

**Nýting svarðlags  
við  
uppgraedslu námusvæða**



**Lokaskýrsla**

Ása L. Aradóttir, Landbúnaðarháskóla Íslands

Hersir Gíslason, Vegagerðinni

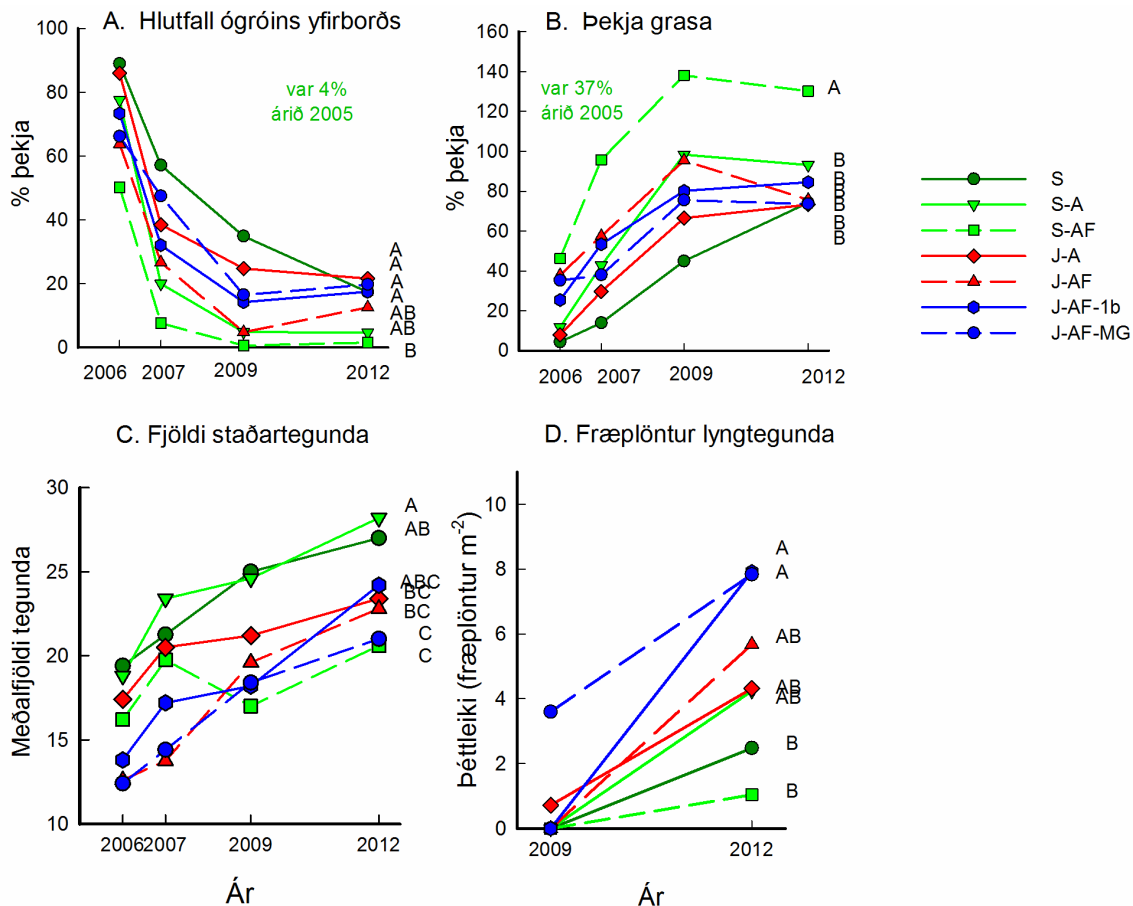


30.mars 2013

## Samantekt

Í verkefnum var kannað hvort nýting svarðlags við uppgræðslu flýtti fyrir endurheimt staðargróðurs á röskuðu svæði, samanborið við hefðbundnari uppgræðsluaðferðir. Það byggir á tilraun í Hálsasveit í Borgarfirði, þar sem prófaðar voru mismunandi uppgræðslumeðferðir með eða án svarðlags. Uppgræðsla fólst að öðru leiti í áburðargjöf með eða án sáningu grasa ásamt fleiri tegundum. Í einni meðferð var aðeins notað svarðlag, án annarra uppgræðsluaðgerða. Sumarið 2005 var gróðurfar svæðisins metið til fá samanburð við uppgræðslumeðferðirnar og þá um haustið var svarðlagi og öðrum jarðvegi flett ofan af tilraunasvæðinu. Sumarið 2006 var svarðlagi og blöndu af svarðlagi og neðri jarðvegslögum dreift yfir viðkomandi tilraunareiti, auk sáningar og áburðargjafar. Gróðurfar tilraunareitanna var metið 2006, 2007, 2009 og 2012 og landnám staðargróðurs mælt frá 2007.

Niðurstöður tilraunarinnar styðja fyrri rannsóknir um jákvæð áhrif svarðlags á vaxtarskilyrði plantna. Svarðlagið örvaði myndun gróðurþekju og flestar tegundir staðargróðurs fundust í svarðlagsmeðferðum án grassáninga. Hins vegar virtist sáning grastegunda með svarðlagi vera til óþurftar því hún leiddi til þéttar grasþekju sem kom í veg fyrir landnám staðargróðurs og virtist útrýma sumum staðartegundum. Árið 2012 var gróðurfar allra tilraunemeðferðanna enn ólíkt upprunalega gróðrinum, þó allar meðferðir virtust vera að þróast í átt til hans. Meðferðir með svarðlagi voru þó yfirleitt líkari upprunalega gróðrinum en sambærilegar meðferðir með jarðvegsblöndu. Uppgræðsla með svarðlagi virðist þannig gefa nokkuð forskot varðandi endurheimt staðargróðurs fram yfir hefðbundnari aðferðir þar sem svarðlagi er blandað við neðri jarðvegslög við ofanýtingu.



*Myndatexti: Þróun á gróðurþekju, þekju grasa, fjölda staðartegunda og landnám lyngtegunda í tilraunareitum í Hálsasveit 2006-2012. Skýringar S: Svarðlag, S-Á: Svarðlag og áburður, S-ÁF: Svarðlag, áburður og sáning, J-Á: Jarðvegsblanda og áburður, J-ÁF: Jarðvegsblanda, áburður og sáning, J-ÁF-MG: Jarðvegsblanda, áburður og sprautusáning. J-ÁF-1b: Jarðvegsblanda, áburður og sáning (1b).*

## Efnisyfirlit

1	Inngangur .....	3
2	Staðhættir .....	4
3	Aðferðir .....	5
3.1	Afnám jarðvegs og uppgræðsla .....	5
3.2	Gróðurmælingar .....	6
4	Niðurstöður .....	8
5	Umræður .....	14
6	Ályktanir og ráðleggingar .....	19
7	Þakkir .....	19
8	Heimildir .....	20

