

Gróðurframvinda í Surtsey

BORGÞÓR MAGNÚSSON
SIGURÐUR H. MAGNÚSSON
og
JÓN GUÐMUNDSSON

Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Keldnaholti, 112 Reykjavík

YFIRLIT

Greint er frá rannsóknum á framvindu gróðurs í Surtsey, en þar hefur verið fylgst með landnámi plantna og sett niður snið og fastir reitir (100 m²) til gróðurmælinga. Í eyggi hafa fundist 44 tegundir háplantna frá árinu 1965 en af þeim voru 35 tegundir til staðar sumarið 1995. Fjöldi tegunda í Surtsey er nú orðinn meiri en í öðrum úteyjum Vestmannaeyja og í Surtsey finnast þrjár tegundir sem hafa ekki verið skráðar annars staðar í eyjunum. Fyrstu tvo áratugin námu 20 tegundir land í Surtsey og voru flestar þeirra strand- og sandplöntur sem bárust einkum með sjó eða fuglum til eyjarinnar. Mikil aukning varð á landnámi á þriðja áratuginum en þá fannst 21 ný tegund og voru þær allar, utan ein, í varpi sílamáfs og silfuramáfs sem tók að myndast í eyggi á því tímabili. Líklegt er að máfarnir hafi borið flestar þessar tegundir til Surtseyjar, en margar þeirra eru algengar í fuglabyggðum í Vestmannaeyjum.

Á ófrjóum vikri og sandorpu hrauni í Surtsey, þar sem áburðaráhrifa af máfunum gætt lítið, hafa numið land fjölærar, jurtkenndar tegundir með öflugt rótarkerfi og klónvöxt, en fjöruarfi, melgresi og bláililja eru bestu dæmin um það. Landnám fjöruarfa hefur gengið best fyrir sig, er hann langútbreiddasta tegundin og getur þekja hans numið allt að 20%. Þar sem fjöruarfinn hefur vaxið lengst hefur þekja hans staðið í stað eða minnkað síðustu ár. Tvær plöntutegundir finnast nú að meðaltali í reitum utan máfavarpsins og nemur heildarþekja þeirra um 4%.

Í máfavarpinu, sem tók að myndast á suðurhluta eyjarinnar um 1985 og hefur stækkað ár frá ári, hefur gróðurframvinda tekið stakkaskiptum vegna áburðaráhrifa og aðflutnings nýrra tegunda. Á varpsvæðinu hefur fjöruarfi aukið þekju sína í 30–50% í sendnum reitum. Í varpinu hafa einkum numið land og breiðst út rasksæknar og næringarkærar, jurtkenndar tegundir, bæði fjölærar og einærar, sem fjölga sér ört með fræjum. Helstu dæmi um það eru skammkrækill, varpasveifgras, vallarsveifgras, varpafitjungur, skarfakál og haugarfi. Skammkrækill hefur breiðst mjög ört út síðustu ár og er hann frumherji í hrauninu, bæði innan og utan varpsins. Í varpinu eru ríkjandi tegundir fjöruarfi, varpasveifgras og varpafitjungur. Að meðaltali finnast sex plöntutegundir í reitum innan máfavarpsins og nemur heildarþekja þeirra um 30%.

SUMMARY

Vegetation succession on the volcanic island Surtsey

Colonisation and plant succession was studied on Surtsey, where permanent transects and plots (100 m²) have been set up. Forty-four species of vascular plants have been recorded on the island since 1965 of which 35 species were alive in the summer of 1995. The number of species on Surtsey has now surpassed that of other outer Westman Islands and three of the species growing on Surtsey have not been recorded previously on the Westman Islands. During the first two decades 20 species were recorded on Surtsey, the majority being species of coastal and sandy habitats. Most of the species were probably dispersed by sea and birds to the island. In the third decade there was a sharp increase in new arrivals when 21 species were discovered. They were all, except one, found in a colony of lesser-black

backed gulls and herring gulls which started breeding on the island during that period. Most of these species were probably dispersed to Surtsey from neighbouring islands by the gulls.

Infertile sandy areas on the island, which are under limited influence from the breeding gulls, have been colonised by perennial, clonal herbs with extensive root systems, but examples of these are *Honkenya peploides*, *Leymus arenarius* and *Mertensia maritima*. *Honkenya* has been the most successful colonist and it is the most widely dispersed species. In some of these sandy areas it has reached a cover of 20%. In long established areas the cover of *Honkenya* has stabilised or decreased in the last few years. Two species are now found in plots outside the gull colony and the total plant cover is around 4% on the average.

In the gull colony, which started forming on the island around 1985 and has increased in size year by year, the vegetation succession differs greatly due to fertilising effects and introduction of new species. In the area affected by the gulls, *Honkenya* has increased its cover to 30–50% in the sandy plots. The area has mainly been colonised by perennial and annual herbs with abundant seed production, adapted to disturbed and fertile habitats. Examples of these are *Sagina procumbens*, *Poa annua*, *P. pratensis*, *Puccinellia distans*, *Cerastium fontanum*, *Cochlearia officinalis* and *Stellaria media*. Colonisation and spread of *Sagina* has been very rapid and it has become the main pioneer species of the lava, both inside and outside the colony. The most abundant species in the gull breeding colony are *Honkenya peploides*, *Poa annua* and *Puccinellia distans*. Six species are now found in plots inside the colony and their total cover is around 30% on the average.

Key words: colonisation, dispersal, *Honkenya peploides*, plant succession, *Poa annua*, *Sagina procumbens*, sea gulls, Surtsey, volcanic island.

INNGANGUR

Surtsey er einstakt náttúrufyrirbæri sem hefur veitt mönnum óvenjugott tækifæri til að fylgjast með landnámi og framvindu lífs á einangruðu og nýmynduðu landi í norðurhöfum. Rannsóknir sem gerðar voru í eyggi rétt eftir að hún myndaðist leiddu í ljós að smásæir þörungar, bakteríur og sveppir tóku sér þar fljótt bólfestu (Schwabe, 1970; Smith, 1970; Sturla Friðriksson, 1975). Vorið 1965 fannst síðan fyrsta háplantan á strönd Surtseyjar, mosar skutu þar upp kollinum árið 1968 og fléttuhrúður fannst á hraungrýti árið 1970 (Sturla Friðriksson, 1966; Bergþór Jóhannsson, 1968; Hörður Kristinsson, 1972). Náíð hefur verið fylgst með landnámi plantna í Surtsey, einkum háplantna sem sett hafa mun sterkari svip á gróður eyjarinnar en mosar og fléttur (Sturla Friðriksson, 1994).

Víða um heim hafa farið fram rannsóknir á gróðurframvindu á nýmynduðu eða röskuðu landi eftir eldgos, má þar nefna rannsóknir frá Hawaii (Smathers og Mueller-Dombois, 1974), Krakatá í Indónesíu (Whittaker og Bush, 1993), St. Hellens-fjalli í Bandaríkjunum (del Moral o.fl., 1995) og Usu-fjalli í Japan (Tsuyuzaki, 1991). Hér á landi hefur, auk

rannsóknanna í Surtsey, verið rannsökuð gróðurframvinda í hraunum við Heklu (Ágúst H. Bjarnason, 1991). Flestar eiga rannsóknirnar sameiginlegt að gerðar hafa verið athuganir á samsetningu og fjölda tegunda, gróðurþekju og breytingum sem verða með tíma. Aðstæður eru hins vegar mjög breytilegar frá einum stað til annars, t.d. hefur það mikil áhrif á landnám og hraða framvindu hvort um algjörlega lífvana land er að ræða í upphafi, eins og á nýmynduðum eyjum og hraunum, eða hvort undir vikurlögum eða í eðjuflóðum leynast lifandi rætur eða fræ plantna sem fyrir voru á svæðunum. Víða gætir umsvifa mannsins sem getur haft mikil áhrif á aðflutning tegunda, landnám og stefnu gróðurframvindu. Í Surtsey hefur verið reynt að koma í veg fyrir að mannlegar athafnir hefðu áhrif á landnám og framvindu lífs, en eyjan var lýst friðland af Náttúruverndarráði árið 1965 (Sveinn Jakobsson o.fl., 1993).

Fram undir 1980 voru nær allir nýir einstaklingar háplantna í Surtsey merktir og fylgst með vexti þeirra og þroska. Með auknum gróðri í eyggi hefur hins vegar reynt ógerlegt að halda því áfram. Í þessari grein er lýst rann-

sóknum sem farið hafa fram á gróðurframvindu í Surtsey undanfarin ár, en þar hafa verið lögð út föst snið og reitir til endurtekinnna gróðurmælinga sem ætlunin er að halda áfram í náninni framtíð. Helstu markmið rannsóknanna eru að fylgjast með landnámi nýrra tegunda og breytingum á gróðri við mismunandi aðstæður. Í greininni byggjum við einnig á ýmsu sem eldri rannsóknir á gróðri í eyinni hafa leitt í ljós.

RANNSÓKNASVÆÐI

Surtsey myndaðist í eldgosi sem stóð með hléum frá því í nóvember 1963 til júní 1967. Er gosinu lauk var eyjan orðin 2,7 km² að flatarmáli. Mikið hefur gengið á hana frá þeim tíma vegna brimrofs og var stærðin komin niður í 1,5 km² árið 1993. Í gosinu hlóðust upp tvær megin gosmálarhæðir, Vestur- og Austurbunki, við stærstu gígana á miðri eyinni (1. mynd). Hæst er Surtsey á toppi Austurbunka, 154 m h.y.s. Suðurhluti eyjarinnar er myndaður af hraunum sem lækka niður frá gígnum. Hraunin eru orðin mjög sandorpin af ösku og rofefnum sem stöðugt hafa skriðið inn á þau frá bunkunum. Lítill sandur hefur þó enn borist inn á hraunið næst ströndinni á suðausturhluta eyjarinnar. Nyrsti hluti Surtseyjar er lágrent nes, myndað úr efni sem brimalda rífur úr suðurhluta eyjarinnar og safnast upp hlémegin (Sveinn Jakobsson, 1993; Sturla Friðriksson, 1994).

Við Vestmannaeyjar ríkir milt úthafsloftslag og er árshiti tiltölulega hár og úrkoma ríkuleg. Samkvæmt veðurmælingum á Stórhöfða í Heimaey var meðalhiti þar 4,8°C á tímabilinu 1961–1990 og meðalúrkoma 1589 mm á ári (Sturla Friðriksson, 1994). Á veðurstöðvum hér á landi eru frost dagar fæstir yfir árið í Vestmannaeyjum og vaxtartími plantna þar af leiðandi lengstur. Þar er að jafnaði frostlaust frá því um 5. maí og fram í miðjan október (Markús Á. Einarsson, 1976).

