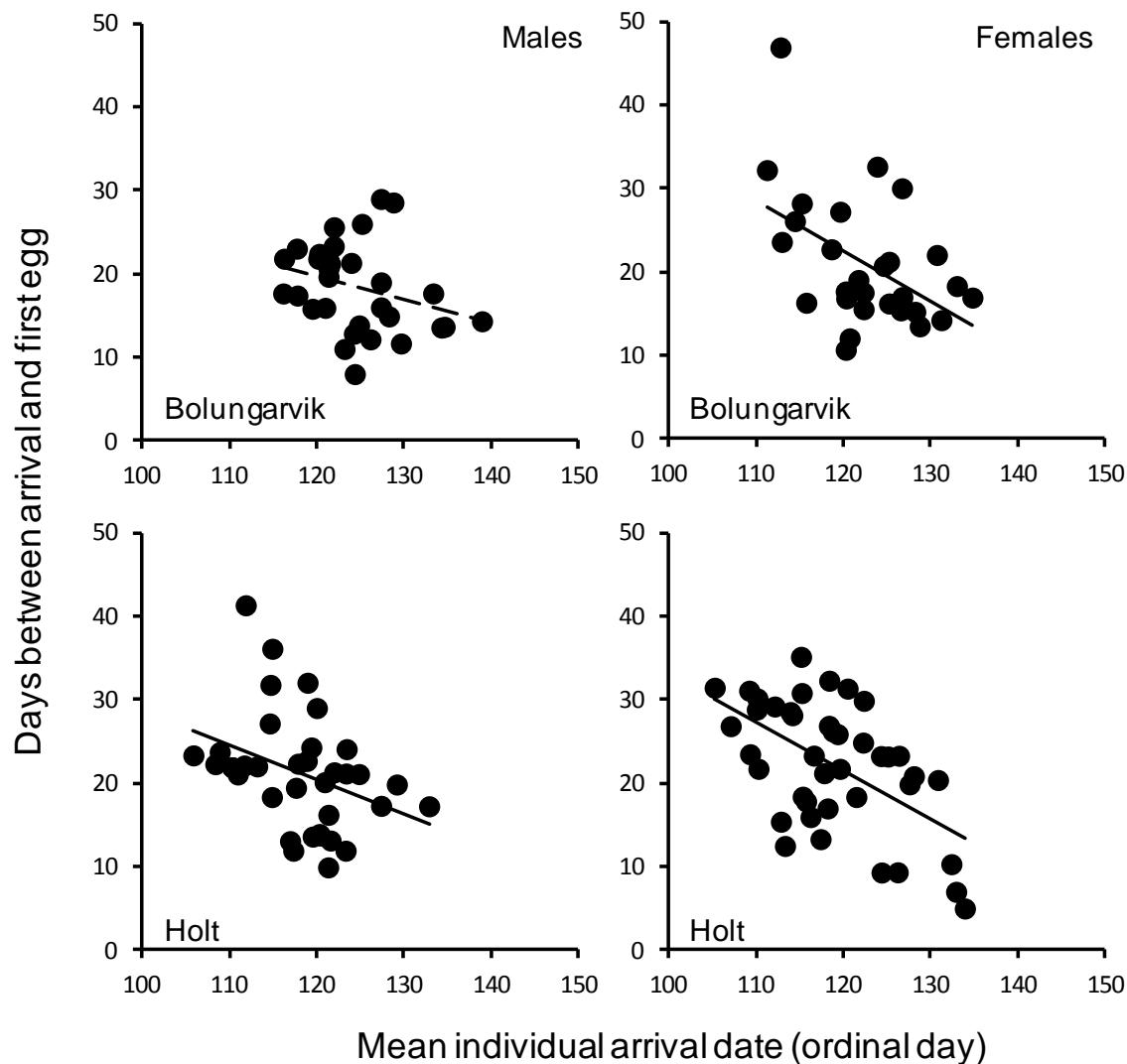
## Relationship between arrival and timing of nesting

Individuals who arrived earlier, initiated first nesting attempts earlier on average than later birds and arrival explained from 12-39% of the variation in nesting dates when comparing mean individual arrival to mean individual nesting (Figure 1).



*Figure 1. Mean individual timing (standardized ordinal days, 120 = 30 April) of arrival and 1st egg in Bolungarvik and Holt for the sexes. Bol.males (n=31):  $R^2=0.39$ ,  $y=0.7273x+52.369$ ,  $p<0.001$  Bol.females (n=29):  $R^2=0.12$ ,  $y=0.3929x+95.288$ ,  $p=0.07$  (excluding outlier in Bol.females the relationship is:  $R^2=0.31$ ,  $y=0.6053x+68.414$ ,  $p=0.002$ ), Holt.males (n=41):  $R^2=0.19$ ,  $y=0.4163x+91.471$ ,  $p=0.005$ , Holt.females (n=36):  $R^2=0.24$ ,  $y=0.5905x+69.496$ ,  $p=0.003$ .*

Despite earlier arrivals generally laying earlier, the pre-laying period (time gap between arrival and laying of first egg) was generally significantly longer for earlier arrivals than for later arrivals except for males in Bolungarvik (Figure 2).