## 1 Inngangur

Við uppgræðslu svæða sem raskað er við mannvirkjagerð er æskilegt ná upp náttúrulegu gróðurfari, sambærilegu því sem var fyrir áður en svæðinu var raskað, til að lágmarka umhverfisáhrif. Í 49. grein laga um náttúruvernd nr. 44/1999, sem fjallar um frágang efnistöku-svæða, er kveðið á um að ganga skuli frá gróðri og efsta hluta jarðvegs á þann hátt að auðvelt sé að jafna honum yfir efnistökusvæði. Gróður ásamt efsta hluta jarðvegs er oft nefnt svarðlag en það eru um efstu 20 cm af jarðvegi þar sem mikið er af plöntum, næringarefnum og fræjum. Með því að nota svarðlag til að græða upp röskuð svæði þá aukast líkurnar á því að gróðurleifar og fræ í sverðinum geti myndað gróðurþekju sem verði sambærileg við þá sem var fyrir áður en svæðinu var raskað. Í ritinu „Námur-Efnistaka og frágangur“ sem gefið var út árið 2002 af Vegagerðinni ásamt fleiri stofnunum (Guðmundur Arason o.fl. 2002) er að finna leiðbeiningar um hvernig skal meðhöndla svarðlag til uppgræðslu efnistökusvæða.

Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar hefur frá árinu 2005 styrkt tilraunaverkefni um nýtingu svarðlags við uppgræðslu námusvæða. Rannsóknaverkefnið var sett á laggirnar af Vegagerðinni, Landbúnaðarháskóla Íslands (LbhÍ), Landgræðslu ríkisins og Alice ehf. en frá 2007 hafa Vegagerðin og LbhÍ alfarið séð um verkefnið. Markmiðið verkefnisins var að kanna áhrif af útjöfnun svarðlags við uppgræðslu malarnáma á endurheimt náttúrulegs gróðurfars samanborið við útjöfnun jarðvegs þar sem svarðlagi var ekki haldið sérstaklega til haga. Einnig voru prófaðar mismunandi uppgræðsluáferðir með útjöfnun svarðlags og/eða blöndu af svarðlagi og öðrum jarðvegi.

## 2 Staðhættir

Tilrauninni var valinn staður í jaðri malarnámu í Hálsasveit, um 3 km fyrir vestan Húsafell sunnan við Hálsasveitarveg (518-03). Náman var í notkun í sumarið 2005 vegna endurbyggingar Hálsasveitarveg og var gengið frá henni árið 2006. Reynt var að draga úr neikvæðum umhverfisáhrifum rannsóknarinnar með því að staðsetja hana í jaðri svæðis sem þegar var búið að raska. Gróðurfar tilraunarsvæðisins var fjölbreytt, frá opnum flögum og melum yfir í þýft mólendi með fjalldrapa, lynggróðri og þykkum mosa. Í næsta nágrenni tilraunarinnar var mólendi þar sem fjalldrapi, lyngtegundir voru ríkjandi, auk lágvaxins birkis, en einnig voru þar gróðurlitlir melar (myndir 1 og 2). Rannsóknastaðurinn þótti ákjósanlegur þar sem gróðurfarið á staðnum er fjölbreytilegt og er dæmi um gróðurfar sem víða þarf að endurheimta. Gert var ráð fyrir því í upphafi að lokaúttekt á gróðri í tilraunareitunum færi fram árið 2010 en ákveðið var að fresta lokaúttektinni til ársins 2012 til að fá fram áhrif af mismunandi uppgæðsluaðferðum á gróðurframvindu yfir lengri tíma.



Mynd 1. Yfirlitsmynd af rannsóknasvæðinu sem er afmarkað með rauðum ferningum (Loftmyndir ehf.).

### 3 Aðferðir

#### 3.1 Afnáam jarðvegs og uppgræðsla

Það var ýtt ofan af rannsóknasvæðinu í október 2005. Við undirbúning tilraunarinnar þurfti að taka tillit til þess að gróðurfar innan svæðisins var nokkuð breytilegt. Það var því ekki hægt að skipta svæðinu upp í tvo hluta og halda svarðlaginu til haga á öðru svæðinu en ýta upp svarðlagi og jarðvegi upp í einn haug á hinu svæðinu þar sem það hefði getað leitt til þess að gróðursamsetning hefði getað verið mjög mismunandi á milli aðferðanna. Til að tryggja að gróðursamsetningin yrði sem einsleitust fyrir svarðlagið annars vegar og blöndu jarðvegs og svarðlags hins vegar, var svarðlagið tekið ofan af öllu svæðinu og því safnað í einn haug þannig að það myndi blandast. Síðan var rúmlega þriðjungur haugsins (metið með „sjónmati“) jafnað út yfir um þriðjung þess svæðis sem þegar hafið verið tekið ofan af. Þegar því var lokið þá var ýtt ofan af því svæði, bæði svarðlaginu ásamt um 60-70 cm þykku moldarlagi, og þeirri jarðvegsblöndu ýtt upp í einn haug. Með þessu var reynt að tryggja að svarðlagshluti blandaða haugsins væri sambærilegur við efnið í svarðlagshaugnum.

Tilraunaeðferðirnar voru mismunandi samsetningar svarðlags eða jarðvegsblöndu og uppgræðslueðferða. Alls voru prófaðar sjö tilraunaeðferðir (tafla 1) og var hver endurtekin í fimm tilraunareitum sem voru 16 x 5 m að stærð. Innan hvernar endurtekningar var eðferðunum raðað tilviljunarkennt á tilraunareitina (mynd 3). Svarðlagi og jarðvegsblöndu var jafnað út í u.þ.b. 0,2 m þykkt lag yfir hvern tilraunareit og var til þess notuð traktorsgrafa. Við sprautusáninguna var notað tæki af gerðinni „Turfmaker“. Byrjað var að ganga frá svæðinu í júní 2006 en sáning og áburðardreifing fór fram 7. júlí 2006. Áburðardreifing var endurtekin 8. júlí 2007.



Mynd 2. Afnáam svarðlags af rannsóknasvæðinu í október 2005.

Tafla 1. Lýsing á tilraunameðferðum

Meðferð	Jarðvegur	Áburður	Sáning
1. S	Mold jafnað yfir reit og svarðlag sett yfir <sup>1)</sup>		
2. S-Á	Mold jafnað yfir reit og svarðlag sett yfir.	N,P <sup>2)6)</sup>	
3. S-ÁF	Mold jafnað yfir reit og svarðlag sett yfir.	N,P <sup>2)6)</sup>	Hálíngresi og rauðvingull <sup>3)</sup>
4. J-Á	Jarðvegsblöndu (svarðlag+mold) jafnað yfir reit.	N,P <sup>2)6)</sup>	
5. J-ÁF	Jarðvegsblöndu jafnað yfir reit.	N,P <sup>2)6)</sup>	Hálíngresi og rauðvingull <sup>3)</sup>
6. J-ÁF-MG	Jarðvegsblöndu jafnað yfir reit. Blöndu af vatni, moltu, pappamassa, fræi og áburði sprautað yfir reitinn.	N,P <sup>2)6)</sup>	Hálíngresi og rauðvingull <sup>3)</sup> auk náttúrlegra fræja <sup>5)</sup>
7. J-ÁF-Ib	Jarðvegsblöndu jafnað yfir reit.	N,P <sup>2)6)</sup>	Fræblanda Ib <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Ekki var jafnað út mold á alla reitina því á flestum þeirra var allþykk mold fyrir.