AÐFERÐIR

Snið

Sumarið 1987 voru lögð út fimm 50 m þekju-

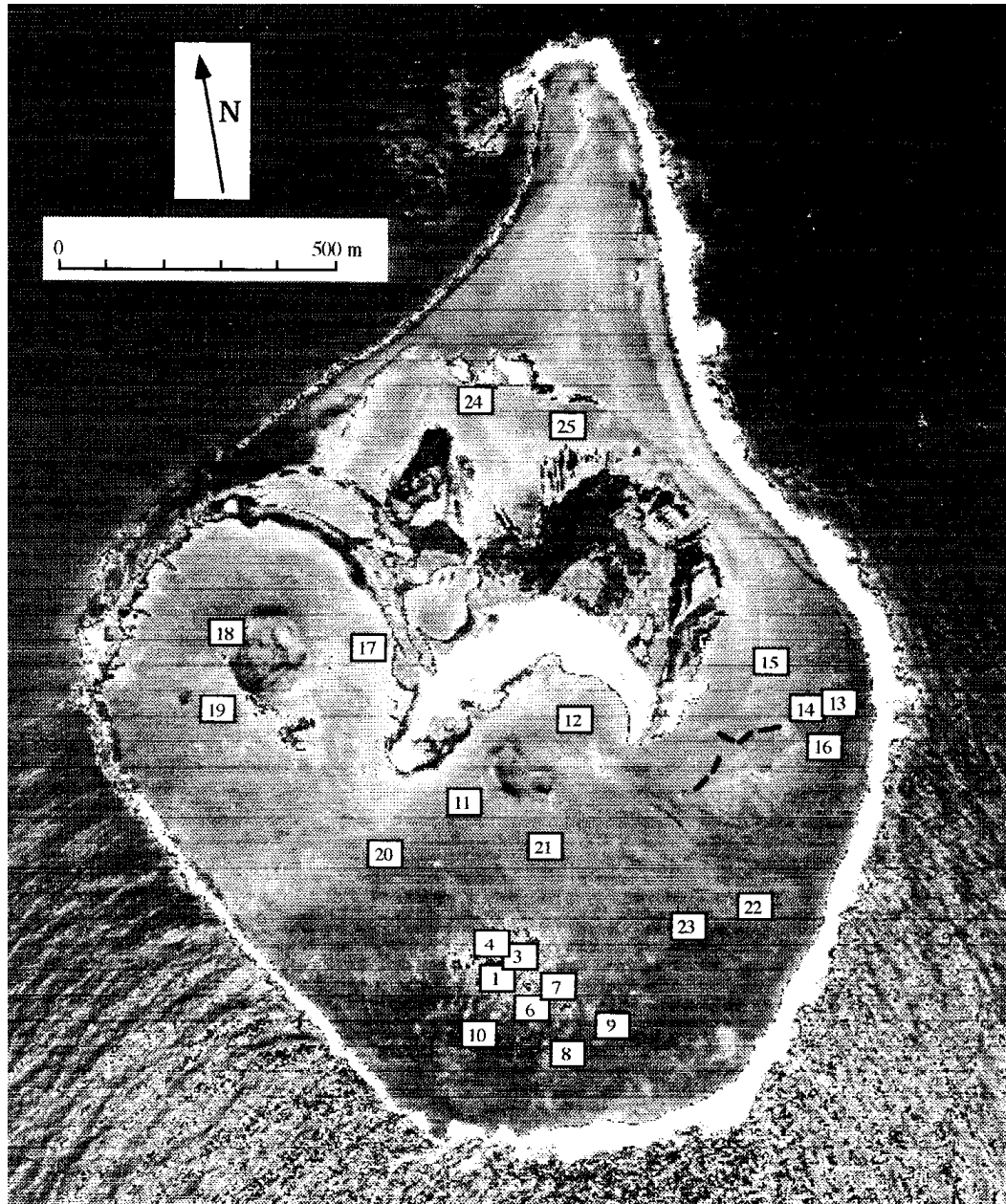
mælingasnið í sandorpinu hrauni austast á eyinni (1. mynd). Á þeim tíma var það helsta plöntusvæðið og gróður þar þéttastur, en fjöruarfi tók að nema þar land fyrstur plantna árið 1968. Þrjú sniðanna voru lögð þar sem fjöruarfi var tiltölulega þéttur en tvö þeirra þar sem mjög lítið var um fjöruarfa eða aðrar plöntur. Sniðin voru merkt með hælum við enda og á miðju svo endurtaka mætti mælingar á þeim, og var það gert árin 1990, 1992 og 1994. Þekjumælingar á sniðum fóru þannig fram að lagt var út málband og skráð hvar plöntur voru undir eða í sneringu við brún bandsins. Heildarplöntuþekja á sniði var fundin með beinni samlagningu, en ógróið yfirborð sem mismunurinn á lengd sniðs og þekju.

Reitir

Frá sumrinu 1990 hefur verið unnið að því að koma upp föstum reitum (10×10 m) til gróðurmælinga í Surtsey. Fyrstu fimm reitirnir voru þá settir upp, en síðan var bætt við fjórtán reitum sumarið 1994 og sex reitum 1995. Tveir af reitunum (nr 2 og 5) sem settir voru niður 1990 hafa verið teknir upp og eru því nú alls 23 fastir gróðurreitir í eyinni (1. mynd). Í reitum sem eftir standa frá 1990 voru mælingar endurteknar 1992 og 1994, en í öðrum reitum hefur mæling aðeins verið gerð einu sinni. Reitunum hefur verið dreift mun víðar en sniðunum og ættu þeir að gefa betri mynd af gróðurframvindu við ólíkar aðstæður í eyinni (1. mynd, 1. tafla). Átta reitanna (nr 1, 3, 4, 6–10) eru í eða við máfavarpið syðst á eyinni, fjórir reitir (nr 20–23) liggja nokkuð ofan eða austan við varpið þar sem lítil áhrif eru af fugli enn sem komið er, fjórir reitir (nr 13–16) eru austast á eyinni, fimm reitir (nr 11–12 og 17–19) eru uppi við hraungígana tvo og tveir reitir (nr 24–25) eru norðan við bunkana. Síðasttöldu reitirnir liggja mjög lágt, eða í um 4 m h.y.s., og getur sjór gengið þar á land í illvirðrum ef hásjávað er. Aðrir reitir eru í um 20–100 m h.y.s., hæst liggja reitirnir þrír við stóra hraungíginn, Surtung, vestantil á eyinni. Þrettán reitanna eru í sandi eða á sandorpinu hrauni, en tíu reitir eru á hrauni

(1. tafla). Hraunreitirnir eru allir syðst á eyinni, en þangað hefur sandburður frá bunkunum ekki náð svo nokkru nemi ennþá.

Í reitunum voru settir niður fastir hælar í hvert horn. Reitirnir voru allir látnir snúa þannig að útlínur þeirra væru sem næst höfuð-



1. mynd. Staðsetning fastra reita (ferningar) og sniða (feitletraðar línur) í Surtsey færð inn á loftmynd frá 16.7.1993. © Útgáfuréttur: Landmælingar Íslands.

Figure 1. Location of permanent plots (squares) and transects (bold lines) in Surtsey, shown on an aerial photograph from 16.7.1993.

1. tafla. Helstu einkenni föstu gróðurreitanna í Surtsey.

Table 1. Permanent plots in Surtsey, substrate type and location relative to gull colony.

Reitur nr <i>Plot no.</i>	Mælingaár <i>Year of measurement</i>	Undirlag <i>Substrate</i>	Staðsetning <i>Location</i>
1, 3, 4	1990, 1992, 1994	Sandorpið hraun <i>Lava with tephra sand</i>	Í máfavarpi <i>In gull colony</i>
6, 7	1994	Hraun <i>Lava</i>	Í máfavarpi <i>In gull colony</i>
8–10	1994	Hraun <i>Lava</i>	Í máfavarpi <i>In gull colony</i>
11–12, 15	1994	Sandur <i>Tephra sand</i>	Utan máfavarps <i>Outside gull colony</i>
13, 14, 16–19	1994	Sandorpið hraun <i>Lava with tephra sand</i>	Utan máfavarps <i>Outside gull colony</i>
20, 21	1995	Sandorpið hraun <i>Lava with tephra sand</i>	Utan máfavarps <i>Outside gull colony</i>
22, 23	1995	Hraun <i>Lava</i>	Utan máfavarps <i>Outside gull colony</i>
24, 25	1995	Sandur <i>Tephra sand</i>	Utan máfavarps <i>Outside gull colony</i>

áttum. Suðurhlíð hvers reits var hugsuð sem grunnlína hans. Gróðurmælingar fóru þannig fram að lögð voru út fimm samsíða snið með málbandi (10 m) frá grunnlínu og yfir reitinn, 1, 3, 5, 7 og 9 m frá hlið hans. Þekja hverrar háplöntutegundar var mæld með beinum lestri af málbandinu á sama hátt og á sniðunum. Einnig var skráð heildarþekja mosa, fléttna og ógróins yfirborðs. Eftir þekjumælingu var reitur yfirfarinn og skráðar háplöntutegundir sem ekki komu fram við hana.

Úrvinnsla

Við úrvinnslu var fundin meðalþekja tegunda á sniðum og í reitum. Skyldleiki í gróðri á milli reita var kannaður með DECORANA-hnitun (Hill, 1979). Byggðist hnitunin á þeim 14 háplöntutegundum sem komu fram við þekjumælingar í reitunum. Við hnitunina var þekjugildum umbreytt á ln form og dregið var úr vægi sjaldgæfra tegunda. Fyrir reiti 1, 3 og 4 voru notaðar niðurstöður frá hverju ári, þ.e. 1990, 1992 og 1994, en niðurstöður fyrir reiti 6–19 eru frá árinu 1994 og fyrir reiti 20–25 frá árinu 1995. Nafngiftir háplantna

sem koma fram í greininni eru í samræmi við Plöntuhandbók Harðar Kristinssonar (1986).

NIÐURSTÖÐUR

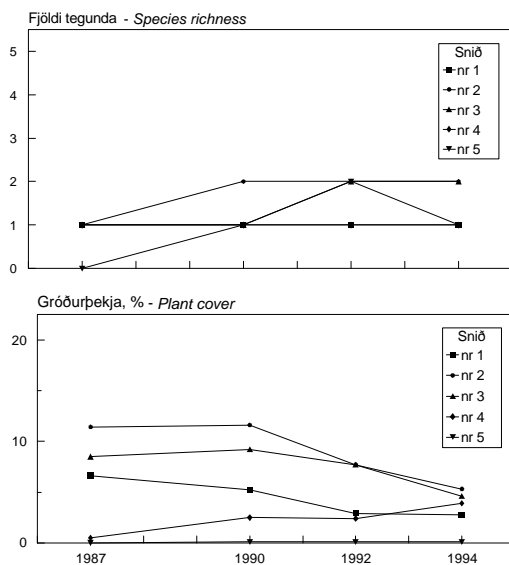
Snið

Frá árinu 1987 hafa verið gerðar þekjumælingar á sniðum austantil á Surtsey. Fyrsta árið reyndist þekja vera á bilinu 0–11% og meðalþekja 5% (2. mynd). Fjörugarfi var þá eina tegundin á sniðunum, en hann kom fram á fjórum þeirra. Við næstu mælingar, árið 1990, höfðu fremur litlar breytingar orðið á, en meðalþekja var þá 6%. Frá þeim tíma hefur þekja hins vegar minnkað á flestum sniðunum og var hún að meðaltali orðin 3% þegar síðustu mælingar fóru fram, sumarið 1994 (2. mynd). Á sniðum 1–3, þar sem þekja var mest í upphafi, hefur alls staðar orðið ámóta hnignun síðustu ár. Á sniði 4, þar sem þekja var aðeins 0,5% við fyrstu mælingar, varð hins vegar nokkur aukning í þekju á tímabilinu. Á sniði 5 hefur þekja haldist mjög lág (0,1%) og litlar sem engar breytingar orðið frá 1990 er fjörugarfi tók að mælast þar (2. mynd). Árið 1990 bættist melgresi (*Leymus arenarius*) við á þremur

sniðanna og hélst það í mælingunum 1992, en kom fram á tveimur sniðum 1994. Þekja melgresisins hefur hins vegar verið óveruleg (0,02%) og má rekja allar meginbreytingar á þekju til fjöruarfans. Hvorki mosar né fléttur hafa numið land á þeim sendnu svæðum sem sniðin eru á.