*Figure 2. Mean individual timing (standardized ordinal days, 120 = 30 April) of arrival and pre-laying period (Bol. males:  $R^2=0.08$ ,  $y=-0.2727x+52.369$ ,  $p=0.118$ , Bol. females:  $R^2=0.24$ ,  $y=-0.06071x+95.288$ ,  $p=0.007$  (excluding outlier in Bol.females:  $R^2=0.16$ ,  $y=-0.3947x+68.414$ ,  $p=0.037$ ), Holt, males:  $R^2=0.31$ ,  $y=-0.5837x+91.471$ ,  $p<0.001$ , Holt, females:  $R^2=0.13$ ,  $y=-0.4095x +69.496$ ,  $p=0.031$ ).*

## Breeding success

### General patterns in nest success

Hatching success was highly variable in space and time and there was no significant difference in daily survival rates of first attempt nests between the three main study sites or between years (Table 3) (GLM, both site and year included as fixed factors; Site:  $F_{2,221}=2.936$ ,  $P=0.079$ ; Year:  $F_{7,21}=0.712$ ,  $P=0.410$ ). Interaction terms were not included as we were interested in consistent or predictable variation in hatching success but some sites will inevitable be better than others in some years. The most common reason for nest failure was predation which can amount up to 100% of failed nests.

*Table 3. Estimation of nest (first attempt) survival at three sites in Iceland, between the years 2004 and 2011. Nest days = total number of days which nests were under observation; DSR = daily survival rate (Mayfield 1975), SE = standard error of DSR (Johnson 1979); nest success is the probability of nest hatching successfully after full incubation (30 days).*

Year	Sites	Nest days	hatched/total	DSR	(SE)	Nest success %
2004	Holt	157	14/15	0.994	(0.006)	82.6
	Stokkseyri	140	4/15	0.921	(0.023)	8.6
2005	Holt	916	43/51	0.991	(0.003)	76.9
	Bolungarvík	54	4/6	0.963	(0.026)	32.2
	Stokkseyri	255	7/19	0.953	(0.013)	23.5
2006	Holt	436	2/49	0.892	(0.015)	3.3
	Bolungarvík	168	8/9	0.994	(0.006)	83.6
	Stokkseyri	128	5/16	0.914	(0.025)	6.7
2007	Holt	544	11/49	0.930	(0.011)	11.4
	Bolungarvik	401	18/28	0.975	(0.008)	46.9
	Stokkseyri	174	5/19	0.920	(0.021)	8.1
2008	Holt	349	11/35	0.931	(0.014)	11.8
	Bolungarvik	394	17/24	0.982	(0.007)	58.4
	Stokkseyri	218	13/15	0.991	(0.006)	75.8
2009	Holt	258	8/21	0.950	(0.014)	21.2
	Bolungarvik	276	18/28	0.964	(0.964)	33.1
	Stokkseyri	90	5/9	0.956	(0.022)	25.6
2010	Holt	125	2/19	0.864	(0.031)	1.2
	Bolungarvik	427	21/31	0.977	(0.007)	49.1
	Stokkseyri	80	3/8	0.938	(0.027)	14.4
2011	Stokkseyri	56	2/4	0.964	(0.025)	33.6
	Bolungarvik	264	12/22	0.962	(0.012)	31.4

### Territory related nest success

To explore whether hatching success was related to local patch quality (territory) or individuals it was necessary to assess variation in breeding dispersal as individual success was available for consecutive years but territory boundaries were unclear. The distances between nests from the same individuals in consecutive breeding years were highly positively skewed (Figure 3). Females dispersed on average significantly further than males between consecutive years with 50% of females moving less than 200 m but 80% of males (GLM, Poisson distribution with log link: Parameter estimate (female) =  $0.637 \pm 0.0105$  SE, Z= 60.42, P < 0.0001).