<sup>2)</sup> Árið 2006 var borið á þessa reiti 28 g m<sup>-2</sup> af Fjölgræði 7 (Áburðarverksmiðjan hf.) sem hefur 20%N, 5,2%P og 6,6%K, auk Ca, Mg og S.

<sup>3)</sup> 0,4 g m<sup>-2</sup> af hálíngresi (*Agrostis capillaris* L [Leikvin]) og 1,2 g m<sup>-2</sup> af rauðvingli (*Festuca rubra* L. [Leik]).

<sup>4)</sup> 0,8 g m<sup>-2</sup> af rauðvingli (*Festuca rubra* L.), 0,8 g m<sup>-2</sup> af vallarsveifgrasi (*Poa pratensis* L.), 0,4 g m<sup>-2</sup> af rýgresi (*Lolium multiflorum* Lam [EF486 Dasas]) og 0,2 g m<sup>-2</sup> af hvítmára (*Trifolium repens* L. [Undrom])

<sup>5)</sup> Fræ sem safnað var í nágrenni námunnar og Hólmsheiði austan við Reykjavík.

<sup>6)</sup> Árið 2007 var borið á þessa reiti 28 g m<sup>-2</sup> af fjölgræði 6 (Áburðarverksmiðjan hf.) sem hefur 20% N, 4,4% P, 8,3% K auk Ca og S.

### 3.2 Gróðurmælingar

Mælingar á gróðurþekju fóru fram í ágúst 2005, áður svæðinu var raskað (Ása L. Aradóttir o.fl. 2007). Gróðurþekja tilraunareitanna var síðan metin í október 2006 og 2007 og seint í ágúst 2009 og 2012. Í hverjum tilraunareit voru lagðir út tíu 0,5 x 0,5 m rammar (fimm rammar í reit árið 2006) og var staðsetning þeirra ákvörðuð með tilviljanatölum. Skilið var eftir eins metra breitt beltí meðfram jaðri tilraunareitanna þar sem engir rammar voru lagðir út. Þekja einstakra háplöntutegunda, mosa, fléttna og lífrænnar jarðvegsskánar var metin í



Mynd 3. Gulur litur afmarkar það svæði sem ýtt var ofan af. Rauðir ferningar afmarka tilraunameðferðir (tafla 1). Loftmynd: Loftmyndir ehf.

hverjum ramma samkvæmt eftirfarandi skala 1: <1%; 2: 1-5%, 3: 6-10%; 4: 11-15%; 5: 16-25%; 6: 26-50%; 7: 51-75% og 8: 76-100%. Hlutdeild ógróins yfirborðs var metin að næstu 5%. Árin 2009 og 2012 voru einnig skráðar allar fræplöntur af lyng- og runnategundum sem fundust í mælirömmunum. Samhliða mælingum voru teknar yfirlitsmyndir af tilraunareitunum og nærmyndir af römmum númer 1 og 6 í hverjum reit (mynd 4). Að auki gerði Jóhannes B. Jónsson mælingar á fræforða, landnámi og

yfirborðsgrófleika í þremur meðferðum (SÁ, S-ÁF og J-Á) sumarið 2007 og voru þær mælingar þáttur í BS verkefni hans við LbhÍ (Jóhannes Baldvin Jónsson 2008).

Meðaltöl allra ramma í hverjum reit voru notuð við tölfræðiúrvinnslu. Áhrif meðferða á heildarþekju ógróins yfirborðs, þekju einstakra tegundahópa, fjölda háplöntutegunda í reit og þéttleika fræplantna voru metin með fervikagreiningu. Þar sem áhrif meðferða reyndust marktæk voru einstök meðaltöl borin saman með Fisher's LSD ( $\alpha=0,05$ ). Áhrif þess að nota svarðlag miðað við jarðvegsblöndu voru metin með því að gera tvíþátta fervikagreiningu á sambærilegum uppgræðslumeðferðum (S-Á, S-ÁF, J-Á og JÁF). Einnig var gerð hnitunargreining (DCA) á þekju háplöntutegunda. Fervikagreiningarnar voru gerðar með SAS útg. 9.2 en hnitunargreiningin með CANOCO 4.5 (ter Braak & Smilauer 2002).



Mynd 4. Tilraunreitur 2C í ágúst 2009, meðferð J-A (jarðvegsblanda og áburðargjöf). Flögginn sýna staðsetningu mæliramma.



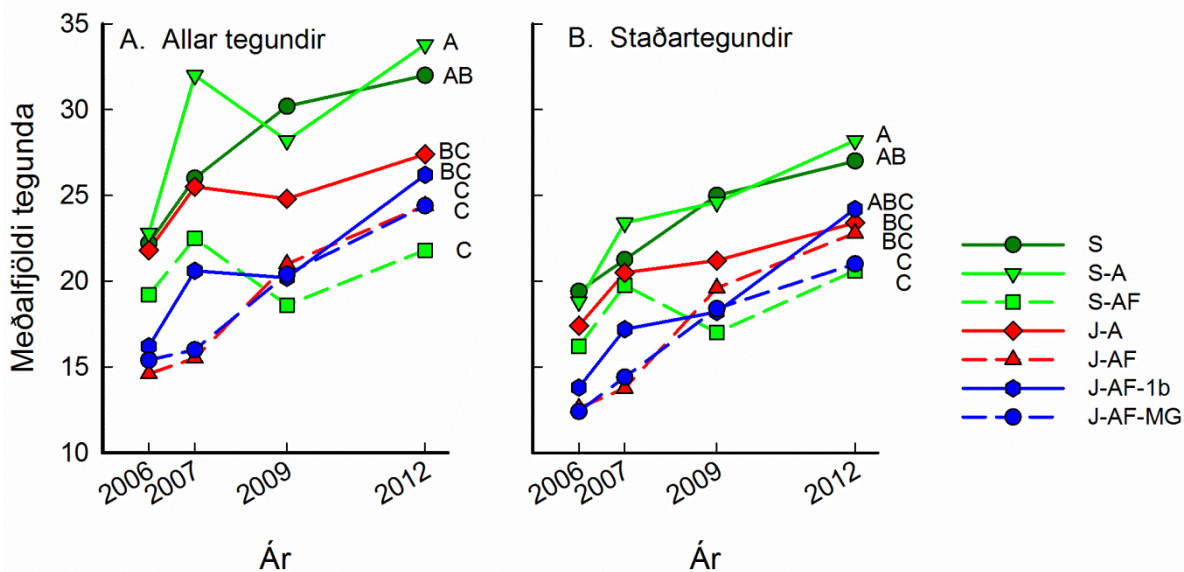
#### 4 Niðurstöður

Sumarið 2005, áður en tilraunasvæðinu var raskað, var gróðurþekja þess yfir 95% og einkenndist af mosum (43% þekja), grösom (37%), blómjurtum (22%) og smárunnum (21%) (Mynd 5). Við mælingarnar 2005 voru skráðar alls 56 tegundir háplantna á svæðinu. Krækilyng (*Empetrum nigrum* L.), fjalldrapi (*Betula nana* L.), snarrótarpuntur (*Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv.), krossmaðra (*Galium boreale* L.) og hálíngresi (*Agrostis capillaris* L.) voru þekjuhæstu tegundirnar með 9-14% þekju hver.