Reitir

Árið 1990 var byrjað að setja niður fasta reiti í Surtsey. Í þremur þessara reita (nr 1, 3 og 4), sem allir eru í máfavarpinu, hefur gróður verið mældur annað hvert ár (1. tafla). Þegar þeir voru settir niður voru þeir í jaðri varpsins, en vegna stöðugrar stækkunar þess á síðustu árum eru þeir nú innan varpsvæðisins. Miklar breytingar hafa orðið á gróðurþekju og tegundafjölda í reitunum frá árinu 1990. Þá mældist gróðurþekjan í þeim á bilinu 25–29% og var þar einvörðungu um fjöruarfa að ræða,

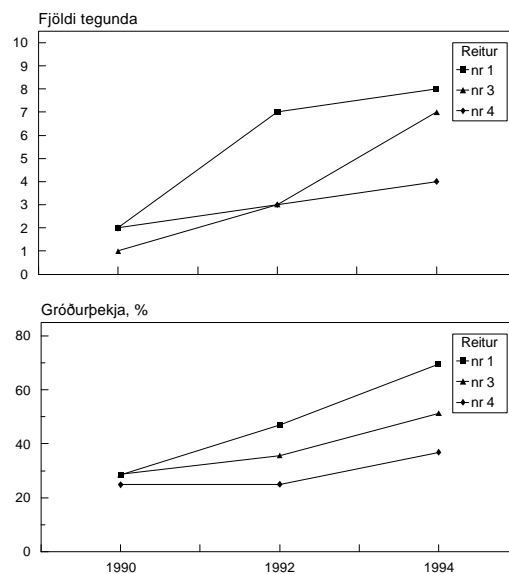


2. mynd. Breytingar á þekju og tegundafjölda háplantna á fimm föstum sniðum á plöntusvæði á austurhluta Surtseyjar, tímabilið 1987–1994.

Figure 2. Changes in cover and species richness of vascular plants on five permanent 50 m line-transects in a tephra-sand area on the eastern part of Surtsey during 1987–1994. Honkenya peplodes and Leymus arenarius occurred on the transects, only Honkenya had a significant cover.

en auk hans fannst örlítið af blálilju í einum reitanna og af sjárvarfitjungi í öðrum (3. mynd). Árið 1994 var þekjan orðin á bilinu 37–70% og fundust þá 4–8 tegundir háplantna í hverjum reit (3. mynd), en alls 9 tegundir í þeim öllum. Fjöruarfi var sem fyrr algjörlega ríkjandi tegund og mældist þekja hans á bilinu 35–55%. Aðrar tegundir sem mældust með um eða yfir 1% þekju í einum eða fleiri reitanna 1994 voru varpasveifgras, vallarsveifgras, sjárvarfitjungur, vegarfi, haugarfi og skammkrækill. Auk þess fundust melgresi og skarvakál í litlum mæli.

Sextán tegundir háplantna voru skráðar í föstum reitum í Surtsey 1994 og 1995 (2. tafla). Fjöruarfi var langalgengasta tegundin, bæði að útbreiðslu og þekju, en alls fannst hann í 18 reitum og náði um 9% meðalþekju (2. tafla, 4. mynd). Aðeins fjórar aðrar tegundir, þ.e. skammkrækill, melgresi, varpasveifgras og skarvakál, fundust í yfir fjórðungi reitanna (4. mynd). Varpasveifgras



3. mynd. Breytingar á þekju og tegundafjölda háplantna í föstum reitum nr 1, 3 og 4 (100 m²) í máfavarpinu í Surtsey, tímabilið 1990–1994.

Figure 3. Changes in cover and species richness of vascular plants in permanent plots (100 m²) in the gull colony in Surtsey, during 1990–1994.

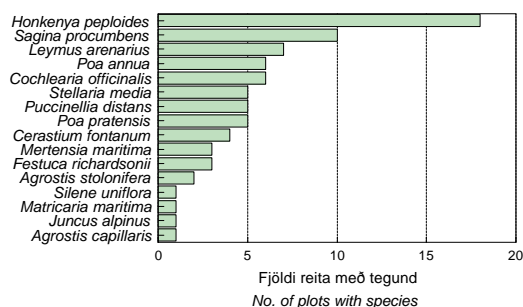
2. tafla. Plöntuþekja, háplöntutegundir og tegundafjöldi í föstum reitum í Surtsey, mælingar frá 1994 og 1995. Fjöldi reita = 23, + merkir að þekja hafi ekki verið mælanleg.

Table 2. Plant cover, vascular plant species and species richness in permanent plots in Surtsey, measurements from 1994 and 1995. No. of plots = 23, + indicates that cover was not measurable.

	Meðaltal—Average	Bil—Range
Plöntuþekja, %—Plant cover		
Einkímblöðungar— <i>Monocots</i>		
<i>Agrostis capillaris</i> (Hálingresi)	0,01	0–0,20
<i>Agrostis stolonifera</i> (Skriðlingresi)	0,04	0–0,70
<i>Festuca richardsonii</i> (Túnvingull)	0,00	0–0,04
<i>Juncus alpinus</i> (Mýrasef)	0,00	0–0,04
<i>Leymus arenarius</i> (Melgresi)	0,01	0–0,22
<i>Poa annua</i> (Varpasveifgras)	1,68	0–15,86
<i>Poa pratensis</i> (Vallarsveifgras)	0,13	0–3,00
<i>Puccinellia distans</i> (Varpafitjungur)	1,57	0–25,66
Tvíkímblöðungar— <i>Dicots</i>		
<i>Cerastium fontanum</i> (Vegarfi)	0,12	0–2,46
<i>Cochlearia officinalis</i> (Skarfakál)	0,39	0–8,94
<i>Honkenya peploides</i> (Fjöruarfi)	8,76	0–55,10
<i>Matricaria maritima</i> (Baldursbrá)	0,00	0– +
<i>Mertensia maritima</i> (Blálilja)	0,00	0– +
<i>Sagina procumbens</i> (Skammkrækil)	0,65	0–6,20
<i>Silene uniflora</i> (Holurt)	0,00	0– +
<i>Stellaria media</i> (Haugarfi)	0,04	0–0,92
Háplöntur alls— <i>Vascular plants total</i>	13,42	0,04–69,48
Mosar— <i>Mosses</i>	1,26	0–15,10
Fléttur— <i>Lichens</i>	0,00	0–0,04
Gróðurþekja alls— <i>Total plant cover</i>	14,69	0,04–69,54
Ógróið yfirborð— <i>Bare ground</i>	85,81	35,12–99,96
Tegundafjöldi— <i>Species richness</i>		
Háplöntur— <i>Vascular plants</i>	3,4	1–8

og varpafitjungur voru einu tegundirnar, auk fjöruarfa, sem náðu yfir 1% meðalþekju (2. tafla). Heildargróður-þekja í reitunum var að meðaltali um 15% og voru háplöntur þar ráðandi. Fjöldi tegunda í reit var frá einni og upp í átta, en rúmlega þrjár tegundir fundust að meðaltali í hverjum reit (2. tafla).

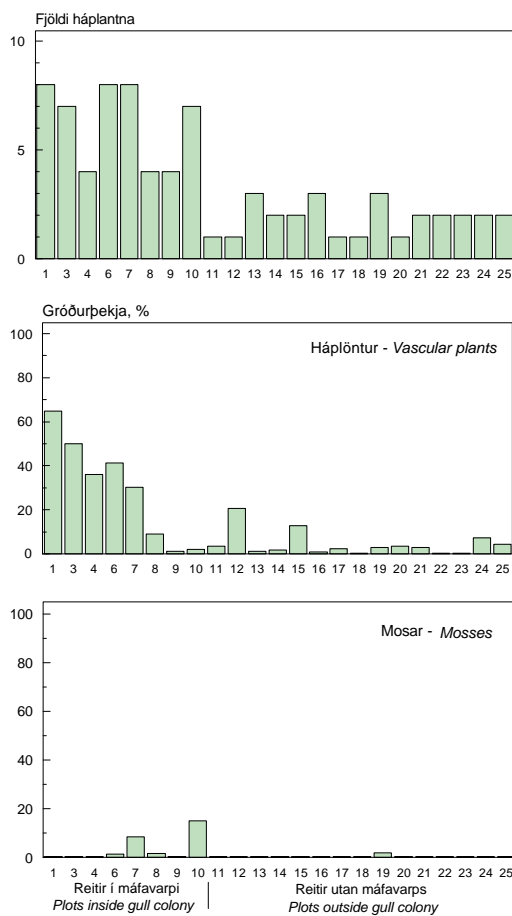
Mikill munur var á gróðri í reitum sem voru í eða við máfavarpið syðst á eyrni (reitir nr 1–10) og þeim sem voru utan þess (reitir nr 11–25) (5.–7. mynd). Í reitum utan varpsins fundust að meðaltali um 2 (1–3) háplöntutegundir og nam heildarþekja þeirra um 4% (0,1–19%), en innan varpsins voru um 6 (4–8) tegundir í hverjum reit og nam þekjan liðlega



4. mynd. Algengi háplöntutegunda í 23 föstum reitum í Surtsey, mælingar frá 1994 og 1995.

Figure 4. Relative frequency of vascular species in the 23 permanent plots in Surtsey, measurements from 1994 and 1995.

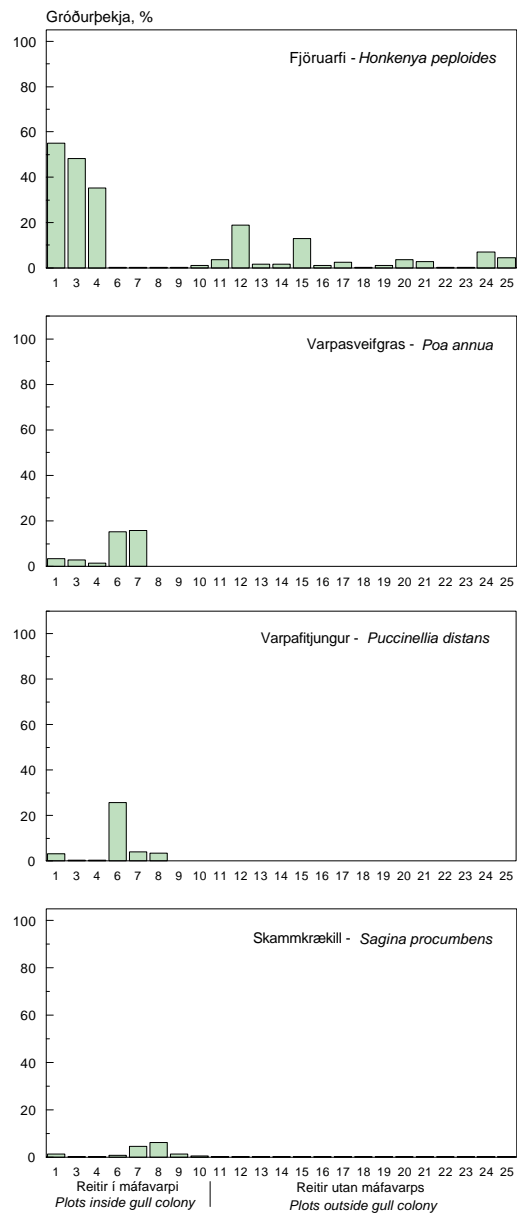
30% (1–69%) (7. mynd). Aðeins sjö tegundir háplantna fundust í reitunum 15 utan varpsins. Fjöruarfi var eina tegundin sem eitthvað kvað þar að og var hann skráður í öllum reitum nema einum. Aðrar tegundir voru melgresi í fjórum reitum, blálilja og skammkrækill í þremur, túnvingull í tveimur og holurt og mýrasef í einum reit hvor. Í þeim átta reitum sem voru í varpinu voru hins vegar skráðar 13 tegundir háplantna. Skammkrækill og varpasveifgras fundust í flestum reitanna, eða



5. mynd. Fjöldi háplöntutegunda og heildarþekja háplantna og mosa í föstum reitum í Surtsey, mælingar frá 1994 og 1995.