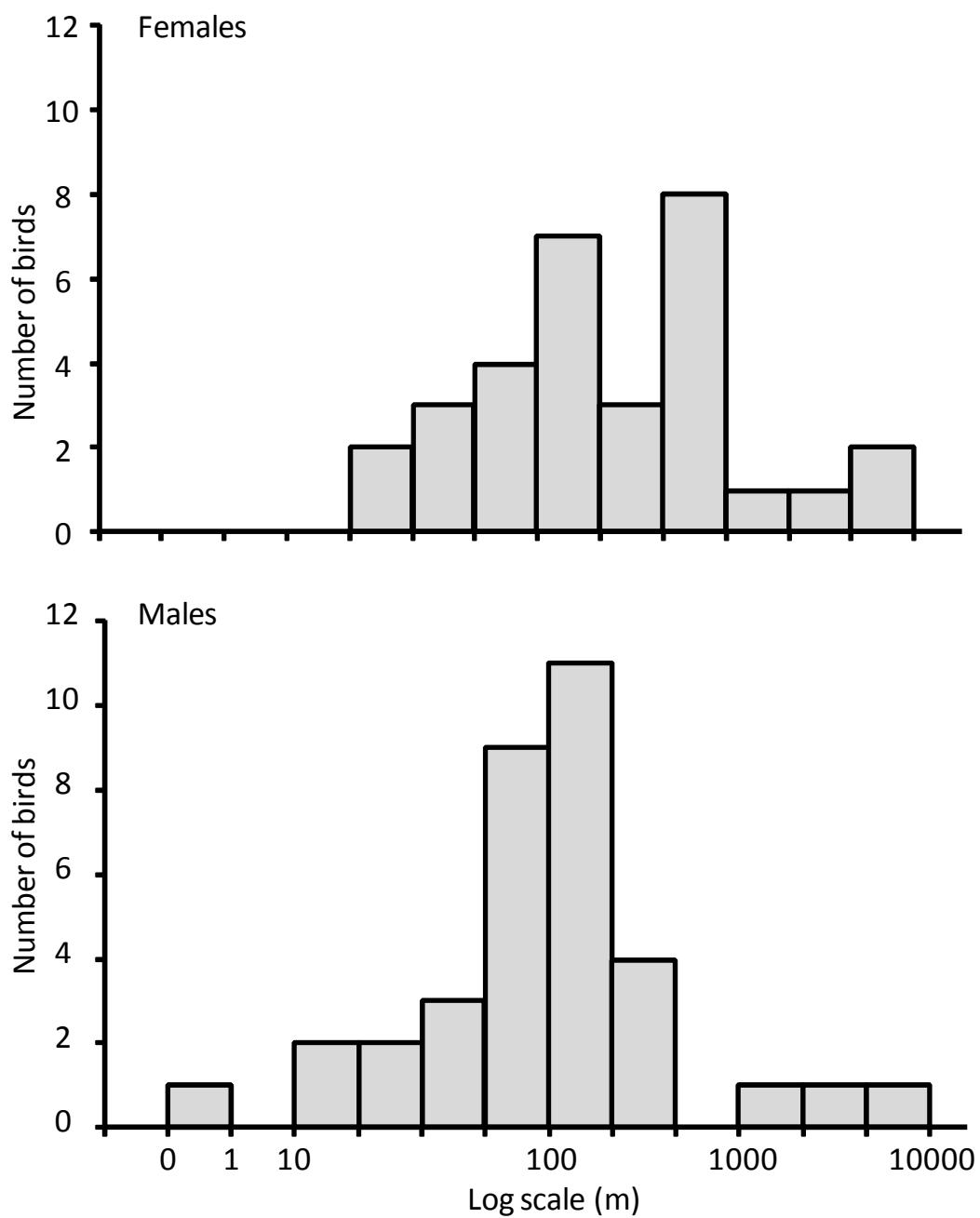


Figure 3. Distances in m (log scale) between nest locations of individual females and males in Bolungarvik in consecutive years.

To assess the effects of territory/individual quality on hatching success we tested whether individual males (the more territory faithful sex) tended to have higher or lower hatching success. During 2004-2011 (maximum 7 years hatching success per individual), including all nesting attempts, the individual factor did not contribute significantly to explaining variation in hatching success implying that stochastic events dominate hatching success at the territory scale (GLM, repeated measures, binomial distribution with, logit link: Parameter estimate  $0.347 \pm 0.255$  SE,  $Z = 1.361$ ,  $P = 0.174$ ).

