

Háskóli Íslands

Verkfræði- og raunvísindasvið

Líf- og umhverfisvísindadeild



Gróðurframvinda í Skaftáreldahrauni og áhrif hraungambra  
(*Racomitrium lanuginosum*) á landnám háplantna

**Jóna Björk Jónsdóttir**

Júní 2009

60 eininga (ECTS) Meistararitgerð í líffræði

Leiðbeinendur: Dr. Þóra Ellen Þórhallsdóttir og Dr. Kristín Svavarsdóttir

Háskóli Íslands

Verkfræði- og raunvísindasvið

Líf- og umhverfisvísindadeild



Gróðurframvinda í Skaftáreldahrauni og áhrif hraungambra  
(*Racomitrium lanuginosum*) á landnám háplantna

**Jóna Björk Jónsdóttir**

Júní 2009

60 eininga (ECTS) Meistararitgerð í líffræði

Leiðbeinendur: Dr. Þóra Ellen Þórhallsdóttir og Dr. Kristín Svavarsdóttir



## Yfirlýsing

Hér með lýsi ég því yfir að ritgerð þessi er byggð á mínum eigin athugunum, er samin af mér og að hún hefur hvorki að hluta né í heild verið lögð fram áður til hærri prófgráðu.

Jóna Björk Jónsdóttir, kt. 011165-5169

---

## Ágrip

Frumframvinda ræðst af ýmsum ólífrænum og lífrænum þáttum. Oft skapa fyrstu landnemar hagstæð skilyrði fyrir nýjar tegundir en óhagstæðar fyrir uppvöxt eigin afkvæma. Stundum virðast landnemar hamla frekari framvindu. Slík hömlunaráhrif eru þekkt í síðframvindu en virðast sjaldgæf í frumframvindu og sjaldan eða aldrei hefur verið sýnt fram á þau með tilraunum. Á íslenskum hraunum eru mosar og fléttur með fyrstu landnemum og í röku og mildu loftslagi svo sem í Skaftáreldahrauni, myndar hraungambri (*Racomitrium lanuginosum* (Hedw.) Brid) þykka og samfellda mosabreiðu. Frekari gróðurframvinda virðist hins vegar vera hæg og tæplega 230 árum eftir gos eru háplöntur strjálur og þekja þeirra lítil.

Markmið verkefnisins er að greina helstu umhverfispætti sem stýra stefnu og hraða gróðurframvindu í Skaftáreldahrauni. Með gróðurmælingum á hrauninu og beinum tilraunum er reynt að greina áhrif a) loftslags (þ.e. hæðar yfir sjávarmáli), b) fræregns, c) nærumhverfis (þ.e. yfirborðsbreytileika innan hraunsins) og d) áhrif hraungambra á hraða framvindu. Verkefnið skiptist í tvo hluta: Annars vegar er rannsókn á breytileika í tegundaauðgi og tegundasamsetningu háplantna innan hraunsins og á þykkt og þekju mosamottunnar. Hins vegar eru áhrif hraungambra á spírun og uppvöxt kímplantna prófuð með tilraunum.

Lögð voru út níu rannsóknarsnið á láglandi og fjögur á hálendi með stöðvum í 50, 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri. Tegundaauðgi og þekja háplantna og þekja helstu hópa lágplantna ásamt þykkt mosamottu var skráð í hraundæld og hraunsléttu á hverri stöð. Auk þess var grenndargróður utan hraunsins við upphaf hvers sniðs skráður.

Fræjum fimm háplöntutegunda var sáð í fjórar tilraunamedferðir á láglandi: a) óskerta mosamottu, b) mosamottu þar sem búið var að fjarlægja lifandi hluta mosans, c) mosamottu sem hafði næstum verið fyllt (að 2 sm) með silti og d) silt sem kæft hafði undirliggjandi mosamottu.

Hraungambri myndar að meðaltali 38 sm þykka mottu á hraunsléttum á láglandi. Á hálend var þekja og þykkt mosans minni en á láglandi en þar var

þekja breyskjufléttna (*Stereocaulon* teg.) meiri. Ekki var marktækur munur á tegundaauðgi háplantna á hálendi og láglandi en þekja og fjölbreytni (Shannon H') var meiri á láglandi. Tegundaauðgi minnkaði lítillega eftir því sem lengra dró inn í hraunið og tegundasamsetning breyttist, þar sem grasleitum tegundum og tvíkímblaða jurtum fækkaði.

Einungis túnvingull (*Festuca richardsonii*) og lambagras (*Silene acaulis*) spíruðu nægilega til að hægt væri að nota niðurstöður þeirra. Báðar tegundirnar spíruðu marktækt betur í mosamottu með silti en í óröskuðum mosa. Silt var hins vegar óhagstæðari beður (e. *substrate*) en óröskuð mosamotta fyrir túnvingul en skipti ekki máli fyrir spírun lambagrass.

Þykk motta hraungambra hamlar fræspírun og tefur framvindu þar sem lífsskilyrði fyrir mosann eru best. Í dældum eru lífsskilyrði fyrir gamburmosa ekki eins góð vegna skugga og snjóalaga. Þar safnast áfok og set fyrir og þar verður framvinda gróðurs hraðari en á hraunsléttum. Tegundaauðgi minnkaði aðeins lítillega eftir fjarlægð frá grenndargróðri. Fjarlægðin hefur hins vegar staðbundin áhrif á tegundasamsetningu og fækkar tvíkímblaða jurtum og grasleitum tegundum eftir fjarlægð frá grenndargróðri. Í Eldhrauni er plöntusamfélag byggt upp af smárunnum, runnum og fleiri tegundum, sem lifa í samkeppni við mosann, auk tegunda sem lifa í sprungum og holum í hrauninu.

Áhugavert væri að fara innar í hraunið en 1 km og kanna hvort breyting verði á þykkt mosamottunnar eða plöntusamfélagi háplantna.

## Abstract

Vegetation succession, the directional change in species composition and ecosystem properties, is a complex process that may be influenced by both biotic and abiotic factors. The facilitation model, views succession as a deterministic process by which species alter their habitat in ways that favours establishment other species but not their own. In the tolerance model, successive sets of species change the environment, blocking regeneration of their own species but not affecting the establishment of later species. The inhibition model suggests that dominating plant species halt further succession until they die or are removed by disturbance. The inhabitation model is believed to be rare in primary succession and has rarely, if ever, been demonstrated experimentally.

The 600 km<sup>2</sup> Skaftáreldahraun lava field, from the Laki eruption in 1783, is one of the largest basalt lava flows in historical times. It is covered with a thick carpet of the moss *Racomitrium lanuginosum*, particularly in the lowland, and 230 years after the eruption, vascular plants are still very sparse.

The aim of this study was to identify the environmental factors that control the rate and direction of plant succession in Skaftáreldahraun. Vascular plant species richness and cover, the cover of major groups of mosses and foliose and fruticose lichens, as well as local vegetation adjacent to the lava, were studied to elucidate the role of a) climate (altitude), b) seed rain, c) small-scale topography and c) the role of *R. lanuginosum*. The project contains two parts: 1) a study of the spatial patterns of vascular plant species and 2) an experimental test of the effect of the *R. lanuginosum* moss carpet on germination and seedling survival.

Thirteen 1 km transects were laid out perpendicular to the lava margin into the lava field, nine lowland (30-80 m a.s.l.) and four highland transects (430-510 m a.s.l.). At each one, two belt transects were laid out at 50, 200 and 1,000 m distance from the lava margin, with one transect on level lava and another in the nearest depression. Along each belt transect, all species were recorded and their cover measured using point analysis in 10 0.5\*0.5 m quadrates, and the thickness of the moss carpet recorded. Additionally, vascular species richness

was surveyed in a 5 m radius around the starting point of each belt transect. As a measure of incoming seed rain, vascular plant species composition was recorded at the lava margin.

Vascular plant species richness did not differ significantly among lowland and highland sites, but aboveground vascular plant species cover was higher at lowland sites while cryptogam cover was greater in the highland lava. Species richness and vascular plant cover were significantly greater in depressions than on lava flats and it is clear that the topography of the lava directly or indirectly influences successional patterns and rates. On both highland and lowland sites, the moss carpet was much thinner in depressions than on flats. Species richness did not significantly decline from the margin to 1000 m into the lava which may be interpreted as showing only weak limiting effects of seed rain. However, some groups (graminoids and herbaceous dicots) showed a significant negative relationship with distance to the lava margin.

To test whether the thick carpet of *R. lanuginosum* inhibits vascular plants, seeds of six vascular plant species were sown in four experimental treatments: a) undisturbed moss (control treatment), b) dead moss after removing living parts, c) moss carpet filled to within 2 cm of silt from the river Skaftá and, d) a thick silt deposit, completely covering the moss.

Only two species germinated sufficiently for statistical testing. *Festuca richardsonii* and *Silene acaulis* showed significantly better germination and summer seedling survival in partially silt-filled moss than in undisturbed moss. No significant difference was detected between the dead moss and control treatments. A thick silt deposit significantly reduced germination of *F. richardsonii*, but had little effect on the germination of *S. acaulis*.

The successional patterns in the Skaftáreldahraun lava support the inhibition model (sensu Connell & Slatyer 1977). *R. lanuginosum* adversely affects the germination and establishment of vascular plants, leading to extremely slow succession of the lava vegetation.



## Þakkir

Ég vil þakka leiðbeinanda mínum Þóru Ellen Þórhallsdóttur fyrir að taka hugmynd minni að meistaraverkefni um gróðurframvindu í Skaftáreldahrauni vel og fyrir aðstoð á öllum stigum verksins, uppbyggilega gagnrýni, gistaðstöðu að Hruna og ánægjulegar samverustundir. Kristínu Svavarsdóttur aðstoðarleiðbeinenda þakka ég sömuleiðis leiðsögnina og alla aðstoðina á meðan á verkefninu stóð. Jaime Ann Martin þakka ég samstarf í rannsóknarvinnunni, Rannveigu Thoroddsen og Sigríði Baldursdóttur fyrir aðstoð við tegundagreiningar, Hlyni Bárðarsyni, Karení Pálsdóttur og Arnari Pálssyni fyrir ýmsa aðstoð og samstarf í Öskju.

Landgræðsla ríkisins styrkti verkið og starfsmenn hennar aðstoðuðu mig á ýmsan hátt. Fræðasetur Háskóla Íslands á Hornafirði og Rannís styrktu einnig rannsóknina og þakka ég þessum stofnunum kærlega fyrir stuðninginn. Kári Kristjánsson landvörður við Laka var mjög hjálplegur á meðan á gagnasöfnun á hálendinu stóð. Bændur og aðrir jarðeigendur við Eldhraun veittu upplýsingar og greiddu mér aðgang að sínum landareignum. Samstarfsfólk mitt við Menntaskólann að Laugarvatni fær kærar þakkir fyrir sýnda þolimæði, tillitsemi, lestur prófarkar og fleira.

Að auki vil ég þakka fjölskyldu minni fyrir gistaðstöðu í Skaftárdal og í Mörtungu og ýmiss konar aðstoð t.d. við fræsöfnun, talningu á spírunum og fleira.

# Efnisyfirlit

Inngangur.....	1
1. Kenningar um gróðurframvindu .....	1
2. Framvinda á hrauni .....	2
3. Landnám mosa .....	3
4. Skaftáreldahraun .....	4
5. Veðrun og framkvæmdir í Skaftáreldahrauni .....	6
6. Markmið rannsóknarinnar.....	8
Breytileiki í gróðurfari í Skaftáreldahrauni og samband við umhverfisþætti .....	10
1. Inngangur .....	10
1.1. Áhrif ólífæna og lífæna þátta á framvindu .....	10
1.2. Markmið rannsóknarinnar .....	11
2. Rannsóknarsvæði og aðferðir.....	13
2.1 Skaftáreldahraun .....	13
2.2 Veðurfar .....	13
2.3. Gagnasöfnun .....	14
2.4. Úrvinnsla gagna .....	17
3. Niðurstöður .....	20
3.1 Háplöntuflóra Skaftáreldhrauns .....	20
3.2 Samanburður á gróðri á láglendi og hálendi .....	21
3.3 Áhrif grenndargróðurs og fjarlægðar frá fræupsprettu á gróðurfar .....	26
3.4 Áhrif nærumhverfis .....	31
3.5 Samband mosamottu og háplantna .....	33
4. Umræða.....	36
4.1. Háplöntuflóra og dreifing gróðurs í Skaftáreldahrauni .....	36
4.2 Samanburður á flóru láglendis og hálendis .....	36
4.3. Áhrif fræregns á tegundaauðgi og framvindu .....	39
4.4. Áhrif nærumhverfis .....	41
4.5. Áhrif mosamottu .....	42
5. Ályktanir .....	44
Áhrif hraungambra á landnám háplantna í Eldhrauni .....	45
1. Inngangur .....	45
1.1. Útbreiðsla og lífshættir hraungambra.....	45
1.2. Markmið rannsóknarinnar .....	47
2. Efni og aðferðir .....	48
2.1 Tilraunasvæði.....	48
2.2. Fræsöfnun og uppruni fræja .....	48
2.3. Gagnasöfnun og úrvinnsla.....	49
3. Niðurstöður .....	51
4. Umræða.....	53
4.1. Val á tilraunarsvæðum og mismunandi spírun tegunda .....	53
4.2. Áhrif raskana á spírun háplantna í mosamottunni.....	54
4.3. Hugsanlegar ástæður mismunandi spýrunargetu eftir undirlendi.....	56
5. Ályktanir .....	59
Samspil mosamottu og umhverfisþátta.....	60
Lokaorð.....	63
Heimildir.....	64
Viðaukar .....	71

## Myndaskrá

1. mynd. Lega og útbreiðsla Skaftáreldahrauns og staðsetning rannsóknarsniða.....	5
2. mynd. Rauðbrún svæði eru svæði þar sem sandur og silt hefur borist niður með Skaftá.....	8
3. mynd. Myndræn uppsetning á rannsóknarsniðum .....	16
4. mynd. Tíðnidreifing háplöntutegunda á láglandi og hálendi .....	20
5. mynd. Skipting þeirra 117 háplöntutegunda sem fundust í og við Skaftáreldahraun 2007.....	21
6. mynd. Meðalfjöldi háplöntutegunda á hverri stöð á láglandi og hálendi.....	22
7. mynd. DCA hnitunargreining á breytileika háplantna innan Skaftáreldahrauns 2007.....	23
8. mynd. DCA hnitunargreining á breytileika háplantna innan Skaftáreldahrauns 2007.....	24
9. mynd. Breyting á tegundaauðgi háplantna eftir fjarlægð frá hraunjaðri .....	25
10. mynd. Meðaltal CC-gilda í dældum í mismunandi fjarlægð frá hraunjaðri.....	27
11. mynd. Samanburður á heildarþekju lágplantna og háplantna á láglandi og hálendi og í mismunandi fjarlægð frá hraunjaðri .....	28
12. mynd. Samanburður á heildarþekju lágplantna og háplantna á láglandi og hálendi á hraunsléttum og í hraundældum í Skaftáreldahrauni sumarið 2007.....	29
13. mynd. Þykkt mosamottu í Skaftáreldahrauni sumarið 2007, skipt eftir hraunsléttum og dældum, á láglandi og á hálendi .....	31
14. mynd. Ljósmynd af gróðurþekju á hálendisniði 200 m frá hraunjaðri.....	33
15. mynd. Snið í hraundæld á hálendi Skaftáreldahrauns, rannsóknarsnið 10 við Galtahorn, 1.000 m frá hraunjaðri.....	34
16. mynd. Mosamotta á láglandi Skaftáreldahrauns. ....	39
17. mynd. Tveir tilraunareitir af megintilraunarsvæðinu .....	45
18. mynd. Tilraunarsvæði þar sem silt hafði kaffært mosamottuna.....	46
19. mynd. Til hægri spírur túnvinguls og spírur lambgrass til vinstri, í tilraunareitum í Eldhrauni sumarið 2008. ....	47
20. mynd. Tilraunareitir á silti við talningu kímplantna 10 ágúst, 2008.....	49
21. mynd. Gangvirkni gróðurframvindu á Skaftáreldahrauni. ....	57

## Töfluskra

Tafla 1. Meðalhiti á tveimur fimm ára tímabilum og meðalhiti júní, júlí og ágúst mánaða á Kirkjubæjarklaustri og Laufbala.....	13
Tafla 2. Lýsing sniða við hraunjaðar Skaftáreldahrauns í hnitum og hæð yfir sjávarmáli. ....	15
Tafla 3. Heildarfjöldi skráðra háplöntutegunda í og við Skaftáreldahraun sumarið 2007.....	19
Tafla 4. Miðgildi ofanjarðarþekju (%) á láglendi og hálendi.....	22
Tafla 5. Samband grenndargróðurs við staðbundinn breytileika innan Skaftáreldahrauns.....	26
Tafla 6. Hlutfall af heildarfjölda tegunda sem einnig fundust í grenndargróðri, á hverri stöð og meðaltal hálendis og láglendis.....	26
Tafla 7 Meðalfjöldi háplöntutegunda og staðalskekkja eftir fjarlægð frá hraunjaðri, heildarfjöldi og fjöldi tegunda eftir mismunandi vaxtarformi. ....	28
Tafla 8. Miðgildi fjölbreytnistuðuls (H'-stuðuls) eftir nærumhverfi.....	30
Tafla 9. Meðaltal og staðalskekkja mosaþykktar og miðgildi mosaðekju með neðri og efri fjórðungsmörkum.....	30
Tafla 10. Samband milli þykktar mosamottu við tegundaauðgi, háplöntuþekju og fjölbreytni (Shannon-stuðull).....	31
Tafla 11. Áhrif tilraunaeðferða á spírun túnvinguls- og lambagrasfræs.....	48
Tafla 12. Áhrif mosamottu og silts á nokkra umhverfisþætti sem eru mikilvægir fyrir landnám á nýrunnum hraunum.....	53

# Inngangur

## 1. Kenningar um gróðurframvindu

Frumframvinda (e. *primary succession*) hefst þegar lífverur nema land á yfirborði þar sem enginn lífrænn jarðvegur eða fræforði er til staðar, t.d. land sem kemur undan jökli eða verður til við eldgos (Walker & del Moral, 2003). Síðframvinda (e. *secondary succession*) verður þegar gróðurfur raskast en jarðvegur, lífræn efni og fræ eða önnur æxlikorn eru til staðar í upphafi framvindunnar (Gurevitch, Scheiner & Fox, 2006). Flestar kenningar sem settar hafa verið fram eiga við síðframvindu en sumar þeirra eiga einnig við um frumframvindu (Walker & del Moral, 2003).

Clements (1916) setti fram kenningu um framvindu sem fyrirsjáanlegt ferli þar sem eitt plöntusamfélag fylgir öðru í fyrirfram ákveðinni röð. Hann skipti framvindu í frumframvindu og síðframvindu og taldi að framvinda væri hliðstæð þroskun lífveru og hástigssamfélagið væri eins konar sýndarlífvera (e. *superorganism*) (Krebs, 2001) og ríktu hugmyndir Clements í um 50 ár (Walker & del Moral, 2003). Nú svipar kenningum um framvindu meira til líkans Gleason (1926) um að framvinda sé opið og tilviljanakennt ferli, háð ýmsum lífrænum og ólífrænum þáttum (Walker & del Moral, 2003).

Um miðja síðustu öld setti Egler (1954) fram kenningu um að framvinda, þá einkum með tilliti til síðframvindu, verði eftir tveimur leiðum. Annars vegar fylgdi hún því sem hann nefndi *relay floristics* sem er líkt líkani Clements, þar sem nýjar tegundir taka við fyrri landnemunum í ákveðinni röð uns hástigi er náð. Hins vegar var *initial floristic composition* líkan þar sem tímasetning á landnámi tegunda hafði afgerandi áhrif á stefnu og hraða framvindunnar (Krebs, 2001).

Connell og Slatyer (1977) settu fram þrjú líkön fyrir gangverk framvindu. Fyrirgreiðslulíkan (e. *facilitation*) þeirra gengur út á að hver hópur lífvera búi í haginn fyrir tegundir sem á eftir koma en breyti um leið umhverfi sínu þannig að afkvæmi þeirra sem fyrir eru náí ekki að vaxa upp (Connell & Slatyer, 1977). Þetta líkan er sambærilegt líkani Clements og *Relay floristic* líkani Egler (Krebs, 2001). Hin líkönin gera ekki ráð fyrir að undirbúningur fyrri tegunda

knýi framvindu. Í öðru, þolmarkalíkani (e. *tolerance model*), er framvinda knúin af ólíkum lífsferlum, þ.e. fyrri tegundir breyta umhverfinu sér í óhag en hafa þó lítil áhrif á landnám annarra. Hvaða tegund sem er getur numið land en þolnari plöntur koma inn í vistkerfið þegar hinar fyrri víkja. Framvinda gengur í reynd frá ljóssæknum tegundum til skuggþolinna. Í þriðja líkaninu, hömlunarlíkani (e. *inhibition model*), hefur tegund hamlandi áhrif á landnám annarra hópa og gróðurbreytingar verða aðeins þegar hún deyr eða verður fyrir áfalli (Connell og Slatyer, 1977). Framvinda gengur að öðru jöfnu alltaf í átt til langlífari tegunda. Þolmarka- og hömlunarlíkan Connell og Slatyer geta bæði fallið að líkani Egler um *Initial floristic composition* (Krebs, 2001).

Í náttúrulegum plöntusamfélögum hafa fundist framvinduferlar sem falla undir hömlunarlíkan Connell og Slatyer (1977). Einkum er talið að þykk gróðurþekja geti hamlað framvindu ef langur tími líður að landnámi nýrra tegunda. Fyrstu landnemar ná þá að einoka næringu, raka eða sólarljós (Walker & del Moral, 2003). Hins vegar hefur ekki verið sýnt fram á hömlunaráhrif á ferli frumframvindu með tilraunum (Walker & del Moral, 2003; Matthews, 1992).

## 2. Framvinda á hrauni

Flestar frumframvindurannsóknir hafa verið gerðar á jökulaurum, þ.e. framan við hörfandi jökla (m.a. Matthews & Wittaker, 1987; Chapin, Walker, Fastie & Sharman, 1994) og í kjölfar eldsumbrota (m.a. del Moral, 1998; Wood & del Moral, 2000; Walker & del Moral, 2003; del Moral & Eckert, 2005). Raskanir af völdum eldsumbrota geta verið ýmiss konar. Í flæðigosum myndast helluhraun (e. *pahoehoe*) eða apalhraun (e. *a'a*) en við sprengigos geta meðal annars myndast flikrubergr (e. *pyroclastic flow*), gjóska (e. *tephra*), aurskriður (e. *mudflow*) og eðjuhlaup (e. *debris avalanche*) (Walker & del Moral, 2003). Nokkuð víða hefur framvinda í lok sprengigosa verið rannsökuð einkum við fjallið St. Helen þar sem sprengigos varð 1980 (m.a. Wood & del Moral, 1987; Walker & del Moral, 2003; del Moral, Wood & Titus, 2005). Rannsóknir á framvindu eftir flæðigos eru sjaldgæfari og eru best þekktar frá Hawaii (m.a. Aplet, Hughes & Vitousek, 1998; Raich, Parton, Russell, Sanford & Vitousek, 2000).

Nýrunnin hraun innihalda hvorki lífræn efni né köfnunarefni en ýmis steinefni eru til staðar í basísku hrauni. Þau helstu eru í þessari röð: Si, Al, Ca, Fe, Mg, Na, K, og P (Walker & del Moral, 2003). Í upphafi takmarkast framvinda af framboði á næringarefnum (Kurina & Vitousek, 1999) og erfiðu undirlagi (Wood & del Moral, 1987; Tsuyuzaki, 1991). Með tilkomu köfnunarefnis (N), aukningu á fosfati (P) og raka myndast með tímanum næringarrík mold (Walker & del Moral, 2003). Úrkoma hefur því mikil áhrif á hraða framvindunnar sem er mun hægari í þurru loftslagi en röku (Aplet o.fl., 1998). Yfirborð hrauna skiptir líka máli, einkum í þurru loftslagi. Apalhraun eru með gróft yfirborð og halda verr vatni en helluhraun sem eru sléttari með litlar holur sem vindbornar agnir og vatn safnast í og hraða veðrun hraunsins (Aplet o.fl., 1998). Stöðugleiki undirlagsins skiptir einnig máli fyrir spírunarmöguleika fræs (del Moral o.fl., 2005) og eru hraunlög mjög stöðug, einkum helluhraun (Walker & del Moral, 2003). Þar að auki setjast fræ frekar að á ósléttu undirlagi og skiptir yfirborðið því miklu máli (Tsuyuzaki, Titus & del Moral, 1997; del Moral o.fl., 2005).

Fáar rannsóknir hafa verið gerðar á gróðurframvindu í íslenskum hraunum. Helstar eru rannsóknir í Hekluhraunum og í Surtsey (m.a. Sturla Friðriksson, 1987; Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon og Jón Guðmundsson, 1996). Ágúst H. Bjarnason (1991) rannsakaði gróðurfur í Hekluhraunum, hann bar saman gróðurfur á misgömlum hraunum, í mismunandi hæð yfir sjávarmáli og með mismikilli beit. Niðurstöður hans sýndu að framvinda var hraðari í dældum en á hraunhólum. Cutler, Balyea og Dugmore (2008a og b) rannsökuðu einnig misgömul Hekluhraun og sýndu niðurstöður þeirra að hraungambri (*Racomitrium lanuginosum*) nemur land á fáum árum (Cutler o.fl., 2008a) og heldur hlut sínum í gróðurþekjunni þó aðrar tegundir bætist við. Þeir töldu að í Hekluhraunum réði umhverfi (e. *geocological*) hraða framvindunnar en stefna framvindunnar var alls staðar sú sama (Cutler o.fl., 2008b).

### **3. Landnám mosa**

Mosar eru oft taldir mikilvægir landnemar á fyrstu stigum framvindu, einkum í erfiðu og köldu loftslagi (Sohlberg & Bliss, 1984; Bates, 2000). Vindur, lítil

vatnsheldni, erfiðleikar við rótfestu og takmarkað framboð næringarefna gerir háplöntum erfitt fyrir. Þéttar mosamottur draga úr áhrifum vinds (Proctor, 2000) og mosar draga til sín vatn úr úrkomu (Longton, 1982). *Ectohydric* mosar geta einnig tekið upp vatn úr daggardropum eða þokuslæðu sem gerir þeim fært að lifa þar sem lítil úrkoma fellur (Richardson, 1981; Proctor, 2000). Dæmi um *ectohydric* mosa eru gamburmosar (*Racomitrium* teg.) en tegundir innan ættkvíslarinnar, einkum hraungambri, eru fljótar að bregðast við rakabreytingum. Á blaðendum þeirra eru hároddar sem auka upptöku vatns og oft er hároddurinn lengri á landsvæðum þar sem sumarúrkoma er lítil (Bergþór Jóhannson, 1993).

Í vistkerfum á heimskautasvæðum eru mosar oft áberandi þegar horft er til þekju, lífmassa og framleiðni og á það einnig við á nýrunnun hraunum þar sem aðstæður eru erfiðar (Bates, 1998). Á Hekluhraunum eru mosar fyrstu landnemarnir auk breyskjutegunda (*Stereocaulon* teg.) (Cutler o.fl., 2008a) og á fjallinu St. Helen urðu mosategundir ríkjandi þar sem lítið var um laus gosefni (del Moral o.fl., 2005).

Hraungambri er mjög áberandi á íslenskum hraunum (Steindór Steindórsson, 1964; Hörður Kristinsson, á.á.) og getur hann numið land á mjög skömmum tíma (Bergþór Jóhannsson, 1993; Cutler o.fl., 2008a). Algengt er að finna hraungambra með gróhirslum (Bjarnason, 1991) og telja sumir að gró séu mikilvæg í landnámi þeirra (Cutler o.fl., 2008a). Aðrar heimildir telja að hraungambri dreifi sér að mestu með brotum úr eldri plöntum (Tallis, 1959; Hörður Kristinsson, á.á.).