Figure 5. Number of vascular plant species, and total cover of vascular plants and mosses in permanent plots in Surtsey, measurements from 1994 and 1995.

sjö, skarfakál var í sex reitum, vallarsveifgras, varpafitjungur og haugarfi í fimm, fjöruarfi í



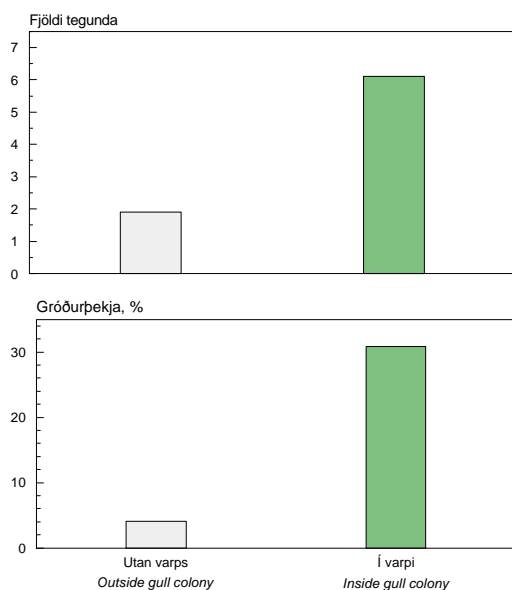
6. mynd. Þekja fjöruarfa, varpasveifgrass, varpafitjungs og skammkrækils í föstum reitum í Surtsey, mælingar frá 1994 og 1995.

Figure 6. Cover of Honkenya peplodes, Poa annua, Puccinellia distans and Sagina procumbens in permanent plots in Surtsey, measurements from 1994 and 1995.

fjórum, vegarfi og melgresi í þremur og skriðlíngrasi, hálíngrasi, túnvingull og baldursbrá í einum reit hver tegund.

Það er eftirtektarvert hve mikill munur er á þekju fjöruarfa í reitum utan og innan máfavarpsins (6. mynd). Utan varpsins er hún undir 10% í flestum reitum. Mest verður þekjan um 19% og 13% í reitum 12 og 15, sem liggja báðir neðanvert í sendum hlíðum (1. mynd). Fjöruarfinn nær hins vegar tvö- til þrefalt meiri þekju (35–55%) í varpinu þar sem mest er heldur en utan þess (6. mynd).

Vægi mosa og fléttna var mjög lítið í flestum föstum reitanna í samanburði við háplöntur. Mosar voru skráðir með þekju í tíu reitum og voru það allt hraunreitir utan einn. Meðalþekja mosa nam aðeins liðlega 1% (2. tafla). Tveir reitir skáru sig úr (5. mynd). Í reit 10 náði þekja mosa um 15% og var þar um tegundina



7. mynd. Meðalfjöldi og meðalþekja háplantna í föstum reitum utan og innan máfavarps í Surtsey, mælingar frá 1994 og 1995. Fjöldi reita: utan varps = 15, innan varps = 8.

Figure 7. Average species richness and average cover of vascular plants in permanent plots outside and inside gull colony in Surtsey, measurements from 1994 and 1995. No. of plots: outside colony = 15, inside colony = 8.

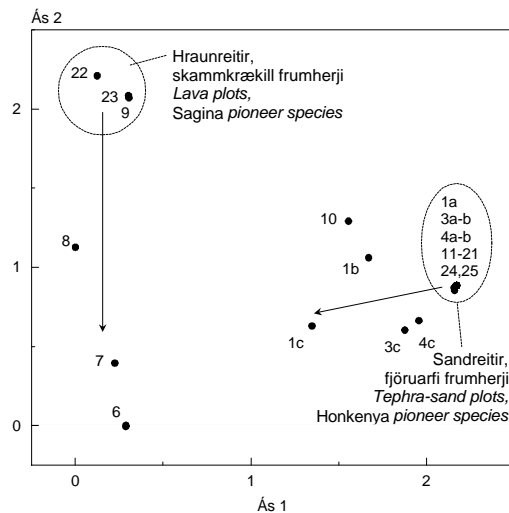
melagambra (*Racomitrium ericoides*) að ræða. Í reitnum er hraunið úfnara og lausara í sér og skilyrði betri fyrir þennan mosa en í öðrum hraunreitum. Í reit 7 náði þekja mosa tæplega 10%. Reiturinn er í miðju máfavarpinu, en þar hafði víða myndast mosaskán á rökum hraunhellum þar sem fugladrit var mikið. Tegundin *Bryum argenteum* var mest áberandi í þessari skán. Fléttur mældust með litla þekju og aðeins í tveimur reitum (2. tafla) og var þar um ættkvíslina *Stereocaulon* að ræða.

Framvinda

Í niðurstöðum hnitunar á gróðurgögnum úr föstum reitum (8. mynd) kemur vel fram sá munur sem er á milli sendinna svæða í Surtsey og hrauna þar sem sandur er lítill eða enginn. Ennfremur má sjá merki um þau sterku áhrif sem varp máfanna hefur haft á gróðurframvinduna. Þegar myndin er skoðuð ber að hafa hugfast að reitir sem eru líkir liggja nærri hver öðrum, en eftir því sem lengra er á milli þeirra verða þeir ólíkari að gróðri. Skipta má reitunum í tvo meginhópa, sem skipa sér til hægri og vinstri á myndinni. Þar er í meginatriðum um að ræða skiptingu á milli sandreita og hraunreita. Flestir sandreitanna liggja í hnapp lengst til hægri (8. mynd), en í þeim hefur fjöruarfi verið frumherji og var enn eina tegundin með mælanlega þekju. Í þessum reitum höfum við dæmi um fyrstu stig gróðurframvindu á sendnum svæðum í Surtsey. Sandreitirnir þrír sem eru í máfavarpinu (1, 3 og 4) voru á þessu framvindustigi þegar gróður var fyrst mældur í þeim 1990. Frá þeim tíma hafa hins vegar orðið í þeim verulegar breytingar á gróðri og árið 1994 skilja þeir sig allir frá upphafsstiginu (8. mynd). Mest hefur breytingin orðið í reit 1, eins og fram kemur á myndinni, en þar höfðu bættst við þrjár tegundir (vegarfi, sjávarfitjungur og skammkrækill) með mælanlega þekju árið 1992 (1b) og aðrar fjórar tegundir (melgresi, varpasveifgras, vallarsveifgras og haugarfi) árið 1994 (1c). Í reit 4 hafði hins vegar bættst við ein tegund (varpasveifgras) og í reit 3 tvær tegundir (varpasveifgras og skammkrækill) árið 1994

(3c og 4c). Reitur 10, sem er hraunreitur, skipar sér í sveit með sandreitum (8. mynd). Það stafar af því að í reitnum er svolítið um sendið undirlag, nægilegt til þess að fjöruarfi er þar ríkjandi tegund, en aðrar tegundir sem mældust með þekju í reitnum voru skammkrækill, hálíngresi, vegarfi og haugarfi.

Flestir hraunreitanna skilja sig algjörlega frá sandreitunum og skipast lengst til vinstri á fletinum sem ás 1 og 2 mynda (8. mynd). Í þessum hraunreitum fannst fjöruarfi ekki, enda er undirlag í þeim að mestu bert hraungrýti



8. mynd. Niðurstöður DECORANA-hnitunar á gróðurgögnum úr föstum reitum í Surtsey. Í reitum 1, 3 og 4 voru mælingar gerðar 1990 (a) og endurteknar 1992 (b) og 1994 (c), en í öðrum reitum hafa mælingar farið fram einu sinni, þ.e. 1994 eða 1995 (sjá 1. töflu). Örvar gefa til kynna gróðurframvindu sem verður vegna áhrifa frá varpfugli. Hún einkennist helst af landnámi og aukningu grasa.

Figure 8. DECORANA-ordination of the permanent plots in Surtsey. The ordination is based on 14 vascular plant species recorded with cover in the plots. In plots 1, 3 and 4 measurements were done in 1990 (a) and repeated in 1992 (b) and (1994 (c), in other plots measurements have been carried out once, i.e. in 1994 or 1995 (see Table 1). Arrows indicate a successional change influenced by breeding gulls. It is mainly characterized by colonisation of grasses, e.g. *Poa annua* and *Puccinellia distans*.

og klappir sem háplöntur eiga erfitt með að nema land á. Fíngert ryk og hraunmylsna hefur þó safnast í sprungur og bolla þar sem þær ná að skjóta rótum, einkum skammkrækill sem er frumherji við þessar aðstæður. Dæmi um þetta framvindustig höfum við í reitum 9, 22 og 23 (8. mynd). Skammkrækill fannst í litlum mæli (0,1–2% þekja) í þeim öllum, en um aðrar tegundir var ekki að ræða utan mýrasefs sem mældist með örlitla þekju í einum reitanna (22). Frekari gróðurframvinda frá þessu stigi hefur orðið í máfavarpinu þar sem tegundum hefur fjölgað og gróska aukist, en dæmi um það má sjá í reitum 6, 7 og 8 (8. mynd). Í reit 8 er skammkrækill kominn með umtalsverða þekju (6%) og þar hefur sjávarfítjungur einnig numið land (3% þekja). Í reit 7 voru sex tegundir háplantna skráðar með mælanlega þekju, en auk skammkrækils og sjávarfítjungs voru það varpasveifgras, skriðlíngresi, skarvakál og haugarfi. Heildarþekja háplantna í reitnum var um 35% (5. mynd) og ríkjandi tegundir voru varpasveifgras og skarvakál. Lengst er gróðurframvinda komin í reit 6 (8. mynd), en þar voru sjö tegundir háplantna með mælanlega þekju og nam hún samanlagt líðlega 40% (5. mynd). Í reitnum var, að frátölu skarvakáli, um sömu tegundir að ræða og í reit 7 og þeim til viðbótar vegarfi og túnvingull. Ríkjandi tegundir voru sjávarfítjungur og varpasveifgras. Þess má geta að reitur 6 er þar sem skammkrækill fannst fyrst í Surtsey árið 1986. Þar hafði krækillinn og mosinn *Bryum argenteum* náð að mynda nokkra gróðurbreiðu (um 1–2 m²) á hraunhellu á svæði þar sem máfar voru þá nýlega farnir að verpa. Þetta voru fyrstu merki sem sáust um að tekið væri að gróa upp undan fuglinum.

UMRÆÐA

Aðflutningur tegunda

Alls hafa 44 tegundir háplantna fundist í Surtsey frá árinu 1965, en af þeim voru 35 tegundir skráðar þar sumarið 1995 (3. tafla). Meir en helmingur tegundanna sem fundist hafa, eða 25, eru tvíkímblöðungar, en af þeim eru 23 jurtkenndar tegundir og tveir runnar. Sautján

3. tafla. Háplönttegundir sem fundist hafa í Surtsey og búsvæði sem þær fundust fyrst á. Tegundum er nokkurn veginn raðað í þeirri röð sem þær hafa fundist, skipt er niður í 10 ára tímabil. Merking tákna: o viðhélst ekki í eygni, + hvarf, nam síðar land að nýju, ++ hefur viðhaldist. (Heimild: Sturla Friðriksson, 1992, 1994).

Table 3. Vascular plant species recorded on Surtsey and habitat they were first found in. The species are listed approximately according to the order they were found in, a division is made into 10 year periods. Symbols: o has not survived on the island, + died, later recolonisation successful, ++ successful colonisation. (Based on: Friðriksson, 1992, 1994).