Mynd 5. Hluti tilraunasvæðisins í ágúst 2005, áður en því var raskað.

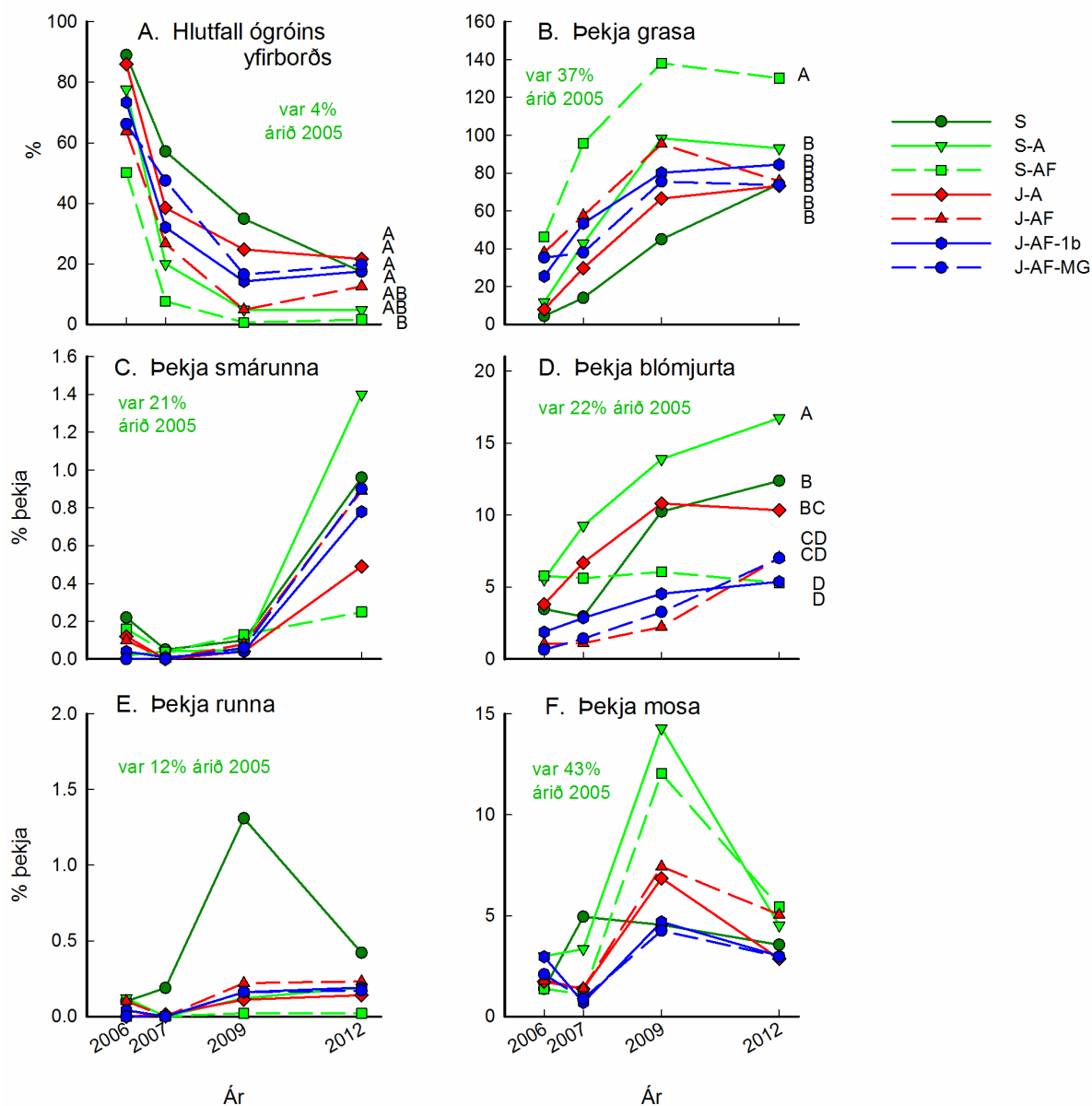
Bæði heildarfjöldi tegunda í tilraunareitunum og fjöldi staðartegunda (tegundir sem fundust við mælingarnar 2005) jukust frá 2006 til 2012 í öllum meðferðum nema S-AF (svarðlag uppgrætt með áburði og grasfræi), þar sem tegundum fækkaði á milli 2007 og 2009 (mynd 6). Árið 2012 voru flestar tegundir í óuppgræddum og ábornum reitum með svarðlagi (S og S-A). Fæstar tegundir voru hins vegar í svarðlagsreitum með áburði og grasfræi (S-AF) en tegundafjöldi í þeim var þó ekki marktækt frábrugðinn öðrum meðferðum þar sem grasfræ var notað við uppgræðslu (mynd 6).



Mynd 6. Meðalfjöldi tegunda í tilraunareitunum (allar tegundir og staðartegundir) fyrir árin 2006-2012. Bókstafir aftan við línuritinn gefa til kynna marktækan mun á meðaltölum milli meðferða árið 2012; ekki var marktækur munur á meðferðum sem merktar eru með sama bókstaf. Skammstafanir á meðferðum eru útskýrðar í töflu 1.

Uppgræðsla með grasfræi hafði neikvæð áhrif á tegundafjölda (mynd 6 og tafla 2). Einnig var marktækt samspil á milli uppgræðsluáferðar og svarðlags sem má rekja til þess að tegundafjöldi í reitum sem græddir voru upp með áburði var mun hærri í svarðlagsreitum en í reitum með jarðvegsblöndu en þetta snerist við í reitum með grassáningum, þar sem tegundaaugði var minni í svarðlagsreitunum (mynd 6). Hlutfall staðartegunda í tilraunareitum árið 2012 var lægst í S-AF meðferðinni, 52%, 59% í J-A og J-AF-1b meðferðunum, 64 og 66% í J-AF og J-AF-MG meðferðunum, 71% í S meðferðinni og 79% í S-A meðferðinni.