#### **4. Skaftáreldahraun**

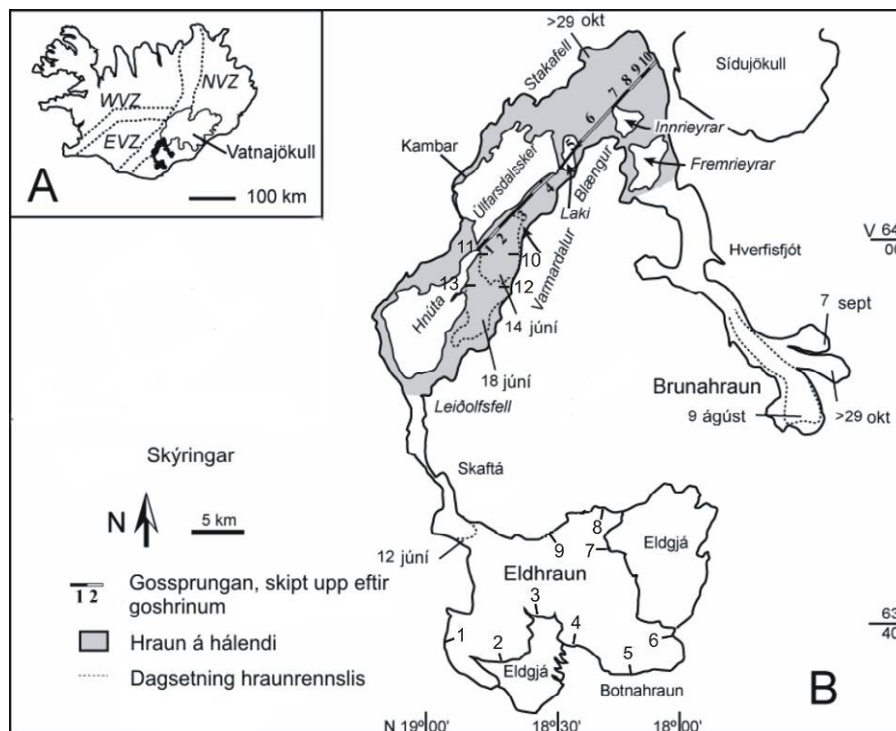
Skaftáreldar hófust 8. júní 1783 þegar gossprunga, sem síðar varð um 27 km löng, opnaðist frá Hnútu í átt að Laka (Edda Lilja Sveinsdóttir, 1982; Thordarson & Self, 1993). Hraun streymdi til suðurs, niður farveg Skaftár og breiddi úr sér við mynni Skaftárgljúfurs (Sigurður Þórarinsson, 1984). Í júlí lengdist sprungan til norðurausturs og nýir gígar opnuðust. Sú kvika rann til suðausturs, í farveg Hverfisfljóts og breiddi úr sér í Fljótshverfi og yfir Brunasand (1. mynd) (Thordarson, Larsen, Steinþórsson & Self, 2003). Á þeim átta mánuðum sem gosið stóð yfir, komu meira en 14 km<sup>3</sup> af kviku upp á



yfirborðið og þakti hraunið að lokum um 600 km<sup>2</sup> (Thordarson & Self, 1993; Guildbaud, Self, Thordarson & Blake, 2005) og er næstmesta hraungos á sögulegum tíma. Stærsta hraungos á sögulegum tíma, Eldgjáhraun, rann á svipuðum slóðum um 934 e.Kr. (Thordarson o.fl., 2003).

Næst eldstöðvunum rann hraunstraumurinn yfir grónar mýrar en leifar þeirra sjást nú við jaðar hraunstraumsins við Úlfarsdal og Varmárdal (Thordarson & Self, 1993). Þar liggur hraunið frá NA til SV og er hraunstraumurinn sjaldnast meira en þriggja km breiður og víða standa sker og hæðir upp úr hrauninu (1. mynd). Kvikann sem rann niður farveg Skaftár myndaði samfellda 221 km<sup>2</sup> hraunbreiðu á láglendinu, Eldhraun (Edda Lilja Sveinsdóttir, 1982). Undir hrauninu eru áreyrar (sandar) og eldri hraun frá nútíma, það stærsta frá Eldgjárgosinu 934 (Thordarson & Self, 1993; Guildbaud o.fl., 2005).

Skaftáreldahraun er efnafræðilega einsleitt kvars-þóleiitt basalt (Þórðarson, 1995) en mjög óvenjulegt er að svo mikið magn hraunkviknu sé einsleit (Karl Grönvold, 1984). Skaftáreldahraun er flokkað sem helluhraun en tekur á sig.



1. mynd. Lega og útbreiðsla Skaftáreldahrauns og staðsetning rennsniða. A. Skaftáreldahraun merkt sem dökkur flekkur á Íslandskort. B. Útlínur hraunsins ásamt helstu kennileitum og dagsetningu rennslisins. Á láglendi skiptist hraunið í tvennt: Eldhraun sem kom úr Skaftárgljúfri og Brunahraun sem kom úr gljúfri Hverfisfjós. Merkt er inn á kortið stefna og stærð (1 km) rennsniða, 1 til 9 á láglendi og 10 til 13 á hálendi (Birt með leyfi höfundar; Guildbaud o.fl., 2005).

ýmsar myndir eftir rennslishætti kvikunnar: *Shelly*, *spiny*, *slabby* og *rubbly* helluhraun. *Shelly* helluhraun (skeljótt) myndar tiltölulega slétt yfirborð og er algengast næst gossprungunni. *Spiny* helluhraun (broddótt) myndast úr *shelly* helluhraun þegar skelin brotnar upp og er algengt á láglendi. *Slabby* helluhraun (hellubrot) er þar sem hellur frá nokkrum sm í allt að 50 sm á þykkt þekja yfirborð hraunsins og skarast á ýmsa vegu. *Rubbly* helluhraun (brotið) er oft í hæðum og hryggjum sem eru jafnvel nokkrir metrar á þykkt, gert úr brotum sem að jafnaði eru minni en 10 sm en þau stærstu geta orðið allt að 100 sm á þykkt. Á milli þessara hraunmyndana eru oft hraunsléttur (e. *plate*) frá nokkrum metrum í meira en 1 km í þvermál (Guildbaud o.fl., 2005).

## 5. Veðrun og framkvæmdir í Skaftáreldahrauni

Fyrir Skaftárelda skipti Skaftá sér í þrennt á láglendi. Vestasta kvíslin, Landá, féll skammt austan við Leiðvöll, næst kom Melkvísl (Hólmakvísl) en meginvatnsfallið var Skaftá sem rann austur með Síðu en ekki eins nálægt fjöllunum og hún gerir nú (Jón Jónsson, 1983). Eftir Eld breyttust rennslisleiðir Skaftár og skiptist hún nú að mestu í tvennt, Skaftá og Eldvatn. Meginkvíslin rennur líkt og hún gerði fyrir gos austur með Síðufjöllum en rennur nú nær fjöllunum. Þetta vatnsfall heldur Skaftárnafninu og dreifist það að nokkru yfir hraunið og renna kvíslarnar ýmist út í hraunið eða í ána aftur. Stærstar eru Árkvíslar sem skipta um nafn og nefnast Brestur neðar í hrauninu (Óskar J. Þorláksson, 1935; Jón Jónsson, 1983). Rétt vestan við Skál rennur Skálaráll út í hraunið en stærsti hluti hans sameinaðist Skaftá aftur austan við Skál. Stór kvísl rennur vestan við Eldhraun fast upp að hliðum Skaftártungu. Nefnist það vatnsfall Eldvatn eða Ása-Eldvatn og sameinast Hólmsá í Kúðafljóti (2. mynd) (Jón Jónsson, 1983).

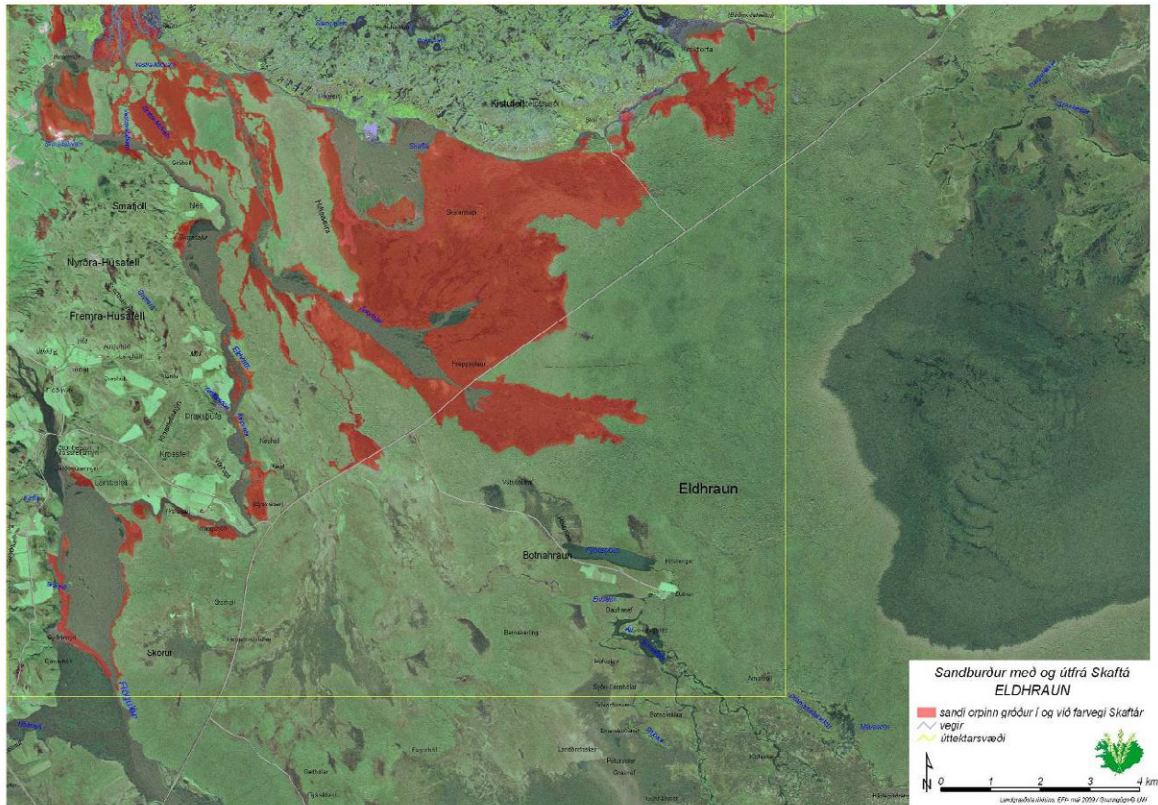
Vegalagning yfir Eldhraun hófst upp úr aldamótunum 1900 (Óskar J. Þorláksson, 1935) og um 1950 var vatni úr Árkvísllum veitt í eina kvísl (Brest) til að verja akveg fyrir vatnagangi (Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Gústav Sveinsson & Sveinn Runólfsson, 2008) sem þá var niðurgrafinn í nokkurs konar tröðum (Sigþór Sigurðsson, 1997). Einnig var nokkuð stóru vatnsfalli, Ásakvísl sem áður greindist frá Eldvatni út á hraunið, beint frá hrauninu 1965 (Jón Jónsson, 1983; Sigþór Sigurðsson, 1997). Benda sögusagnir og örnefni til þess að lífríki

hafi verið meira í hrauninu á meðan áin rann þar, samanber Hestafítjar, Álftavík og Silungavík (pers. upplýs. Gísli Halldór Magnússon, bóndi í Ytri-Ásum). Fljótlega upp úr 1950 hófu bændur að auka rennsli úr Skaftá í Skálarál (Fanney Ósk Gísladóttir, 1997; Elín Fjóra Þórarinsdóttir o.fl., 2008) en það var talið stuðla að auknu vatnsrennsli í ám og lækjum neðan við Eldhraun (Erlendur Björnsson, 2005). Árið 1980 var lokað fyrir rennsli Skálaráls þar sem hann rann aftur í Skaftá og honum beint niður í hraunið (Fanney Ósk Gísladóttir, 1997; Elín Fjóra Þórarinsdóttir o.fl., 2008). Árkvíslar voru stíflaðar að mestu árið 1992 uppi við Skaftá en affall út í hraunið var aukið 1997 að kröfu landeigenda í Landbroti (Fanney Ósk Gísladóttir, 1997).

Að öllu jöfnu ber Skaftá með sér mikið magn af aur og algengt að áin beri fram um 800 mg l<sup>-1</sup> síðsumars þegar framburðurinn er sem mestur (Snorri Zóphóniásson, 1994). Á það bætist að frá því um 1955 hefur Skaftá hlaupið á tveggja til þriggja ára fresti og getur borið með sér um 30 milljón tonn af fíngerðu seti í hverju hlaupi (Björnsson, 2002). Koma þau úr Skaftárkötlum í Vatnajökli þar sem jarðhiti bræðir jökulinn í sífellu (Snorri Zóphóniásson & Svanur Pálsson, 1996; Björnsson, 2002). Snorri Zóphóniásson og Svanur Pálsson (1996) telja magn setsins um 100 milljón tonn í heildina en það nægir til að þekja 70 km<sup>2</sup> með 1 m þykku aurlagi. Er þá ótalið botnskrið og grófur sandur í hlaupvatninu og allur framburður á milli hlaupa. Svifaur sem berst með hlaupvatninu er að mestu silt (mór og méla) og leir sem oftast er innan við 10% af heildarmagni svifaursins (Snorri Zóphóniásson & Svanur Pálsson, 1996).

Hluti framburðarins sest til og hefur setið sums staðar náð að fylla hraunið þannig að aðeins standa hæstu kollar upp. Talið er að sandur og silt séu á um 14 þúsund hekturum í og meðfram farvegi Skaftár frá upptökum niður fyrir Eldhraun (2. mynd) (Elín Fjóra Þórarinsdóttir o.fl., 2008). Á láglandi er mesti framburðurinn við norðanverðan hluta hraunbreiðunnar frá Árhól í Árhrauni, þar sem Árkvíslar kvíslast út á hraunið, og austur að Skál þar sem Skálaráll rennur út á hraunbreiðuna. Talið er að allt að 3.000 hektara svæði hafi þar lent undir sandi og silti úr Skaftá (Elín Fjóra Þórarinsdóttir o.fl., 2008). Þar sem Eldvatn rennur niður með Búlandi og Svínadalshéiði hefur einnig mikill framburður sest til og er Hvammshraun víða þakið framburði (Elín Fjóra

Þórarinsdóttir o.fl., 2008). Í austari hluta hraunins, milli Hrauns og Efri-Steinsmýrar er áfokssandur sem sennilega kemur frá ósum Skaftár eða úr gömlum farvegi hennar. Á þeim stöðum þar sem áfok sands og silts skemmir ekki gróður í hrauninu er það þakið gróðri og er hraungambri mjög áberandi.



2. mynd. Mynd af Eldhrauni, rauðbrúnn litur er teiknaður inn á þar sem sandur og silt hafa borist út á hraunið. Gulur rammi afmarkar það svæði sem skoðað hefur verið með tilliti til framburðar (Landgræðsla ríkisins, óbirt heimild).

Lítill sauðfjárbeit er í hrauninu á láglandi að undanskildum syðsta hluta þess við Fljótakrök. Meiri beit er í hrauninu á hálendi, einkum frá Hrossatungum og niður að hálendisbrúninni (pers. upplýs. Fanney Ólöf Lárusdóttir, sauðfjáræktarráðanautur í Skaftárhreppi).

## 6. Markmið rannsóknarinnar

Skaftáreldahraun er önnur stærsta hraunbreiða á jörðinni frá sögulegum tíma og aðeins um 230 ára gamalt. Gróðurframvinda í hrauninu hefur aldrei verið rannsökuð en jarðfræði hraunsins er vel þekkt (m.a. Thordarson & Self, 1993; Guilbaud o.fl., 2005; Þórðarson, 1995). Hraunið liggur hæst í um 600 m y.s. en

lægst í um 40 m y.s. Allt hraunið er efnafræðilega einsleitt (Þórðarson, 1995) með mismunandi óslétt yfirborð (Guilbaud o.fl., 2005) og á láglandi myndaðist samfelld 221 km<sup>2</sup> hraunbreiða (Edda Lilja Sveinsdóttir, 1982). Hraunið er því einstakur vettvangur fyrir framvindurannsóknir. Mismunandi hæð yfir sjávarmáli, mismikil fjarlægð í næstu fræuppsprettu og breytilegt yfirborðið býður upp á samanburð á áhrifum þessara þátta á hraða og stefnu framvindu. Nú, tæplega 230 árum eftir gosið, er hraunið að mestu þakið hraungambra með strjálum háplöntum.

Í upphafi voru fjórar tilgátur settar fram um hvernig umhverfi og staðsetning hraunsins hefur áhrif á framvindu gróðurs: 1) Stefna og hraði framvindu eru ólík á hálendi og láglandi vegna óhagstæðra veðurskilyrða á hálendi og þar verður tegundaauðgi og þekja háplantna minni; 2) Nærumhverfi (e. *small-scale topography*) plantna er hagstæðara í dældum en á hraunsléttum og verður framvinda því hraðari í dældum; 3) Fjarlægð frá fræuppsprettu hefur áhrif á fræframboð og þannig á hraða framvindu sem er hægari eftir því sem lengra dregur inn í hraunið; 4) Þykk mosamotta hraungambra hamlar landnámi háplantna. Takmarkað áfok hraðar landnámi háplantna í fyrstu en hefur neikvæð áhrif nái það að kæfa undirlagið alveg.

Rannsóknin skiptist í tvo verkþætti sem greint verður frá í aðskildum köflum:

- (1) Tilgátur eitt til fjögur voru prófaðar með því að athuga breytileika í gróðurfari Skaftáreldahrauns og samband breytileikans við umhverfisþætti.
- (2) Tilgáta fjögur, hvort hraungambri hamli spírun háplantna, var einnig prófuð með tilraun.

Í hvorum kafla fyrir sig er gerð stuttleg grein fyrir fræðilegum bakgrunni, aðferðafræði, niðurstöðum og umræðum hvors verkþáttar. Að lokum eru niðurstöður beggja verkþátta dregnar saman og ræddar.

# Breytileiki í gróðurfari í Skaftáreldahrauni og samband við umhverfispætti

## 1. Inngangur

### 1.1. Áhrif ólífrænna og lífrænna þátta á framvindu

Nokkur líkön hafa verið sett fram um gangvirkni framvindu (Krebs, 2001; Walker & del Moral, 2003). Gleason (1926) taldi framvindu tilviljanakennt ferli þar sem bæði ólífrænir og lífrænir þættir hefðu áhrif á hraða hennar og stefnu. Ólífrænir þættir eru til dæmis úrkoma og hiti þar sem hærri hiti og meiri úrkoma hafa jákvæð áhrif á framvindu (Raich o.fl., 2000; Svoboda & Henry, 2000). Snjóþekja (Matthews & Wittaker, 1987), lengd vaxtartímabils, skjól, örugg set (Jumpponen, Väre, Mattsons, Ohtonen & Trappe, 1999; Elmarsdóttir, Aradóttir & Trlica, 2003) og berggrunnur (Chad & del Moral, 2005) hafa einnig verið nefnd. Lífrænir þættir eru m.a. samskipti milli tegunda (Chapin o.fl., 1994; Eriksson & Eriksson, 1998) og eiginleikar tegunda og fræja (Wood & del Moral, 1987; del Moral o.fl., 2005). Oft eru þessir þættir samtvinnaðir og hefur tegundasamsetning t.d. bæði áhrif á búsvæði (Jones, Lawton & Shachak, 1997) og fræframboð (Sigurður H. Magnússon, 1994; del Moral, 1998).

Utanaðkomandi fræregn, bæði magn og samsetning, hefur áhrif í upphafi framvindu (del Moral, 1998; del Moral & Ellis, 2004; del Moral & Eckert, 2005). Þegar líður á framvindu eykst fjöldi og fjölbreytni fræja (Sigurður H. Magnússon, 1994) og frjósemi jarðvegs hækkar vegna aukins magns lífrænna efna og meiri virkni lífvera sem losa um næringarefni (Walker & del Moral, 2003). Einnig fara plöntur sem numið hafa land að veita skjól sem getur aukið lífslíkur kímplantna (Sigurður H. Magnússon, 1994; Eriksson & Eriksson, 1998). Fyrri landnemar hafa oftast jákvæð áhrif á landnám annarra tegunda, einkum í upphafi framvindu (Walker & Chapin, 1987; Jones o.fl., 1997) og þar sem vaxtartími er stuttur (Choler, Michalet & Callaway, 2001), líkt og hið sígilda framvindulíkan Clements (1916) gengur út á. Áhrif fyrri landnema geta einnig verið neikvæð á landnám annarra tegunda (Connell & Slatyer, 1977; Matthews & Wittaker, 1987), nokkur slík dæmi eru þekkt ýmist vegna beinnar samkeppni eða annarra þátta svo sem *allelopathy* (Walker & del Moral, 2003).

Margar niðurstöður sýna að nærumhverfi hafi áhrif á afkomu plantna og að dældir séu ákjósanlegar til landnáms, væntanlega vegna þess að þar er meiri raki (Bjarnason, 1991; Jumpponen o.fl., 1999), skjól (Jumpponen o.fl., 1999), jafnara hitastig (Chad & del Moral, 2005) og stöðugra undirlendi (Tsuyuzaki o.fl., 1997; Franks, 2003). Dældir geta einnig gripið fræ sem berast með vindi eða velta eftir yfirborði (Jumpponen o.fl., 1999; Tsuyuzaki o.fl., 1997) en aukið fræmagn eykur hins vegar ekki alltaf líkurnar á landnámi tegunda (Jones & del Moral, 2005).

Við erfiðar aðstæður, svo sem á hraunum og í köldu loftslagi, er talið að ólífrænir þættir skipti meira máli en lífrænir (Griggs, 1914; del Moral, 1982; Matthews & Wittaker, 1987; Walker & del Moral, 2003). Framboð á öruggum setum getur haft mikil áhrif (Jumpponen o.fl. 1999) og er landnám á nýrunnu hrauni talið mjög háð grófleika yfirborðsins (Aplet o.fl., 1998), jafnvel meira en efnafræðilegu innihaldi þess (Tsuyuzaki o.fl., 1997). Fyrstu stig framvindu eru því ekki endilega samstíga á sama landsvæði (Jumpponen o.fl., 1999).

## 1.2. Markmið rannsóknarinnar

Hið víðáttumikla, einsleita og mosavaxna Skaftáreldahraun býður upp á einstakt tækifæri til að prófa ólíkar tilgátur um hvaða þættir hafa áhrif á hraða og stefnu framvindu. Vegna stærðar hraunsins er hægt að skoða áhrif grenndargróðurs og fjarlægðar frá grenndargróðri. Lega hraunsins, frá 20 m að 600 m y.s. og óslétt yfirborð þess gefa einnig tækifæri til að kanna áhrif veðráttu og nærumhverfis.

Þykk mosamotta og merki um litla útbreiðslu háplantna gefa tilefni til að spyrja hvort mosinn komi í veg fyrir landnám háplantna og hamli gróðurframvindu.

Settar voru fram fjórar prófanlegar tilgátur:

- 1) Loftslag hefur áhrif á stefnu og hraða gróðurframvindu.

Lægri lofthiti og styttra vaxtartímabil veldur því að tegundauðgi og gróðurþekja er minni á hálendi (400–500 m hæð yfir sjávarmáli) en á láglandi (30–80 m hæð yfir sjávarmáli) og tegundasamsetning er önnur.

- 2) Fræframboð takmarkar landnám háplantna og dregur úr hraða gróðurframvindu.

Sé þessi tilgáta rétt, ætti að vera neikvæð fylgni milli annars vegar tegundaauðgi og þekju háplantna og hins vegar fjarlægðar frá hraunjaðri. Staðbundinn breytileiki í flóru hraunsins ætti að endurspeгла grenndargróður.

- 3) Staðbundnar umhverfisaðstæður hafa áhrif á stefnu og hraða framvindu. Í Skaftáreldahrauni eru vaxtarskilyrði fyrir háplöntur betri í dældum í hrauninu en á hraunsléttum.

Þessi tilgáta spáir því að í hraundældum séu fleiri tegundir og meiri þekja háplantna en á hraunsléttum.

- 4) Gróðurframvinda í Skaftáreldahrauni fylgir hömlunarlíkaninu (e. *inhibition model*) Connells og Slatyers (1977), þ.e. þykk mosamotta hraungambra hamlar landnámi háplantna.

Tilgátan spáir því að neikvæð fylgni sé milli þykktar mosamottunnar annars vegar og tegundaauðgi og þekju háplantna hins vegar. Þar sem slík fylgni gæti komið til vegna annarra utanaðkomandi þátta er nauðsynlegt að prófa tilgátuna frekar með tilraun. Fjallar seinni kafli ritgerðarinnar: „Áhrif hraungambra á landnám háplantna í Eldhrauni“ um slíka tilraun.



## 2. Rannsóknarsvæði og aðferðir

### 2.1 Skaftáreldahraun

Rannsóknarsvæðið er Skaftáreldahraun sem myndaðist í næst stærsta flæðigosi sem sögur fara af (Thordarson o.fl., 2003). Það rann frá gígaröð við Laka frá júní 1783 til febrúar 1784 og er uppruni kvikunnar, kvars-þóeilít basalts, úr Grímsvatnaeldstöðinni (Þórðarson, 1995). Hraunið sem myndaðist þekur í heildina um 600 km<sup>2</sup> (Edda Lilja Sveinsdóttir, 1982) en rannsóknarsvæðið einskorðast við hraunstraum sem rann í suðvestur, niður með Skaftá og niður á láglandi. Fyrir ofan hálendisbrúnina myndar hraunið nokkra strauma og beindist rannsóknin að breiðasta hraunstraumnum sem er um þriggja km breiður og liggur á milli Hnútu og Varmárfells í 430–510 m y.s. Á láglandi (20–80 m y.s.) var rannsóknin á þeim hluta hraunsins sem kallast Eldhraun og er um 221 km<sup>2</sup> samfelld hraunbreiða (1. mynd).

### 2.2 Veðurfar

Skaftáreldahraun er staðsett á Suðurlandi og liggur Eldhraun fyrir opnu hafi þar sem rakir sunnan- og suðaustanvindar berst inn yfir landið og er hraunið í einhverjum úrkomusamasta og hlýjasta hluta Íslands (Veðurstofa Íslands, á.á.). Við Skaftáreldahraun eru tvær veðurstöðvar. Önnur er á láglandi við Kirkjubæjarklaustur, (63°47.533' N; 18°03.042' V), mönnuð skeytastöð í 32 m y.s. Hin er á hálendinu, sjálfvirk veðurathugunarstöð við Laufbala (64°01.412'N; 18°07.174'V) í 555,6 m y.s. Lofthitamælingar hófust við Laufbala 1993 og úrkomumælingar árið 2000 og mælist nokkuð hlýrra við Kirkjubæjarklaustur en Laufbala (Tafla 1) (Veðurstofa Íslands, á.á.).

Ár	Ársmeðalhiti °C		Meðalhiti í júní, °C		Meðalhiti í júlí, °C		Meðalhiti í ágúst, °C	
	Kb.kl.	Laufbali	Kb.kl.	Laufbali	Kb.kl.	Laufbali	Kb.kl.	Laufbali
1998–2002	5,0	-0,4	9,5	4,5	11,5	7,0	11,3	6,7
2003–2007	5,5	1,2	10,4	6,8	12,0	9,0	11,8	8,5

Tafla 1. Meðalhiti á tveimur fimm ára tímabilum og meðalhiti júní-, júlí- og ágústmánaða á Kirkjubæjarklaustri, 63°47.533' N; 18°03.042' V, í 32 m y.s. og Laufbala, 64°01.412'N; 18°07.174'V, í 555,6 m y.s. Upplýsingar vantar um einstaka mánuði frá Laufbala (Veðurstofa Íslands, óbirt gögn).