Tímabil og tegund <i>Period and species</i>	Sandur, sandorpið hraun <i>Tephra sand, lava with tephra sand</i>	Hraunsprungur og gjótur <i>Lava fissures and hollows</i>	Setstaðir fugla, máfa- varp, sandur eða hraun <i>Bird roost areas, gull breeding colony, sandy or lava</i>
1965–1974			
1. <i>Cakile arctica</i> (Fjörukál)	+		
2. <i>Leymus arenarius</i> (Melgresi)	+		
3. <i>Honkenya peploides</i> (Fjöruarfi)	++		
4. <i>Mertensia maritima</i> (Blálilja)	+		
5. <i>Cochlearia officinalis</i> (Skarfakál)			++
6. <i>Stellaria media</i> (Haugarfi)			+
7. <i>Cystopteris fragilis</i> (Tófugras)		++	
8. <i>Angelica archangelica</i> (Ætihvönn)	o		
9. <i>Carex maritima</i> (Bjúgstör)	++		
10. <i>Puccinellia distans</i> (Varpafitjungur)			++
11. <i>Matricaria maritima</i> (Baldursbrá)			++
12. <i>Festuca richardsonii</i> (Túnvingull)	++		
1975–1984			
13. <i>Cerastium fontanum</i> (Vegarfi)	++		
14. <i>Equisetum arvense</i> (Klóelfting)	+		
15. <i>Sagina procumbens</i> (Skammkrækill)	+		
16. <i>Silene maritima</i> (Holurt)	+		
17. <i>Juncus arcticus</i> (Hrossanál)	+		
18. <i>Atriplex longipes</i> (Hrímblaðka)	o		
19. <i>Rumex acetosella</i> (Hundasúra)	++		
20. <i>Cardaminopsis petraea</i> (Melskriðnablóm)	++		
1985–1994			
21. <i>Poa pratensis</i> (Vallarsveifgras)			++
22. <i>Armeria maritima</i> (Geldingahnappur)			++
23. <i>Poa annua</i> (Varpasveifgras)			++
24. <i>Agrostis stolonifera</i> (Skriðlíngresi)			++
25. <i>Alchemilla filicaulis</i> (Maríustakkur)			o
26. <i>Epilobium palustre</i> (Mýradúnurt)			o
27. <i>Capsella bursa-pastoris</i> (Hjartarfi)			o
28. <i>Luzula multiflora</i> (Vallhæra)			o
29. <i>Taraxacum</i> spp. (Túnfífill)			o
30. <i>Rumex acetosa</i> (Túnsúra)			++
31. <i>Polygonum aviculare</i> (Blóðarfi)			++
32. <i>Agrostis capillaris</i> (Hálíngresi)			o
33. <i>Alopecurus geniculatus</i> (Knjálíðagras)			++
34. <i>Ranunculus acris</i> (Brennisóley)			++
35. <i>Deschampsia beringensis</i> (Beringspuntur)			++
36. <i>Empetrum nigrum</i> (Krækilyng)			++
37. <i>Agrostis canina</i> (Týtulíngresi)			o
38. <i>Eleocharis quinqueflora</i> (Fitjaskúfur)			++
39. <i>Phleum commutatum</i> (Vallarfoxgras)			++
40. <i>Montia fontana</i> (Lækjargrýta)			++
41. <i>Poa glauca</i> (Blásveifgras)			++
1995–			
42. <i>Juncus alpinus</i> (Mýrasef)		++ ?	
43. <i>Salix herbacea</i> (Grasvíðir)		++ ?	
44. <i>Galium normanii</i> (Hvítmaðra)		++ ?	

tegundanna eru einkímblöðungar, þar af eru 12 grastegundir og fimm tegundir hálfgrasa. Þá hafa fundist tvær tegundir byrkninga í eygni. Fjölærar tegundir eru 38 en sex eru einærar.

Við skiptingu sögu háplantna í Surtsey niður í tíu ára tímabil má greina að landnám tegunda hefur verið misjafnt, bæði hvað varðar fjölda og búsvæði. Á fyrsta áratugnum fundust 12 tegundir í eygni. Fyrstar til að nema land voru strandplöntur, þ.e. fjörukál, melgresi, fjöruarfi og blálilja (3. tafla), en einstaklingar þessara tegunda fundust upphaflega í eða við rekarönd á nesinu á norðanverðri Surtsey þar sem sjór gengur á land í vetrarveðrum (Sturla Friðriksson, 1994). Líkt og margar aðrar strandplöntur bera þessar tegundir stórgerð fræ sem eru aðlöguð dreifingu um langan veg með sjó (Davy og Figueroa, 1993). Stór fræ gera það að verkum að kímplantan verður tiltölulega öflug og getur tekist á við erfiðar umhverfisaðstæður sem oft ríkja á ströndum, t.d. sandburð, þurrk og skort á næringarefnum. Eftir eldsumbrotin á Krakatá í Indónesíu árið 1883 urðu einnig strandtegundir, sem dreifa fræjum með sjó, fyrstar til að nema land á eyjunum sem mynduðust í hamförunum (Whittaker og Bush, 1993). Af öðrum tegundum sem fundust í Surtsey á árunum 1965–1974 er líklegt að hvönn hafi einnig borist sjóleiðina til Surtseyjar. Fjórar tegundir, þ.e. skarfakál, haugarfi, varpafitjungur og baldursbrá, sem bárust til eyjarinnar á þessu tímabili fundust allar á stöðum þar sem fuglar, einkum máfar, venja komur sínar (3. tafla). Líklegt er að þeir hafi flutt þessar tegundir til Surtseyjar, enda eru þær algengar í fuglabyggðum í nálægum eyjum (Sturla Friðriksson, 1994). Tófugras var meðal tegunda sem barst til Surtseyjar á fyrstu árunum og fannst þar í hraunglufum á fleirum en einum stað. Líklegt er að burknagró hafi borist til eyjarinnar fyrir vindum. Bjúgstör og túnvingull námu einnig land í Surtsey á fyrstu tíu árunum. Fyrstu einstaklingar þessara tegunda fundust í sandorpnu hrauni uppi á eygni fjarri ströndinni, sem bendir helst til að fuglar hafi borið fræ til eyjarinnar (Sturla Friðriksson, 1994).

Aðeins átta nýjar tegundir háplantna fundust í Surtsey á árabílinu 1975–1984, sem er talsvert minna en á fyrstu tíu árunum (3. tafla). Bendir það til að einangrun eyjarinnar og erfið vaxtar-skilyrði hafi takmarkað landnám háplantna þar eftir að strandplöntur, sem auðveldlega yfirstíga þær hindranir, höfðu numið land á fyrstu árunum. Af þeim tegundum sem fundust í fyrsta sinn í Surtsey á árunum 1975 til 1984 er líklegt að holurt og hrímblaðka hafi borist með sjó, en þær fundust báðar í reka upp af ströndinni á norðurhluta eyjarinnar. Aðrar tegundir fundust allar í sandorpnu hrauni uppi á eygni, sem bendir til annarra flutningsleiða, líklegast með fuglum (vegarfi, skammkræk-ill, hrossanál, hundasúra og melskriðnablóm) eða vindum (klóelfting) (Sturla Friðriksson, 1994).

Mikil stakkaskipti urðu í aðflutningi tegunda til Surtseyjar eftir 1985 og fannst 21 ný tegund í eygni á tímabilinu til 1994. Allar þessar tegundir fundust þar sem áhrif fugla eru mikil og er líklegt að flestar þeirra hafi borist til eyjarinnar með þeim (3. tafla). Fyrsti geldingahnappurinn fannst við hrafnslauþ í barmi stóra hraungígsins, Surtungs, uppi á eygni (Sturla Friðriksson, 1994) en hinar tegundirnar hafa allar fundist í eða við máfavarpið í hrauninu sunnan til á eygni. Fyrstu merki um að þar væri tekið að myndast varp komu í ljós sumarið 1986 þegar um 10 hreiður sílamáfa og silfurmáfa fundust á litlu svæði. Gamlar hreiðurskálar og önnur ummerki bentu þá til að fáein hreiður hefðu verið komin þarna a.m.k. árinu áður. Sílamáfur hafði ekki fundist verpandi í Surtsey fyrr, en silfurmáfshreiður fannst þar hins vegar í fyrsta sinn árið 1981, í hrauninu á sunnanverðri eygni (Sturla Friðriksson, 1994). Máfavarpið hefur vaxið ár frá ári og færst út. Árið 1990 voru talin þar um 120 pör af sílamáfi og 25 pör af silfurmáfi, þá tók hvítmáfur einnig að verpa þar árið 1993 (Ævar Petersen, 1993). Sumarið 1986 fannst lítil skammkrækilsbreiða og toppur af vallarsveifgrasi í varpinu og síðan hefur nýjum tegundum stöðugt fjölgað þar. Þessi stórauðni aðflutningur tegunda og áburðaráhrif af varp-

fuglinum hafa gjörbreytt gróðurframvindu á suðurhluta eyjarinnar.

Það er eftirtektarvert hvað margt nýrra plöntutegunda hefur fylgt varpi sílamáfs og silfuramáfs í Surtsey. Bæði svartbakur og fýll hafa verpt inn á eyinni í lengri eða svipaðan tíma án þess að vart yrði nýrra tegunda við hreiður þeirra. Þennan mun má hugsanlega rekja til þess að sílamáfur og silfuramáfur sækja talsvert í gróið land í ætisleit eftir skordýrum og ánamöðkum. Sennilegt er að plöntufrægeti slæðst ofan í fuglana, beint eða óbeint með ánamöðkum, sem vitað er að innbyrða smágerð frá úr jarðvegi. Í meltingarvegi og skít ánamaðka hafa t.d. fundist lifandi fræ margra sömu plöntutegunda eða ættkvísla sem vaxa í Surtsey. Má þar nefna fræ af skammkrækli, vegarfa, haugarfa, dúnurt, varpasveifgrasi, língresi, hjartaarfa, túnfíflí og súru (Reest og Rogaar, 1988; Grant, 1983; Thompson o.fl., 1994). Svartbakur sækir hins vegar í minni mæli í gróið land eftir æti og fýll alls ekki. Einnig má nefna að sílamáfur og silfuramáfur vanda meir til hreiðurgerðar og draga að efni sem er að mestu plöntukyns. Í Skotlandi hafa Sobey og Kenworthy (1979) fylgst með ferðum silfuramáfa er þeir bera efni í hreiður sín. Yfirleitt sóttu þeir efni í næsta nágrenni hreiðranna og héldu sig innan varpsins, en í nokkrum tilvikum komu þeir lengra að með hreiðurefni.

Sýnt hefur verið fram á að máfar geta borið fræ milli staða. Í eyjum úti fyrir Englandsströndum, þar sem verpa m.a. sílamáfur, silfuramáfur og svartbakur, safnaði Gilham (1956) ælum úr máfum, en þær innihalda ómeltar ætisleifar. Í ælum fundust m.a. gras, fræ, skordýraleifar og grjótsalli. Í þeim voru spírunarhæf bygg- og hafræfræ sem máfarnir höfðu borið um a.m.k. 15–20 km veg. Ýmis önnur lífvænleg fræ fundust í ælum og voru þau m.a. talin vera af fræhyrnum, vinglum, selgresi, varpasveifgrasi, blóðarfa, súrum, skurfu, haugarfa og smára. Á setstöðum þar sem mikið var um máfaælur fundust ýmsar plöntutegundir sem Gilham (1956) taldi að hefðu borist að sem fræ með fuglunum. Þar á meðal voru tegundirnar blóðarfi, skurfa og græðisúra.