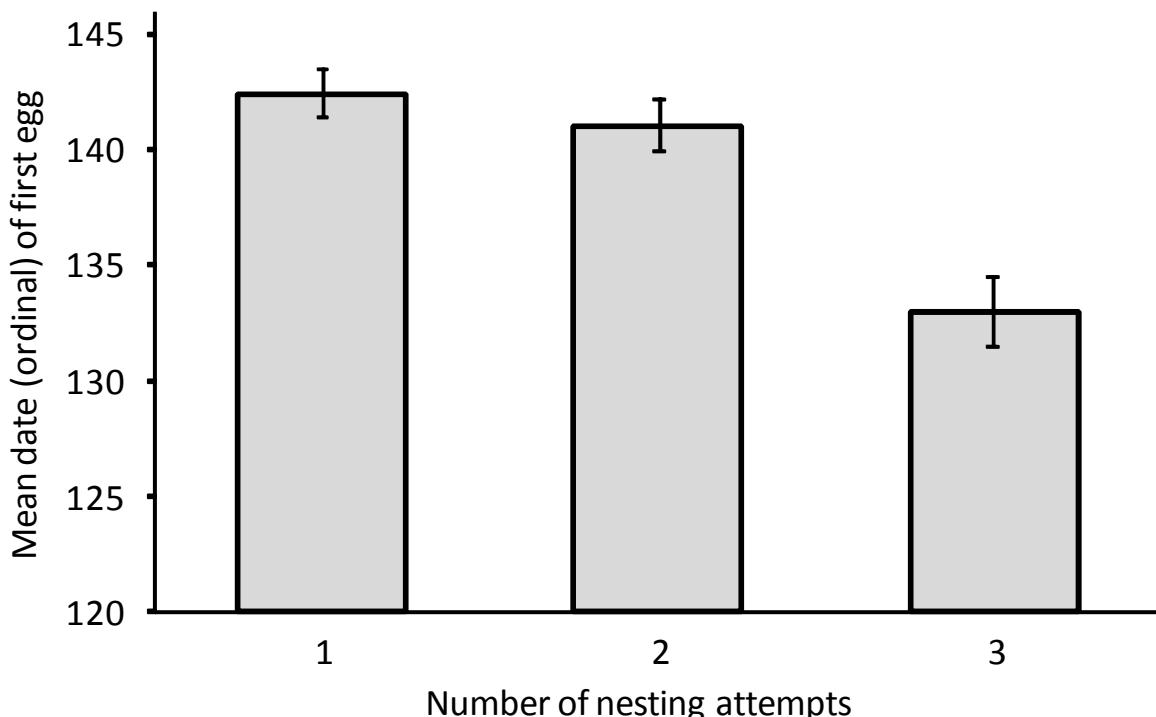
## **Seasonal patterns in nest success**

If there is a predictable seasonal trend in nesting success, individuals could be expected to adjust their investment accordingly. To assess this we constructed a logistic regression model which predicted hatching success based on initiation date (ordinal) of clutches. As there was neither an effect of site, year nor individuals on hatching success, other predictors than timing of nesting were excluded. In total 514 nests from Bolungarvik and Holt from 2004 to 2011 were included in the analysis, which spanned the entire breeding season of Ringed Plovers but no effect of season on hatching success was found ( $\beta = -0.003$ ,  $SE = 0.007$ , Wald = 0.161,  $P = 0.688$ ).

## **Relationships between phenology and breeding success**

### **Nest success**

As variation in nesting success within individuals (between years) was as high as variation between individuals and timing of arrival and nest initiation was repeatable a direct relationship between phenology and nest survival is unlikely to be evident. However, due to the high failure rate of nests and frequent re-laying, timing of laying could be expected to affect the re-nesting potential. Indeed, the number of attempts of re-laying individuals could have upon failure of earlier clutches was highly dependent upon the timing of initiation of the first clutch (ANOVA for males:  $F_{2,140} = 8.890$ ,  $P < 0.001$ , breeding started significantly earlier for birds which put in three attempts than one or two, Figure 3).



*Figure 4. Mean date (ordinal) of first egg in a nesting attempt (135 = 15 May) in relation to the maximum number of nesting attempts per pair.*

## Hatching dates of recruited birds

Overall 22 birds, which hatched in Holt and Bolungarvik sites during the study period, were later recruited as breeders. The mean day of clutch initiation (index of hatch day) for birds which later recruited as adults was on ordinal day 147 (27 May), whereas the mean of the comparative values for all chicks (split by year and site) was 146 (26 May: paired t-test;  $t = 0.406$ ,  $df = 21$ ,  $P = 0.689$ ). This suggests that the hatching dates of chicks that survived and later recruited to study sites were typical of hatching dates on their natal sites in their year of hatching (Figure 5).