Á Kirkjubæjarklaustri mældist ársúrkoma að meðaltali tæplega 1800 mm á árunum 1998 til 2007 (Veðurstofa Íslands, á.á.) en úrkomumælingar við Laufbala eru óáreiðanlegar (pers. uppl. Trausti Jónsson veðurfræðingur hjá Veðurstofu Íslands). Samkvæmt úrkomukorti Veðurstofu Íslands er ársúrkoma svipuð eða aðeins meiri við Laufbala en á Kirkjubæjarklaustri (Veðurstofa Íslands, á.á.).

### 2.3. Gagnasöfnun

Af loftmyndum voru valin 13 rannsóknarsvæði, níu á láglandi og fjögur á hálendi. Á láglandi var brún hraunbreiðunnar skipt í fimm hluta sem dreifðust um hraunjaðarinn að undanskildum austurjaðri hraunsins, frá Hrauni að Efri-Steinsmýri. Sá hluti var undanskilinn af hagkvæmnisástæðum þar sem Eldhraun liggur þar ofan á eldra hrauni sem teygir sig mun lengra til austurs. Eldra hraunið er að hluta sandorpið, víða illt yfirferðar og um það liggja aðeins torfærir slóðar. Þar hefði þurft að ganga nokkra kílómetra til að komast að hraunjaðri Eldhrauns. Innan hvers hinna fimm hluta hraunjaðarins var staðsetning tveggja rannsóknarsniða valin á tilviljanakenndan hátt, þ.e. með því að velja úr tilviljanatöflu staðsetningu á GPS-hniti fyrir upphaf hvers sniðs. Í upphafi voru notaðir punktar byggðir á UTM-kerfi og viðmið Hjörsey 1955, en þeir voru síðan fluttir yfir á lengdar- og breiddarbauganet jarðar með nákvæmni upp á þúsundustu hluta úr mínútu ( $hddd^{\circ}mm.mmm'$ ) með viðmið WGS 84. Eitt rannsóknarsnið reyndist ónothæft og var úrtak á láglandi í heildina níu snið. Rannsóknarsvæði á hálendi voru staðsett á sama hátt og á láglandi með tilviljanakenndu vali á GPS punktum fyrir upphaf rannsóknarsniðs innan tveggja svæða sem valin höfðu verið þar sem hraunið var breiðast (Tafla 2). Yfirborðshrjúfleiki hraunsins var metinn huglægt á skala frá einum til fimm á hverri stöð þar sem einn táknar nokkuð slétt yfirborð en fimm mjög úfið. Hæð yfir sjávarmáli var mæld með GPS tæki.

Til að greina hvort fallandi væri í tegundaaudgi og þekju frá hraunjaðri og inn í hraunið voru 13 rannsóknarsnið lögð frá hraunbrúninni og inn í hraunið, hornrétt á jaðar þess. Þrjár stöðvar voru settar upp á hverju sniði, í 50, 200 og 1.000 m frá hraunjaðri og var fjarlægðin mæld með GPS staðsetningartæki.

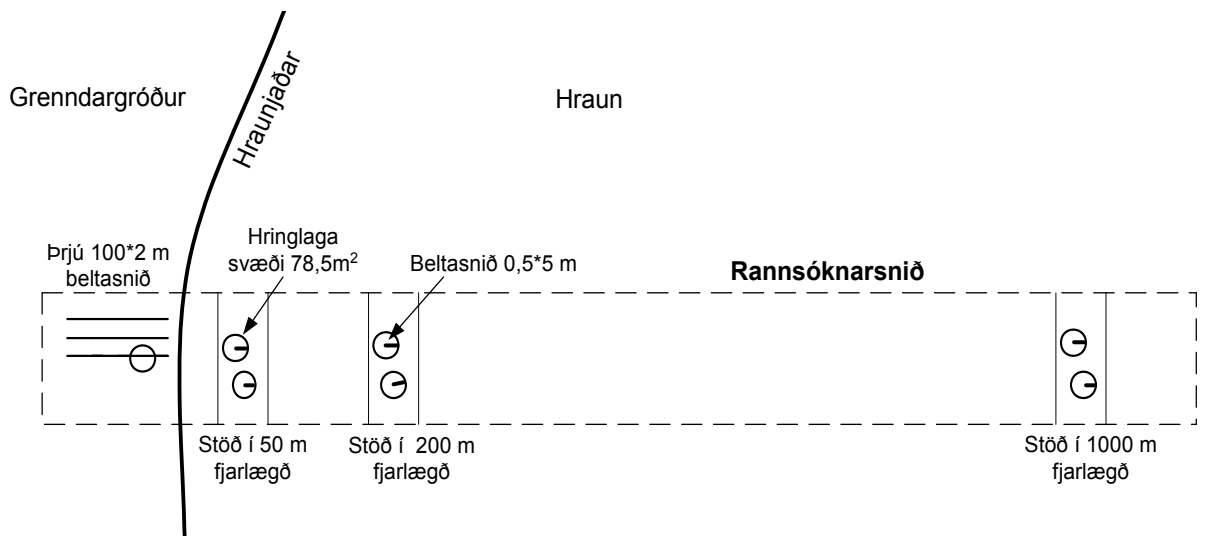
Númer og heiti sniðs	Staðsetning	Landhæð m y.s.	Stefna frá hraunjaðri	Yfirborð
1. Kúðafljót	N 63°38.158' V 18°27.704'	63	100	2
2. Leiðvellir	N 63°37.822' V 18°21.876'	83	120	2
3. Botnar	N 63°40.249' V 18°15.950'	68	120	2–3
4. Eldvatn, vestur	N 63°38.477' V 18°12.629'	42	150	3
5. Eldvatn, austur	N 63°37.558' V 18°04.386'	50	210	3
6. Fljótakrókur	N 63°39.196' V 18°01.644'	30	300	2
7. Grenilækur	N 63°44.501' V 18°08.267'	57	300	4
8. Dalbæjarstapi	N 63°45.707' V 18°08.538'	69	90	3
9. Skál	N 63°44.749' V 18°15.166'	85	50	3–4
10. Galtahorn	N 63°59.751' V 18°19.134'	504	270	1
11. Hnúta	N 63°59.803' V 18°23.178'	508	100	2
12. Grenbotnar	N 63°57.182' V 18°20.334'	437	250	2
13. Hrossatungur	N 63°57.345' V 18°24.121'	466	20	4

**Tafla 2. Lýsing sniða við hraunjaðar Skaftáreldahrauns í hnitum og hæð yfir sjávarmáli. Staðsetning var mæld með Garmin 12 tæki í UTM kerfi, með viðmiðunarpunkt Hjörsey 1955. Stefna frá hraunjaðri inn í hraunið var tekinn hornrétt á jaðarinn. Huglægt mat var lagt á hrjúfleika hraunsins á skala frá 1 til 5: 1 = slétt yfirborð, 2 = frekar slétt, 3 = frekar óslétt, 4 = óslétt, 5 = mjög óslétt yfirborð.**

Tvö svæði voru valin á hverri stöð, annað á hraunsléttu og hitt í hraundæld, hvorutveggja sem næst var GPS fjarlægðarmælingunni, alls 78 svæði (3. mynd). Þekja allra tegunda háplantna og helstu ættkvísla mosa og fléttna að undanskyldum hrúðurfléttum var metin með punktmælingum á hverju svæði. Punktmælingar voru framkvæmdar á beltasniðum með tíu 0,5\*0,5 m römmum sem lagðir voru út í samfellda línu, alls 0,5\*5 m á hverju sniði eða 2,5 m<sup>2</sup>. Í hverjum ramma voru 100 punktar og voru allar plöntur sem snertu punktana skráðar og gat þekjan orðið meira en 100% ef margar tegundir voru til staðar í einum punkti. Að auki voru skráðar tegundir sem komu fyrir í römmunum en snertu engan punkt. Við hlið hvers beltasniðs var mosabykkt mæld þrisvar sinnum, við fyrsta, fimmta og tíunda ramma. 50 sm löngum prjóni var stungið í

gegnum mosamottuna uns hann nam við hraunið og dýptin mæld með tommustokki. Stærra hringlaga svæði með 5 m radius,  $78,5 \text{ m}^2$ , sem umlæk beltasniðið var notað til að meta tegundaauðgi og voru háplöntutegundir sem uxu innan þess svæðis skráðar (3. mynd). Tegundaauðgi á  $157 \text{ m}^2$  var skráð á hverri stöð, alls  $471 \text{ m}^2$  á hverju rannsóknarsniði.

Gögnum var safnað sumarið 2007. Snið á láglandi voru rannsökuð frá 5. til 18. júlí en á hálandi frá 10. til 14. ágúst.



**3. mynd. Myndræn uppsetning á rannsóknarsniðum í Skaftáreldahrauni sumarið 2007, staðsetningu stöðva innan rannsóknarsniðs og staðsetningu beltasniða og hringlaga svæða innan stöðva. Við hraunjaðarinn var tekið hringlaga svæði auk stærra sniðs með þremur  $100 * 2 \text{ m}$  löngum beltasniðum.**

Utan við hraunjaðarinn voru tegundir háplantna skráðar til að fá samanburð milli tegundaauðgi háplantna í hrauni og tegundasamsetningu í fræuppsprettu utan hraunsins (grenndargróður). Tegundaauðgi við jaðar hraunsins var skráð á tveimur kvörðum. Annars vegar voru tegundir skráðar á hringlaga svæði með 5 m radius,  $78,5 \text{ m}^2$ , sambærilegt við skráningu á tegundaauðgi innan hraunsins. Hins vegar voru lögð út þrjú 100 m löng og 2 m breið beltasnið hornrétt út frá hraunjaðri, með 50 m bili, alls  $600 \text{ m}^2$  og allar háplöntur innan þeirra skráðar (3. mynd).

Tvö snið, snið nr. 1 við Hólmsá og snið nr. 9 við Skál lágu að ám og þar var því ekki unnt að skrá grenndargróður.

Við greiningu háplantna var stuðst við Plöntuhandbók Harðar Kristinssonar (1986). Mosar voru greindir með aðstoð fjölríta Bergþórs Jóhannssonar (1991, 1993, 1996, 1998a, 1998b og 2003) og fléttugreining fylgdi Moberg og Holmásen (1982).

#### 2.4. Úrvinnsla gagna

Tegundaaúðgi á hverri stöð var fundinn með því að sameina tegundaaúðgi tveggja 78,5 m<sup>2</sup> hringlaga svæða, annað var í hraundæld en hitt á hraunsléttu, alls 157 m<sup>2</sup> á hverju svæði. Tegundaaúðgi var normaldreifð og var borin saman milli stöðva með fervikagreiningu (ANOVA). Til að bera saman tegundaaúðgi í dældum og á sléttum var tegundaaúðgi á hverju beltasniði (2,5 m<sup>2</sup>) notuð. Þekja og Shannon-stuðull (H') fyrir tegundafjölbreytni (Magurran, 1988) voru líka reiknuð út frá beltasniðunum.

Þekja lág- og háplöntutegunda og Shannon-stuðull voru skádreifð og reyndist ekki unnt að umbreyta þeim þannig að gögnin uppfylltu kröfur fyrir parametrísk tölfræðipróf. Þessi gögn voru því meðhöndluð með óparametrískum prófum, fylgniprófi Spearmans og Man-Whitney U-prófi.

Breytileiki í tegundasamsetningu innan hraunsins var kannaður með DCA hnitunargreiningu (Lepš & Šmilauer, 2003).

Tegundasamsetning innan og utan hrauns var borin saman með Kí-kvaðrat prófi. Þar voru bornar saman allar tegundir sem fundust í hrauninu, alls 471m<sup>2</sup> svæði, við tegundir sem fundust á 600 m<sup>2</sup> svæði við hraunjaðarinn. Mat mitt var að tegundaaúðgi á svo stórum svæðum væri sambærileg þó ekki væri nákvæmlega sama flatarmál á báðum búsvæðum.

Tegundir sem uxu á hverri stöð voru bornar saman við tegundir sem uxu utan við jaðarinn og hlutfall sameiginlegra tegunda fundið. Hlutfallið sameiginlegra tegunda í mismunandi fjarlægð frá grenndargróðri var síðan borið saman milli rannsóknarsniða með þöruðu t-prófi.

Samfélagsstuðull (CC-stuðull e. *Community Coefficient*) er notaður til að finna breytingar í tegundasamsetningu milli tveggja svæða. Venjulega er stuðullinn reiknaður á milli sömu svæða á mismunandi tímum og notaður til að meta hversu hratt eða hægt framvinduferlið gengur (Tsuyuzaki, 1991). Í þessari rannsókn var samfélagsstuðullinn notaður til að finna breytingar á sambandi

plöntusamfélaga í hrauni og utan þess í mismunandi fjarlægð frá hraunjaðri. Samfélagstuðullinn var reiknaður með því að bera saman tegundir á hringlaga svæðum í hrauninu við tegundir í grenndargróðri að teknu tilliti til heildarfjölda tegunda á hvorum stað. Tegundir sem fundust í dældum (þ.e. 78,5 m<sup>2</sup>) á hverri stöð í hrauninu voru bornar saman við jafn stórt svæði utan hraunjaðarins og lýsir samfélagsstuðull breytingum á tegundasamfélaginu:

$$CC=a/(a+b+c)$$

þar sem  $a$  er fjöldi tegunda sem vaxa á báðum svæðum,  $b$  er fjöldi tegunda sem finnast aðeins í hrauninu og  $c$  eru tegundir sem finnast aðeins í grenndargróðri (Krebs, 1999). Ef flestar tegundir vaxa á báðum stöðum verður samfélagstuðullinn hár, allt að 1, en lækkar eftir því sem fleiri tegundir vaxa aðeins á öðrum staðnum. Breyting á samfélagstuðli með aukinni fjarlægð frá grenndargróðri var prófuð með pöruðu t-prófi.

Parað t-próf var notað í báðum ofangreindum tilfellum þar sem breytur í hlutfalli annars vegar og samfélagstuðli hins vegar eru háðar hver annari.

Öll tölfræðipróf, nema hnitunargreining, voru unnin í SPSS 13,0 fyrir Windows. Við hnitunargreiningu var notað forritið Canoco 4,S fyrir Windows (ter Braak & Šmilauer, 2002).

### 3. Niðurstöður

#### 3.1 Háplöntuflóra Skaftáreldhrauns

Alls fundust 117 háplöntutegundir í og við Skaftáreldahraun (Tafla 3). Tíu tegundir fundust aðeins í hrauni og 40 tegundir einungis við hraunjaðarinn, 19 þeirra voru votlendisplöntur (Viðauki 1).

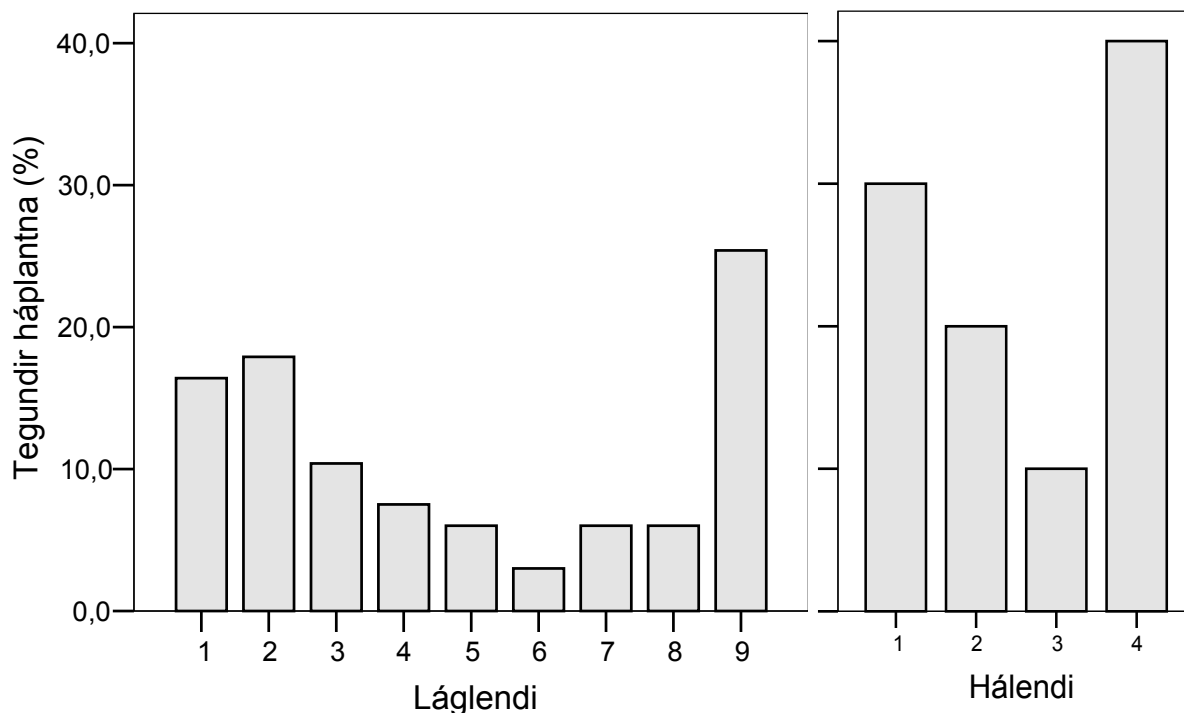
Þær tíu tegundir sem aðeins fundust í hrauninu uxu flestar strjált og voru á fáum sniðum nema skollafingur (*Huperzia selago*) sem fannst á öllum sniðum nema þeim tveimur sem hæst lágu yfir sjó.

	Láglendi	Hálendi	Samtals
Hraun	67	50	79
Grenndargróður	89	70	107
Samtals	103	76	117

Tafla 3. Heildarfjöldi skráðra háplöntutegunda í og við Skaftáreldahraun sumarið 2007. Tegundir voru skráðar á þrettán sniðum, níu á láglendi (30–85 m y.s.) og fjórum á hálendi (437–508 m y.s.). Í hrauninu voru mælistöðvar staðsettar 50, 200 og 1.000 m frá hraunjaðri og voru allar tegundir skráðar á tveimur 78,5m<sup>2</sup> svæðum á hverri stöð, öðru í dæld og hinu á hraunsléttu, alls 471m<sup>2</sup>. Grenndargróður var skráður á ellefu 600 m<sup>2</sup> sniðum. Á tveimur rannsóknarsniðum á láglendi var straumvatn við jaðar hraunsins og var grenndargróður því ekki skráður þar.

Almennt má skipta háplöntunum í tvo hópa, í algengar tegundir sem fundust á flestum eða öllum sniðum í hrauninu og sjaldgæfar tegundir sem fundust á 1–2 sniðum (Viðauki 2). Færri tegundir féllu þarna á milli (4. mynd).

Níu háplöntutegundir fundust á öllum sniðum bæði á hálendi og láglendi. Þrjár voru trjákenndar; grasvíðir (*Salix herbacea*), loðvíðir (*S. lanata*) og gulvíðir (*S. phylicifolia*) en auk þeirra fundust tófugras (*Cystopteris fragilis*), axhæra (*Luzula spicata*), blávingull (*Festuca vivipara*), blásveifgras (*Poa glauca*), snæsteinbrjótur (*Saxifraga nivalis*) og þúfusteinbrjótur (*S. caespitosa*) á öllum rannsóknarsniðum (Viðauki 3). Allar þessar tegundir nema axhæra og þúfusteinbrjótur fundust einnig á öllum sniðum í 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri (Viðauki 4).

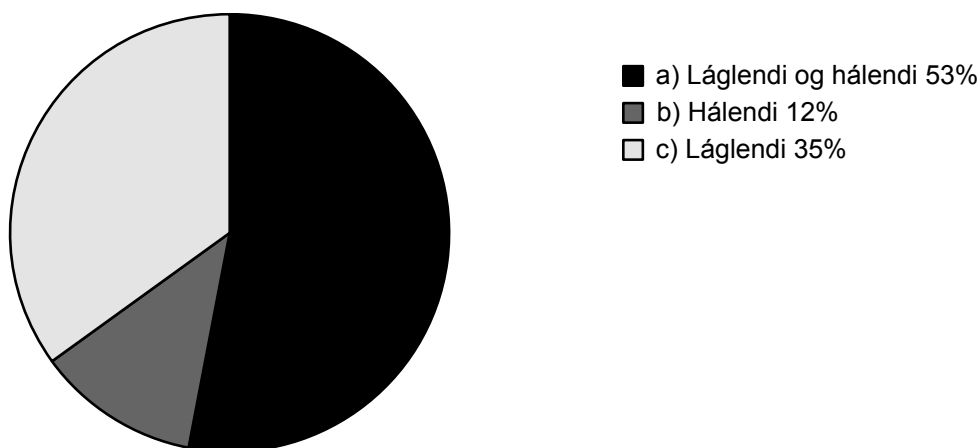


4. mynd. Tíðnidreifing háplöntutegunda á láglendi (30–85 m y.s.) og hálandi (437–508 m y.s.), í Skaftáreldahrauni sumarið 2007, sýnd sem fjöldi sniða sem tegund var skráð á. Reiknað út frá heildarfjölda tegunda sem uxu á láglendi annars vegar og hálandi hins vegar. Úrtak var 13 snið, níu á láglendi og fjögur á hálandi. Allar tegundir á sex 78,5m<sup>2</sup> svæðum voru skráðar á hverju sniði, eitt svæði í dæld og eitt á hraunsléttu, í 50, 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri, alls 471 m<sup>2</sup> á hverju sniði.

### 3.2 Samanburður á gróðri á láglendi og hálandi

Fleiri háplöntutegundir fundust á láglendi en hálandi (5. mynd). Af 117 tegundum sem fundust uxu 40 tegundir aðeins á láglendi en 15 tegundir fundust aðeins á hálandi (Viðauki 5). Þessi samanburður er þó ekki einhlítur þar sem níu snið voru á láglendi en aðeins fjögur á hálandi. Þegar borin voru saman fjögur rannsóknarsnið á láglendi, valin af handahófi (snið 2, 3, 6 og 8) var munurinn á tegundaauðgi ekki marktækur (ANOVA,  $F=1,154$ ,  $P=0,292$ ). Sama hlutfall tegunda á hvoru landsvæði óx í hrauni af heildarfjölda, á hálandi uxu 50 tegundir af 76 í hrauninu (0,66) en á hálandi uxu 67 af 103 tegundum í hrauninu (0,65).





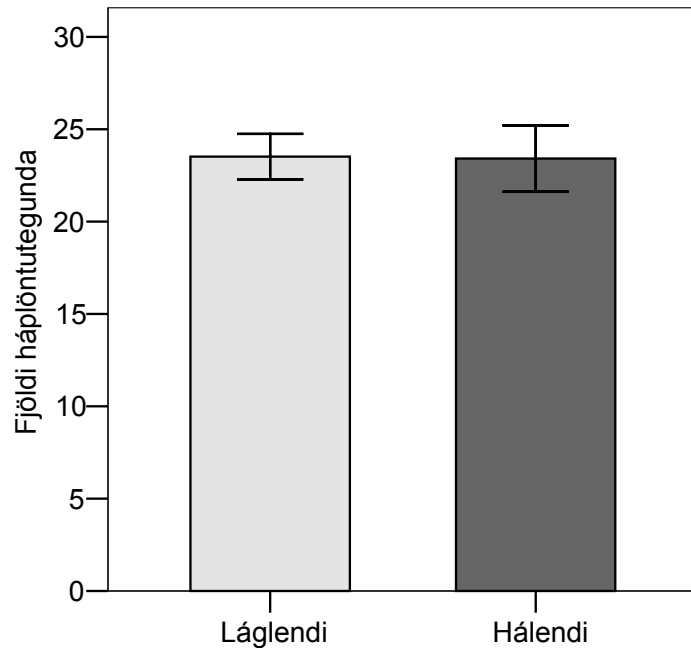
5. mynd. Skipting þeirra 117 háplöntutegunda sem fundust í og við Skaftáreldahraun 2007: a) Tegundir sem fundust bæði á hálendi (437–508 m y.s.) og láglandi (30–85 m y.s.), b) tegundir bundnar við hálendi og c) tegundir bundnar við láglandi. Þrettán snið voru rannsókuð, níu á láglandi og fjögur á hálendi. Allar tegundir á sex 78,5m<sup>2</sup> svæðum voru skráðar á hverju sniði, eitt svæði í dæld og eitt á hraunsléttu, í 50, 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri, alls 471 m<sup>2</sup> á hverju sniði. Grenndargróður var skráður á 600 m<sup>2</sup> svæði við hraunjaðar hvers sniðs.

Að meðaltali var heildarfjöldi háplöntutegunda á hverri stöð í hrauninu sá sami á hálendi og láglandi (6. mynd) (láglandi 24,2±1,19, N=27; hálendi 23,4±1,79, N=12; ANOVA, F=0,128, P=0,723).

Meðalfjöldi háplöntutegunda á 2,5m<sup>2</sup> beltasniðum var einnig sá sami á láglandi (7,8 ±0,76, N=54) og hálendi (5,8 ±4,27, N=24; ANOVA, F=2,400, P=0,125).

Heildargróðurþekja, þekja háplantna og þekja lágplantna, mældist meiri á láglandi en hálendi. Þekja fléttna var svipuð að undanskildum skóffléttum (*Peltigera* teg.) sem höfðu meiri þekju á láglandi en hálendi og hraunbreyskinga (*Stereocaulon* teg.) sem höfðu meiri þekju á hálendi en láglandi (Tafla 4). Ekki var mælanlegur breytileiki á fjölbreytni (H'-Shannon stuðli) eftir hæð yfir sjávarmáli (Mann Withney U: 498,0, Sig= 0,104).

Hnitunargreining endurspeglar mikinn breytileika í tegundasamsetningu háplantna í gagnasafninu. Fyrsti DCA ásinn útskýrði mestan breytileikann, eigingildi (e. *eigenvalue*) hans var 0,62 en eigingildi er tala milli 0 og 1 sem gefur til kynna hversu mikið af breytileikanum viðkomandi ás túlkar.