Aðflutningur tegunda til Surtseyjar hefur verið talsvert hægari en á Krakatá-eyjum (Thornton, 1984; Sturla Friðriksson og Borgþór Magnússon, 1992), enda er flóran margfalt tegungaríkari í þeim heimshluta og loftslag mildara en hér norður við ysta haf. Er 14 ár voru liðin frá umbrotunum á Krakatá fundust þar 33 tegundir háplantna og þegar 25 ár voru liðin voru tegundirnar orðar 67 (Whittaker og Bush, 1993). Á nýmynduðu eða eyddu landi sem umgirt er gróðri gengur landnám tegunda yfirleitt mun fljótar fyrir sig en á eyjum. Við slíkar aðstæður eru fyrstu landnemar oftast tegundir með smágerð frá (Chapin, 1993). Á St. Helens eldfjallinu í Bandaríkjunum fundust t.d. 114 tegundir háplantna árið 1992 á svæði þar sem gróður eyddist í eldgos í fjallinu árið 1980. Stór hluti þeirra er aðfluttur, en aðrar hafa vaxið upp af rótum og fræi sem lifði gosið af (del Moral o.fl., 1995). Í Japan hefur verið fylgst með landnámi og framvindu gróðurs á fjallinu Usu á Hokkaido-eyju eftir eldgos sem varð þar 1977–1978. Ellefu árum eftir gosið fundust þar 60 tegundir háplantna á vikurbreiðum, en sumar þeirra höfðu vaxið upp af rótum eða fræi sem undir var (Tsuyuzaki, 1991). Í hraunum við Heklu virðist landnám háplantna víða ganga mjög hægt fyrir sig, en mosar og fléttur eru þar mun mikilvægari og ráðandi frumherjar. Í hrauni sem rann í gosinu árið 1970 fundust engar háplöntur árið 1979, en í hrauni frá 1947 höfðu aðeins um 10 tegundir numið land árið 1987 (Ágúst H. Bjarnason, 1991). Landnám háplantna gengur hins vegar mun betur þar sem jöklar hupa á láglandssvæðum suðaustanlands, enda er undirlag þar mun fíngerðara og rakaheldnara og öll vaxtar-skilyrði betri en í nýrunnum og úfnum Hekluhraunum. Samkvæmt rannsóknnum Perssons (1964) við Skaftafellsjökul fundust liðlega 30 tegundir háplantna á landi sem jökull hafði hörfað af fyrir um 4–9 árum og tæplega 50 tegundir er 30 ár voru liðin frá hörfun.

Líklegt er að plöntutegundum haldi áfram að fjölga eitthvað í Surtsey á næstu árum. Er tímar líða og gróður þéttist má hins vegar

búast við að tegundum fækki vegna aukinnar samkeppni og fækkunar búsvæða sem verður við það að eyjan rofnar og minnkar. Það er athyglisvert að Surtsey virðist nú vera orðin rífkari af háplöntutegundum en aðrar úteyjar Vestmannaeyja. Í rannsóknum sem gerðar voru á háplöntuflóru 11 úteyja og skerja sumurin 1965 og 1966 fundust alls 32 tegundir. Flestar voru tegundirnar í Bjarnarey, eða 30 að tölu, en fæstar í Þrídröngum, aðeins tvær. Náð samband var á milli stærðar eyjanna og fjölda tegunda. Í Geirfuglaskeri, sem liggur næst Surtsey, fundust aðeins fjórar tegundir, en það voru hrímblaðka, skarvakál, baldursbrá og sjávarfitjungur. Í Súlnaskeri, sem einnig er nálægt Surtsey, voru tegundirnar hins vegar sjö. Þar var um sömu tegundir að ræða og í Geirfuglaskeri og að auki túnvingul, varpasveifgras og haugarfa (Sturla Friðriksson og Björn Johnsen, 1967). Það að Surtsey er orðin tegundaríkari en aðrar úteyjar má líklega rekja til þess að hún er stærst þeirra og meiri breytileiki er þar í landgerð. Þá hefur gróður í Surtsey ekki þétt sig að marki ennþá og samkeppni er því lítil á milli tegunda.

Í Vestmanneyjum hafa verið skráðar um 150 tegundir háplantna og má finna þær allar í Heimaey einni (Baldur Johnsen, 1931, 1941, 1968; Hörður Kristinsson, skriflegar upplýsingar). Tegundir þær sem fundist hafa í Surtsey hafa nær allar verið skráðar í Vestmannaeyjum. Hrossanál, fitjaskúfur og mýradúnurt koma þó ekki fyrir í plöntuskrár fyrir eyjarnar. Sama gildir um beringspönt, en hann er innflutt tegund sem tekin var til ræktunar hér á landi um 1985. Hefur honum m.a. verið sáð til uppgræðslu í sanda sunnanlands undanfarin ár (Sveinn Runólfsson, munnlegar upplýsingar). Árið 1991 var farið að nota hann í grasblöndum til uppgræðslu í Heimaey og var því haldið áfram næstu ár (Ólafur Ólafsson, munnlegar upplýsingar). Í Surtsey fannst beringspöntur sumarið 1993 og var um að ræða um 13 þroskalegar en ókynþroska plöntur sem uxu á sama blettinum. Stærð plantnanna benti til að þær væru a.m.k. árs gamlar. Líklegt er að upprunann megi rekja til sáning-

anna í Heimaey og að fugl hafi borið frá þaðan.

Framvinda á snauðum sandi

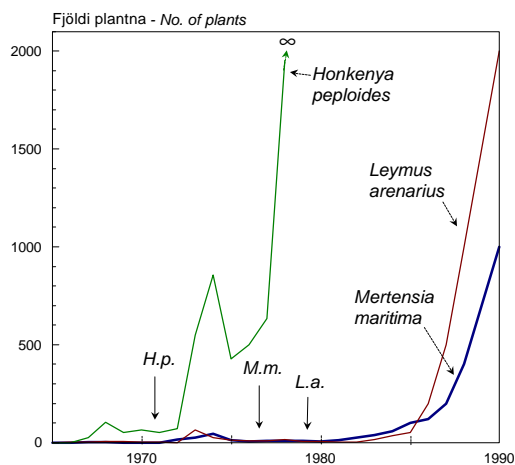
Fyrstu tvo áratugina einkenndist landnám og framvinda gróðurs í Surtsey af fjöru- og strandtegundum sem flestar eru aðlagðar sendnum og næringarsnauðum jarðvegi. Helstu tegundir sem létu þá að sér kveða voru fjöruarfi, melgresi og blálilja, en allar geta þær vaxið og dafnað í vikri og sandorpnu hrauni eyjarinnar. Eins og algengast er um strandplöntur eru þær fjölærar, klónvaxta tegundir (Davy og Figueroa, 1993). Yfirleitt tekur það einstaklingana nokkur ár að verða fullþroska og bera frá í fyrsta sinn. Vöxtur og viðgangur þessara þriggja tegunda í Surtsey hefur þó verið mjög ólíkur. Segja má að fjöruarfinn hafi lagt eyjuna undir sig á þessu tímabili og numið hana alla þar sem undirlag var sendið, en fjölgun og útbreiðsla hinna tegundanna gekk hægar (9. mynd). Þetta má m.a. rekja til þess að landnám fjöruarfans gekk áfallalaust frá fyrsta ári, 1967, og tóku plöntur að fella frá í ynni þegar árið 1971. Þegar kom fram yfir árið 1975 varð stofnvöxtur mjög ör. Í lok sumars 1978 voru plönturnar orðnar 3080 að tölu og var ekki hægt að fylgjast með fjölda þeirra eftir það. Fræframleiðsla fjöruarfans er mjög mikil og getur numið þúsundum fræja hjá stórvöxnum einstaklingum. Landnám blálilju og melgresis gekk hins vegar ekki áfallalaust og hurfu báðar tegundirnar eftir fyrstu landnámstilraunir. Blálilja náði ekki varanlegri rötfestu í Surtsey fyrr en árið 1972 og plöntur felldu þar frá í fyrsta sinn árið 1977. Stofnvöxtur bláliljunnar hefur verið hægur, enda er fræframleiðsla hvers einstaklings fremur lítil. Áætlað er að einstaklingsfjöldi hafi náð um 1000 árið 1990 (9. mynd). Melgresi festi sig í sessi í Surtsey árið 1973, en það var ekki fyrr en árið 1979 sem fyrsta plantan blómstraði og myndaði frá. Hún var eina melgresisplantan sem felldi frá til ársins 1982 er annar einstaklingur náði þeim þroska. Þegar kom fram yfir 1985 fór melgresi að fjölga ört í Surtsey (9. mynd) og má rekja það til fræfalls

af þessum tveimur einstaklingum. Árið 1990 er áætlað að einstaklingsfjöldi hafi verið kominn í um 2000. Það ár báru stóru plönturnar tvær samtals um 1500 öx sem ætla má að hafi gefið af sér yfir 50 000 fræ (Sturla Friðriksson, 1992).

Niðurstöður gróðurmælinga í Surtsey undanfarin ár sýna vel hve mikill munur hefur verið þar í viðgangi og útbreiðslu fjöruarfa, melgresis og blálilju. Á þekjusniðum hefur fjöruarfi verið algjörlega ríkjandi tegund og nánast einráður frá fyrstu mælingum árið 1987. Melgresi fór að koma inn á sniðin í örlitlum mæli árið 1990 en blálilja hefur aldrei mælst á þeim. Úr föstu reitunum má lesa það sama, en fjöruarfi óx í átján þeirra, melgresi í sjö og blálilju í aðeins þremur (4. mynd). Í reitunum náði meðalþekja fjöruarfans nær 10%, sem er það langhæsta fyrir einstakar tegundir í Surtsey, en þekja melgresis og blálilju var vart eða ekki mælanleg (2. tafla). Þótt melgresið hafi ekki sett jafn sterkan svip á gróður

í Surtsey og fjöruarfinn þá hefur það náð að mynda tvo gróskumikla melhóla á plöntusvæðinu austast á eyinni og víðar eru plöntur farnar að mynda hóla og setja fræ (Sturla Friðriksson, 1994).

Í ófrjóum foksandi eru vaxtarskilyrði yfirleitt mjög erfið fyrir plöntur og ná þær sjaldnast að mynda samfellda þekju á stórum svæðum, nema ytri skilyrði breytist. Niðurstöður frá sniðunum og úr föstu reitunum benda til að á svæðum þar sem áhrif af varpfugli eru lítil nái fjöruarfi mest um 20% þekju, en víðast hvar er þekjan miklu minni (6. mynd). Rætur fjöruarfans teygja sig langt út frá plöntunum og nýta þær greinilega miklu stærra svæði til næringarnáms en sem nemur þekjunni á yfirborði. Þar sem fjöruarfi hefur vaxið um árabíl má víðast hvar finna rætur hans í jarðvegi þar sem borið er niður. Á föstum sniðum austan til á eyinni kom í ljós að þekja fjöruarfa minnkadi talsvert á árabílinu 1987–1994 (2. mynd) sem bendir til að vextinum hafi verið orðin einhver takmörk sett á því svæði, þótt þéttleikinn hafi ekki verið mikill. Óljóst er hvað veldur rýrnun í fjöruarfaþekjunni. Gæti þar verið um veðurþætti að ræða, t.d. stórviðri og sandfok, en ekki verður séð af veðurgögnum frá Heimaey að dregið hafi úr úrkomu á þessu tímabili. Þá er mögulegt að takmarkandi efni hafi skolast út úr jarðvegi. Einnig er hugsanlegt að einhver smádýr, t.d. skordýr sem leggjast á fjöruarfa, hafi numið land í Surtsey á síðustu árum. Eftir að síla- og silfurmafsvarp tók að myndast í Surtsey hefur þekja fjöruarfa stórvaxið í og við varpið. Er þéttleikinn í reitum þar orðinn tvö- til þrefalt meiri en þar sem mest er utan varpsins (6. mynd). Ekki leikur vafi á að hér er um áburðaráhrif af fuglinum að ræða. Litlar efnamælingar hafa verið gerðar á jarðvegi í Surtsey síðustu ár, en í mælingum sem gerðar voru 1987 kom í ljós að jarðvegur á fjöruarfasvæði austast á eyinni var mjög snauður af kolefni og köfnunarefni (Borgþór Magnússon, 1992). Sobey og Kenworthy (1979) rannsökuðu gróðurfar og jarðvegspætti í og við silfurmafsvarp í Bretlandi. Þar kom í ljós að mun meira var um lífræn efni og helstu



9. mynd. Fjölgun einstaklinga fjöruarfa (*Honkenya peploides*), melgresis (*Leymus arenarius*) og blálilju (*Mertensia maritima*) í Surtsey til 1990. Örvar sýna hvenær tegundirnar byrjuðu að fella fræ í eyinni. (Byggt á: Sturla Friðriksson, 1992).