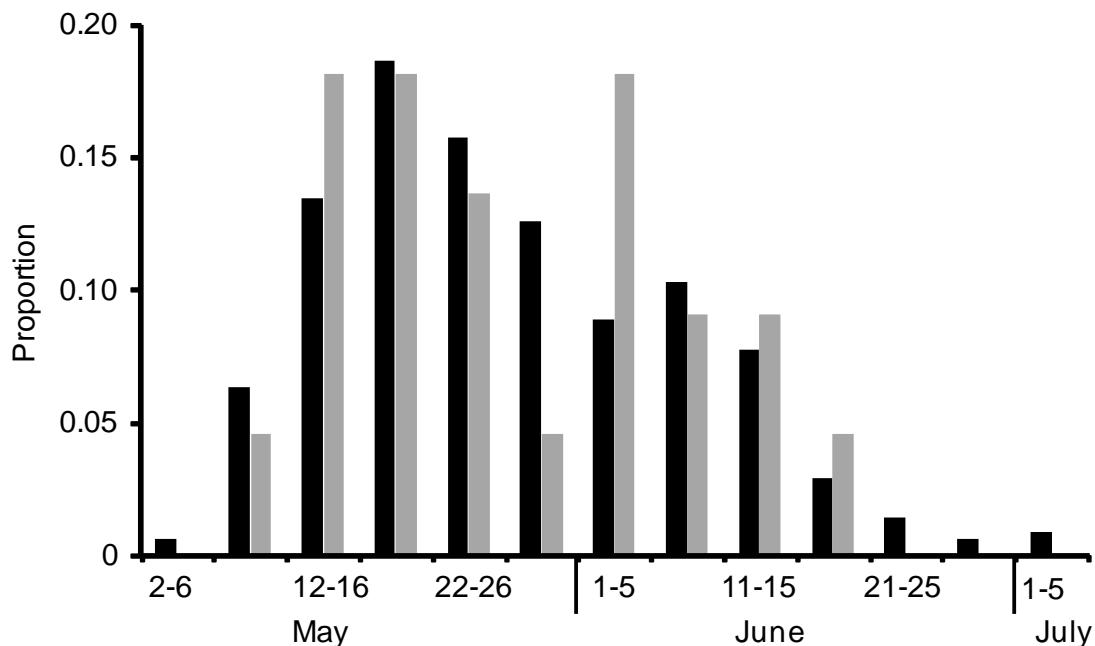


Figure 5. Distribution of nest initiation dates of chicks (grey bars) which later recruited as breeding adults in comparison to the distribution of all nests initiation dates that hatched chicks (black bars).

## Discussion

### Phenology

Most Ringed Plovers arrived on their breeding grounds between 15 April and 10 May and females on average two days earlier than males. In S-Sweden a difference in the arrival time of the sexes was not found (Wallander 2001). Both sexes were repeatable in their timing of arrival and this has been shown for other species of migratory birds (Møller 2001, Gunnarsson *et al.* 2006b, Pulido 2007, Lourenco *et al.* 2011). Both sexes were also repeatable in timing of laying except females in Bolungarvik. Males had a higher repeatability in laying but this could be because of their higher territory fidelity than of females and they spend less time in finding a territory and a partner. Repeatability was higher for arrival than laying except for males in Bolungarvik (Table 2). Higher repeatability in arriving than in laying has also been shown for Black-tailed Godwits (Lourenco *et al.* 2011) and an explanation could be that local conditions in the breeding period are more diverse than during the migrating period. During the study period, birds

have experienced a cold spell in three springs in NW-Iceland with very cold weather and snow in mid and late May which is about the time of mean laying for the 1<sup>st</sup> nesting attempt (Table 1). This could delay the timing of laying for some birds and reduce repeatability in the timing of laying.

Timing of arrival explained between 12-39% in the variation of laying dates and was highest for males in Bolungarvik and lowest for females at same site. The relationship is stronger for females (31%) if one outlier is excluded but that data point was probably affected by severe weather in mid May in 2011 and a longer period of snow cover on that site. Other studies have shown a correlation between timing of arrival and laying especially for territorial birds (Aebischer *et al.* 1996, Lozano *et al.* 1996, Tryjanowski *et al.* 2004). Earlier arrivals had a longer pre-laying period than late arrivals even though they started on average earlier. This has also been shown in Black-tailed Godwits (Lourenco *et al.* 2011) and in capital breeders like geese and swans (Klaassen *et al.* 2006). The benefits of early arrival can both be a marginal effect on the probability of re-laying for earlier birds but early arrival is also important for securing a territory and a mate (Aebischer *et al.* 1996, Kokko 1999). The evidence is accumulating that earlier arriving migratory birds tend to have experienced better conditions during winter and are likely to have wintered on higher quality sites (Marra *et al.* 1998). Whether this holds true for Icelandic Ringed Plovers remains unclear but they have a wide ranging winter distribution in coastal habitats from S-Europe to W-Africa where wintering conditions are likely to be variable (Thorisson *et al.* 2012). Although the sample size was small, there was a significant difference in mean arrival time of individuals which had been wintering in Europe (arrived earlier) or in Africa. The arrival dates of these two groups did, however, fall into the main distribution of arrival dates of all birds so other drivers (e.g. individual factor) of variation in arrival dates, than winter location, are likely to be important. The benefit of early arrival driven by winter site location (ca. week difference in arrival), which can affect the re-nesting potential, is thus probably quite small given that the arrival period spans approx. one month. Trade-offs between migration distance and winter site quality of Ringed Plovers, e.g. variation in survival or body condition may well be important (e.g. Alves *et al.* in press) but need further investigation. These seasonal links suggest however, that carry-over effects from winter to summer may well be important in driving fitness variation in Ringed Plovers.

## Breeding success

Hatching success was highly variable between years and sites and Ringed Plovers probably have limited information through which to mediate reproductive effort on arrival in spring. Hatching success was high in Holt in 2004 and 2005 but in 2006 almost all nests were preyed upon and the success has been low ever since. In general nest survival of Ringed Plovers is very low (Prater 1974, Pienkowski 1984b, Liley 1999, Jackson & Green 2000, Wallander 2001) but it did get up to 80% in this study in some years. There was no seasonal trend evident in nest survival and chicks that were later recruited as breeders were from nests which were initiated throughout the main breeding season (Figure 5) as has been shown in England and Sweden (Liley 1999, Wallander & Andersson 2003). This suggests that survival of chicks is not strongly affected by seasonal processes like peaks in food abundance or systematic seasonal variation in chick predation. Prey availability and chick growth rates were not studied in detail for this study but studies in Greenland and

Britain suggested that food for Ringed Plover chicks was abundant throughout the season (Pienkowski 1983, 1984a).