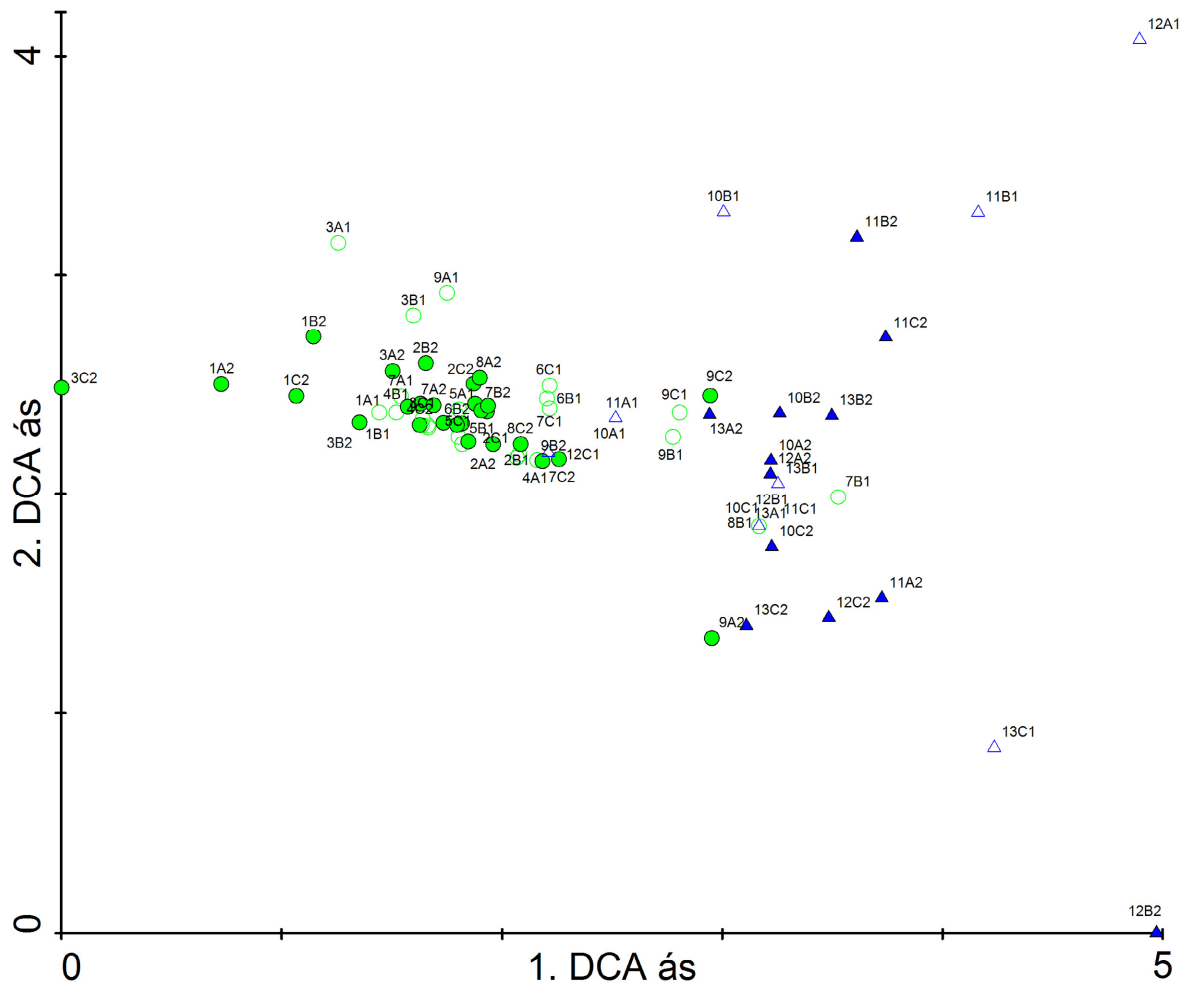


6. mynd. Meðalfjöldi háplöntutegunda á hverri stöð á láglandi (30–85 m y.s.) og hálendi (437–508 m y.s.) í Skaftáreldahrauni sumarið 2007. Úrtak var 13 snið, níu á láglandi og fjögur á hálendi. Allar tegundir á sex 78,5m<sup>2</sup> svæðum voru skráðar á hverju sniði, eitt svæði í dæld og eitt á hraunsléttu, í 50, 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri. Lóðréttar línur sýna staðalskekkju meðaltals (e. *standard error*).

	Hæð yfir sjávarmáli	N	Miðgildi (%)	Neðri fjórðungs-mörk	Efri fjórðungs-mörk	Mann Whitney U
Heildarþekja	Láglandi	54	103,0	101,0	107,78	238,5***
	Hálendi	24	100,5	99,98	100,84	
Háplöntur	Láglandi	54	9,7	2,50	27,96	349,5**
	Hálendi	24	2,3	0,74	7,81	
Lágplöntur	Láglandi	54	89,1	79,15	99,65	394*
	Hálendi	24	97,8	97,31	100,8	
Mosar	Láglandi	54	95,2	76,28	99,23	605,5 em
	Hálendi	24	93,7	61,94	99,45	
Fléttur	Láglandi	54	0,2	0,05	0,84	620 em
	Hálendi	24	0,3	0	1,38	
Lágplöntuþal (e. <i>biological crust</i> )	Láglandi	54	0,01	0	0,15	551,5 em
	Hálendi	24	1,8	0	19,88	
Engjaskófir ( <i>Peltigera</i> teg.)	Láglandi	54	0,01	0	0,38	359***
	Hálendi	24	0,00	0	0	
Breyskingar ( <i>Stereocaulon</i> teg.)	Láglandi	54	0,00	0	0	298***
	Hálendi	24	0,12	0	0,65	

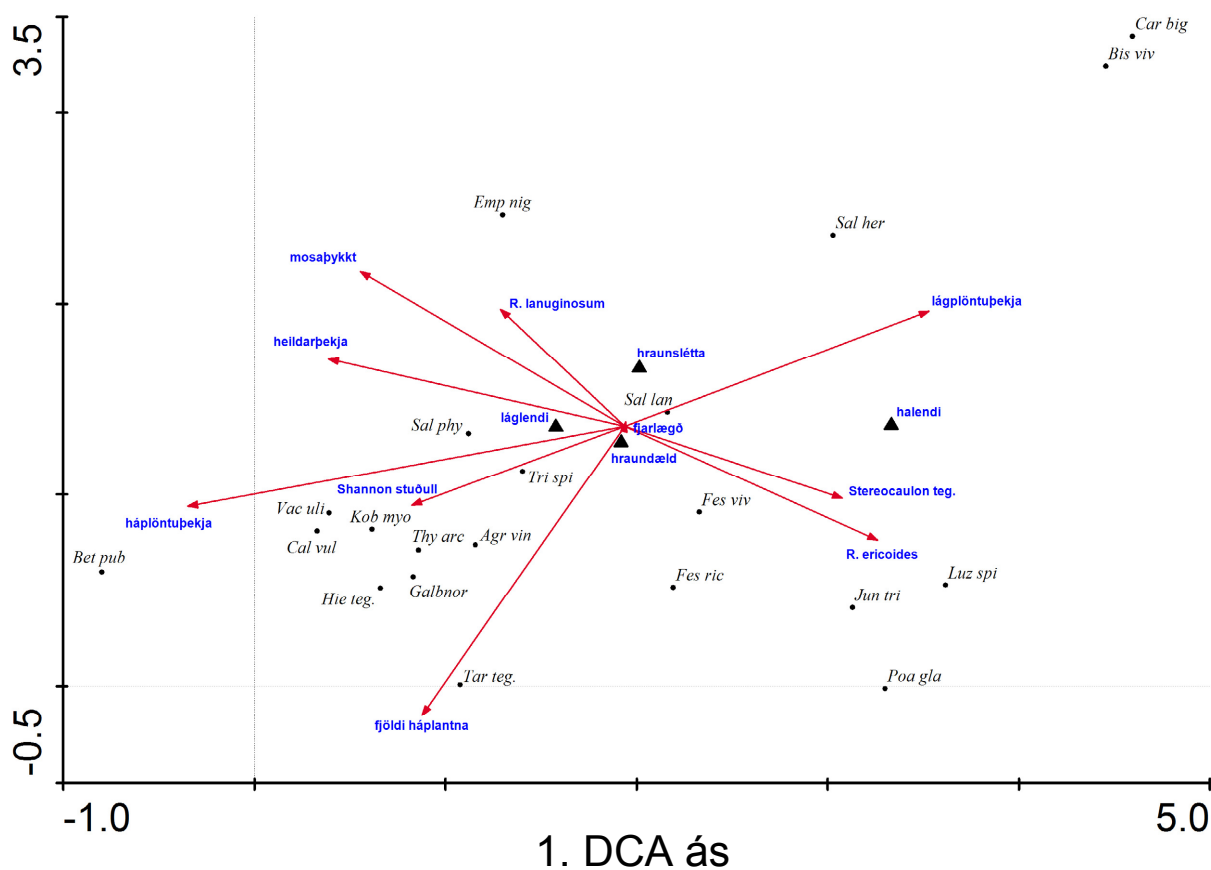
Tafla 4. Miðgildi ofanjarðarþekju (%) á láglandi (30–85 m y.s.) og hálendi (437–508 m y.s.) í Skaftáreldahrauni sumarið 2007. \*\*\* =  $P < 0,001$ , \*\* =  $P < 0,01$ , \* =  $P < 0,05$ , em = ekki marktækt. Úrtak var þrettán snið, níu á láglandi og fjögur á hálendi. Tvö 2,5 m<sup>2</sup> beltsnið voru lögð út á hverju sniði, eitt svæði í dæld og eitt á hraunsléttu, í 50, 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri.

Eigingildi 2. áss var 0,46 en annarra ása mun lægra. Lengd 1. áss var 4,97 SD sem bendir til kynna að beltasnið sem fengu lægstu (lengst til vinstri á grafi) og hæstu (lengst til hægri) gildi á 1. ásnum höfðu enga háplöntu sameiginlega. Fyrsti DCA ásinn skildi að hálandis- og láglandissniðin með nokkuð afgerandi hætti (7. mynd). Láglandissnið sem liggja vestarlega í hrauninu (snið 1 og 3) fengu lægstu gildi á 1. ás og röðuðust fjærst hálandissniðunum.



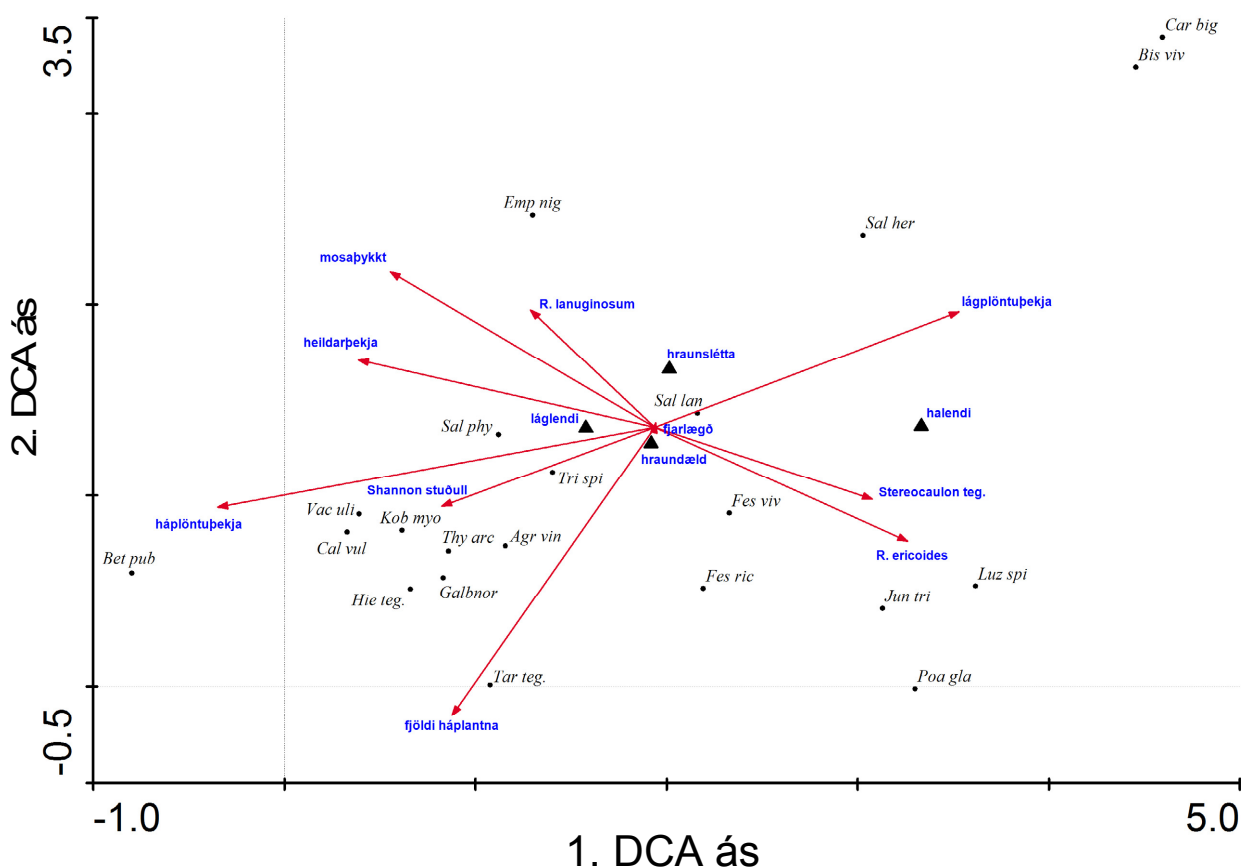
7. mynd. DCA hnitunargreining á breytileika háplantna innan Skaftáreldahrauns 2007. Táknin standa fyrir beltasnið (2,5 m<sup>2</sup>, N=78), bláir þríhyrningar eru hálandissnið (437-508 m.y.s.) og grænir hringir láglandissnið (30-85 m.y.s.). Fyllt tákn standa fyrir dældir í hrauninu og ófyllt tákn fyrir hraunsléttu. Háplöntur voru skráðar á beltasniðum 2,5 m<sup>2</sup> á hraunsléttu og í hraundæld í 50, 200 og 1000 metra fjarlægð frá hraunjaðri á níu sniðum á láglandi og fjórum sniðum á hálandi. Á myndinni eru heiti sniða mynduð úr þremur þáttum; fyrst er númer sniðs (1-13), þá staðsetning stöðvar miðað við hraunjaðarinn (A=1000 m, B=200 m og C=50 m) og að lokum staðsetning sniðs á stöð (1=hraunslétta og 2=hraundæld).

Auk hæðar yfir sjávarmáli útskýrir háplöntuþekja, lágplöntuþekja, heildarþekja og mosabykkt best fyrsta hnitunarássinn (1. DCA ás). Lágplöntuþekja var meiri á hálendi en heildarþekja og þekja á háplöntum var meiri á beltasniðum á láglandi. Fjöldi háplantna hafði neikvæða fylgni við annan ás hnitunargreiningarinnar (2. DCA ás) og útskýrði breytileika hans best ásamt staðsetningu belta út frá nærumhverfi (hraunsléttur og hraundældir) (8. mynd).



8. mynd. DCA hnitunargreining á breytileika háplantna innan Skaftáreldahrauns 2007. Rauðar örvar tákna fylgni lífrænna þátta við fyrsta og annan DCA ássinn. Svartir punktar tákna dreifingu algengra tegunda út frá hnitunargreiningunni. Svörtu þríhyrningarnir standa annars vegar fyrir fylgni við umhverfispætti láglandi (30-85 m.y.s.) og hálendi (437-508 m.y.s) og hins vegar við nærumhverfi hraunslétta og hraundældir. Rauður þríhyrningur(u.þ.b. fyrir miðju grafinu) táknar fylgni við mismunandi fjarlægð frá hraunjaðri. Háplöntur voru skráðar á beltasniðum 2,5 m<sup>2</sup> á hraunsléttu og í hraundæld í 50, 200 og 1000 metra fjarlægð frá hraunjaðri á níu sniðum á láglandi og fjórum sniðum á hálendi.

á hálendi en heildarþekja og þekja á háplöntum var meiri á beltasniðum á láglandi. Fjöldi háplantna hafði neikvæða fylgni við annan ás hnitunargreiningarinnar (2. DCA ás) og útskýrði breytileika hans best ásamt staðsetningu belta út frá nærumhverfi (hraunsléttur og hraundældir) (8. mynd).



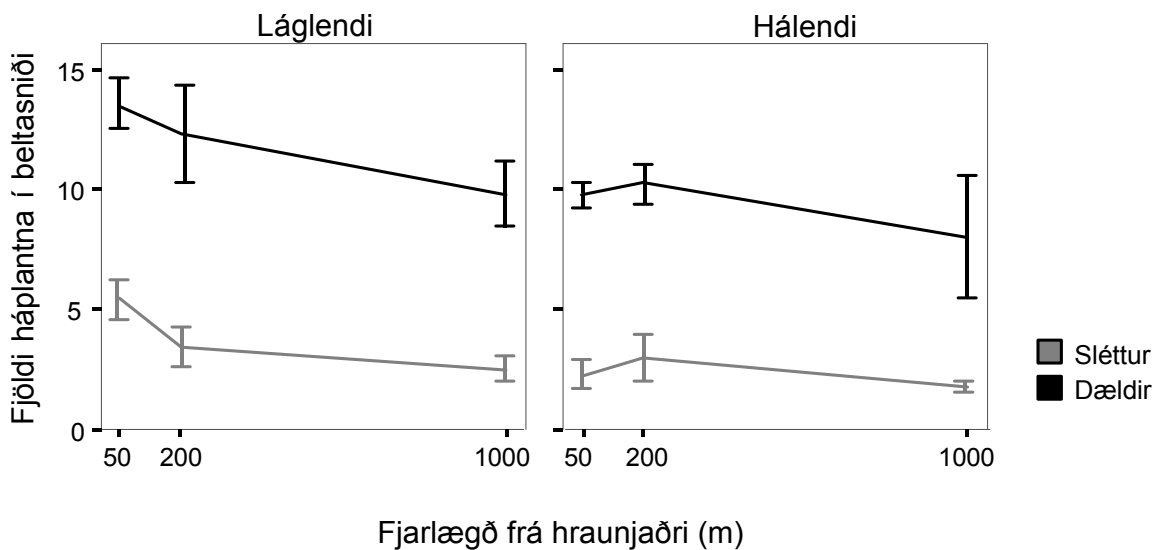
8. mynd. DCA hnitunargreining á breytileika háplantna innan Skaftáreldahrauns 2007. Rauðar örvar tákna fylgni lífrænna þátta við fyrsta og annan DCA ásinn. Svartir punktar tákna dreifingu algengra tegunda út frá hnitunargreiningunni. Svörtu þríhyrningarnir standa annars vegar fyrir fylgni við umhverfispætti láglandi (30-85 m.y.s.) og hálendi (437-508 m.y.s.) og hins vegar við nærumhverfi hraunslétta og hraundældir. Rauður þríhyrningur(u.þ.b. fyrir miðju grafinu) tákna fylgni við mismunandi fjarlægð frá hraunjaðri. Háplöntur voru skráðar á beltasniðum 2,5 m<sup>2</sup> á hraunsléttu og í hraundæld í 50, 200 og 1000 metra fjarlægð frá hraunjaðri á níu sniðum á láglandi og fjórum sniðum á hálendi.

### 3.3 Áhrif grenndargróðurs og fjarlægðar frá fræupsprettu á gróðurfar

Fjöldi tegunda á beltasniðum í mismunandi fjarlægð frá hraunjaðri var borinn saman á hraunsléttum og í hraundældum fyrir hálendi og láglandi. Í

### 3.3 Áhrif grenndargróðurs og fjarlægðar frá fræuppsprettu á gróðurfar

Fjöldi tegunda á beltasniðum í mismunandi fjarlægð frá hraunjaðri var borinn saman á hraunsléttum og í hraundældum fyrir hálendi og láglandi. Í beltasniðum var aðeins marktæk fækkun á háplöntutegundum inn í hraunið á hraunsléttu á láglandi ( $F=3,495$ ;  $P<0,05$ ) en hvergi annars staðar (í dældum á láglandi:  $F=1,469$ ;  $P=0,473$ ; á hraunsléttum á hálendi  $F=0,814$ ;  $P=0,473$ ; í dældum á hálendi:  $F=0,537$ ;  $P=0,602$ ) (9. mynd).



9. mynd. Breyting á tegundaaugði háplantna eftir fjarlægð frá hraunjaðri í Skaftáreldahrauni 2007, skipt annars vegar eftir hæð yfir sjó og hins vegar í hraunsléttur og dældir. Úrtak var níu snið á láglandi (30–85 m y.s.) og fjögur snið á hálendi (437–508 m y.s.). Skráðar voru allar tegundir háplantna á tveimur 2,5 m<sup>2</sup> sniðum á hverri stöð annars vegar í dæld og hins vegar á hraunsléttu í 50, 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri. Lóðréttar línur sýna staðalskekkju meðaltals (e. *standard error*).

Tvö snið (snið 1 við Hólmsá og snið 9 við Skál) lágu að vatnsfalli og voru þau undanskilin hér.

Samband tegunda sem uxu í grenndargróðri og tegunda sem uxu í hrauninu á hverju rannsóknarsniði var fundið. Á láglandissniðum voru aðeins þær tegundir taldar með sem komu fyrir á láglandissniðum og sama gert við hálendi. Jákvæð fylgni fannst milli tegundasamsetningar í hrauni og í grenndargróðri, bæði á hálendi og láglandi. Svipað hlutfall háplöntutegunda af heildafjölda fannst aðeins í hrauni á hálendi og láglandi en hærra hlutfall plantna fannst í grenndargróðri á láglandi (Tafla 5).

	Eingöngu í hrauni %	Eingöngu í grenndargróðri %	Í hrauni og grenndargróðri %	Hvorki í hrauni né grenndargróðri %	Kí-kvaðrat Próf
Láglendi	13,7	20,1	19,3	46,9	55,4***
Hálendi	13,6	15,2	27,5	43,7	52,9***

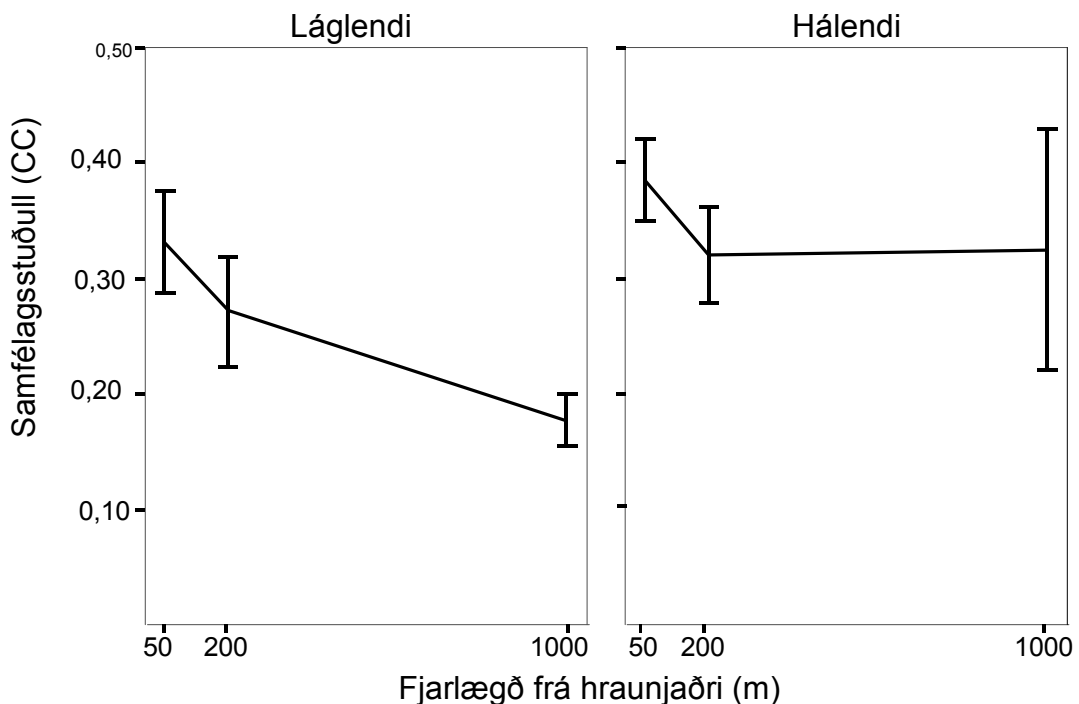
Tafla 5. Samband grenndargróðurs við staðbundinn breytileika innan Skaftáreldahrauns sumarið 2007. Úrtak var 11 snið, sjö á láglendi (30–85 m y.s.) og fjögur á hálendi (437–508 m y.s.). Í hrauninu voru skráðar allar tegundir á tveim 78,5 m<sup>2</sup> svæðum, öðru í dæld og hinu á hraunsléttu í 50, 200 og 1.000 m frá hraunjaðri (alls 471m<sup>2</sup>). Tegundir sem fundust í hrauninu voru bornar saman við tegundir sem fundust utan við hraunjaðarinn, á 600 m<sup>2</sup> svæði. Einungis þær tegundir sem komu fyrir á láglendi annars vegar og hálendi hins vegar voru taldar með. \*\*\* = P<0,001. Niðurstöður úr kí-kvaðrat prófi.

Á láglendi lækkaði hlutfall þeirra tegunda sem uxu bæði í hrauni og við hraunjaðar eftir því sem fjær dró grenndargróðri (Tafla 6). Munurinn var marktækur á milli 50 og 1.000 m (N=7, t=4,207; P<0,01, parað t-próf). Skýrist sá munur á breytingum milli svæða í 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri (N=7, t=2,703; P<0,05). Ekki mældist marktæk breyting eftir því sem fjær dró hraunjaðri á hálendi (milli 50 og 1.000m: N=4, t=0,474; P=0,668, parað t-próf).

Rannsóknarsnið	50 m	200 m	1.000 m
2. Leiðvellir	0,68	0,61	0,64
3. Botnar	0,66	0,49	0,43
4. Eldvatn vestur	0,73	0,70	0,63
5. Eldvatn austur	0,71	0,55	0,53
6. Fljótakrókur	0,55	0,61	0,52
7. Grenilækur	0,66	0,73	0,52
8. Dalbæjarstapi	0,59	0,64	0,50
Láglendi	0,65+/-0,024	0,62+/-0,031	0,54+/-0,028
10. Galtahorn	0,79	1	1
11. Hnúta	0,83	0,70	0,63
12. Grenbotnar	0,67	0,55	0,64
13. Hrossatungur	0,66	0,64	0,54
Hálendi	0,74+/-0,043	0,72+/-0,098	0,70+/-0,102

Tafla 6. Hlutfall af heildarfjölda tegunda sem einnig fundust í grenndargróðri, á hverri stöð og meðaltal hálendis og láglendis. Hlutfallið er gefið upp fyrir hverja fjarlægð, 50, 200 og 1.000 m frá hraunjaðri Skaftáreldahrauns sumarið 2007. Snið 2 til 8 voru á láglendi (30–85 m y.s.), en snið 10 til 13 á hálendi (437–508 m y.s.). Í hrauninu voru skráðar allar tegundir á tveimur 78,5 m<sup>2</sup> svæðum, annað í dæld og hitt á hraunsléttu (alls 157 m<sup>2</sup>) í 50, 200 og 1.000 m frá hraunjaðri. Grenndargróður var skoðaður á 600 m<sup>2</sup> beltasniðum hornrétt út frá hraunjaðrinum. Á sniði 10, við Galtahorn, fundust allar tegundir sem uxu í 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri einnig í grenndargróðri.

Samfélagsstuðull (CC) var fundinn út frá fjölda tegunda í dældum í hrauni og á jafn stóru svæði í grenndargróðri (10. mynd). Á láglandi var marktæk lækkun á samfélagsstuðli milli dælda í 50 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri (N=7,  $t=-3,304$ ;  $P<0,01$ ). Samfélagsstuðullinn lækkaði strax á milli 50 og 200 m (N=7,  $t=-2,556$ ;  $P<0,05$ ) en lækkunin var ekki marktæk á milli 200 og 1.000 m (N=7,  $t=-1,643$ ;  $P=0,151$ ). Á hálendi var breyting á samfélagsstuðli ekki marktæk eftir fjarlægð frá hraunjaðri (milli 50 og 1000m: N=4,  $t=-0,675$ ;  $P=0,458$ ; það t-próf).



10. mynd. Meðaltal CC-gilda í dældum í mismunandi fjarlægð frá hraunjaðri Skaftáreldahrauns á hálendi annars vegar og láglandi hins vegar sumarið 2007. Niðurstöður frá Skaftáreldahrauni 2007, snið 2 til 8 á láglandi, (30–85 m y.s.) og snið 10 til 13 á hálendi (437–508 m y.s.) alls ellefu snið. Í hrauninu voru skráðar allar tegundir á 78,5 m<sup>2</sup> svæði í dældum í 50, 200 og 1.000 m frá hraunjaðri. Grenndargróður var skoðaður á 78,5m<sup>2</sup> svæði við hraunjaðarinn. Lóðréttar línur sýna staðalskekkju meðaltals (e. *standard error*).