Haustið 2006 voru tilraunareitirnir með 50 til 90% ógróið yfirborð, árið 2007 var hlutfall ógróins yfirborðs 7-57%, 1-35% árið 2009 og 2-20% árið 2012 (mynd 7-A). Gróðurþekjan lokaðist hraðast í svarðlagsreitum sem sáð hafði verið í (S-AF). Mestu munaði þar um þekju grasa, sem voru eini tegundahópurinn með meiri þekju í öllum meðferðum 2012 en var í óraskaða landinu árið 2005 (mynd 7-B). S-AF meðferðin hafði algera sérstöðu með yfir 130% samanlagða þekju grastegunda árið 2009 og 2012, þó hún væri aðeins farin að dala 2012. Þekja grasa var langminnst í S meðferðinni en þar var þekja runna hins vegar mest, einkum árið 2009. Þekja smárunna var lítil fram til 2009 en jókst talsvert frá 2009-2012 (mynd 7-C), þó hún væri þá enn aðeins lítið brot af þekjunni eins og hún mældist árið 2005. Þekja tvíkímblaða blómjurta jókst jafnt og þétt frá 2005-2012 og hafði náð 75% af 2005 þekjunni í SA meðferðinni þar sem hún var hæst (mynd 7-D).



Mynd 7. Meðalþekja ógróins yfirborðs (%) og meðaltal samanlagðrar þekju mismunandi tegundahópa í tilraunareitunum 2006-2012. Til samanburðar er meðalþekja viðkomandi tegundahóps árið 2005 sett inn á gröfin (grænt letur). Athugið að skali á y-ás er mismunandi. Bókstafir aftan við línuritinn gefa til kynna hvort marktækur munur var á einstökum meðaltölum milli einstakra meðferða árið 2012. Ekki er marktækur munur á meðferðum sem merktar eru með sama bókstaf eða þar sem engir bókstafir eru sýndir. Skammstafanir á meðferðum eru útskýrðar í töflu 1.

Fervikagreiningar á áhrifum svarðlags og uppgræðsluáðferðar á þekju einstakra tegundahópa sýndi marktæk áhrif þess að halda svarðlagi til haga á þekju grasa og blómjurta (tafla 2). Einnig voru marktæk áhrif af uppgræðsluáðferð (A eða AF) á þekju blómjurta og Shannon fjölbreytnistuðul (tafla 2), og var hvorutveggja lægra í meðferðum með grassáningum (AF) heldur en þar sem aðeins var borið á (A) (mynd 7). Þá var marktækt samspil á milli svarðlags og uppgræðsluáðferðar á þekju blómjurta, runna og smárunna (tafla 2). Það samspil má rekja til þess að þekja þessara flokka var ávallt lægst í reitum með svarðlagi og fræsáningu (S-AF)

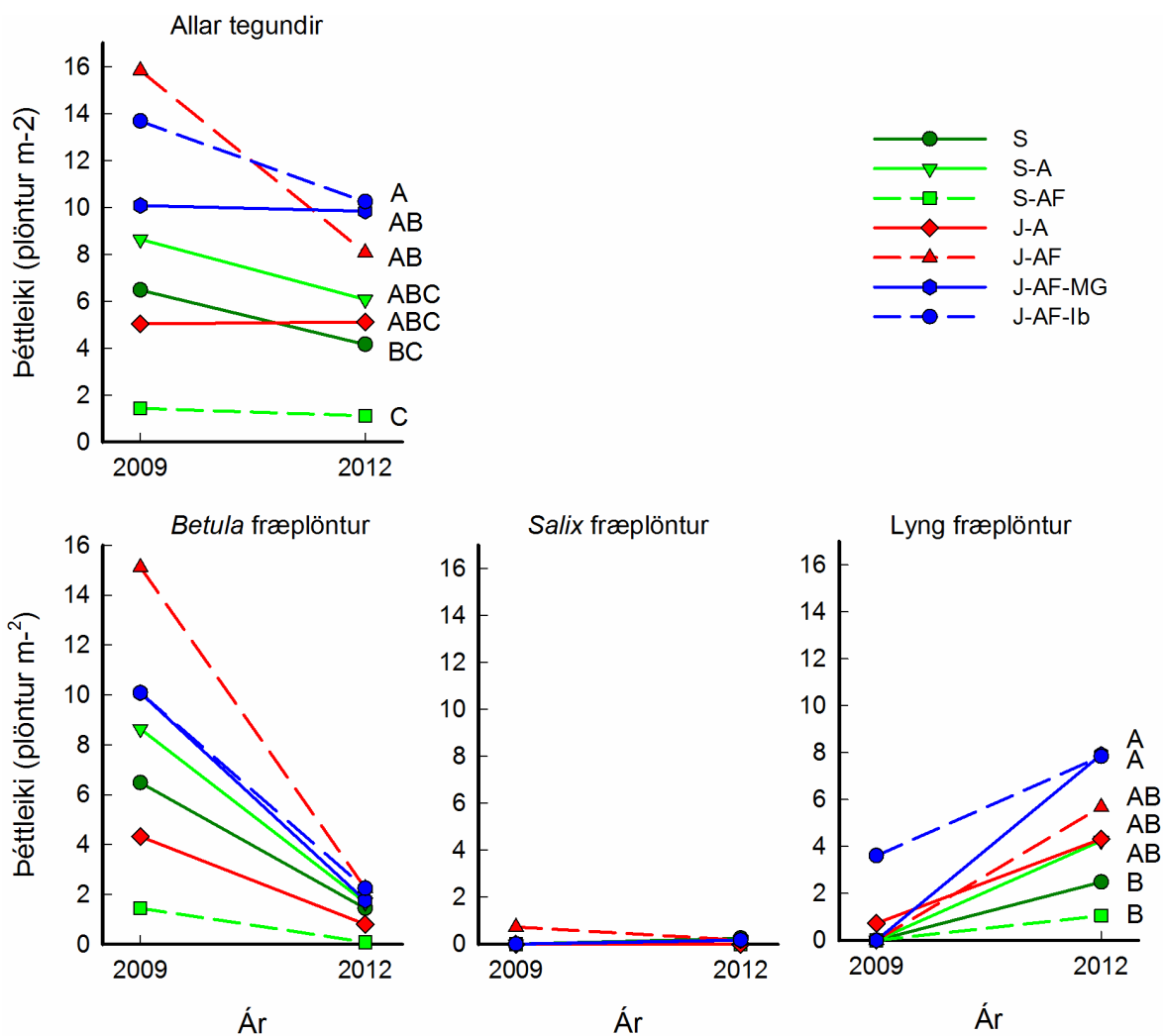
meðferðinni á meðan þekja S-A meðferðarinnar var sambærileg eða hærri en þekja J-A og J-AF meðferðanna (mynd 7).