Males showed higher territory fidelity than females and 80% of males nested within 200 m in consecutive years. Despite this level of fidelity, individual males were as variable in their hatching success between years as were different males. Predation is the main cause of nest failure on the study sites, and although some sites do better in some years, no systematic trend was found in nest survival, neither between sites, years nor for individuals. Predation on nests seems to be the major driver of variation in breeding success of Ringed Plovers throughout their range (Pienkowski 1984b, Liley 1999, Wallander 2001) and same applies for many other waders (Page *et al.* 1985, Jackson & Green 2000, MacDonald & Bolton 2008).

Earlier arriving birds that start to breed earlier can have up to three nesting attempts upon failure (Figure 4). The individuals which re-nested most often when failed started laying significantly earlier in spring. As nest failure rates seem to be stochastic, early arrival and laying, followed by an increased re-nesting potential upon failure may be the best option for Ringed Plovers to increase their chances of raising a brood. The latest laying dates of eggs which have hatched on the study sites are in the end of June which is likely to be the latest Ringed Plovers can successfully start a nest which is likely to produce chicks in Iceland. The variation in timing of laying of the first clutch in spring (almost a month) suggests that the earliest arrivals in spring have most of May and June to produce clutches whereas the birds that lay latest have only June. Assuming everything else is equal, the earliest laying birds have double the chance of hatching a clutch than the latest laying birds. Given that individual birds are repeatable in both their timing of arrival and laying dates, early individuals will have this larger window of breeding each breeding year. The fitness consequences of the increased re-nesting potential, obtained by earlier arrival, may be slim when individual years are considered but may be significant when calculated over the life span of individuals. Further exploration of the fitness advantage of early arrival, which operates through increased time for breeding, could be done with simulation modelling which would incorporate variation in survival rates of nests and timing of arrival and laying throughout the estimated lifespan of individuals (Etterson *et al.* 2011).

Other benefits of earlier arrival are that early birds have an advantage in competing for territories, resources and mates and it has been shown in many studies that the breeding success of early arrivals is higher than of late arrivals (Aebischer *et al.* 1996, Kokko 1999). Such processes may be just as important for early arrivals as the benefit obtained from increased re-nesting potential. Birds which fail to secure a territory or a mate do not enter the pool of individually marked birds which constitute the study population and it is probable that the birds under study have already undergone strong selection which operates through timing of migration and individual quality.

## References

- Aebischer, A., Perrin, N., Krieg, M., Studer, J. & Meyer, D. R.** 1996. The role of territory choice, mate choice and arrival date on breeding success in the Savi's warbler *Locustella luscinoides*. *Journal of Avian Biology* 27: 143-152.