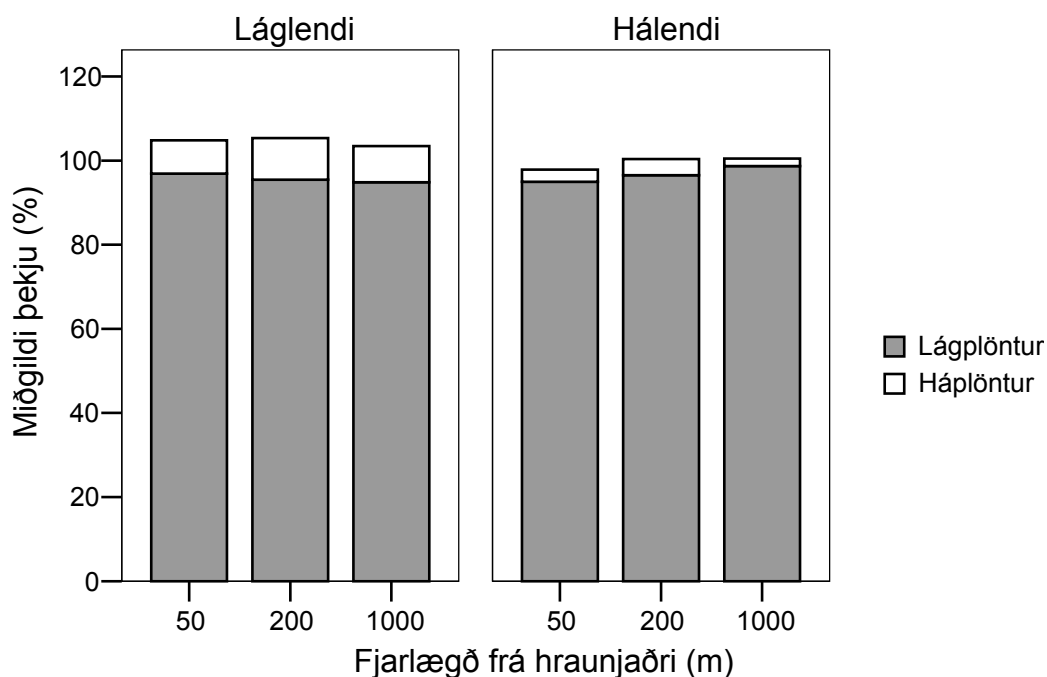
Þegar reiknað var með öllum tegundum háplantna á hverri stöð fækkaði tegundunum eftir því sem farið var lengra inn í hraunið. Þar vóg þyngst að grasleitum tegundum og tvíkímblaða jurtum fækkaði. Ekki var marktækur munur á öðrum plöntuhópum (smárunnum, trjám og runnum eða byrkingum) milli 50 og 1.000 m stöðva (Tafla 7).



	Fjöldi tegunda	50 m	200 m	1.000 m	Marktækni milli 50 og 1.000 m
Háplöntur	117	27,4+/-1,77	23,3+/-1,79	21,2+/-1,45	0,012*
Grasleitar	41	8,7+/-0,70	7,5+/-0,55	6,67+/-0,54	0,033*
Jurtir	60	11,5+/-1,02	9,5+/-0,77	8,5+/-0,84	0,032*
Smárunnar	7	3,7+/-0,31	3,3+/-0,41	3,0+/-0,30	0,120 em
Tré og runnar	3	2,1+/-0,18	1,9+/-0,21	1,9+/-0,14	0,499 em
Byrkningar	6	1,4+/-0,21	1,2+/-0,10	1,0+/-0,0	0,084 em

Tafla 7 Meðalfjöldi háplöntutegunda og staðalskekkja eftir fjarlægð frá hraunjaðri, heildarfjöldi og fjöldi tegunda eftir mismunandi vaxtarformi. \* =  $P < 0,05$ . em = ekki marktækt. Niðurstöður frá Skaftáreldahrauni 2007, níu rannsóknarsnið á láglendi (30–85 m y.s.) og fjögur á hálendi (437–508 m y.s.), samtals 13 snið. Skráðar voru allar tegundir innan tveggja 78,5 m<sup>2</sup> svæða, annars vegar í dæld og hins vegar á hraunsléttu, í 50, 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri.

Fjarlægð frá fræ- eða gróuppsprettu hafði hvorki áhrif á þekju háplantna né lágplantna (11. mynd). Ekki var heldur marktækur munur á fjölbreytni (H'-Shannon stuðli) eftir fjarlægð frá hraunjaðri (á láglendi: N=36, Mann-Whitney U=148, Sig=0,658; á hálendi: N=16, Mann-Whitney U=32, Sig=1,0).

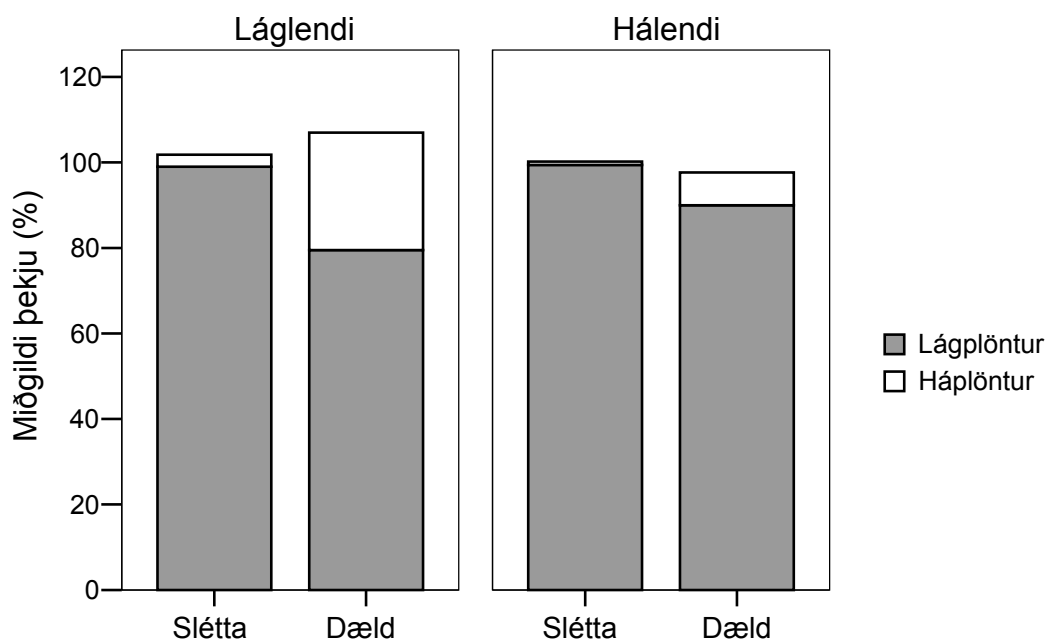


11. mynd. Samanburður á heildarþekju lágplantna og háplantna á láglendi (30–85 m y.s.) og hálendi (437–508 m y.s.) og í mismunandi fjarlægð frá hraunjaðri Skaftáreldahrauns sumarið 2007. Úrtak var níu snið á láglendi og fjögur á hálendi. Þekja var reiknuð sem miðgildi 100 punktmælinga í tíu 0,25 m<sup>2</sup> römmum á hverju sniði (alls 1.000 punktar), á hraunsléttu og í hraundæld í 50, 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri.

### 3.4 Áhrif nærumhverfis

Á hverju beltasniði uxu mismargar tegundir eftir því hvort svæðið var í hraundæld eða á hraunsléttu. Í hraundældum voru marktækt fleiri tegundir, að meðaltali  $11,1 \pm 0,71$  tegundir á láglandi (N=39) á móti  $3,3 \pm 0,39$  tegundum að meðaltali á hraunsléttum (ANOVA;  $F=92,43$ ;  $P<0,001$ ). Fleiri tegundir uxu í dældum bæði á hálendi og láglandi og var munurinn hámarktækur í báðum tilfellum (láglandi:  $F=59,738$ ;  $P<0,001$ ; hálendi:  $F=51,606$ ;  $P<0,001$ ).

Þekja háplanta var marktækt meiri í dældum en á hraunsléttum bæði á hálendi og láglandi. Lágplöntuþekja var hins vegar meiri á hraunsléttum bæði á hálendi og láglandi. Heildarþekja var minni á hraunsléttum en í dældum á láglandi en ekki á hálendi (12. mynd).



12. mynd. Samanburður á heildarþekju lágplantna og háplantna á láglandi (30–85 m y.s.) og hálendi (437–508 m y.s.) á hraunsléttum og í hraundældum í Skaftáreldahrauni sumarið 2007. Þekja háplantna var marktækt meiri í dældum ( $P<0,001$ ) en þekja lágplantna var marktækt meiri á sléttum ( $P<0,001$ ) bæði á láglandi og hálendi. Heildarþekja var marktækt meiri í dældum á láglandi ( $P<0,01$ ) en ekki á hálendi ( $P=0,089$ ). Úrtak var níu snið á láglandi og fjögur á hálendi. Þekja var reiknuð sem miðgildi 100 punktmælinga í tíu  $0,25 \text{ m}^2$  römmum á hverju sniði (alls 1.000 punktar), í 50, 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri. Prófað með Mann-Whitney prófi.

Shannon fjölbreytnistuðullinn ( $H'$ ) var marktækt hærri í hraundældum en á hraunsléttum bæði á láglandi og hálendi og var munurinn meiri á hálendinu (Tafla 8). Mesta fjölbreytnin var í hraundældum á hálendi og minnst á hraunsléttum á hálendi.

	Nærumhverfi	N	H' Miðgildi	Neðri fjórðungs- mörk	Efri fjórðung s-mörk	Mann- Whitney U
Láglendi	Hraunslétta	27	0,21	0,08	0,46	60***
	Hraundæld	27	1,13	0,76	1,67	
Hálendi	Hraunslétta	12	0,06	0,03	0,07	1,5***
	Hraundæld	12	1,44	0,50	1,61	

Tafla 8. Miðgildi fjölbreytnistuðuls (H'-stuðuls) eftir nærumhverfi í Skaftáreldahrauni 2007, á láglendi (30–85 m y.s.) og á hálendi (437–508 m y.s.). Þrettán snið voru skoðuð, níu á láglendi og fjögur á hálendi. Þekja var reiknuð út frá meðaltali punktamælinga tíu 0,25 m<sup>2</sup> ramma á hverju sniði (alls 1.000 punktar), eitt beltasnið í dæld og eitt á hraunsléttu, í 50, 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri. Prófaðar með Mann-Whitney U-prófi, \*\*\*=P<0,001.

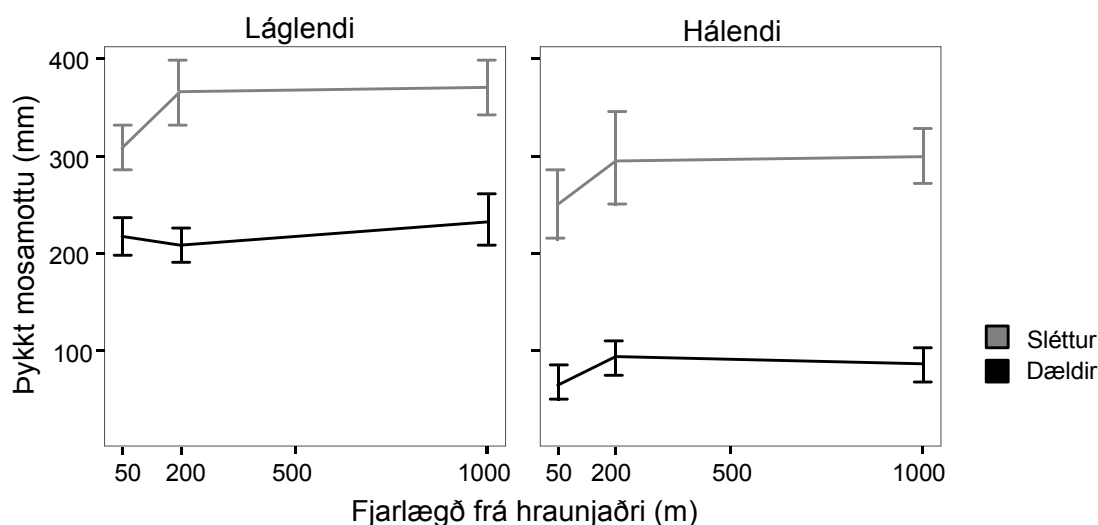
### 3.5 Samband mosamottu og háplantna

Mosamotta mældist að meðaltali þykkust á hraunsléttum á láglendi og mest mældist hún í einstakri mælingu 65 sm. Hámarktækur munur var á mosabykkt á hálendi og láglendi en enginn munur var á mosabykjunni eftir hæð yfir sjávarmáli (Tafla 9). Bæði mosabykkt og mosapekja var meiri á hraunsléttum en dældum bæði á hálendi og láglendi (Tafla 9).

	Þykkt			ANOVA	Þekja			Mann- Whitne U próf
	N	Meðalt. mm	S.E		Miðgil di (%)	Efri f.m. (%)	Neðri f.m. (%)	
<b>Heild</b>	78	252,4	13,0		93,9	72,0	99,3	
<b>Í dældum</b>	39	177,1	13,7	F=15,71***	73,3	57,1	92,1	619,5 em
<b>Á sléttum</b>	39	327,6	14,0		99,1	95,6	99,9	
<b>Láglendi</b>	54	281,2	13,3		94,3	77,6	99,2	
<b>Í dældum</b>	27	217,8	12,4	F=38,659***	79,0	60,9	92,8	92,5***
<b>Á sléttum</b>	27	344,5	16,2		99,0	95,2	99,8	
<b>Hálendi</b>	24	181,7	23,8		93,7	61,9	99,5	
<b>Í dældum</b>	12	81,8	10,1	F=71,866***	63,7	53,4	81,9	3,0***
<b>Á sléttum</b>	12	281,6	21,4		99,4	98,0	99,9	

Tafla 9. Meðaltal og staðalskekkja (e. *standard error*) mosabykktar og miðgildi mosapekju með neðri og efri fjórðungsmörkum í Skaftáreldahrauni sumarið 2007. \*\*\* = P<0,001. \*\* = P<0,01, \* = P<0,05, em = ekki marktækt. Meðaltal mosabykktar var fundið út frá þremur mælingum við hvert beltasnið. Úrtak var níu snið á láglendi og fjögur á hálendi. Þekja var reiknuð sem miðgildi 100 punktamælinga í tíu 0,25 m<sup>2</sup> römmum á hverju sniði (alls 1.000 punktar) í 50, 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri. Samanburður á þekju var gerður með fervikagreiningu (ANOVA) og samanburður á þekju með Mann-Whitney U prófi.

Þykkt mosamottu breyttist hvorki marktækt eftir fjarlægð frá hraunjaðri á hálendi né á láglendi og ekki milli dælda og hraunsléttna (13. mynd).



13. mynd. Þykkt mosamottu í Skaftáreldahrauni sumarið 2007, skipt eftir hraunsléttum og dældum, á láglendi (30–85 m y.s.) og á hálendi (437–508 m y.s.). Þrettán snið voru skoðuð, níu á láglendi og fjögur á hálendi. Reiknað út frá þremur mælingum við hvert beltasnið, einu sniði í dæld og einu á hraunsléttu, í 50, 200 og 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri, alls 27 mælingar í hvoru umhverfi á láglendi og 12 á hálendi. Lóðréttar línur sýna staðalskekkju (e. *standard error*).

Þykkt mosamottu var tengd fjölda háplöntutegunda í hverju beltasniði og minnkaði tegundaauðgi eftir því sem mosamottan var þykkari. Einnig var marktæk neikvæð fylgni milli þykktar mosamottu og heildarþekju og mosamottu og fjölbreytni. Þegar gögnum var skipt niður eftir nærumhverfi (dældir og sléttur) hvarf þessi munur fyrir alla ofangreinda þætti (Tafla 10).

	N	Tegundaauðgi Person fylgni	Þekja háplantna Spearman's	Fjölbreytni (H') Spearman's
Alls staðar	78	-0,538***	-0,354***	-0,496 ***
Hraunsléttur	39	-0,107 em	0,150 em	0,206 em
Hraundældir	39	-0,096 em	0,230 em	-0,119 em

Tafla 10. Samband milli þykktar mosamottu og tegundaauðgi, háplöntuþekju og fjölbreytni (Shannon-stuðull) í Skaftáreldahrauni sumarið 2007. \*\*\* =  $P < 0,001$ , em = ekki marktækt. Niðurstöður eru úr þrettán rannsóknarsniðum, þrjár stöðvar úr hverju sniði, 50, 200 og 1.000 m frá hraunjaðri. Tvö beltasnið sem voru 0,5\*5 m voru skoðuð á hverri stöð, annað í dæld og hitt á hraunsléttu. Þrjár mælingar voru gerðar á mosþykkt á hverju beltasniði og meðaltal þeirra reiknað. Það var síðan notað við útreikning á sambandi við tegundaauðgi, þekju háplantna og fjölbreytni. Samband mosamottu og tegundaauðgi var prófað með t-prófi Person. Samband mosamottu við háplöntuþekju og fjölbreytni var prófað með t-prófi Spearman's.

## 4. Umræða

### 4.1. Háplöntuflóra og dreifing gróðurs í Skaftáreldahrauni

Í Skaftáreldahrauni eru aðstæður á hálendi margbreytilegri en á láglandi. Á hálendi er hraunstraumurinn sjaldan meira en þriggja km breiður. Nokkrar eyjar (sker) eru í hrauninu sem erfitt er að greina á loftmyndum og því erfitt að forðast þau svæði við val á rannsóknarsniðum. Á láglandi er hins vegar 221 km<sup>2</sup> samfelld hraunbreiða með mjög fáum eyjum. Á hálendinu voru lögð út fjögur snið, tvö efstu sniðin voru í rúmlega 500 m hæð og nálægt gígaröðinni (1. mynd) en tvö neðri sniðin voru á milli 437 m og 470 m y.s. Grenndargróður þessara tveggja para hálendissniða er mjög ólíkur. Vikravist er við hraunjaðar efri sniðanna (Galtahorn, snið 10 og Hnútu, snið 11) en mýrlendi (Hrossatungur, snið 13) og mólendi (Grenbotnar, snið 12) við neðri sniðin. Á láglandi er hins vegar lítill hæðarmunur á milli sniða. Í sniði við Grenbotna er grösugur vatnsfarvegur 200 m frá hraunjaðri sem sennilega fyllist af vatni í vorleysingum og vegna þess var 200 m stöð færð 200 m innar í hraunið eða í 400 m fjarlægð frá hraunjaðri.

### 4.2 Samanburður á flóru láglandis og hálendis

Tilgátu eitt um að loftslag hafi áhrif á stefnu og hraða gróðurframvindu er hafnað að hluta, þar sem enginn munur fannst á tegundaauðgi á láglandi og hálendi. Á hinn bóginn var marktækt minni gróðurþekja á hálendi en láglandi.

Sami meðalfjöldi háplöntutegunda var á hverju svæði á hálendi og láglandi (6. mynd). Fleiri tegundir háplantna voru skráðar á láglandi en hálendi en það skýrist með fleiri rannsóknarsniðum á láglandi og þar með stærra flatarmáli. Vel þekkt er að tegundum fjölgar eftir því sem stærra svæði er rannsakað (Gurevitch o.fl., 2006). Koma þessar niðurstöður á óvart þar sem láglandissvæðið er undir 100 m y.s. og hálendissvæðin eru frá 440 til 510 m y.s. og meðalhiti er mun lægri á hálendi (Tafla 1). Styttri og kaldari vaxtartími hefur að jafnaði neikvæð áhrif á tegundaauðgi (Svoboda & Henry, 2000; Krebs, 2001). Á hálendinu er breyskjuhraunavist með allvel grónum hraunbreiðum þar sem mikil úrkoma fellur og breyskjufléttur, melagambri (*Racomitrium ericoides* (Hedw.) Brid.) og hraumgambri einkenna gróðurinn en háplöntur vaxa á stangli í gróðurþekjunni (Sigurður H. Magnússon o.fl., 2002).

Mínar niðurstöður sýna að mosamottan er þynnri á hálendi en á láglendi og breyskjuflettur fyrirferðarmeiri í þekjunni (Tafla 4, Tafla 10, og 8. mynd) sem hvort tveggja getur haft áhrif á framvindu háplantna.

Þynnri mosamotta á hálendi (15. mynd) er sennilega betra undirlendi en þykk mosamotta. Fyrri rannsóknir hafa sýnt að ef þykkt mosamottu er minni en 1 sm hefur hún jákvæð áhrif á spírun víðifræja (*Salix phylicifolia* og *S. lanata*) en þegar mosamottan verður þykkari hverfa þessi jákvæðu áhrif (Ása L. Aradóttir, Kristín Svavarsdóttir & Sigurður H. Magnússon, 2006). Þær tegundir sem lifa á hálendi finnast frekar í öllum rannsóknarsniðum og eru dreifðari um allt hraunið en tegundir sem finnast á láglendi (Viðauki 2). Ein ástæða þess getur verið betri spírunaraðstæður og minni samkeppni við mosamottuna þar sem hún er þynnri.



**14. mynd.** Ljósmynd af gróðurþekju á hálendissniði 200 m frá hraunjaðri. Mosinn þekur hraunið á hraunsléttum en í dældum er þéttur háplöntugróður. Snið 12 við Grenbotna (12B). (Ljósmynd: Jóna Björk Jónsdóttir).

Breyskjuflettur hafa trúlega numið land alls staðar í Skaftáreldahrauni en hörfað undan hraungambranum á láglendi (sjá einnig Hörð Kristinsson, á.á.). Á Hawaii nema breyskjuflettur (*Stereocaulon* teg.) land fljótlega eftir gos en

hörfa af láglandi fyrr en af hálendi (Kurina & Vitousek, 1999) og á Hekluhraunum hörfa hraunbreyskjur fljótlega undan hraungambra (Cutler o.fl., 2008a). Breyskjuflettur bæta köfnunarefni í jarðveginn (Crocker & Major, 1955; Vitousek, 1994; Kurina & Vitousek, 1999; 2001) og auka veðrun (Sterch & Viles, 2002) og þar með framboð á næringarefnum. Meiri þekja breyskjuflettna á hálendi (Tafla 4 og 15. mynd) gæti stuðlað að því að jarðvegur þar verði næringarefnaríkari, m.t.t. köfnunarefnis, en jarðvegur láglandis en engar mælingar á næringarefnum í jarðvegi voru gerðar í rannsókninni. Niðurstöður frá Hawaii sýna að köfnunarefnismagn hefur jafnvel meiri áhrif en hiti og raki á framvinduferli (Raich o.fl., 2000).



**15. mynd.** Snið í hraundæld á hálendi Skaftáreldahrauns, rannsóknarsnið 10 við Galtahorn, 1.000 m frá hraunjaðri. Breyskjuflettur, melagambri og lágplöntuskán eru áberandi í gróðurþekjunni en nokkuð er um háplöntur. (Ljósmynd: Jóna Björk Jónsdóttir).

Þrátt fyrir það að margar tegundir dreifast um allt hraunið á hálendi er breytileiki milli svæða meiri þar en á láglandi (7. mynd). Ólíkar umhverfisaðstæður innan sniða og auðveldara landnám háplantna skýrir væntalega þennan mun. Við neðri rannsóknarsniðin, milli Hrossatungna (snið 13) og Grenbotna (snið 12) eru m.a. gróðurflákar (teygingar, 14. mynd) sem

innihalda töluvert magn háplantna og raðast mjög neðarlega á öðrum DCA ás hnitunargreiningarinnar (snið 12B2). Þessir gróðurflákar eru væntanlega til orðnir vegna framburðar í leysingum á vorinn. Á milli teyglinganna eru mosagrónar hraunsléttur með fáum tegundum sem raðast ofarlega á sama ás hnitunargreiningar (snið 12A1) (7. mynd). Öflugri leysingar með vatnsframboði og væntanlega meira seti örva framvindu á hálendinu umfram láglandið.

Önnur skýring á tegundaauðgi hálendis miðað við láglandi er meiri sauðfjárbeit á hálendinu. Talið er að fleira fé gangi í hrauninu á hálendi en láglandi, sérstaklega sækir féð í teyglingar á neðri hálendissniðunum tveimur (12. snið, Grenbotnar og 13. snið, Hrossatungur; pers. uppl. Fanney Ólöf Lársudóttir, sauðfjárræktaráðanautur) en tölulegar upplýsingar um beitarálag eru ekki opinberar. Sauðfé tætir mosamottuna sem er viðkvæm fyrir traðki og bendir ýmislegt til þess að slík röskun á mosamottunni kunnir að bæta uppvaxtarskilyrði háplantna (Jónsdóttir, 1995). Í úrgangi dýra eru næringarefni svo sem nitur og fosfat sem bæta landnámskilyrði plantna líkt og fuglavarp í Surtsey hefur hraðað gróðurframvindu innan varpsins (Borgþór Magnússon o.fl., 1996).

Þær tegundir sem nema land á láglandi mynda hins vegar meiri þekju (Tafla 4) líkt og mælst hefur á helluhraunum á Hawaii (Raich o.fl., 2000). Að öðru jöfnu mætti búast við jákvæðri fylgni milli þekju og tegundaauðgi í Skaftáreldahrauni, sem ekki er í þessu tilfalli, en talið er að fræframboð og líkur á spírun fræja sé meiri þar sem gróðurþekja er meiri (del Moral o.fl., 2005; Sigurður H. Magnússon, 1994).

#### **4.3. Áhrif fræregns á tegundaauðgi og framvindu**

Tilgáta um að fræframboð takmarki landnám háplantna og dragi úr hraða gróðurframvindu stenst aðeins að litlu leyti. Áhrif mikils fræframboðs gætir næst hraunjaðrinum á láglandi og hefur þar staðbundin áhrif á tegundasamsetningu.

Um þriðjungur af heildarfjölda háplöntutegunda í hrauninu finnst á flestum eða öllum rannsóknarsniðum (Viðauki 2). Stór hluti þeirra finnst líka á flestum stöðvum í 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri. Það eru runnar og smárunnar



(loðvíðir, grasvíðir, gulvíðir og krækilyng), nokkur grös (blásveifgras, axhæra, lógresi og blávingull) og tegundir sem lifa í sprungum í hrauninu (t.d. tófugras og þúfusteinbrjótur) (Viðauki 4). Sennilega þola þessar tegundir samkeppni við gamburmosa, a.m.k. í dældum, eða geta nýtt sér sprungur og glufur í hrauninu þar sem eyður eru í gamburmosamottunni. Runnum og smárunnum fækar ekki eftir fjarlægð frá grenndargróðri (Tafla 7), en þessar tegundir þurfa ekki að vaxa í gegnum mosamottuna á hverju vori og gefur það þeim forskot umfram tvíkímblaða jurtir og grös. Láglendisniðin eru því öll mjög lík innbyrðis og í hnitunargreiningu raðast þau nálægt hverju öðru í grafinu (7. mynd).

Þrátt fyrir að tegundaauðgi minnki lítið með aukinni fjarlægð frá fræuppsprettu, minnkar samsvörun við grenndargróður. Þar sem mosamotta er þykkust, á hraunsléttum á láglendi, eru meiri möguleikar fyrir háplöntur að nema land þar sem fræregn er mest (9. mynd). Hlutfall þeirra tegunda sem finnst bæði í grenndargróðri og í hrauninu minnkar þegar inn í hraunið kemur (Tafla 6). Fræregn hefur því áhrif á tegundasamsetningu á láglendi næst hraunjaðrinum. Þessar tegundir eru hins vegar fáar og breytilegar á milli rannsóknarsniða og hafa ekki nema lítil áhrif á röðun sniða í hnitunargreiningu (7. mynd). Dæmi um tegund sem dreifist inn í hraunið er birki (*Betula pubescens*) sem finnst aðeins í grenndargróðri við snið 2 og 3 og hefur áhrif á staðsetningu vestustu sniðanna (snið 1, 2, og 3) í hnitunargreiningu (7. og 8. mynd).