Fræplöntur af birki og fjalldrapa (*Betula* spp.) fundust í öllum meðferðum sumarið 2009 en hafði fækkað verulega 2012 (mynd 8). Á hinn bóginn fjölgaði kímplöntum lyngtegunda mikið frá 2009 til 2012, er þær fundust í öllum meðferðunum (myndir 8 og 9). Einnig fundust fræplöntur af gulvíði, loðvíði og fjallavíði í nokkrum reitum. Þéttleiki fræplantna árið 2012 var minnstur í reitum með svarðlagi og grassáningum (S-AF) en mestur í reitum með jarðvegsblöndu og grassáningum (J-AF, J-AF-1b og J-AF-MG) sbr. mynd 8. Marktæk neikvæð fylgni var á milli þéttleika fræplantna og þekju grasa (mynd 10).

Tafla 2. Áhrif svarðlags (S) og uppgræðslu (U) á meðaljölda tegunda í reit (heildarfjöldi og staðartegundir), hlutfall ógróins yfirborðs, þekju nokkurra tegundahópa og fjölbreytnistuðul (Shannon's H) árið 2012. Frítölur fyrir F próferu 1 og 12. \*\*\* $P < 0,001$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \* $P < 0,05$ ; nm, næstum marktækt ( $P = 0,05-0,07$ ); em, ekki marktækt.

	2012			
	Endurtekning	Svarðlag (S)	Uppgræðsluáðferð (U)	S x U
Fjöldi tegunda í reit	6,9**	26,6***	1,7 <sup>em</sup>	9,6**
Fjöldi staðartegunda	5,0**	12,7**	1,3 <sup>em</sup>	9,25**
Ógróið yfirborð	0,6 <sup>em</sup>	12,9**	2,4 <sup>em</sup>	0,6 <sup>em</sup>
Þekja				
Mosar	4,9**	2,0 <sup>em</sup>	4,5 <sup>nm</sup>	0,8 <sup>em</sup>
Grös	0,8 <sup>em</sup>	15,2**	4,3 <sup>nm</sup>	3,3 <sup>em</sup>
Starir, sef og hærur	4,9*	4,6 <sup>nm</sup>	0,3 <sup>em</sup>	4,5 <sup>nm</sup>
Blómjurtir	10,3***	5,5*	55,3***	16,9***
Smárunnar	3,8*	0,4 <sup>em</sup>	2,8 <sup>em</sup>	11,9**
Runnar	2,3 <sup>em</sup>	3,3 <sup>em</sup>	0,8 <sup>em</sup>	8,6**
Shannon H <sup>c</sup>	8,8**	0 <sup>em</sup>	22,2***	4,5 <sup>nm</sup>
Fræplöntur <sup>†</sup>				
Allar fræpl.	2,6 <sup>em</sup>	4,3 <sup>nm</sup>	0,4 <sup>em</sup>	8,4**
Betula fræpl.	0,7 <sup>em</sup>	4,5 <sup>nm</sup>	2,0 <sup>em</sup>	14,3**
Salix fræpl.	2,0 <sup>em</sup>	0,1 <sup>em</sup>	0,1 <sup>em</sup>	4,2 <sup>nm</sup>
Lyng fræpl.	2,7 <sup>em</sup>	3,1 <sup>em</sup>	0,2 <sup>em</sup>	4,1 <sup>nm</sup>

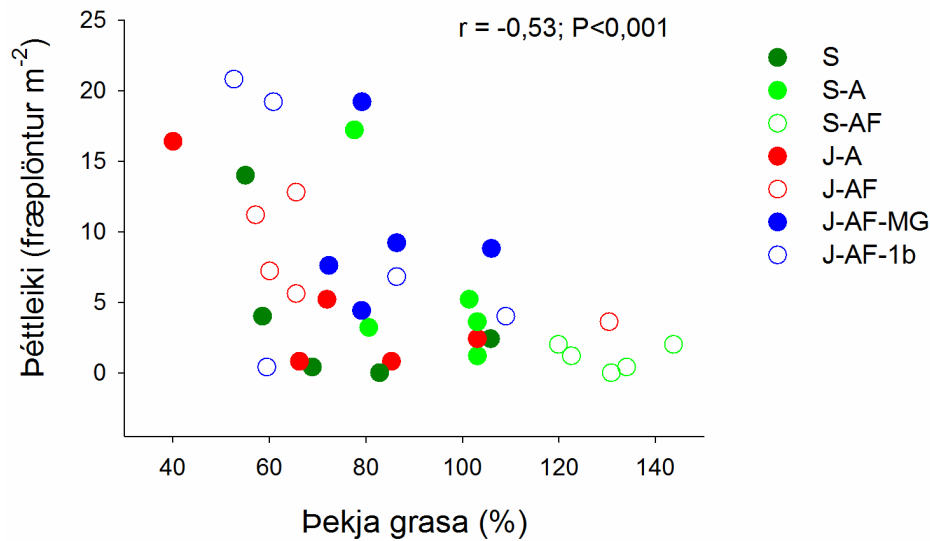
<sup>†</sup> Umreiknað með kvaðratrót til að uppfylla skilyrði um normaldreifingu og jafna dreifni.



Mynd 8. Þéttleiki fræplantna af runnum og smárunnum í tilraunareitunum 2009-2012. Bókstafir aftan við línuritinn gefa til kynna hvort marktækur munur var á einstökum meðaltölum milli einstakra meðferða árið 2012. Ekki er marktækur munur á meðferðum sem merktar eru með sama bókstaf eða þar sem engir bókstafir eru sýndir. Skammstafanir á meðferðum eru útskýrðar í töflu 1.

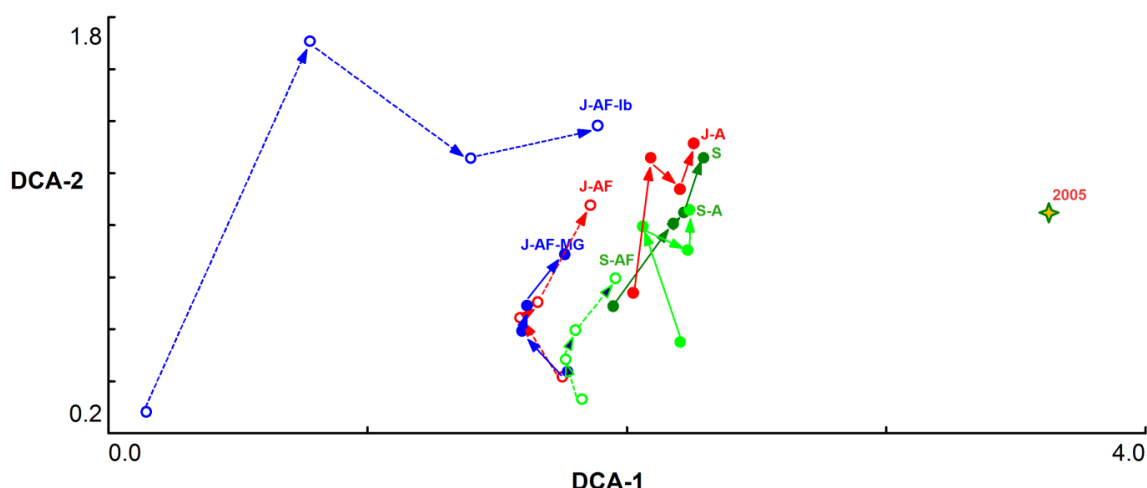


Mynd 9 . Fræplöntur af (A) fjalldrapa, (B) birki, (C) krækilyngi, (D) bláberjalyngi og (E) beitylyngi er fundust í tilraunareitunum 2012



Mynd 10. Marktæk neikvæð fylgni var á milli péttleika fræplantna og þekju grasa ( $r = -0,53$ ;  $P < 0,001$ ).