- Alves, J. A., Gunnarsson, T. G., Hayhow, D. B., Appleton, G. F., Potts, P. M., Sutherland, W. og Gill, J.A.** in press. Costs, benefits and fitness consequences of different migratory strategies. *Ecology*.
- Bauchinger, U., Van't Hof, T. & Biebach, H.** 2007. Testicular development during long-distance spring migration. *Hormones and Behavior* 51: 295-305.
- Becker, W. A.** 1992. *Manual of quantitative genetics*. Academic Enterprises. Pullman, Wash.
- Bensch, S. & Hasselquist, D.** 1992. Evidence for active female choice in a polygynous warbler. *Animal Behaviour* 44: 301-311.
- Blomqvist, D., Wallander, J. & Andersson, M.** 2001. Successive clutches and parental roles in waders: the importance of timing in multiple clutch systems. *Biological Journal of the Linnean Society* 74: 549-555.
- Byrkjedal, I. & Thompson, D.** 1998. *Tundra plovers: the Eurasian, Pacific and American golden plovers and grey plover*. T & A D Poyser. London.
- Cramp, S. & Simmons, K. E. L.** 1983. *The birds of western Palaearctic. Vol. III: Waders to Gulls*. Oxford University Press. Oxford.
- Cristol, D. A.** 1995. Early arrival, initiation of nesting, and social status: an experimental study of breeding female red-winged blackbirds. *Behavioral Ecology* 6: 87-93.
- Cristol, D. A., Baker, M. B. & Carbone, C.** 1999. Differential migration revisited: Latitudinal segregation by age and sex class. *Current Ornithology* 15: 33-88.
- Currie, D., Thompson, D. B. A. & Burke, T.** 2000. Patterns of territory settlement and consequences for breeding success in the Northern Wheatear *Oenanthe oenanthe*. *Ibis* 142: 389-398.
- Delany, S., Dodman, T., Stroud, D. & Scott, D.** 2009. *An Atlas of Wader Populations in Africa and Western Eurasia*. Wetlands International. Wageningen.
- Etterson, M. A., Ellis-Felege, S. N., Evers, D., Gauthier, G., Grzybowski, J. A., Mattsson, B. J., Nagy, L. R., Olsen, B. J., Pease, C. M., Van Der Burg, M. P. & Potvien, A.** 2011. Modeling fecundity in birds: Conceptual overview, current models, and considerations for future developments. *Ecological Modelling* 222: 2178-2190.
- Francis, C. M. & Cooke, F.** 1986. Differential timing of spring migration in Wood Warblers (Parulinae). *Auk* 103: 548-556.
- Gudmundsson, G. A.** 2002. Estimates of population of Icelandic waders. Unpublished report for the International Wader Study Group. Icelandic Institute of Natural History.
- Gunnarsson, T. G., Gill, J. A., Sigurbjornsson, T. & Sutherland, W. J.** 2004. Pair bonds - Arrival synchrony in migratory birds. *Nature* 431: 646.
- Gunnarsson, T. G., Gill, J. A., Appleton, G. F., Gislason, H., Gardarsson, A., Watkinson, A. R. & Sutherland, W. J.** 2006a. Large-scale habitat associations of birds in lowland Iceland: Implications for conservation. *Biological Conservation* 128: 265-275.
- Gunnarsson, T. G., Gill, J. A., Atkinson, P. W., Gelinaud, G., Potts, P. M., Croger, R. E., Gudmundsson, G. A., Appleton, G. F. & Sutherland, W. J.** 2006b. Population-scale drivers of individual arrival times in migratory birds. *Journal of Animal Ecology* 75: 1119-1127.
- Jackson, D. B. & Green, R. E.** 2000. The importance of the introduced hedgehog (*Erinaceus europaeus*) as a predator of the eggs of waders (Charadrii) on machair in South Uist, Scotland. *Biological Conservation* 93: 333-348.

- Johnson, D. H.** 1979. Estimating nest success: the Mayfield method and an alternative. *Auk* 96: 651-661.
- Kam, J. V. D., Ens, B., Piersma, T. & Zwarts, L.** 2004. *Shorebirds: an illustrated behavioural ecology*. KNNV. Utrecht.
- Klaassen, M., Abraham, K. F., Jefferies, R. L. & Vrtiska, M.** 2006. Factors affecting the site of investment, and the reliance on savings for arctic breeders: the capital-income dichotomy revisited. *Ardea* 94: 371-384.
- Kokko, H.** 1999. Competition for Early Arrival in Migratory Birds. *Journal of Animal Ecology* 68: 940-950.
- Laven, H.** 1940. Beiträge zur Biologie des Sandregenpfeifers (*Charadrius hiaticula* L.). *Journal für Ornithologie* 88: 183-287.
- Lessells, C. M. & Boag, P. T.** 1987. Unrepeatable repeatabilities: a common mistake. *Auk* 104: 116-121.
- Liebezeit, J. R., Smith, P. A., Lanctot, R. B., Schekkerman, H., Tulp, I., Kendall, S. J., Tracy, D. M., Rodrigues, R. J., Meltofte, H., Robinson, J. A., Gratto-Trevor, C., McCaffery, B. J., Morse, J. & Zack, S. W.** 2007. Assessing the development of shorebird eggs using the flotation method: Species-specific and generalized regression models. *Condor* 109: 32-47.
- Liley, D.** 1999. *Predicting the consequences of human disturbance, predation and sea-level rise for Ringed Plover population*. Ph.D. Thesis, Anglia Polytechnic University.
- Liley, D. & Sutherland, W. J.** 2007. Predicting the population consequences of human disturbance for Ringed Plovers *Charadrius hiaticula*: a game theory approach. *Ibis* 149: 82-94.
- Lourenco, P. M., Kentie, R., Schroeder, J., Groen, N. M., Hooijmeijer, J. & Piersma, T.** 2011. Repeatable timing of northward departure, arrival and breeding in Black-tailed Godwits *Limosa l. limosa*, but no domino effects. *Journal of Ornithology* 152: 1023-1032.
- Lozano, G. A., Perreault, S. & Lemon, R. E.** 1996. Age, arrival date and reproductive success of male American Redstarts *Setophaga ruticilla*. *Journal of Avian Biology* 27: 164-170.
- Macdonald, M. A. & Bolton, M.** 2008. Predation on wader nests in Europe. *Ibis* 150: 54-73.
- Marra, P. P., Hobson, K. A. & Holmes, R. T.** 1998. Linking winter and summer events in a migratory bird by using stable-carbon isotopes. *Science* 282: 1884-1886.
- Mayfield, H. F.** 1975. Suggestions for calculating nest success. *Wilson Bulletin* 87: 456-466.
- Meissner, W., Chylarecki, P. & Skakuj, M.** 2010. Ageing and sexing the Ringed Plover *Charadrius hiaticula*. *Wader Study Group Bull.* 117: 99-102.
- Moller, A. P.** 1994. Phenotype-dependent arrival time and its consequences in a migratory bird. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 35: 115-122.
- Moller, A. P.** 2001. Heritability of arrival date in a migratory bird. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 268: 203-206.
- Morrison, R. I. G., Davidson, N. C. & Piersma, T.** 2005. Transformations at high latitudes: Why do red knots bring body stores to the breeding grounds? *Condor* 107: 449-457.
- Myers, J. P.** 1981. A test of three hypotheses for latitudinal segregation of the sexes in wintering birds. *Canadian Journal of Zoology* 59: 1527-1534.