Samfélagsstuðull (CC-stuðull) sem venjulega er reiknaður út frá breytingum á tegundaauðgi í tíma var hér notaður til að meta breytingu í rúmi. Stuðullinn segir til um hraða framvindu, lágt gildi bendir til þess að framvinda sé hæg en hátt gildi til hraðari framvindu (Tsuyuzaki, 1991). Í Eldhrauni er stuðullinn hærri næst hraunjaðri en minnkar þegar inn í hraunið kemur (10. mynd). Áhrif fræregns er því einhver en aðstæður í hrauninu eru of erfiðar til að flestar þessara teunda ná að nema þar land.

Þær tegundir sem geta lifað í hraunbreiðunni hafa þegar numið þar land og myndað gróðurþekju, einkum í dældum, og sömu tegundir einkenna allt hraunið a.m.k. einn km inn í hraunið. Áhugavert væri að fá niðurstöður frá stöðvum sem staðsettar væru innar í hrauninu en 1.000 m og sjá hvort einhver breyting er á gróðurþekju og tegundasamsetningu.

Á hálendisniðum er framvindan ólík láglandinu. Þar sker rannsóknarsnið við Galtahorn sig sérstaklega úr þar sem allar tegundir í 200 og 1.000 m svæðum í hrauninu finnast einnig í grenndargróðri (Tafla 6). Skýrist það út frá því að við efstu rannsóknarsniðin var tegundaauðgi í grenndargróðri mjög lítil og mögulegt að skilyrði til landnáms séu verri á vikri fyrir utan hraunið en á hrauninu. Almennt er gróðurþekja lítil í vikravist, háplöntuflóra afar fábreytt og mótuð af óstöðugu undirlendi (Sigurður H. Magnússon o.fl., 2002). Hálendisniðin sýna meiri samsvörun við grenndargróður og viðhelst samsvörunin inn í hraunið. Þar er ekki eins erfiður þröskuldur fyrir tegundir að nema land í hrauninu og á láglandi. Aðstæður í hrauninu á láglandi hindra landnám tegunda.

Fræframboð hefur ekki merkjanleg áhrif á framvindhraða en hefur staðbundin áhrif á tegundasamsetningu næst hraunjaðrinum.

#### **4.4. Áhrif nærumhverfis**

Tilgáta um að staðbundnar umhverfisaðstæður hafi áhrif á stefnu og hraða framvindu er studd af niðurstöðunum. Gróður í dældum var tegundaríkari og þekja háplantna var meiri þar en á hraunsléttum.

Í hraundældum voru fleiri tegundir (9. mynd) og meiri þekja háplantna en á hraunsléttum bæði á hálendi og láglandi (12. mynd). Sambærilegar niðurstöður frá Hekluhrauni sýna að landslag stuðlar að blettamyndun í gróðri og að mishraðri framvindu í hrauninu (Cutler o.fl., 2008b; Bjarnason, 1991). Við Heklu hafði nærumhverfi ekki áhrif á landnám hraungambra í upphafi framvindu (Cutler o.fl., 2008a) og hefur það sennilega verið eins í Skaftáreldahrauni.

Enginn munur fannst á þekju mosa eftir nærumhverfi á láglandi Skaftáreldahrauns, en þykkt mosamottunnar var minni í dældum. Á hálendi var munur bæði á þekju og þykkt mosans (Tafla 9). Hraungambri nýtir sér líklega lengri vaxtartímabil á hraunsléttum þar sem snjór liggur skemur en í dældum (sjá einnig Sigurð H. Magnússon o.fl., 2002 og Hörð Kristinsson, á.á.). Einnig drekkur mosinn í sig raka úr andrúmsloftinu, úr daggardropum og þokuslæðu (Proctor, 2000) sem bætir upp þurrara undirlag en í dældum. Mosinn sem víða myndar meira en hálf metra þykka mottu er hins vegar erfiður fyrir spírun

háplantna. Í dældum er mosamottan þynnri (Tafla 9) auk þess sem dældir safna fokefnum (Bjarnason, 1991; Cutler o.fl., 2008b), lífrænum leifum (Matthews, 1992) og fræjum (Jumpponen o.fl., 1999). Í þeim er skjól þar sem snjór safnast fyrir og hlífir gróðri yfir vetrartímann og gefur raka á vorin (Franks, 2003; Jones & del Moral, 2005). Minna ljósmagn í dældum er hraungambrum líka óhagstætt (Tallis, 1958; van der Wal, Pearce og Brooker, 2005). Umhverfi í dældum verður því smám saman hagstæðara háplöntum en óhagstæðara gamburmosanum og leiðir af sér að þekja háplantna, tegundaauði og fjölbreytni þeirra eykst (9. og 12. mynd, Tafla 8).

#### 4.5. Áhrif mosamottu

Tilgáta um að gróðurframvinda í Eldhrauni fylgi hömlunarlíkani Connells og Slatyers (1977) er studd af niðurstöðum rannsóknarinnar. Vísbindingar fundust um að þykk mosamotta hamli landnámi háplantna.

Mosamottan er þynnri í dældum en á sléttum og er þynnri á hálendi (Tafla 9). Í hraundældum og á hálendi er styttri vaxtartími vegna snjóalaga og minna ljósmagns en hvort tveggja er talið hafa neikvæð áhrif á vöxt hraungambra (Tallis, 1959; van der Wal o.fl., 2005). Vaxtarform gamburmosa er einnig breytilegt eftir veðurfari (Tallis, 1959; Jägerbrand, Jónsdóttir og Økland, 2005). Í mildu loftslagi vex meginstöngullinn uppréttur með nokkrum hliðargreinum, en þar sem veðurfar er óhagstæðara vex mosinn allt að því lárétt með fáum hliðargreinum (Tallis, 1959). Mosamottan verður því bæði þynnri og ekki eins gljúp á hálendi eins og á láglandi. Á hraunsléttum á láglandi myndast hins vegar tugi sm þykk samfelld og gljúp mosamotta (16. mynd).

Í dældum eru fleiri háplöntutegundir sem gæti einnig skýrst af hagstæðara nærumhverfi. Sami fjöldi háplöntutegunda á hálendi og láglandi, þrátt fyrir meira en 350 m hæðarmun, er trúlega best skýrður með þynnri mosamottu og því minni hömlunaráhrifum.

Þessi tilgáta var einnig prófuð með tilraun til að útiloka áhrif annarra utanaðkomandi þátta, svo sem áhrif nærumhverfis, samkeppni við háplöntur og fleira. Í tilrauninni var mosamottan röskuð og fræspírun borin saman á þremur tilraunamedferðum og óraskaðri mosamottu. Þeirri tilraun og niðurstöðum

hennar verða gerð skil í næsta kafla „Áhrif hraungambra á landnám háplantna í Eldhrauni“.



**16. mynd. Mosamotta á láglendi Skaftáreldahrauns, Eldhrauni. (Ljósmynd: Þóra Ellen Þórhallsdóttir).**

## 5. **Ályktanir**

Lágplöntur, einkum gamburmosar og breyskingar, hafa sennilega numið land í Skaftáreldahrauni fljótlega eftir gos og klæðir hraungambri nú hraunið að mestu. Þar sem vaxtarskilyrði hraungambra eru góð verður hann mjög þykkur og hefur í fyrstu neikvæð áhrif á vöxt breyskjufléttna og síðar á tegundaaufgi, þekju háplantna og fjölbreytni háplantna. Þrátt fyrir erfiðari umhverfisaðstæður á hálendi virðist landnám háplantna ganga jafnhvatt þar og á láglandi. Mosamottan þar er þynnri og þekja breyskjufléttna meiri sem er jákvæðara fyrir landnám háplantna en þykk mosamotta á láglandi.

Grenndargróður hefur aðeins merkjanleg áhrif á tegundasamsetningu næst hraunjaðri á láglandi. Í hrauninu er auk mosans plöntusamfélag sem byggist á runnum, smárunnum, fíflum, steinbrjótum og nokkrum grösom sem lifa í samkeppni við gamburmosa eða nýta sér sprungur í hrauninu þar sem gamburmosi lifir ekki. Flestar tegundir sem berast inn frá hraunjaðrinum ná ekki að nema land og hafa því ekki mælanleg áhrif á stefnu framvindunnar.

Niðurstöður mínar benda til þess að hraungambri hamli landnámi háplantna og að gróðurframvinda í Skaftáreldahrauni fylgi hömlunarlíkani Connells og Slatyer (1977).

# Áhrif hraungambra á landnám háplantna í Eldhrauni

## 1. Inngangur

### 1.1. Útbreiðsla og lífshættir hraungambra

Hraungambri (*Racomitrium lanuginosum* (Hedw.) Brid) hefur víðáttumikið útbreiðslusvæði og finnst bæði við sjávarmál og hátt yfir sjó, norðarlega á hnettinum og á suðurhveli (Watson, 1971). Kjöraðstæður hraungambra eru úthafsloftslag með mikilli úrkomu eða rakamettuðu lofti, þar sem undirlag er gegndræpt (Tallis, 1958) og lofthiti frá 8 til 10°C (Tallis, 1959). Gamburmosar eru því algengir á eyjum í Norður-Atlantshafi, t.d. á Jan Mayen og Bjarnarey, þar sem hraungambri myndar víða allt að 30 sm þykka mosamottu (Russell & Wellington, 1940, Tallis, 1959) þrátt fyrir að vaxtarhraði gamburmosans sé lítil, frá fimm til fimmtán mm á ári (Tallis, 1959). Á Íslandi er hraungambri mjög áberandi á hraunum, einkum á snjóléttum svæðum þar sem mikil úrkoma fellur þ.e. suður- og vesturhluta landsins og við austurströndina (Steindór Steindórsson, 1964; Svanhildur Jónsdóttir Svane, 1964; Hörður Kristinsson, á.á.). Á snjóþyngri og þurrari svæðum er meira af hraunbreyskju (*Stereocaulon vesuvianum* Pers.) og melagambra (*Racomitrium ericoides* (Hedw.) Brid). Melagambri finnst frekar í dældum í hraunum og hefur víðari útbreiðslu en hraungambri (Sigurður H. Magnússon o.fl., 2002; Hörður Kristinsson, á.á.).

Oftast vaxa plöntur innan gamburmosa (*Racomitrium*) ættkvíslarinnar uppréttar, lítið greindar og nokkuð stórar (Bergþór Jóhannsson, 1993) en þegar mosinn hefur náð 3-6 sm hæð byrjar neðri hluti hans að rotna (e. *decay*) á meðan efsti hluti hans vex áfram (Bjarnason, 1991). Þar sem aðstæður eru erfiðari, svo sem á heimskautasvæðum, vex gamburmosi aðeins þar sem snjóa leysir snemma á vorin (Tallis, 1958) og vaxtarlag hans verður jarðlægara (Tallis, 1959).

Í Hekluhraunum eru gamburmosategundir algengar og nema fljótt land (Bjarnason, 1991; Cutler o.fl., 2008a). Þar tekur það hraungambra um sex ár að þekja helming af yfirborðinu og um 15 ár að þekja ný hraun að mestu (Cutler o.fl., 2008a). Í Surtsey er landnám mosa hægara og mældist mosaþekjan mest 15%, þrjátíu árum eftir gos (Borgþór Magnússon, o.fl., 1996). Þykkt

mosamottunnar er mismunandi við Heklu, mældist hún mest um 40 sm (Bjarnason, 1991) en meðalþykkt var ekki tilgreind. Að meðaltali mældist mottan 35 +/-16,6 sm á hraunsléttum í Eldhrauni (Tafla 9) og víða þykkari, allt að 65 sm. Það bendir til þess að vaxtarskilyrði á láglendi Suðurlands henti hraungambra betur, sennilega vegna hærri lofthita og meiri úrkomu (Veðurstofa Íslands, á.á.).

Talið er að spírun og lifun margra háplantna sé meiri í mosa og runnafléttum en á berri mold eða skófum (e. *crustose lichens*) (Sohlberg & Bliss, 1984). Mosamottan heldur betur í raka sem hyglir lífrænni virkni í jarðveginum auk þess sem hún safnar seti (Person, 1964) og fararkornum (e. *propagules*) (Tsuyuzaki o.fl., 1997). Vísbendingar hafa hins vegar komið fram um að þar sem mosamottan er mjög þykk geti mosinn heft landnám háplantna (Steindór Steindórsson, 1964; Bjarnason, 1991; Jónsdóttir, 1995; Cutler, o.fl., 2008a). Við Heklu er algengt að í mosamottunni finnist eitt til tvö öskulög og eru ýmsar háplöntutegundir algengari þar sem öskufall er meira, en þykkasta mosamottan er hins vegar þar sem áfok er minnst (Bjarnason, 1991). Ábúendur við Eldhraun töldu sig merkja að beitarskilyrði bötnuðu í hrauninu eftir Kötlugosið 1918 (persónulegar uppl. Vilhjálmur Eyjólfsson á Hnausum). Því er mögulegt að ákoma ösku og áfoks raski mosamottunni og auki þannig líkur á landnámi háplantna. Skaftá ber með sér mikið magn af seti sem sest til við árbakkana, einkum eftir hlaup (Elín Fjóra Þórarinsdóttir o.fl., 2008). Stærsti hluti setsins er silt (Snorri Zóphóníasson & Svanur Pálsson, 1996) sem síðan fýkur frá bökkum Skaftár og sest í mosamottuna.

Ef hraungambri hamlar landnámi háplantna má flokka framvinduferli á íslenskum hraunum, a.m.k. í mildu og röku úthafsloftslagi á Suðurlandi, undir hömlunarlíkan Connells og Slatyers (1977). Slík hömlunaráhrif ríkjandi tegundar á landnám annarra tegunda eru þekkt frá síðframvindu en ekki hefur verið sýnt fram á þau með tilraunum í frumframvindu (Matthews, 1992; Walker & del Moral, 2003).

Hér er greint frá tilraun þar sem prófuð var sú tilgáta að þykk gamburmosamotta hamli landnámi háplantna.

## 1.2. Markmið rannsóknarinnar

Þar sem Skaftáreldahraun breiðir úr sér á láglendi Vestur-Skaftafellssýslu nær hraungambri víða mikilli þykkt, einkum á hraunsléttum (Tafla 9) og er háplöntugróður þar mjög lítill (8. og 12. mynd). Aðstæður á þessu svæði benda til hamlandi áhrifa hraungambra á hraða framvindu vegna lítillar tegundaaúðgi á láglendi, einkum á hraunsléttum þar sem mosamottan er þykkust (Tafla 9, Tafla 10 og 5. mynd).

Góðar aðstæður eru til að framkvæma tilraun þar sem spírun háplantna í óraskaðri mosamottu annars vegar og raskaðri mosamottu hins vegar eru bornar saman.

Settar voru fram þrjár tilgátur:

- 1) Kímplöntur eiga erfitt uppdráttar í þykkum hraungambra og hamlar hann þannig landnámi háplantna.

Prófun: Þykk mosamotta kemur í veg fyrir spírun háplöntufræja en hægt er að auka spírun og lifun háplantna með því að raska mosamottunni.

- 2) Áfoksefni (silt) sem setjast í mosann bæta lífsskilyrði fyrir háplöntur ef þau fylla gljúpa mosamottuna að hluta eða miklu leyti. Skilyrði versna þó aftur ef áfoksefnin ná að kæfa mosann alveg þar sem þau mynda þá mjög óstöðugt undirlag sem fýkur auðveldlega og sverfur plöntuvefi.

Prófun: Skilyrði eru hagstæðust þar sem áfok fyllir mosamottuna þannig að einn til þrjár sm af mosanum standa upp úr. Ef áfokið er svo mikið að það kæfir mosann alveg verða skilyrði fyrir spírun og afkomu kímplantna verri en í mosamottunni

- 3) Neikvæð áhrif hraungambrans eru bundin við lifandi hluta mosans og sé hann fjarlægður er hömlum á spírun aflétt.

Prófun: Samkeppni við mosamottuna skýrir hömlunaráhrif hans og með því að fjarlægja lifandi hluta hans hættir samkeppnin og hömlun minnkar.



## 2. Efni og aðferðir

### 2.1 Tilraunasvæði

Við val á tilraunasvæðum var lagt til grundvallar að 1) mosamotta væri í meðallagi þykk og þekti hraunið, 2) fræregn frá grenndargróðri væri í lágmarki, þ.e. svæðið væri langt frá hraunjaðri, 3) áfok væri í lágmarki og 4) sæmilegt aðgengi væri að svæðinu en þó ekki fjölfarinn vegur.

Tvö tilraunasvæði voru valin. Meginsvæðið (N 63°43.917' og V 18°12.761') var nálægt gömlum vegi sem liggur í gegnum hraunið. Það var í tæplega 80 m y.s. og meira en þrír km voru í næsta hraunjaðar en á flesta vegu var miklu lengra í jaðarinn. Mosamottan var að meðaltali tæplega 20 sm djúp og lítið áfok var á svæðinu. Hitt svæðið var í tveggja km fjarlægð frá meginsvæðinu (N 63°43.932' og V 18°15.065'), þar sem silt hafði nýlega kaffært mosamottuna að fullu.

### 2.2. Fræsöfnun og uppruni fræja

Fræi af móasefi (*Juncus trifidus*) og lambagrasi (*Silene acaulis*) var safnað í Þjóðgarðinum í Skaftafelli haustið 2007 og bláklukkufræ (*Campanula rotundifolia*) var tínt á sama svæði haustið 2006. Gulvíðifræ (*Salix phylicifolia*) var tínt við Búrfellsgjá í Heiðmörk sumarið 2008 en fræ túnvinguls (*Festuca richardsonii*) og birkis (*Betula pubescens*) voru fengin hjá Landgræðslu ríkisins vorið 2008.

Fræ var þurrkað, flokkað og fullproskað fræ talin og geymd í ísskáp við 4–5°C fram að sáningu. Móasefsfræ fengu hitasveiflumeðferð (e. *stratification*), þ.e. voru sett í myrkur og kulda (4–5°C) í u.þ.b. 14 tíma á sólahring milli þess sem þau stóðu í dagsljósi við stofuhita í 40 daga fyrir sáningu. Öll fræ sömu tegunda fengu samskonar meðferð, var safnað á sama tíma og sama stað og geymd við sömu aðstæður.

Spírunarhæfni fræja var prófuð í tilraunastofu. Tekið var tilviljunarkennt úrtak 100 fullproska fræja af hverri tegund. Þeim var dreift á filterpappír í petriskálum í spírunarkassa við um 21°C lofthita, 7°C vatnshita og með 12 klst. ljósloftur í átta vikur. Spírun var skráð á viku fresti í einn mánuð og eftir það aðra hverja viku í einn mánuð.

### 2.3. Gagnasöfnun og úrvinnsla

Sumarið 2008 voru lagðir út 15 tilraunareitir á meginsvæðinu og fimm á silti, alls 20 reitir, á sléttum og nokkurn veginn láréttum flötum sem hver um sig var yfir 50 sm í þvermál á báða kanta. Meðferðir voru fjórar; þrjár á megintilraunarsvæðinu og ein á siltsvæði og var hver meðferð endurtekin fimm sinnum. Meðferðirnar voru:

- 1) Viðmiðun: Ómeðhöndlaðir reitir í mosamottunni;
- 2) Klipptur mosi: Lifandi hluti mosans var fjarlægður (17. mynd). Mosinn var klipptur með rafmagnsklippum daginn sem sáning fór fram;
- 3) Siltborinn mosi: Líkt var eftir áfoki með því að dreifa þurrum framburði/silti frá Skaftá jafnt yfir reitina (17. mynd). Framburði var safnað við Skaftá fyrir neðan Skaftárdal vorið 2007 og var hann þurrkaður við stofuhita í u.þ.b. tvo mánuði. Samkvæmt mælingum Orkustofnunar er stærsti hluti framburðarins silt (mór og méla) (Snorri Zóphóniasson og Svanur Pálsson, 1996). Um 500 g af silti var dreift á reitina þrisvar sinnum í maí 2008, alls 1.500 g. Mislanguur tími leið á milli þess að silt var borið á reitna þar sem úrkoma var látin skola siltinu ofan í mosamottuna áður en meira silti var bætt við;
- 4) Silt: Framburður Skaftár þekur mosmottuna að fullu. Ómeðhöndlað svæði þar sem framburður úr Skaftá hafði kæft undirliggjandi mosamottu í hlaupum síðastliðin ár (18. mynd).



17. mynd. Tveir tilraunareitir af megintilraunarsvæðinu. Til vinstri er reitur þar sem 500 gr af silti hafði verið borið á mosamottuna, þrisvar sinnum og látið rigna ofan í mosann. Til hægri er reitur þar sem lifandi hluti mosamottunnar hefur verið fjarlægður og sáning stendur yfir. (Ljósmyndir: Þóra Ellen Þórahallsdóttir og Kristín Svavarsdóttir).

Á hvern reit var lagður 0,25 m<sup>2</sup> rammi (0,5\*0,5 m) sem skipt var í 25 smáreiti, hver 10\*10 sm (17. mynd). Með hjálp tilviljanatöflu voru þrjú smáreitir í hverjum ramma valdir fyrir fræ túnvinguls, birkis, móasefs, bláklukku, lambagrass og gulvíðis. Í hvern smáreit var sáð 200 fræjum af hverri tegund, nema móasefi en þar var sáð 100 fræjum vegna takmarkaðs fjölda fræja. Alls var sáð 12.000 fræjum af hverri tegund en 6.000 fræjum af móasefi.

Sáð var 15. júní 2008 og var spírur kímplantna vöktuð á tveggja vikna fresti, í lok sumars liðu þrjár vikur á milli talninga og fór síðasta úttekt fram 31. ágúst.

Meðaltal kímplantna sömu tegundar, innan þriggja smáreita, var reiknað í hverjum ramma og notað í allri gagnaúrvinnslu.

Áhrif meðferða á spírur fræja og afkomu kímplantna voru prófuð með Kí-kvaðrat prófi í SPSS 13.0.



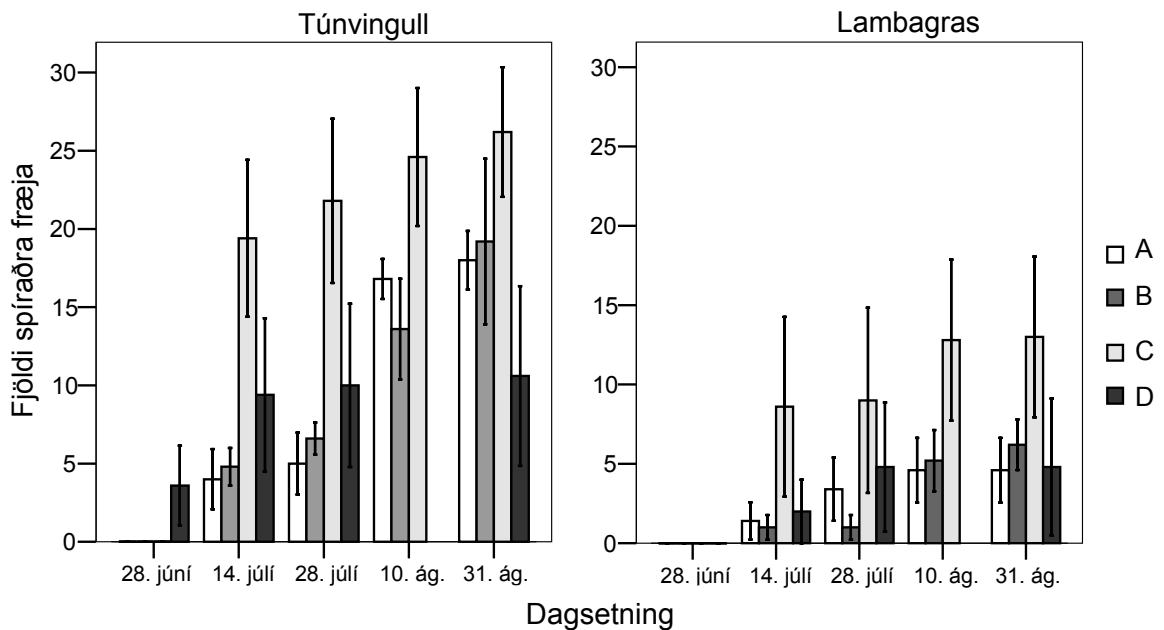
**18. mynd.** Tilraunarsvæði þar sem silt hafði kaffært mosamottuna. Fimm reitir voru staðsettir á svæðinu og virtist einn henta betur fyrir spírur lambagrasfræja en hinir reitirnir, staðsetning hans er merkt með ör. (Ljósmynd: Kristín Svavarsdóttir).

### 3. Niðurstöður

Í spírunarkassa í tilraunastofu spíruðu 14% birkifræja, 1% gulvíðifræja, 12% móasefsfræja, 30% túnvingulsfræja, 51% lambagrasfræja og 56% bláklukkufræja.

Á tilraunasvæðunum spíraði sáralítið af fræi birkis og bláklukku og engar kímplöntur móasefs og gulvíðis fundust þannig að hér eru einungis sýndar niðurstöður fyrir túnvingul og lambagras.

Spírun túnvinguls var marktækt minni á silti en í viðmiðunareitum en sambærileg áhrif fundust ekki fyrir spírun lambagrasfræja (Tafla 11. og 19. mynd). Ekki mældist munur á spírun í klipptum mosa og viðmiðunareitum en marktækt fleiri fræ spíruðu, bæði af túnvingli og lambagrasi, í mosa með silti en í viðmiðunareitum (Tafla 11. og 19. mynd).



19. mynd. Til hægri spírun túnvinguls (*Festuca richardsonii*) og spírun lambagras (*Silene acaulis*, t.h.) til vinstri, í tilraunareitum í Eldhrauni sumarið 2008. Tilraunameðferðir eru sýndar með mismunandi lit: A) Viðmið: Ómeðhöndluð mosamotta. B) Klipptur mosi: Lifandi hluti mosans klipptur af með rafmagnsklippum stuttu fyrir sáningu. C) Siltborinn mosi: Um 500 gr af silti úr Skaftá var borið í mosann og látið rigna ofan í mosamottuna, þrisvar sinnum, alls 1500 g á 0,25 m<sup>2</sup>. Silt: Reitir staðsettir þar sem framburður frá Skaftá hafði kæft undirliggjandi mosa. Niðurstöður vantar á reitum frá siltreitum þann 10. ágúst vegna Skaftárhlaups. Sáning fór fram 15. júní 2008 og voru fimm ramar af hverri meðhöndlun og þrjár endurtekningar í hverjum ramma. Lóðréttar línur sýna staðalskekkju (e. *standard error*).

Meðferð	Túnvingull		Lambgras	
	Meðalfj. í ramma	Kí-kvaðrat	Meðalfj. í ramma	Kí-kvaðrat
Viðmið	18		4,6	
Klipptur mosi	19,2	0,014 em	6,2	0,036 em
Siltborinn mosi	26,2	0,088**	13	0,138***
Silt	10,6	-0,095***	4,8	0,004 em

Tafla 11. Áhrif tilraunamedferða á spírun túnvinguls- og lambgrasfræs í Eldhrauni sumarið 2008. Meðaltal fræja sem spíra í hverjum ramma og frávik frá spírun í viðmiðunarreit (ómeðhöndlaðri mosamottu), reiknað með kíkvaðrat prófi. Aukning var á spírun í siltbornum mosa bæði hjá túnvingli og lambgrasi en minni spírun var í silti hjá túnvingli. \*\*\* =  $P < 0,001$ , \*\* =  $P < 0,01$ , em = ekki marktækt.

## 4. Umræða

### 4.1. Val á tilraunarsvæðum og mismunandi spírun tegunda

Til að forðast áfok var tilraunarsvæði valið þar sem nokkuð langt var í árennslisgeira frá Skaftá. Þar af leiðandi var tilraunarsvæði með framburði Skaftár í um 2 km fjarlægð frá meginsvæðinu, en allar aðstæður virtust annars sambærilegar á milli þessara svæða. Á báðum stöðum var reynt að forðast að hafa reiti í botni dælda til að minnka möguleg jákvæð áhrif nærumhverfis. Reitir á silti (framburði) urðu þrátt fyrir það að standa neðarlega þar sem framburðurinn sat fyrst og fremst í botni dældanna. Var valin mjög víð dæld til að forðast jákvæð áhrif nærumhverfisins (18. mynd). Hlaup kom í Skaftá síðsumars 2008 og þakti hlaupvatn siltreitina þegar talning átti að fara fram þann 10. ágúst (20. mynd) en lítið set sat eftir á reitunum eftir hlaupið og virtust allar plönturnar hafa lifað.