Figure 9. Increase in number of individual plants of *Honkenya peploides*, *Leymus arenarius* and *Mertensia maritima* in Surtsey until 1990. Arrows show when the species started producing seeds on the island. (Based on: Friðriksson, 1992).

plöntunæringarefni í jarðvegi innan varps en utan þess.

Í Surtsey hefur ekki komið fram vísir að þeirri beltaskiptingu strandtegunda sem víða er að finna í sandfjöllum og á sjávarsöndum, bæði hér á landi og í nágrannalöndum, þar sem fjörukál vex rétt ofan flæðarmáls, en ofar taka breiður af blálilju og fjöruarfa og síðan melgresispúfur og hólar (Steindór Steindórs-son, 1964; Tüxen, 1970; Doing, 1985; Lundberg, 1987). Þótt fjörukál hafi fyrst háplantna skotið rótum á strönd Surtseyjar og fundist þar öðru hvoru hefur það ekki náð að mynda stöðugan stofn í eyinni. Fjörukál er einær tegund sem þarf fremur næringarríkt undirlag til að ná að dafna og mynda mikið fræ á einu sumri (Davy og Figueroa, 1993). Þar sem þanghrannir og annað rekald safnast fyrir og rotnar í skjólsömum sand- og malarfjöllum myndar fjörukál víða breiður rétt ofan flæðarmáls á sunnan- og vestanverðu landinu (Steindór Steindórs-son, 1964). Í Surtsey er hins vegar mjög brimasamt á lágströndinni norðan til á eyinni og þang hrannast þar ekki upp. Vaxtar-skilyrði fyrir fjörukál eru því væntanlega of rýr og óstöðug til að það nái að byggja upp og mynda árvissan stofn í eyinni. Megin vaxtar- og útbreiðslusvæði fjöruarfa, melgresis og blálilju í Surtsey eru nú sandorpin hraun uppi á eyinni. Samkeppni frá öðrum tegundum hafa sennilega sett útbreiðslunni lítil takmörk fram undir þetta, en útlit er fyrir að breyting sé að verða þar á með landnámi og aukinni grósku nýrra tegunda í máfavarpinu. Líklegt er að strandtegundirnar hopi fyrir varpgróðrinum með tímanum og að skýrari búsvæðaskipting komi fram milli plöntusamfélaga í eyinni en nú er.

Nokkrar aðrar tegundir háplantna sem vaxa í sendnum jarðvegi hafa numið land í Surtsey, borið þar fræ og fjölgað sér, en vöxtur þeirra og viðgangur hefur verið mun hægari en hjá fjöruarfa, melgresi og blálilju. Helstar þessara tegunda eru bjúgstör, túnvingull, holurt, hundasúra, melskriðnablóm og geldingahnappur (3. tafla). Túnvingull og hundasúra hafa náð nokkurri útbreiðslu, einkum í

máfavarpinu, en vaxtarstaðir hinna tegundanna eru fremur fáir (Sturla Friðriksson, 1994).

Almennt má segja að þær tegundir sem hafa numið land á ófrjóum sandsvæðum í Surtsey og náð að fjölga sér eigi það sameiginlegt að vera fjölærar tvíkímblaða jurtir eða grasleitir plöntur með öflugt rótarkerfi og klónvöxt (sjá t.d. Grime o.fl. (1988) um túnvingul og hundasúru). Einstaklingar eru yfirleitt nokkur ár að byggja sig upp, stækka og verða kynþroska. Þetta er í samræmi við það sem komið hefur fram um eiginleika plantna sem eru frumherjar á eldfjöllunum Usu í Japan og St. Helens í Bandaríkjunum (Tsuyuzaki og del Moral, 1995). Þar er mest um fjölærar tvíkímblaða jurtir og grasleitir plöntur en mjög lítið um einærar jurtir eða runna á fyrstu stigum framvindu. Kemur þetta nokkuð heim og saman við landnámið í Surtsey þar sem fjöruarfi og melgresi hafa verið öflugustu landnemarnir fram undir þetta.

Framvinda í máfavarpi

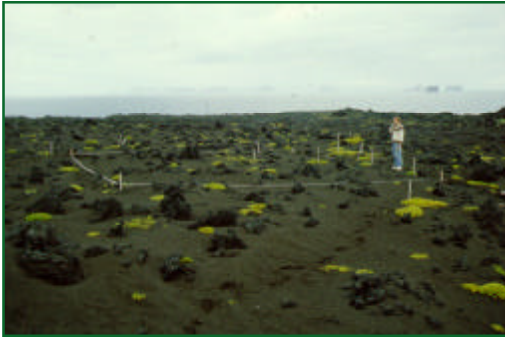
Eins og sjá má á þeim mælingum sem gerðar hafa verið í máfavarpinu hafa orðið þar stórstígar gróðurbreytingar síðustu ár. Í varpinu er gróður þéttari en annars staðar á eyinni, tegundir fleiri og gróðurframvinda því önnur. Fjöldi nýrra tegunda hefur flust til eyjarinnar með fuglinum og frjósemi jarðvegs aukist sem hefur skapað næringarkærum tegundum skilyrði og bætt hag annarra sem fyrir voru. Helstu tegundir sem tekið hafa að breiðast út á varpsvæðinu eru skammkrækill, varpasveifgras, vallarsveifgras, varpafitjungur, vegarfi, skarfa-kál og haugarfi. Flestar eru þetta reskitegundir og næringarkærar (Hörður Kristinsson, 1986; Grime o.fl., 1988). Af þeim eru varpasveifgras og haugarfi einærar, en slíkar tegundir höfðu áður átt erfitt uppdráttar í eyinni eins og komið hefur fram með fjörukál. Skammkrækill hefur breiðst mjög ört út í Surtsey undanfarið ár og gengur hann orðið fjöruarfanum næst að útbreiðslu eins og hún kemur fram í föstu reitunum (4. mynd). Skammkrækillinn hefur breiðst út bæði á sendnu undirlagi og um hraunið þar sem hann

er einkennandi landnemi úr hópi háplantna. Hann er mjög lágvaxinn, með jarðlæga stöngla og grunnt rótarkerfi og þarf aðeins örþunnt jarðvegslag eða glufur til næringarupptöku og festu. Ör útbreiðsla skammkrækilsins skýrist m.a. af því að plönturnar geta blómstrað strax á fyrsta ári, blómgunartími er langur og fræmyndun mikil, fræin örsmá og dreifast auðveldlega um. Kynlaus fjölgun getur einnig átt sér stað og plönturnar myndað við það litlar breiður (Grime o.fl., 1988). Í einstökum reitum mældist skammkrækillinn mest með um 6% þekju, en það var í reit 8 (6. mynd), og var hann þar ríkjandi tegund. Í reitnum var landnám gróskumeiri varpgróðurs skammt á veg komið, en við það virðist draga fljótt úr vægi skammkrækilsins, eins og kom t.d. fram í reitum 7 og 6 (6. mynd) þar sem þekja krækilsins var aðeins um 4 og 1%. Í þessum reitum höfðu varpasveifgras og varpafitjungur náð yfirhöndinni.

Varpasveifgras hefur eins og skammkrækillinn numið land í máfavarpinu og náð þar talsverðri útbreiðslu og þekju á síðustu árum. Í föstu reitunum hefur það náð hæstri meðalþekju allra grastegunda og gengur næst fjöruarfanum að þéttleika (2. tafla, 6. mynd). Líkt og skammkrækillinn hefur varpasveifgrasið hæfni til að fjölga sér mjög hratt (Grime o.fl., 1988). Við góð vaxtarskilyrði er það einært, en getur einnig verið fjölært og skriðult. Blómgun er ríkuleg yfir vaxtartímann og fræmyndun mikil í frjósömu landi. Þá þolir varpasveifgrasið vel umferð og traðk, sem hlýtur að vera góður eiginleiki í þétu fuglavarpi. Vallarsveifgras hefur einnig numið land í varpinu og breiðst þar nokkuð út en þekja þess er talsvert minni, enda er vallarsveifgrasið ekki jafn mikil reskitegund eða með sömu hæfni til skjótrar fjölgunar. Það breiðist yfirleitt meir út með jarðrenglum en fræi (Grime o.fl., 1988). Varpafitjungur hefur talsvert mikla þekju í nokkrum varpreitum (6. mynd), en hann er ekki jafn útbreiddur og varpasveifgrasið (4. mynd) þótt hann hafi vaxið í eygni allt frá árinu 1972. Varpafitjungurinn tók ekki að fjölga sér að ráði og breiðast út fyrr en

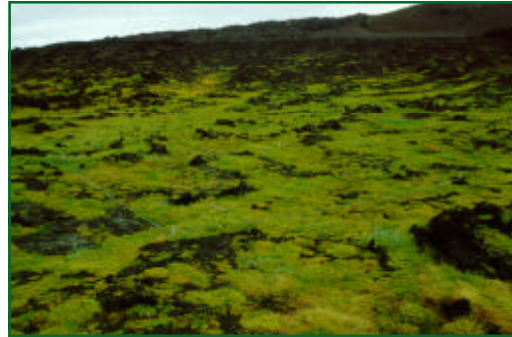
með myndun máfavarpsins. Svipaða sögu er að segja um skarvakál, baldursbrá og vegarfa sem allar hafa vaxið um árabíl í eygni en orðið mun meira áberandi og útbreiddari með tilkomu varpsins. Haugarfi fannst fyrst í Surts-ey árið 1970 og viðhélst þar í fjögur ár án þess að breiðast út. Hann nam land að nýju árið 1988 í máfavarpinu og hefur náð þar nokkurri útbreiðslu. Haugarfi er mjög hraðvaxta og fljótur að blómgast og mynda mergð fræja, sem dreifast gjarnan með driti fugla eða öðrum dýrum. Hann bregst fljótt við áburðargjöf og nær mikill grósku á skömmum tíma (Grime o.fl., 1988). Ýmsar aðrar tegundir hafa fundist í máfavarpinu sem gætu látið þar meir að sér kveða er tímar líða. Þar má nefna skriðlíngresi, túnsúru, knjáliðagras, brennisóley, beringspunt og vallarfoxgras (3. tafla). Af þeim hafa hinar fjórar fyrstnefndu þegar fjölgað sér og breiðst út í litlum mæli.

Þess er að vænta að gróður haldi áfram að þéttast og gróska að aukast í máfavarpinu á næstu árum og áratugum. Ekki er ólíklegt að tegundum fjölgi þar eitthvað áfram á meðan gróðurþekjan er ósamfelld. Hins vegar má búast við að tegundum fækki er lengra líður, þegar gróður þéttist og framvindan gengur lengra. Í þétu varpi verður gróður fyrir mjög sterkum og mótandi áhrifum frá fuglunum. Í Skotlandi hefur verið rannsakað gróðurfar í og við vörp silfur máfa og tengsl þess við atferli fuglanna (Sobey og Kenworthy, 1979). Helstu áhrif fuglanna á gróðurinn voru talin felast í traðki þeirra og legum, hreiðurgerð, árekstrum og ýfingum á mörkum yfirráðasvæða og áburðaráhrifum af driti. Innan varpsvæðanna einkenndist gróður af tegundafáu samfélagi, þar sem einærar og/eða rasksæknar tegundir voru áberandi, en þar á meðal voru varpasveifgras, túnsúra, haugarfi, baldursbrá, hrímblaðka og loðgresi. Á sambærilegum svæðum rétt utan við vörpin var yfirleitt graslendi ríkjandi þar sem fjölærar grastegundir létu mest að sér kveða. Mest bar þar á tónvingli en einnig var þar mikið um hálíngresi, vallarsveifgras, loðgresi og túnsúru (Sobey og Kenworthy, 1979).



10. mynd. Reitur 14, sandorpið hraun. Tvær tegundir háplantna, 2% gróðurþekja, fjöruarfí ríkjandi (2% þ.). (B.M. 21.7.1994).

Figure 10. Plot 14, lava with tephra sand. Two plant species, 2% total cover, Honkenya peploides dominant.