- Nakagawa, S. & Schielzeth, H.** 2010. Repeatability for Gaussian and non-Gaussian data: a practical guide for biologists. *Biological Reviews* 85: 935-956.
- Naves, L. C., Lanctot, R. B., Taylor, A. R. & Coutsoubos, N. P.** 2008. How often do Arctic shorebirds lay replacement clutches? *Wader Study Group Bull.* 115: 2-9.
- Newton, I.** 2008. *The migration ecology of birds*. Academic Press. London.
- Page, G. W., Stenzel, L. E. & Ribic, C. A.** 1985. Nest site selection and clutch predation in the Snowy Plover. *Auk* 102: 347-353.
- Perrins, C. M.** 1996. Eggs, egg formation and the timing of breeding. *Ibis* 138: 2-15.
- Pienkowski, M. W.** 1983. Development of feeding and foraging behaviour in young Ringed Plover *Charadrius hiaticula*, in Greenland and Britain. *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 77: 133-147.
- Pienkowski, M. W.** 1984a. Behavior of Young Ringed Plovers *Charadrius hiaticula* and its relationship to growth and survival to reproductive age. *Ibis* 126: 133-155.
- Pienkowski, M. W.** 1984b. Breeding biology and population-dynamics of Ringed Plovers *Charadrius hiaticula* in Britain and Greenland - nest-predation as a possible factor limiting distribution and timing of breeding. *Journal of Zoology* 202: 83-114.
- Prater, A. J.** 1974. Breeding biology of the Ringed Plover *Charadrius hiaticula*. *Proceedings IWRB Wader Symposium*: 15-22.
- Prater, T., Marchant, J. & Vuorinen, J.** 1977. *Guide to the identification and ageing of Holarctic waders*. British Trust for Ornithology.
- Pulido, F.** 2007. Phenotypic changes in spring arrival: evolution, phenotypic plasticity, effects of weather and condition. *Climate Research* 35: 5-23.
- Roudybush, T. E., Grau, C. R., Petersen, M. R., Ainley, D. G., Hirsch, K. V., Gilman, A. P. & Patten, S. M.** 1979. Yolk formation in some Charadriiform birds. *Condor* 81: 293-298.
- Schekkerman, H., Van Roomen, M. W. J. & Underhill, L. G.** 1998. Growth, behaviour of broods and weather-related variation in breeding productivity of Curlew Sandpipers *Calidris ferruginea*. *Ardea* 86: 153-168.
- Smith, R. J. & Moore, F. R.** 2005. Arrival timing and seasonal reproductive performance in a long-distance migratory landbird. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 57: 231-239.
- Thorisson, B., Eyjólfsson, V., Gardarsson, A., Albertsdóttir, H. B. & Gunnarsson, T. G.** 2012. The non-breeding distribution of Icelandic Common Ringed Plovers. *Wader Study Group Bull.* 119: 97-101.
- Gunnarsson, T. G., Eyjólfsson, V. & Þórisson, B.** 2006. Þyngdarbreytingar sandlóá á varptíma. *Bliki* 27: 7-12.
- Tryjanowski, P., Sparks, T. H., Ptaszyk, J. & Kosicki, J.** 2004. Do White Storks *Ciconia ciconia* always profit from an early return to their breeding grounds? *Bird Study* 51: 222-227.
- Tulp, I. & Schekkerman, H.** 2008. Has prey availability for arctic birds advanced with climate change? Hindcasting the abundance of tundra arthropods using weather and seasonal variation. *Arctic* 61: 48-60.
- Vezina, F. & Salvante, K. G.** 2010. Behavioral and physiological flexibility are used by birds to manage energy and support investment in the early stages of reproduction. *Current Zoology* 56: 767-792.
- Wallander, J.** 2001. *Reproductive tactics, mating and parental care system in the Ringed Plover*. Ph.D. Thesis, Göteborg University, Göteborg, Sweden.
- Wallander, J. & Andersson, M.** 2003. Reproductive tactics of the Ringed Plover *Charadrius hiaticula*. *Journal of Avian Biology* 34: 259-266.

**Wallander, J., Blomqvist, D. & Lifjeld, J. T.** 2001. Genetic and social monogamy - does it occur without mate guarding in the Ringed Plover? *Ethology* 107: 561-572.