**20. mynd. Tilraunarreitir á silti við talningu kímplantna 10. ágúst 2008. Hlaup var í Skaftá og þakti hlaupvatn alla reitina en hver reitur var merktur með stikum sem stóðu upp úr vatninu. (Ljósmynd: Aðalbjörg Jónsdóttir).**

Einungis túnvingull og lambagras spíruðu á viðunandi hátt. Birki-, mósasefs- og gulvíðifræ spíruðu einnig illa á tilraunarstofu og geta verið ýmsar skýringar á því.

Gulvíðisfræ urðu sennilega fyrir miklu afráni, en mikið af sníkjulirfum skriðu úr gulvíðisreklunum á meðan á þurrkun þeirra stóð. Mikil afföll gulvíðisfræs á þurrktíma vegna afráns meindýra eru þekkt (Jón Guðmundsson, 2006). Móasef var meðhöndlað með ljóslotum og hitasveiflum fyrir spírunina og gæti sú meðhöndlum hafa mistekist að einhverju leyti. Ástæða lélegrar spírunar birkifræs er óljós en hjá Landgræðslu ríkisins, þaðan sem fræin voru fengin, sýndu þau viðunandi spírunarprósentu.

Túnvingull sem spíraði best á tilraunasvæðum er einnig með stærstu fræin, um 0,79 mg, en bláklukkufræ sem spíruðu ekki í náttúrunni þrátt fyrir góða spírun á tilraunastofu eru mjög lítil, 0,07 mg (Grime o.fl., 1981), eða um tíundi partur af þyngd túnvínungulsfræja. Fræ lambagrass eru einnig mun stærri en bláklukkufræja, 0,22–0,24 mg (Delph, Bailey & Marr, 1999). Mögulegt er að stærð fræja hafi haft áhrif en þekkt er að stór fræ spíra frekar við erfiðar aðstæður vegna meiri næringarforða (Wood & del Moral, 2000; Levine & Rees, 2002).

Í þessari tilraun er einungis verið var að kanna spírunarhæfni háplöntufræja en ekki er víst að mesta lifun verði þar sem mesta spírunin varð (Schupp, 1995). Áhugavert væri að fylgjast með lifun kímplantna í tilraunareitum sumarið 2009.

#### **4.2. Áhrif raskana á spírun háplantna í mosamottunni**

Niðurstöðurnar styðja tilgátu eitt um að kímplöntur eigi erfitt uppdráttar í þykkum hraungambra og hann hamli landnám háplantna. Þær tegundir sem spíruðu á annað borð höfðu marktækt meiri spírun í siltbornum mosa en í viðmiðunarreit.

Bæði túnvínunguls- og lambagrassfræ spíruðu betur þar sem silt fyllti mosamottuna að mestu leyti sem staðfestir að þykk, óröskuð mosamotta hamli spírun kímplantna þar sem marktækur munur var hjá báðum tegundum í lok sumars (Tafla 11).

Tveimur vikum eftir sáningu var nær eingöngu spírun á silti og fjórum vikum eftir sáninu var spírun áberandi mest á siltbornum mosa, einkum hjá túnvínungli (19. mynd). Trúleg skýring á þessu er að kímplönturnar séu lengur á leið upp úr mosamottunni og sjást því fyrr á silti og siltbornum mosa en í óskaddaðri

mosamottunni. Flestar kímplöntur túnvinguls í ómeðhöndlaðri mosamottu urðu ekki sýnilegar fyrr en átta vikum eftir sáningu og fjölgaði lítið eftir það (19. mynd). Ef svo er þá mælir tilraunin ekki spírun fræja, í þessu tilfalli, heldur spírun og lifun kímplantna uns þau verða sýnileg. Þetta þrep gæti verið þröskuldur í lifun margra túnvingulsfræja þar sem þau komast ekki í gott sólarljós fyrr en þau ná upp úr mosamottunni.

Spírun lambagrass var hins vegar jafnari á milli tímabila.

Önnur tilgáta um jákvæð áhrif áfoks í mosamottunni á spírun fræja stenst og seinni hluti tilgátunnar um neikvæð áhrif silts í miklu magni stenst að hluta.

Í takmörkuðu magni minnkar siltið gljúpleika mosans og stöðvar fræin áður en þau hripa djúpt niður í mosann. Einnig er hiti meiri ofarlega í mosamottunni þar sem mosinn lækkar hitastig undirlagsins (Jónsdóttir, Callaghan & Lee, 1995). Talið er að erfitt sé fyrir nýjar plöntur að ná rótfestu í óskemmdri mosamottu (Jónsdóttir, 1995) og getur siltið auðveldað fræjum að ná rótfestu. Silt er smákornótt og lifa grasplöntur frekar í smákornóttu seti vegna betri eiginleika þess til að binda vatn en gróft set (Tsuyuzaki o.fl., 1997) á meðan mosamottan þornar fljótt í þurrki (Richardsson, 1981).

Verri afkoma túnvinguls þar sem silt þekur mosamottuna að fullu styður seinni hluta tilgátunnar (Tafla 11). Orsökina er sennilega óstöðugleiki siltsins (Walker & del Moral, 2003) og skortur á öruggum setum á sléttu yfirborði siltsins. Lambgrasið spíraði hins vegar jafn mikið á silti og í óskertri mosamottu.

Breytileiki í spírun var mjög mikill á milli reita þar sem engar kímplöntur voru í einum ramma en 67 kímplöntur lambagrass og 53 kímplöntur túnvinguls þar sem mest var (18. mynd). Sá reitur gæti hafa verið í skjóli frá nærliggjandi hraunhól en einnig er mögulegt að framburðurinn þar hafi að einhverju leyti verið frábrugðinn hinum stöðunum en þetta svæði var í nokkurs konar vík út frá aðaldældinni.

Ekki er vitað hver geti verið ástæða ólíkrar spírunargetu þessara tegunda á silti. Þessar tegundir eru báðar mjög algengar á Íslandi og eiga það sameiginlegt að kjörlendi þeirra er á söndum, melum og víðar (Hörður Kristinsson, á.á.). Túnvingull er með fyrstu landnemum á foksöndum og er þurrkþolinn líkt og lambgras (Hörður Kristinsson, á.á.; Aiken o.fl., á.á.). Túnvingulsfræ virtust



gjarnari á að fjúka af tilraunarreitunum þó svo að fræ túnvinguls séu þyngri, 0,79 mg (Grime o.fl., 1981) en lambrasfræ sem eru 0,22–0,24 mg (Delph o.fl., 1999). Túnvingulsfræjum var dreift með aldini og voru því fyrirferðameiri og tóku meiri vind en lambagrasfræ sem var dreift án aldins. Túnvingulsfræ með aldini mælist 1.8–2.5 mm langt en lambagrasfræ án aldins er 0.8–1 mm á lengd (Aiken o.fl., á.á.).

Þriðju tilgátunni um að neikvæð áhrif hraungambrans séu bundin við lifandi hluta mosans er hafnað. Spírun í klipptum mosa var ekki marktækt frábrugðin viðmiðunarreitum.

Það kemur á óvart að það hafði enginn áhrif á spírunarmöguleika háplöntufræja þegar lifandi hluti mosamottunnar var fjarlægður (Tafla 11). Tallis (1959) taldi samkeppni um jónir vera einna af líklegum samkeppnisþáttum milli mosa og háplantna. Samkeppni um jónir úr umhverfinu skýrir ekki hamlandi áhrif mosamottunnar á spírun þeirra háplöntutegunda sem prófaðar voru. Mínar niðurstöður styðja að eitrunaráhrif (e. *allelopathy*) séu ekki sennileg líkt og fyrri rannsóknir hafa bent til (Tallis, 1959; Tsubota, Kuroda, Masuzaki, Nakahara & Deguchi, 2006).

#### **4.3. Hugsanlegar ástæður mismunandi spýrunargetu eftir undirlendi**

Margir þættir hafa áhrif á spírunarhæfni fræja. Þeir helstu eru rótfesta, sólarljós, hiti, vatnsheldni og þar með raki í undirlagi, loftraki, framboð köfnunarefnis, örugg set og skjól (Gurvitch o.fl., 2006). Munur á spírunarhæfni í mosamottu, siltbornum mosa, silti og klipptum mosa getur því verið af ýmsum ástæðum og verður nokkrum þeirra velt upp hér (Tafla 12).

Almennt gerir mosamotta undirlagið stöðugra og veitir skjól sem veiðir fræ og vindborin næringarefni (Watson, 1971; Bates, 2000). Víðitegundir (gulvíðir og loðvíðir) spíra til dæmis betur í mosamottu sem er < 1 sm á þykkt en þegar þykkt mosamottu verður > 1 sm hverfa jákvæð áhrif hennar (Ása L. Aradóttir o.fl., 2006).

Helluhraun, líkt og Eldhraun, er mjög stöðugt undirlag (Walker & del Moral, 2003). Holur í hrauninu safna í sig vindbornum ögnum (Aplet o.fl., 1998) og óslétt yfirborðið safnar fræjum (Tsuyuzaki, 1991) svipað og mosamottan. Mosamottan hefur sennilega litla kosti umfram bert helluhraun í söfnun fræja

og næringarefna. Hiti eykst hins vegar við yfirborð mosamottunnar en kólnun verður næst undirlaginu (Jónsdóttir o.fl., 1995). Hár hiti við yfirborðið hefur ekki jákvæð áhrif þegar spírun verður neðarlega í mottunni. Silt sem lyftir spíruninni ofar í mottuna getur aukið hita á fræjum og haft þannig jákvæð áhrif á spíruninna.

Nitur vex að jafnaði í undirlagi í réttu hlutfalli við gróðurþekju (Walker & del Moral, 2003). Í upphafi framvindu eru breyskingar (*Stereocaulon* teg.) mikilvægir í niturnámi á hraunum en aukning köfnunarefnis er mishröð eftir tegundum hraunbreyskinga og úrkomumagni (Vitousek, 1994). Á láglendi Skaftáreldahrauns er þekja hraunbreyskja mjög lítil (Tafla 4) og því lítil jákvæð áhrif frá þeim. Hitaeinangrun mosamottunnar hægir einnig á rotnun og lágt köfnunarefnishlutfall mosans eykur aðeins lítillega framboð köfnunarefnis í undirlaginu (Sohlberg og Bliss, 1986; Jónsdóttir o.fl., 1995; Jónsdóttir, Magnússon, Guðmundsson, Elmarsdóttir og Hjartarson, 2005).

Umhverfis- þættir	Hraun	Hraungambri	Siltborinn hraungambri	Silt
<b>Stöðugleiki</b>	mikill	frekar mikill	frekar mikill	mjög lítill
<b>Rótfesta</b>	engin	líklega erfið	líklega góð	góð
<b>Sólarljós</b>	aðgengilegt	óaðgengilegt	aðgengilegt	aðgengilegt
<b>Lofthiti</b>	miklar sveiflur	lækkar niður í mottuna	minni sveiflur	sveiflur
<b>Vatnsheldni yfirborðs</b>	engin	sæmileg	góð	góð
<b>Loftraki</b>	óstöðugur	frekar óstöðugur	frekar stöðugur	frekar stöðugur
<b>Nitur</b>	lítið	frekar lítið	lítið	lítið
<b>Örugg set</b>	mörg	mörg	mörg	mjög fá
<b>Svörfun eða kæfing fokefna</b>	engin	engin	einhver	mikil

**Tafla 12.** Áhrif mosamottu og silts á nokkra umhverfisþætti sem eru mikilvægir fyrir landnám á nýrunnum hraunum (byggt á Chapin o.fl., 1994, Walker og del Moral, 2003; Aplet o.fl., 1998; Jónsdóttir, 1995 og Jónsdóttir o.fl., 1995).

Margt bendir til þess að köfnunarefnisstyrkur sé mjög lítill í mosamottunni og hamli framvindu, en mosar fá stærsta hluta köfnunarefnis síns úr loftbornum ögnum (Bates, 2000). Nitur er í mjög litlu magni í jökulseti en gæti aukist hratt

vegna mikils magn annarra næringarefna (Matthews, 1992; Stefánsdóttir & Gíslason, 2005). Þrátt fyrir sennilegan skort á nitri í mosamottu skýrir samkeppni um hann ekki hamlandi áhrif mosamottunnar þar sem engin áhrif eru af því að fjarlægja lifandi hluta hennar.

Fosfat losnar úr basalti við veðrun á innan við 100 árum a.m.k. í hlýju og röku loftslagi, og myndar fosfór sem er plöntum aðgengilegt. Framboð þess minnkar hins vegar þegar líður á framvindu (Walker & del Moral 2003). Fosfat er einnig til staðar í jökulárseti (Stefánsdóttir & Gíslason, 2005) og ætti það því að vera til staðar bæði á hrauninu, með eða án mosamottu, og í silti.

## 5. Ályktanir

Í Eldhrauni hamla fyrstu landnemar frekari gróðurframvindu. Hraungambrinn breytir umhverfi sínu á neikvæðan hátt fyrir landnám háplantna, sennilega með því að mynda þykka mosamottu, torvelda aðgengi að sólarljósi og einangra undirlagið fyrir hita. Fáar, ef nokkrar, tilraunir fyrr en nú hafa sýnt fram á hömlunaráhrif á fyrstu stigum framvindu. Áður hafa tilgátur komið fram um hömlunaráhrif hraungambra á nýlegum hraunum t.d. á Hekluhraunum (Bjarnason, 1991) og á hraunum við Þingvelli (Jónsdóttir, 1995). Í rannsókn minni á gróðurfari í Eldahrauni koma fram sterkar vísbendingar í sömu átt og með tilrauninni sem framkvæmd var í kjölfarið var sú tilgáta staðfest.

## Samspil mosamottu og umhverfisþátta

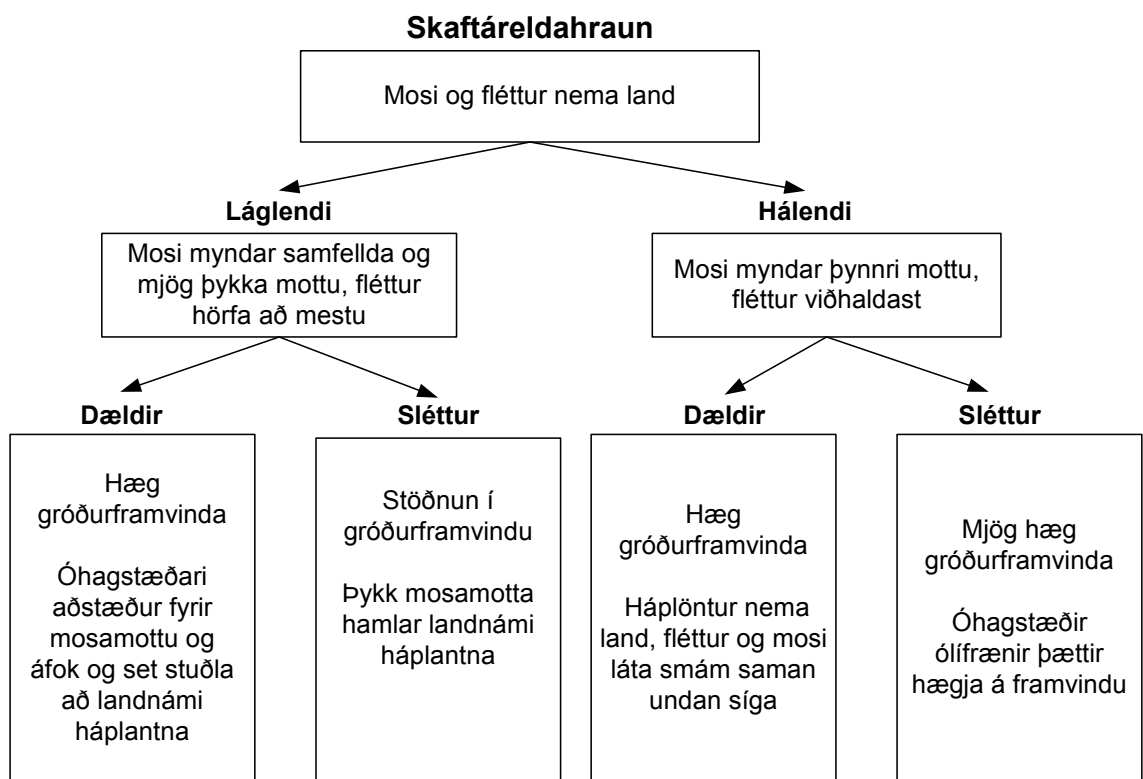
Ítarlegustu upplýsingar um framvindu á íslenskum hraunum fram að þessu eru frá Hekluhraunum. Þar hefur framvindunni verið skipt í fjögur stig (Matthews & Wittaker, 1987): a) Mosar og fléttur nema land; b) Mosinn myndar samfellda mosamottu en hraunbreyskja vikur; c) Smárunnar setjast að í mosamottunni; d) Fyrstu landnemar og tegundir sem síðar koma haldast í gróðurþekjunni en landfræðilegt umhverfi ræður mynstri framvindunnar (Cutler o.fl., 2008b). Matthews og Wittaker (1987) telja áhrif umhverfis allsráðandi á fyrstu stigum framvindu. Töldu þeir að líkan Connell og Slatyer (1977) um að tegundir búi í haginn fyrir aðrar tegundir (*facilitaion*), samkeppnishæfari tegundir nái yfirhöndinni (*tolerance*) og/eða hömlunaráhrif (*inhibition*) tegunda spili ekki veigamikinn þátt í hörfun fyrstu landnema, en að þessir þættir verði áberandi síðar í framvindu (Matthew & Wittaker, 1987; Matthew, 1992).

Hamlandi áhrif mosamottunnar á hraða gróðurframvindu á láglandi Skaftáreldahrauns eru ótvíræð strax á fyrstu stigum þess (Tafla 11). Líkan Connells og Slatyer (1977) um hamlandi áhrif landnema á framvindu á því við á láglandi Skaftáreldahrauns (Eldhraun). Ágúst H. Bjarnason (1991) tengdi þunna og sundurslitna mosaþekju í Hekluhraunum við aukna tegundaauðgi sem bendir til að líkan Connells og Slatyer eigi líka við um framvindu í Hekluhraunum. Meiri snjóþyngsli á hálendi og styttra vaxtartímabil hefur neikvæðari áhrif á vöxt mosa en breyskjufléttna (sjá einnig Hörður Kristinsson, á.á.; Sigurður H. Magnússon o.fl., 2002). Þynnri mosamotta, meiri þekja breyskjufléttna, meiri vatnavaxta í vorleysingum og meiri ágangur búfjár bæta skilyrði fyrir landnám háplantna og tegundaauðgi verður meira en búast mætti við út frá tegundaauðgi á láglandi.

Í Eldhrauni er mikill breytileiki á gróðurþekju og þykkt mosamottu eftir nærumhverfi (Tafla 9 og 12. mynd). Í dældum eru verri aðstæður fyrir hraungambra og betri aðstæður fyrir háplöntur og verður framvindhraði þar meiri. Tegundasamsetning grenndargróðurs hefur staðbundin áhrif næst hraunjaðrinum en samt sem áður er plöntusamfélagið í hrauninu einsleitt.

Tegundir svo sem víðitegundir, smárunnar, fíflar og steinbrjótar ná að nema land í hrauninu. Runnar og smárunnar þurfa ekki að vaxa upp úr mosamottunni á hverju vori sem hjálpar þeim í samkeppni við hana og fíflar og steinbrjóta lifa í sprungum og holum þar sem eyður eru í þekju mosamottunnar.

Hraði framvindunnar ræðst af mosamottunni og verður framvinda svo hæg að hún stöðvast nær alveg á hraunsléttum á láglandi. Stefna framvindunnar er sú sama óháð fjarlægð frá hraunjaðri þar sem fræframboð frá grenndargróðri hefur mjög staðbundin áhrif (21. mynd).



21. mynd. Gangvirkni gróðurframvindu á Skaftáreldahrauni. Vegna hamlandi áhrifa mosamottunnar verður framvinda ólík á láglandi og hálandi. Á hálandi dreifast fleiri tegundir um allt hraunið en á láglandi, þar sem landnám er erfiðara vegna hraungambrans. Nærumhverfi hefur mikil áhrif, einkum á láglandi. Í dældum ná háplöntur að nema land, einkum víðitegunda, steinbrjóta, smárunna o.fl. en á hraunsléttum hamlar gamburmosamottan frekari framvindu.

Áfok frá Skaftá eykur líkur á landnámi háplantna og eykur þar með mun á framvindhraða eftir nærumhverfi. Í Hekluhraunum inniheldur jarðvegur í dældum meira áfok en hraunhólar á svæðinu (Bjarnason, 1991; Cutler, o.fl.,

2008b) og á það sennilega einnig við í Eldhrauni. Silt og sandur sest í dældir og gerir spírúnaraðstæður heppilegri en á hraunsléttum.

Margt bendir til þess að hraði gróðurframvindu í Eldhrauni muni lítið breytast á næstu áratugum og jafnvel árhundruðum nema utanaðkomandi áhrif komi til. Stefna framvindunnar er breytileg eftir fjarlægð frá grenndargróðri og væri áhugavert að velja rannsóknasvæði fjær hraunjaðrinum en 1 km. Til dæmis í 2 km, 3 km og 4 km fjarlægð og bera saman við gróðurfar nær hraunjaðrinum og við grenndargróður.

## Lokaorð

Samspil gamburmosa og nærumhverfis hefur afgerandi áhrif á hraða gróðurframvindu í Skaftáreldahrauni, einkum á láglendi. Á hraunsléttum þar sem landnám háplantna fer hægt af stað vegna óhagstæðs nærumhverfis myndar hraungambri (*R. lanuginosum*) þykka mosamottu sem hamlar landnám háplantna. Samkvæmt Connell og Slatyer (1977) mun það ástand vara uns mosamottan deyr eða verður fyrir áfalli. Líklega verður áfok silts sá þáttur sem kemur til með að breyta ríkjandi áhrifum mosamottunnar en aðrir þættir eins og beit, ágengar tegundir eða öskufall geta einnig haft mikil áhrif.



## Heimildir

- Aiken, S. G., Dallwitz, M. J., Consaul, L. L., McJannet, C. L., Gillespie, L.J., Boles, R. L., Argus G. W., Gillett, J. M., Scott, P.J., Elven, R. LeBlanc, M. C., Brysting A. K. og Solstad, H. (á.á.). Flora of the canadian arctic archipelago. Sótt 12. maí 2009, á [http://www.mun.ca/biology/delta/arcticf/\\_ca/www/poferi.htm](http://www.mun.ca/biology/delta/arcticf/_ca/www/poferi.htm)
- Aplet, G. H., Hughes, F. R. og Vitousek, P. M. (1998). Ecosystem development on Hawaiiin lava flows: Biomass and species composition. *Journal of Vegetation Science*, 9, 17–26.
- Ása L. Aradóttir, Kristín Svavarsdóttir og Sigurður H. Magnússon (2006). Landnám Víðis og árangur víðisáninga. Í Kristín Svavarsdóttir (Ritsj.), *Innlendar víðitegundir: Líffræði og notkunarmöguleikar í landgræðslu* (bls. 59–72). Landgræðsla ríkisins, Gunnarsholti.
- Bates, J. W. (1998). Is "life-form" a useful concept in bryophyte ecology? *Oikos*, 82, 223–237.
- Bates, J. W. (2000). Mineral nutrition, substratum ecology, and pollution. Í A. J. Shaw og B. Goffinet (Ritstj.), *Bryophyte Biology*. (bls. 248-311). Cambridge: Cambridge University Press.
- Bergþór Jóhannsson (1991). *Íslenskir mosar. Brúskmosaætt*. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar 19.
- Bergþór Jóhannsson (1993). *Íslenskir mosar. Skeggmosaætt*. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar 24.
- Bergþór Jóhannsson (1996). *Íslenskir mosar. Röðumosaætt, tildurmosaætt, glitmosaætt, faxmosaætt, breytingar og tegundaskrá*. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar 29.
- Bergþór Jóhannsson (1998a). *Íslenskir mosar. Rytjumosaætt*. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar 34.
- Bergþór Jóhannsson (1998b). *Íslenskir mosar. Breytingar og skrár*. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar 36.
- Bergþór Jóhannsson (2003). *Íslenskir mosar. Skrár og viðbætur*. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar 44.
- Bjarnason Á. H. (1991). *Vegetation on lava fields in the Hekla area, Iceland*. Acta phytogeographica Suecica 77. Uppsala.
- Björnsson H. (2002). Subglacial lakes and jökullhlaups in Iceland. *Global and Planetary Change*, 35, 255–271.
- Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon og Jón Guðmundsson (1996). Gróðurframvinda í Surtsey. *Búvísindi Icelandic Agricultural Sciences*, 10, 253–272.

- Chad, J. C. og del Moral, R. (2005). Effects of microsite conditions on seedling establishment on the foreland of Coleman Glacier, Washington. *Journal of Vegetation Science*, 16, 293–300.
- Chapin, F. S., Walker, L. R., Fastie, C. L. og Sharman, L. C. (1994). Mechanism of primary succession following deglaciation at Glacier Bay, Alaska. *Ecology Monographs*, 64(2), 149–175.
- Choler, P., Michalet, R. og Callaway, R. M. (2001). Facilitation and competition on gradients in alpine plant communities. *Ecology*, 82(12), 3295–3308.
- Clements, F. E. (1916). *Plant succession. An analysis of the development of vegetation*: Washington: Carnegie Institute.
- Connell, J. H. og Slatyer, R. O. (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability. *The American Naturalist*, 111, 1119–1144.
- Crocker, R. L. og Major, J. (1955). Soil development in relation to vegetation and surface age at glacierbay, Alaska. *Journal of Ecology*, 43(2), 427–448.
- Cutler, N. A., Balyea, L. R. og Dugmore, A. J. (2008a). Spatial patterns of microsite colonisation on two young lava flows on Mount Hekla, Iceland. *Journal of Vegetation Science*, 19 (2), 277–286.
- Cutler, N. A., Balyea, L. R. og Dugmore, A. J. (2008b). The spatiotemporal dynamics of a primary succession. *Journal of Ecology*, 96(2), 231–246.
- del Moral, R. (1982). Initial recovery of subalpine vegetation on Mount St. Helens, Washington. *The American Naturalist*, 109(1), 72–80.
- del Moral, R. (1998). Early succession on Lahars spawned by Mount St. Helens. *American Journal of Botany*, 85(6), 820–828.
- del Moral, R. og Eckert A.J. (2005). Colonization of volcanic deserts from productive patches. *American Journal of Botany*, 92, 27–36.
- del Moral, R. og Ellis, E. E. (2004). Gradients in compositional variation on lahars, Mount St. Helens, Washington, USA. *Plant Ecology*, 175(2), 273–286.
- del Moral, R., Wood, D. M. og Titus, J. H. (2005). Proximity, microsites, and biotic interactions during early succession. Í Dale, V.H., F. J. Swanson, F. J. og Crisafulli, C. M., (Ritstj.), *Ecological responses to 1980 eruptions of Mount St. Helens* (bls. 93–109). New York: Springer-Verlag.
- Delph, L. F., Bailey, M. F., Marr, D. L. (1999). Seed provisioning in gynodioecious *Silene acaulis* (Caryophyllaceae). *American Journal of Botany*, 86(1), 140–144.
- Egler, F. E. (1954). Vegetation Science Concepts I. Initial Floristic Composition, a Factor in Old-Field Vegetation Development. *Vegetation*, 4(6), 412–417.