Niðurstöður DCA-hnitunargreiningar (unrestricted) á þekju háplantna eru sýndar á mynd 11. Fyrsti hnitunarsinn (DCA-1) hafði jákvæða fylgni við þekju tvíkímblaða blómjurta ( $r = 0,71$ ), smárunna ( $r = 0,64$ ), hálfgrasa ( $0,63$ ), *Racomitrium mosa* ( $0,61$ ) og runna ( $r = 0,60$ ). Annar hnitunarsinn (DCA-2) hafði jákvæða fylgni við þekju byrkninga ( $r = 0,49$ ). Almennt færðust tilraunameðferðirnar ofar í hnitunarrýmið og lengra til hægri með tíma. Jafnframt færðust þær nær hvor annarri, sem sýnir að tegundasamsetning þeirra varð líkari með tímanum. Mælisniðin frá því áður en tilraunin hófst voru lengst til hægri í hnitunarrýminu (merkt 2005). Þó svo að tegundasamsetning tilraunameðferðanna færðist í öllum tilfellum nær þeim eftir því sem lengra leið frá því að uppgræðsluaðgerðirnar hófust, áttu þær allar ennþá langt í land árið 2012. Þær meðferðir sem voru næst (líkastar) 2005 mælingunum árið 2012 voru S, S-A og J-A en fjærst (ólíkastar) voru J-AF-1b og J-AF-MG meðferðirnar.



Mynd 11. Niðurstöður PCA greiningar á þekju háplantna í tilraunareitum 2006, 2007, 2009, 2012 og á óröskuðu landi áður en tilraunin hófst 2005 (eigingildi DCA-1 = 0,507 og eigingildi DCA-2 = 0,153). Sýnd eru miðgildi fyrir tegundasamsetningu í hverri tilraunameðferð á mismunandi tímum (hringir) og á óröskuðu landi áður en tilraunin hófst 2005 (stjarna). Örvarnar sýna breytingar á tegundasamsetningu í mismunandi meðferðum frá 2006 til 2012.

## 5 Umræður

Allmargar erlendar rannsóknir sýna að nýting svarðlags við uppgræðslu mikið raskaðs lands, eins og til dæmis efnistökusvæða og vegkanta, geti örvað landnám staðargróðurs (t.d. Skringo & Halvorsen 2008, Alday o.fl. 2011). Jákvæð áhrif svarðlagsins hafa meðal annars verið rakin til þess að það hefur góð áhrif á vaxtarskilyrði háplantna (Gilbert 2000, Burke 2008), auk þess sem að í því eru fræ margra tegunda (Ward o.fl. 1996, Rokich o.fl. 2000, Skringo & Pedersen 2004; Mackenzie & Naeth 2010), svepprætur og annað örveru- og smádýralíf (Moynahan o.fl. 2002, Glen o.fl. 2004).

Markmið þessa verkefnis var að kanna áhrif af notkun svarðlags við uppgræðslu malarnáma á endurheimt náttúrulegs gróðurfars, samanborið við hefðbundnari aðferðir þar sem svarðlagi er blandað saman við neðri jarðvegslög og landið er grætt upp með áburði og grasfræi. Segja má að meðferðir J-AF og J-AF-Ib í rannsókn okkar séu fulltrúar þessara hefðbundnari aðferða; í meðferð J-AF-Ib var sáð fræblöndu Ib sem er ætluð til notkunar utan vegar á láglandi samkvæmt Alverki '95, sem er almenn verklýsing fyrir vega- og brúargerð (Vegagerðin 1995) og hefur verið notuð af Vegagerðinni en í J-AF var notuð fræblanda með língresi og rauðvingli. Þegar árangur af aðgerðunum er metinn, er einkum litið til þess að hversu miklu leiti staðargróðurinn skilar sér inn á uppgræðslusvæðin og hversu líkt gróðurfar þeirra er hinum upprunalega staðargróðri; sem í þessu tilviki miðast við gróðurfar svæðisins árið 2005.

Þegar litið er til tegundaaufgi og hlutfalls staðartegunda í einstökum tilraunameðferðum, sést að svarðlagsmeðferðirnar þrjár skera sig nokkuð úr (mynd 6). Svarðlagsmeðferðir með eða án áburðar (S-A og S) voru með flestar tegundir frá fyrstu mælingu til þeirrar síðustu og hæst hlutfall staðartegunda árið 2012. Hins vegar fækkaði tegundum í tilraunareitum með svarðlagi, grassáningu og áburðargjöf (S-AF) frá 2007 til 2009 og var lægri en hjá öðrum

meðferðum eftir það, þó hún ykist reyndar aftur frá 2009 til 2012. S-AF meðferðin hafði einnig með langlægsta hlutfall staðartegunda, aðeins rúm 50%. Ástæðan er hin gríðarlega mikla grasþekja í þessari meðferð (myndir 7-B og 12), sem virðist bæði leiða til þess að staðartegundir hverfa (mynd 6) og hindra landnám þeirra (mynd 10).

Tegundasamsetning svarðlagsmeðferða með og án áburðar (S og S-A) og jarðvegsblöndu með áburði (J-A) var langlíkust tegundasamsetningu svæðisins áður en því var raskað árið 2005, allt frá fyrstu mælingu 2006 og til 2012 (mynd 11).