11. mynd. Reitur 1, sandorpið hraun, í máfavarpi. Átta tegundir, 70% gróðurþekja, fjöruarfí ríkjandi (55% þ.). (B.M. 20.7.1994).

Figure 11. Plot 1, lava with tephra sand, in gull colony. Eight species, 70% total cover, H. peploides dominant.



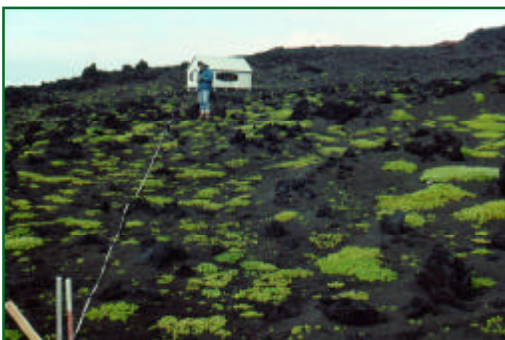
12. mynd. Reitur 8, hraun, í jaðri máfavarps. Fjórar tegundir, 10% gróðurþekja, skammkrækill ríkjandi (5% þ.). (B.M. 20.7.1994).

Figure 12. Plot 1, lava, at edge of gull colony. Four species, 10% total cover, Sagina procumbens dominant.



13. mynd. Reitur 6, hraun, í máfavarpi. Átta tegundir, 44% gróðurþekja, varpafitjungur ríkjandi (26% þ.). (B.M. 20.7.1994).

Figure 13. Plot 6, lava, inside gull colony. Eight plant species, 44% total cover, Puccinellia distans dominant.



14. mynd. Snið 1, sumarið 1990. Fjöruarfí er eina tegundin, með 5% þekju. (S.H.M. 10.7.1990).

Figure 14. Permanent transect 1, in 1990. Honkenya peploides was the only species, with 5% cover.



15. mynd. Sturla Friðriksson, ásamt Jóni Guðmundssyni og Borgþór Magnússyni, í Surtsey 1995. (B.M.).

Figure 15. Sturla Friðriksson, with two of his followers, in Surtsey in 1995.

Gróður í úteyjum og skerjum Vestmannaeyja einkennist af tegundafáu en gróskumiklu graslendi og jurtaskóði sem er undir miklum áhrifum af driti og varpi sjófugla (Sturla Friðriksson og Björn Johnsen, 1967). Reikna má með að gróður og annað lífríki í Surtsey sæki í sömu átt. Í Surtey vaxa nú flestar þær tegundir sem eru ríkjandi eða áberandi í gróðri í úteyjum, svo sem túnvingull, varpasveifgras, vallarsveifgras, fitjungur, baldursbrá, geldingahnappur, vegarfi, skarfakál, brennisóley, holurt og haugarfi. Nokkrar mikilvægar tegundir hafa þó ekki numið land í Surtsey enn eða náð að flendast þar hafi þær fundist. Dæmi um það eru hálingresi, ætihvönn, hrímblaðka, skarífífill, kattartunga og túnfífill, sem flestar finnast í stærri úteyjum (Sturla Friðriksson og Björn Johnsen, 1967). Búast má við að einhverjar þessara tegunda nemi landi í Surtey á næstu árum.

Framhald rannsókna í Surtsey

Rannsóknnum á gróðurframvindu í Surtsey verður haldið áfram. Gerðar verða mælingar á gróðri fastra reita annað hvert ár og fylgst jafnframt með almennu landnámi og útbreiðslu tegunda í allri eyinni. Nauðsynlegt er að rannsaka betur jarðvegsmyndun og uppbyggingu lífrænna efna og bera saman þróun jarðvegsmyndunar og framvindu gróðurs við mismunandi aðstæður í eyinni. Rannsóknirnar í Surtsey veita ekki aðeins fræðilegar niðurstöður um landnám og gróðurframvindu á sérstæðri eldfjallaeyju í norðurhöfum. Þær gefa einnig mikilvægar upplýsingar sem geta nýst í því viðtæka landgræðslustarfi sem fram fer hér á landi. Má þar nefna upplýsingar um hraða sjálfgræðslu og getu tegunda til að nema land og breiðast út í rýru landi. Með því að fylgjast með hvernig náttúran fer að í Surtsey má án efa læra margt um leiðir til að græða sár landsins.

ÞAKKARORÐ

Höfundar vilja færa Vísindasjóði, Surtseyjarfélaginu og Landhelgisgæslunni þakkir fyrir stuðning og aðstoð við rannsóknirnar í Surtsey.

Síðast en ekki síst er dr Sturla Friðrikssyni þökkuð góð leiðsögn og ánægjuleg samvera í Surtsey í gegnum árin.

HEIMILDIR

- Ágúst H. **Bjarnason**, 1991. Vegetation on lava fields in the Hekla area, Iceland. Doktorsritgerð við Háskólann í Uppsöllum. *Acta Phytogeographica Suecica* **77**: 114 s.
- Baldur **Johnsen**, 1939. Observations on the vegetation of the Westman Islands. *Rit Vísindafélags Íslendinga* **XXII**: 1–20.
- Baldur **Johnsen**, 1941. Gróðurríki Vestmannaeyja. *Náttúrufræðingurinn* **11**: 47–52.
- Baldur **Johnsen**, 1968. Viðbót við flóruhlusta Vestmannaeyja. *Náttúrufræðingurinn* **37**: 221.
- Bergþór **Jóhannsson**, 1968. Bryological observation on Surtsey. *Surtsey Research Progress Report* **IV**: 61.
- Borgþór **Magnússon**, 1992. Soil respiration on the volcanic island Surtsey, Iceland in 1987 in relation to vegetation. *Surtsey Research Progress Report* **X**: 9–16.
- Chapin** III, F.S., 1993. Physiological controls over plant establishment in primary succession. Í: *Primary Succession on Land* (ritstj. J. Miles & D.W.H. Walton). Special publication no. 12 of the British Ecological Society. Blackwell Science Publication, Oxford: 161–178.
- Davy**, A.J. & M.E. **Figueroa**, 1993. The colonization of strandlines. Í: *Primary Succession on Land* (ritstj. J. Miles & D.W.H. Walton). Special publication no. 12 of the British Ecological Society. Blackwell Science Publication, Oxford: 113–131.
- del Moral**, R., J.H. **Titus** & A.M. **Cook**, 1995. Early primary succession on Mount St. Helens, Washington, USA. *Journal of Vegetation Science* **6**: 107–120.
- Doing**, H., 1985. Coastal fore-dune zonation and succession in various parts of the world. *Vegetatio* **61**: 65–75.
- Gilham**, M.E., 1956. Ecology of the Pembroke-shire Islands. V. Manuring by the colonial seabirds and mammals, with a note on seed distribution by gulls. *Journal of Ecology* **44**: 429–454.
- Grant**, J.D., 1983. The activities of earthworms and the fates of seeds. Í: *Earthworm Ecology* (ritstj. J.E. Satchell). Chapman & Hall, London: 107–122.
- Grime**, J.P., J.G. **Hodgson** & R. **Hunt**, 1988. *Com-*

- parative Plant Ecology. A Functional Approach to Common British Species.* Unwin Hyman, London: 742 s.
- Hill, M.O.**, 1979. *DECORANA – A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging.* Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, New York: 52 s.
- Hörður **Kristinsson**, 1972. Studies on lichen colonization in Surtsey 1970. *Surtsey Research Progress Report VI*: 77–78.
- Hörður **Kristinsson**, 1986. *Plöntuhandbókin. Blómplöntur og byrkningar.* Bókaútgáfan Örn og Örlygur, Reykjavík: 304 s.
- Lundberg, A.**, 1987. Sand dune vegetation on Karmøy, SW Norway. *Nordic Journal of Botany* 7: 453–477.
- Markús Á. **Einarsson**, 1976. *Veðurfar á Íslandi.* Iðunn, Reykjavík: 150 s.
- Persson, Å**, 1964. The vegetation of the margin of the receding glacier Skaftafellsjökull, South-eastern Iceland. *Botaniske Notiser* 117: 323–354.
- Reest, P.J. van der & H. Rogaar**, 1988. The effect of earthworm activity on the vertical distribution of plant seeds in newly reclaimed polder soils in the Netherlands. *Pedobiologia* 31: 211–218.
- Schwabe, G.H.**, 1970. On the algal settlement in craters on Surtsey during summer 1968. *Surtsey Research Progress Report V*: 68–69.
- Smathers, G.A. & D. Mueller-Dombois**, 1974. Invasion and recovery of vegetation after a volcanic eruption in Hawaii. *National Park Service Science Monograph Series, No. 5*: 172 s.
- Smith, H.G.**, 1970. An analysis of Surtsey substratum for Protozoa. *Surtsey Research Progress Report V*: 78–79.
- Sobey, D.G. & J.B. Kenworthy**, 1979. The relationship between herring gulls and the vegetation of their breeding colonies. *Journal of Ecology* 67: 469–496.
- Steindór **Steindórsson**, 1964. *Gróður á Íslandi.* Almenna bókafélagið, Reykjavík: 186 s.
- Sturla **Friðriksson**, 1966. The pioneer species of vascular plants in Surtsey *Cakile edentula*. *Surtsey Research Progress Report II*: 63–65.
- Sturla **Friðriksson**, 1975. *Surtsey. Evolution of Life on a Volcanic Island.* Butterworths, London: 198 s.
- Sturla **Friðriksson**, 1992. Vascular plants on Surtsey 1981–1990. *Surtsey Research Progress Report X*: 17–30.
- Sturla **Friðriksson**, 1994. *Surtsey. Lífríki í mótun.* Hið íslenska náttúrufræðifélag & Surtseyjarfélagið, Reykjavík: 112 s.
- Sturla **Friðriksson & Björn Johnsen**, 1967. The vascular flora of the outer Westman Islands. *Societas Scientiarum Islandica, Greinar IV(3)*: 37–67.
- Sturla **Friðriksson & Borgþór Magnússon**, 1992. Development of the ecosystem on Surtsey with references to Anak Krakatau. *GeoJournal* 28: 287–291.
- Sveinn **Jakobsson**, 1993. Surtseyjareldar 1963–1967 og Jarðfræðirannsóknir í Surtsey 1967–1993. Í: *Surtsey 30 ára* (ritstj. Sveinn Jakobsson, Sturla Friðriksson & Erlingur Hauksson). Surtseyjarfélagið, Reykjavík: 1–7.
- Thompson, K., A. Green & A.M. Jewels**, 1994. Seeds in soil and worm casts from neutral grassland. *Functional Ecology* 8: 29–35.
- Thornton, I.W.B.**, 1984. Krakatau – the development and repair of a tropical ecosystem. *Ambio* 13: 2.
- Tsuyuzaki, S.**, 1991. Species turnover and diversity during early stages of vegetation recovery on the volcano USU, northern Japan. *Journal of Vegetation Science* 2: 301–306.
- Tsuyuzaki, S. & R. del Moral**, 1995. Species attributes in early primary succession on volcanoes. *Journal of Vegetation Science* 6: 517–522.
- Tüxen, R.**, 1970. Pflanzensoziologische Beobachtungen an islandischen Dünengesellschaften. *Veg-etatio* 20: 251–278.
- Ævar **Petersen**, 1993. Fuglar. Í: *Surtsey 30 ára* (ritstj. Sveinn Jakobsson, Sturla Friðriksson & Erlingur Hauksson). Surtseyjarfélagið, Reykjavík: 14.
- Whittaker, R.J. & M.B. Bush**, 1993. Dispersal and establishment of tropical forest assemblages, Krakatoa, Indonesia. Í: *Primary Succession on Land* (J. Miles & D.W.H. Walton). Special publication no. 12 of the British Ecological Society. Blackwell Science Publication, Oxford: 147–160.

Handrit móttakið 26. nóvember 1996,
samþykkt 29. nóvember 1996.