- Edda Lilja Sveinsdóttir (1982). *Lakagígar og Skaftáreldahraun: Kortlagning*. Óútgefin 4. árs ritgerð. Reykjavík: Háskóli Íslands.
- Elmarsdóttir, Á. Aradóttir, Á. L. og Trilica M. J. (2003). Microsite availability and establishment of native species on degraded and reclaimed sites in Iceland. *Journal of Applied Ecology*, 40(5), 815–823.
- Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Gústav Ásbjörnsson og Sveinn Runólfsson (2008). *Yfirlit yfir sandsvæði og landbrot við Skaftá*. Reykjavík: Umhverfisstofnun og Landgræðsla Ríkisins, Lr 2008/04.
- Eriksson, O. og Eriksson, Á. (1998). Effects of arrival order and seed size on germination of grassland plants: Are there assembly rules during recruitment. *Ecological Research*, 13, 229–239.
- Erlendur Björnsson (2005, 6. mars). Langisjór – Landsvirkjun – Landgræðsla. *Morgunblaðið*.
- Fanney Ósk Gísladóttir (1997). *Veiting jökulvatns á eldhraun, saga aðgerða og afleiðingar*. Reykjavík: Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Franks, S. J. (2003). Facilitation in multiple life-history stages: Evidence for nucleated succession in coastal dunes. *Plant Ecology*, 168(1), 1-11
- Gleason, H. A. (1926). The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 53, 7–26.
- Griggs, R. F. (1914). Observations on the behavior of some species at the edges of their ranges. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 41, 25–49.
- Grime, J. P., Mason, G., Curtis A. V., Rodman J., Band S. R., Mowforth M. A. G., Neal A. M. og Shaw S. (1981). A comparative study of germination characteristics in local flora. *Journal of Ecology*, 69, 1017–1059.
- Guilbaud, M. N., Self, S., Thordarson, T. og Blake, S. (2005). Morphology, surface structures, and emplacement of lavas produced by Laki, A.D. 1783–1784. Í M. Manga og G. Ventura (Ritstj.), *Kinematics and Dynamics of Lava Flows* (bls. 81–102): Geological Society of America.
- Gurevitch, J., Scheiner S.M. og Fox G. A. (2006). *The Ecology of plants, second edition*. Massachusetts: U.S.A. Sinauer Associates, Inc.
- Hörður Kristinsson (1986). *Plöntuhandbókin. Blómplöntur og byrkningar*. Íslensk náttúra 2. Reykjavík: Bókaútgáfan Örn og Örlygur.
- Hörður Kristinsson (á.á.). *Flóra Íslands*. Skoðað 12. maí. 2009, á <http://www.floraislands.is>
- Jägerbrand, A. K., Jónsdóttir, I. S. og Økland, R. H. (2005). Phenotypic variation at different spatial scales in relation to environment in two circumplar bryophyte species. *Lindbergia*, 30, 125–142.

- Jones, C. C. og del Moral, R. (2005). Effects of microsite conditions on seedling establishment on the foreland of Coleman Glacier, Washington. *Journal of Vegetation Science*, 16(3), 293-300.
- Jones, C. C., Lawton, J. H. og Shachak, M. (1997). Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology*, 78(7), 1946-1957.
- Jón Guðmundsson (2006). Líffræði, fræverkun og geymsluþol víðifræja. Í Kristín Svavarsdóttir (Ritsj.), *Innlendar víðitegundir: Líffræði og notkunarmöguleikar í landgræðslu* (bls. 43–52). Reykjavík: Landgræðsla ríkisins, Gunnarsholti.
- Jónsdóttir, I. S. (1991). Effects of grazing in tiller size and population dynamics in a clonal sedge (*Carex bigelowii*). *Oikos*, 62, 177–188.
- Jónsdóttir, I. S. (1995). Importance of sexual reproduction in arctic clonal plants and their evolutionary potential. Í Callaghan T.V., Oechel, W.C., Gilmonov, T. Molau, U., Macwell, B., Tyson, M., Sveinbjörnsson, B., og Holten, J.I. (Ritstj.), *Global change and arctic terrestrial ecosystems. Ecosystem report 10.* (bls. 81-88). Luxembourg: European Commission, DG XII.
- Jónsdóttir I. S., Magnússon, B., Guðmundsson, J., Elmarsdóttir, Á. og Hjartarson, H. (2005). Variable sensitivity of plant communities in Iceland to experimental warming. *Global Change Biology*, 11, 553–563.
- Jónsdóttir, I. S., Callaghan, T. V. og Lee, J. A. (1995). Fate of added nitrogen in a moss-sedge Arctic community and effects of increased nitrogen deposition. *The Science of the Total Environment*, 160/161, 677–685.
- Jón Jónsson (1983). Vötn og sandar. Í Þorleifur Jónsson (Ritstj.), *Árbók Ferðafélags Íslands Vestur-Skaftafellssýsla austan Skaftár og Kúðafljóts* (bls. 9–22). Reykjavík: Ferðafélag Íslands.
- Jumpponen, A., Väre, H., Mattsons, K. G., Ohtonen, R. og Trappe, J. M. (1999). Characterization of "safe sites" for pioneers in primary succession on recently deglaciated terrain. *Journal of Ecology*, 87, 98–105.
- Karl Grönvold. (1984). Bergfræði Skaftáreldahrauns. Í Gísli Ágúst Gunnlaussón, Gylfi Már Guðbergsson, Sigurður Þórðarson, Sveinbjörn Rafnsson og Þorleifur Einarsson (Ritstj.), *Skaftáreldar 1783–1784* (bls. 49–107). Reykjavík: Mál og menning.
- Krebs, C.J. (1999). *Ecology methodology. Second edition.* Addison Wesley Longman, Inc.
- Krebs, C. J. (2001). *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Fifth edition.* San Francisco: Benjamin Cummings.
- Kurina, L. M. og Vitousek, P. M. (1999). Controls over the accumulation and decline of nitrogen-fixing lichen, *Stereocaulon vulcani*, on young Hawaiian lava flows. *Journal of Ecology*, 87, 784–799.

- Kurina, L. M. og Vitousek, P. M. (2001). Nitrogen fixation rates of *Stereocaulon vulcani* on young Hawaiian lava flows. *Biogeochemistry*, 55, 179–194.
- Lepš, J. og Šmilauer, P. (2003). *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Levine, J. M., og Rees, M. (2002). Coexistence and relative abundance in annual plant assemblages: The roles of competition and colonization. *American Naturalist*, 160(4), 452–467.
- Longton, R. E. (1982). Vegetation in Polar Regions. Í *Bryophyte Ecology* (bls. 123–166): Cambridge: Cambridge University Press.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. London: Croom Helm.
- Matthews, J. A. (1992). *The ecology of recently-deglaciated terrain: A geoecological approach to glacier forelands and primary succession*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Matthews, J. A. og Wittaker, R. J. (1987). Vegetation succession on the Storrbreen Glacier foreland, Jotunheimen, Norway: A review. *Arctic and Alpine Research*, 19(4), 385–395.
- Moberg R. og Holmåsén I. (1982). *Lavar: En fälthanbok*. Sweden: Stockholm Interpublishing.
- Óskar J. Þóráksson (1935). Lönd og leiðir í Vestur-Skaftafellssýslu. Í Pálmi Hannesson (ritstj.). *Árbók Ferðafélags Íslands Vestur-Skaftafellssýsla*. (bls. 5–72). Reykjavík: Ferðafélag Íslands.
- Person A. (1964). The Vegetation at the Margin of the Receding Glacier Skaftafellsjökull, Southeastern. *Iceland. Botaniska Notiser*, 117, 323–354.
- Proctor, M. C. F. (2000). Physiological ecology. Í Shaw A. J., Goffinet B., (ritstj.), *Bryophyte biology*. (bls. 225–247). Cambridge: Cambridge University Press.
- Raich, J. W., Parton, W. J., Russell, A. E., Sanford, J. R. L. og Vitousek, P. M. (2000). Analysis of factors regulatin ecosystem development and Mauna Loa using the Century model. *Biogeochemistry*, 51, 161–191.
- Richardson D.H.S. (1981). *The Biology of Mosses*. Oxford: Black Scientific Publications.
- Russell R.S. og Wellington P.S. (1940). Physiological and ecological studies on an arctic vegetation: I. Ther vegetation of Jan Mayen Island. *Journal of Ecology*, 28(1), 153–179.
- Scupp, E.W. (1995). Seed seedling conficts, habitat choice, and patterns of platn recruitment. *American Journal of Botany*, 82, 399–409.

- Sigþór Sigurðsson (1997). Vatna–Brandur. Í Björgvin Salómonsson, Helgi Magnússon og Sigurjón Einarsson (Ritstj.), *Dynskógar Rit Vestur-Skaftfellinga*. Vík: Vestur-Skaftafellsýsla.
- Sigurður H. Magnússon (1994). *Plant colonization of eroded areas in Iceland*. Lund: Lund University.
- Sigurður H. Magnússon, Guðmundur Guðjónsson, Erling Ólafsson, Guðmundur A. Guðmundsson, Borgþór Magnússon, Hörður Kristinsson, Kristbjörn Egilsson og Kristinn Haukur Skarphéðinsson (2002). *Vistgerðir á fjórum hálandissvæðum*. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Sigurður Þórarinnsson (1984). Annáll Skaftárelda. Í G. Á. Gunnlaugsson, G. M. Guðbersson, S. Þórarinnsson, S. Rafnsson og Þ. Einarsson (Ritstj.), *Skaftáreldar 1783–1784*. (bls 11–35). Reykjavík: Mál og menning.
- Snorri Zóphóniasson. (1994). *Rennsli Skaftár og samband þess við lindarrennsli*. Framvinduskýrsla. Reykjavík: Orkustofnun, Vatnaorkudeild, OS-94037/VOD-06 B.
- Snorri Zóphóniasson og Svanur Pálsson. (1996). *Rennsli í Skaftárhlaupum og aur- og efnastyrkur í hlaupum 1994, 1995 og 1996*. Reykjavík: Orkustofnun, Vatnsorkudeild, OS-96066/VOD-07.
- Sohlberg, E. H. og Bliss, L. C. (1984). Microscale pattern of vascular plant distribution in two high arctic plant communities. *Canadian Journal of Botany*, 62, 2033–2042.
- Stefánsdóttir M. B. og Gíslason S. R. (2005). The erosion and suspended matter/seawater interaction during and after the 1996 outburst flood from the Vatnajökull Glacier, Iceland. *Earth and Planetary Science Letters*, 237, 433–452.
- Steindór Steindórsson (1964). *Gróður á Íslandi*. Reykjavík. Almenna bókafélagið.
- Sterch, R. C. og Viles, H. A. (2002). The nature and rate of weathering by lichens on lava flows on Lanzarote. *Geomorphology*, 47, 87–94.
- Sturla Friðriksson (1987). Plant colonization of a volcanic island, Surtsey, Iceland. *Arctic and Alpine Research* 19, 425–431.
- Svanhildur Jónsdóttir Svane (1964). Um mosapemburgoður. *Náttúrufræðingurinn*, 33, 233–263.
- Svoboda, J. og Henry, G. H. R. (1987). Succession in marginal arctic environments. *Arctic and Alpine Research*, 19(4), 373–384.
- Tallis, J. H. (1958). Studies in the biology and ecology of *Rhacomitrium lanuginosum* Brid. I. Distribution and ecology. *Journal of Ecology*, 46, 271–288.
- Tallis, J. H. (1959). Studies in the biology and ecology of *Rhacomitrium lanuginosum* Brid. II Growth, reproduction and physiology. *Journal of Ecology*, 47, 325–350.

- ter Braak C.J.F. og Šmilauer P. (2002). *Canoco reference manual CanDraw for Windows user's guide*. Wageningen: Biometri.
- Thordarson, T., Larsen, G., Steinþórsson, S., og Self S. (2003). The 1783-1785 A.D. Laki-Grímsvötn eruptions II: Appraisal based on contemporary accounts. *Jökull*, 53, 11-48.
- Thordarson, T. og Self, S. (1993). The Laki (Skaftár Fires) and Grímsvötn eruptions in 1783–1784. *Bulletin of Volcanology*, 55(4), 233–263.
- Tsubota, H., Kuroda, A., Masuzaki, H., Nakahara, M. og Deguchi, H. (2006). A preliminary study on allelopathic activity of bryophytes under laboratory conditions using the sandwich method. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 100, 517–525.
- 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., Titus, J. H. og del Moral, R. (1997). Seedling establishment patterns on the Pumice Plain, Mount St. Helens, Washington. *Journal of Vegetation Science*, 8(5), 727-734.
- van der Wal, R., Pearce, I. S. K. og Brooker, R. W. (2005). Mosses and the struggle for light in a nitrogen-polluted world. *Oecologia*, 142, 159–168.
- Veðurstofa Íslands (á.á.). Skoðað 3. maí. 2009, á <http://www.vedur.is>
- Vitousek, P. M. (1994). Potential nitrogen fixation during primary succession in Hawai'i Volcanoes National Park. *Biotropica*, 26(3), 234–240.
- Walker, L. R. og Chapin, F. S. (1987). Interaction among processes controlling successional change. *Oikos*, 50(1), 131–135.
- Walker, L. R. og del Moral R. (2003). *Primary succession and ecosystem rehabilitation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Watson E.V. (1971). *The structure and life of bryophytes. Third edition*. London: Hutchinson University Library.
- Wood, D. M. og del Moral, R. (1987). Mechanisms of early primary succession in subalpine habitats on mount st. Helens. *Ecology*, 69(4), 780–790.
- Wood, D. M. og del Moral, R. (2000). Seed rain during early primary succession on mount st. Helens, Washington. *Madrono*, 47, 1–9.
- Þórðarson Þ. (1995). *Volatile release and atmospheric effects of basaltic fissure eruptions*. Óútgefin doktorsritgerð. Ann Arbor: University of Hawaii.

## Viðaukar

Viðauki 1. Tegundir háplantna sem aðeins fundust á afmörkuðu búsvæði

Tegundir sem aðeins fundust í hrauni	Þurrlendistegundir sem aðeins fundust við jaðar	Votlendisplöntur sem fundust aðeins við jaðar
klappadúnurt ( <i>Eqilobium collinum</i> ) ljósadúnurt ( <i>Eqilobium lactiflorum</i> ) lækjasteinbrjótur ( <i>Saxifraga rivularis</i> ) hengistör ( <i>Carex rariflora</i> ) skollafingur ( <i>Huperzia selago</i> ) grámulla ( <i>Omalotheca supina</i> ) fjallhæra ( <i>Luzula arcuata</i> ) rjúpastör ( <i>Carex lachenalii</i> ) grávorblóm ( <i>Draba incana</i> ) vetrarblóm ( <i>Saxifraga oppositifolia</i> ).  Alls 10 tegundir	fjallafoxgras ( <i>Phleum alpinum</i> ) hrossanál ( <i>Juncus arcticus</i> spp. <i>intermedius</i> ) vallarsveifgras ( <i>Poa pratensis</i> ) hjónagras ( <i>pseudorchis albida</i> ( <i>leucorchis</i> )) klóelfting ( <i>Equisetum arvense</i> ) vegarfi ( <i>Cerastium fontanum</i> ) túnsúra ( <i>Rumex acetosa</i> ) hundasúra ( <i>Rumex acetosella</i> ) hnappstör ( <i>Carex capitata</i> ) hárleggjastör ( <i>Carex capillaries</i> ) grástör ( <i>Carex flacca</i> ) sótstör ( <i>Carex atrata</i> ) fjallastör ( <i>Carex norvegica</i> ) holurt ( <i>Silene uniflora</i> ) hjartatvíblaðka ( <i>Listera cordata</i> ) blágresi ( <i>Geranium sylvaticum</i> ) lokasjóður ( <i>Rhinanthus minor</i> ) tágarmura ( <i>Potentilla anserina</i> ) maríustakkur ( <i>archemilla vulgaris</i> ) fjallasmári ( <i>Sibbaldia procumbens</i> ) gullvöndur ( <i>Gentianella aurea</i> )  Alls 21 tegundir	fjalladúnurt ( <i>epolobium palustre</i> ) klófifa ( <i>Eriphorang</i> ) mýrasef ( <i>Juncus alpinus</i> ) mýrastör ( <i>Carex nigra</i> ) belgjastör ( <i>Carex panicea</i> ) blátoppastör ( <i>Carex curta</i> ) gulstör ( <i>Carex lyngbyei</i> ) flóastör ( <i>Carex limosa</i> ) hrafkastör ( <i>Carex saxatilis</i> ) blómsef ( <i>Juncus triglumis</i> ) laugasef ( <i>Juncus articulates</i> ) mýrfjola ( <i>Viola palustris</i> ) lækjasef ( <i>Juncus bufonius</i> ) engjarós ( <i>Poentilla palustris</i> ) vatnanál ( <i>Eleocharis palustris</i> ) trefjarsóley ( <i>Ranunculus hyperboreus</i> ), stjörnuarfi ( <i>Stellaria crassifolia</i> ) lækjadepla ( <i>Veronica serpyllifolia</i> ) gullbrá ( <i>Saxifraga hirculus</i> )  Alls 19 tegundir



**Viðauki 2.** Tegundir sem fundust á mörgum rannsóknarsniðum

Tegundir sem fundust á öllum sniðum á láglendi	Tegundir sem fundust á öllum sniðum á hálendi
<p>loðvíðir (<i>Salix lanata</i>)            grasvíðir (<i>Salix herbacea</i>)            gulvíðir (<i>Salix phylicifolia</i>)            axhæra (<i>Luzula spicata</i>)            blávingull (<i>Festuca vivipara</i>)            lyfjagras (<i>Pinguicula vulgaris</i>)            krækilyng (<i>Empetrum nigrum</i>)            blóðberg (<i>Thymus praecox</i>)            hvítmaðra (<i>Galium normani</i>)            undafífill (<i>Hieracium</i>)            túnfífill (<i>Taraxacum</i> teg.)            lógresi (<i>Trisetum spicatum</i>)            blásveifgras (<i>Poa glauca</i>)            tófugras (<i>Cystopteris fragilis</i>)            snæsteinbrjótur (<i>Saxifraga nivalis</i>)            þúfusteinbrjótur (<i>Saxifraga caespitosa</i>)            skollafingur (<i>Huperzia selago</i>)</p>	<p>loðvíðir (<i>Salix lanata</i>)            grasvíðir (<i>Salix herbacea</i>)            gulvíðir (<i>Salix phylicifolia</i>)            fjallavíðir (<i>Salix arctica</i>)            axhæra (<i>Luzula spicata</i>)            blávingull (<i>Festuca vivipara</i>)            túnvingull (<i>Festuca richardsonii</i>)            lambagras (<i>Silene acaulis</i>)            móasef (<i>Juncus trifidus</i>)            blásveifgras (<i>Poa glauca</i>)            fjallasveifgras (<i>Poa alpina</i>)            kornsúra (<i>Bistorta vivipara</i>)            tófugras (<i>Cystopteris fragilis</i>)            snæsteinbrjótur (<i>Saxifraga nivalis</i>)            þúfusteinbrjótur (<i>Saxifraga caespitosa</i>)            músareyra (<i>Cerastium alpinum</i>)            melanóra (<i>Minuartia rubella</i>)            melablóm (<i>Arabidopsis petraea</i>)            ljósberi (<i>Lychnis alpina</i>)            hagavorblóm (<i>Draba norvegica</i>)</p>
<p>Alls 17 tegundir</p>	<p>Alls 20 tegundir</p>

**Viðauki 3.** Tegundir sem fundust á fáum rannsóknarsniðum

Tegundir sem fundust á einu sniði á láglandi	Tegundir sem fundust á einu sniði á hálendi
<p>fjallasveifgras (<i>Poa alpina</i>)  vallahæra (<i>Luzula multiflora</i>)  beitieski (<i>Equisetum variegatum</i>)  hrútaberjalýng (<i>Rubus saxatilis</i>)  lækjasteinbrjótur (<i>Saxifraga rivularis</i>)  kattartunga (<i>Plantago maritima</i>)  dýragras (<i>Gentiana nivalis</i>)  grænlilja (<i>Orthilia secunda</i>)  brjóstagrass (<i>Thalictrum alpinum</i>)</p>	<p>lyfjagras (<i>Pinguicula vulgaris</i>)  undafifill (<i>Hieracium</i> teg.)  túnfifill (<i>Taraxacum</i> teg.)  fjallhæra (<i>Luzula confusa</i>)  vallahæra (<i>Luzula multiflora</i>)  lotsveifgras (<i>Poa flexuosa</i>)  jakobsfifill (<i>Erigeron boreale</i>)  heiðadúnurt (<i>Epilobium hornemanni</i>)  mýrelfting (<i>Equisetum palustre</i>)  mosajafni (<i>Selaginella selaginoides</i>)  hengistör (<i>Carex rariflora</i>)  bjúgstör (<i>Carex maritima</i>)  rjúpstör (<i>Carex lachenalii</i>)  hrafnaklukka (<i>Cardamine nymanii</i>)  vetrarblóm (<i>Saxifraga oppositifolia</i>)</p>
<p>Alls 9 tegundir</p> <hr/> <p><b>Tegundir sem fundust á tveimur sniðum á láglandi</b></p>	<p>Alls 15 tegundir</p> <hr/> <p><b>Tegundir sem fundust á tveimur sniðum á hálendi</b></p>
<p>fjallavíðir (<i>Salix arctica</i>)  beitilyng (<i>Calluna vulgaris</i>)  sýkigras (<i>Tofieldia pusilla</i>)  barnarót (<i>Coeloglossum viride</i>)  ljósadúnurt (<i>Epilobium lactiflorum</i>)  melanóra (<i>Minuartia rubella</i>)  smjörgras (<i>Bartsia alpina</i>)  mosajafni (<i>Selaginella selaginoides</i>)  mosalyng (<i>Cassiope hypnoides</i>)  ilmreyr (<i>Anthoxanthum odoratum</i>)  grávorbóm (<i>Draba incana</i>)  brennisóley (<i>Ranunculus acris</i>)</p>	<p>krækilyng (<i>Empetrum nigrum</i>)  augnfró (<i>Euphrasia frigida</i>)  hálmgresi (<i>Calamagrostis stricta</i>)  skollafingur (<i>Huperzia selago</i>)  lækjasteinbrjótur (<i>Saxifraga cernua</i>)  ljónslappi (<i>Alchemilla alpina</i>)  blágresi (<i>Geranium sylvaticum</i>)  lógresi (<i>Trisetum spicatum</i>)  hvítmaðra (<i>Galium normani</i>)  týtulíngresi (<i>Agrostis vinealis</i>)</p>
<p>Alls 13 tegundir</p>	<p>Alls 10 tegundir</p>

**Viðauki 4.** Tegundir sem fundust oft í 1.000 m fjarlægð frá hraunjaðri

Tegundir sem fundust í 1.000 m fjarlægð frá jaðri á öllum stöðvum á láglandi	Tegundir sem fundust í 1.000 m frá hraunjaðri á öllum stöðvum á hálendi
<p>loðvíðir (<i>Salix lanata</i>)  grasvíðir (<i>Salix herbacea</i>)  gulvíðir (<i>Salix phylicifolia</i>)  krækilyng (<i>Empetrum nigrum</i>)  lógresi (<i>Trisetum spicatum</i>)  blásveifgras (<i>Poa glauca</i>)  blávingull (<i>Festuca vivipara</i>)  tófugras (<i>Cystopteris fragilis</i>)  þúfusteibrjótur (<i>Saxifraga caespitosa</i>)  axhæra (<i>Luzula spicata</i>)</p>	<p>grasvíðir (<i>Salix herbacea</i>)  gulvíðir (<i>Salix phylicifolia</i>)  fjallavíðir (<i>Salix arctica</i>)  blávingull (<i>Festuca vivipara</i>)  axhæra (<i>Luzula spicata</i>)  blásveifgras (<i>Poa glauca</i>)  tófugras (<i>Cystopteris fragilis</i>)  músareyra (<i>Cerastium alpinum</i>)  snæsteinbrjótur (<i>Saxifraga nivalis</i>)  þúfusteibrjótur (<i>Saxifraga caespitosa</i>)</p>
<p><b>Tegundir sem fundust í 1.000 m frá jaðri á átta stöðvum á láglandi</b></p>	
<p>undafífill (<i>Hieracium</i>)  túnfífill (<i>Taraxacum</i> teg.)  snæsteinbrjótur (<i>Saxifraga nivalis</i>)</p>	

**Viðauki 5.** Tegundir sem bundnar voru við láglandi eða hálendi

Tegundir sem aðeins fundust á láglandi	Tegundir sem aðeins fundust á hálendi
beitleyng ( <i>Calluna vulgaris</i> ) vallarsveifgra ( <i>Poa pratensis</i> ) friggjargras ( <i>Platanthera hyperborea</i> ) klappardúnurt ( <i>Epilobium collinum</i> ) ljósadúnurt ( <i>Epilobium lactiflorum</i> ) mýradúnurt ( <i>Epilobium palustre</i> ) vallhæra ( <i>Luzula multiflora</i> ) smjörgras ( <i>Bartsia alpina</i> ) bugðupunktur ( <i>Deschampsia flexuosa</i> ) birki ( <i>Betula pubescens</i> ) hrútaberjalýng ( <i>Rubus saxatilis</i> ) gulmaðra ( <i>Galium verum</i> ) holtasóley ( <i>Dryas octopetala</i> ) vegarfi ( <i>Cerastium fontanum</i> ) mýrasóley ( <i>Parnassia palustris</i> ) kattartunga ( <i>Plantago maritima</i> ) grámulla ( <i>Omalotheca supina</i> ) grávorbóm ( <i>Draba incana</i> ) gulmura ( <i>Potentilla crantzii</i> ) hjónagras ( <i>Pseudorchis albida</i> ) mýrasef ( <i>Juncus alpinus</i> ) laugasef ( <i>Juncus articulatus</i> ) hundasúra ( <i>Rumex acetosella</i> ) hnappstör ( <i>Carex capitata</i> ) hárleggjastör ( <i>Carex capillaris</i> ) belgstör ( <i>Carex panicea</i> ) grástör ( <i>Carex flacca</i> ) blátoppastör ( <i>Carex curta</i> ) gulstör ( <i>Carex serotina</i> ) flóastör ( <i>Carex limosa</i> ) grálilja ( <i>Orthilia secunda</i> ) hjartatvíblaðka ( <i>Listera cordata</i> ) blágresi ( <i>Geranium sylvaticum</i> ) lokasjóður ( <i>Rhinanthus minor</i> ) tágarmura ( <i>Argentina anserina</i> ) lækjasef ( <i>Juncus bufonius</i> ) engjarós ( <i>Potentilla palustris</i> ) klófifa ( <i>Eriophorum angustifolium</i> ) trefjasóley ( <i>Ranunculus hyperboreus</i> ) stjörnuarfí ( <i>Stellaria crassifolia</i> )	fjallhæra ( <i>Luzula confusa</i> ) lotsveifgras ( <i>Poa flexuosa</i> ) heiðadúnurt ( <i>Epilobium hornemanni</i> ) mýrelfting ( <i>Equisetum palustre</i> ) hengistör ( <i>Carex rariflora</i> ) hagavorbóm ( <i>Draba norvegica</i> ) vetrarblóm ( <i>Saxifraga oppositifolia</i> ) fjallafoxgras ( <i>Phleum alpinum</i> ) rjúpnastör ( <i>Carex lachenalii</i> ) fjallastör ( <i>Carex norvegica</i> ) blómsef ( <i>Juncus triglumis</i> ) fjallasmári ( <i>Sibbaldia procumbens</i> ) gullvöndur ( <i>Gentianella aurea</i> ) lækjadepla ( <i>Veronica serpyllifolia</i> ) gullbrá ( <i>Saxifraga hirculus</i> )
Alls 40 tegundir	Alls 15 tegundir