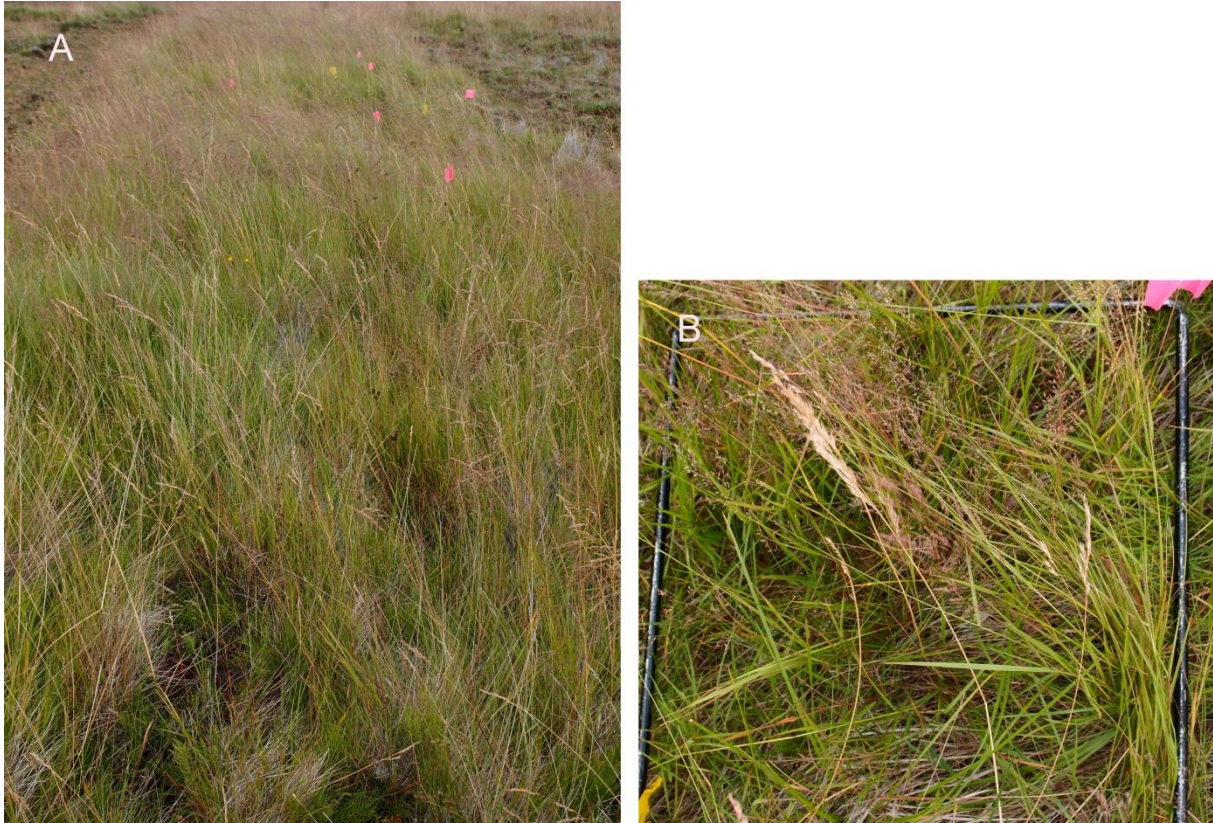
Meðferðir þar sem svarðlagi var blandað saman við neðri jarðvegslög og landið grætt upp með áburði, grasfræi og jafnvel fleiri tegundum (J-AF, J-AF-MG og J-AF-Ib), virtust gefa innbyrðis mjög svipaða niðurstöðu hvað varðar fjölbreytni staðargróðurs og líkindi við fyrri gróður svæðisins. Sambærileg uppgræðsla þar sem fræinu var sleppt og aðeins notaður áburður (J-A), skilaði þó jafnvel betri árangri og tegundasamsetningu sem var lík svarðlagsmeðferðum (S og S-A). Mikið landnám lyng- og runnategunda í þessum meðferðum gefa þó vonir um að gróðurfur þeirra geti þróast í átt að nærliggjandi mólendi eða kjarlendi, en það gæti tekið allangan tíma.

Þegar þessar niðurstöður eru skoðaðar í samhengi við tegundaauðgi í mismunandi meðferðum (mynd 6) benda þær sterklega til þess að notkun svarðlags í uppgræðslu gefi talsvert forskot við endurheimt staðargróðurs fram yfir hefðbundnar aðferðir með grasfræi og áburðargjöf. Allar meðferðirnar sem voru prófaðar voru samt enn mjög ólíkar upprunalega gróðrinum árið 2012, þó gróðurfur þeirra virtist vera að þróast í þá átt (mynd 11).

Niðurstöður okkar styðja fyrri rannsóknir um jákvæð áhrif svarðlags á vaxtarskilyrði plantna, sem má meðal annars sjá á meiri þekju grastegunda í uppgræðslum með svarðlagi (S-A og S-AF) en sambærilegum meðferðum með jarðvegsblöndu (J-A og J-AF) (mynd 7-B og tafla 2). Svarðlagið hafði einnig jákvæð áhrif á þekju blómjurta sem var marktækt meiri í S-A en J-A meðferðinni, en þessu var öfugt farið í S-AF og J-AF meðferðunum (Mynd 7 mynd 7-D), þar sem grösín virðast hafa veitt blómjurtunum mikla samkeppni.

Grös er sá tegundahópur sem svarar áburðargjöf einna best (Gough o.fl. 20002, Kelley & Epstein 2009). Í þessari tilraun var grassáningin til óþurftar í svarðlagsreitum, þar sem hún leiddi til myndunar afar þéttar grasþekju er var sem tún yfir að líta (mynd 12) og hafði útrýmt sumum tegundum staðargróðurs. Þó þekja grasa hafi minnkað smávegis á milli 2009 og 2012 voru grösín enn algerlega ríkjandi í þessari meðferð árið 2012 og virðast góð vaxtarskilyrði í svarðlaginu viðhalda grasþekjunni.





Mynd 12. (A) Yfirlitsmynd og (B) nærmynd af 0,5 x 0,5 m mæliramma í reit sem svarðlagi var dreift yfir og græddur upp með grasfræi og áburðargjöf (meðferð S-AF).

Fræforði svarðlagsins var ekki mældur þegar tilraunin var sett út. Mælingar Jóhannesar Baldvins Jónssonar (2008) á fræforða í meðferðum S-A, S-AF og J-A sumarið 2007 sýndu mesta spírun í sýnum úr S-AF meðferðinni. Tveir þriðju hlutar plantnanna sem mældust í fræforða S-AF meðferðarinnar voru grös en þar að auki fundust aðeins þrjár tegundir blómjurtar. Sömuleiðis voru aðeins þrjár tegundir auk grasa í J-A meðferðinni en fimm tegundir auk grasa í S-A meðferðinni. Mælingar Jóhannesar á spírun staðargróðurs í sömu meðferðum sumarið 2007 sýndu hins vegar að 27 tegundir (grös ekki talin með) spíruðu í reitum með svarðlagi (S-A og S-AF meðferðir) en 21 tegund reitum með jarðvegsblöndu (Jóhannes Baldvin Jónsson 2008), sem bendir til að svarðlagið geti haft jákvæð áhrif á landnám gróðurs. Hrjúfleiði jarðvegsyfirborðsins hefur áhrif á landnám plantna, þar sem hrjúft yfirborð „veiðir“ fræ og býður upp á „öruggt set“ fyrir landnám. Þessi þáttur er einkum mikilvægur þar sem gróðurþekja er lítil (King & Whisenant 2009). Þegar gróður kemst á legg „veiðir“ hann einnig fræ (Magnússon 1994) og getur þannig greitt fyrir landnámi ef hann er ekki of þéttur. Árið 2007 var jarðvegsyfirborðið ósléttast í meðferð S-A en sléttast í meðferð J-AF (Jóhannes Baldvin Jónsson 2008), sem hugsanlega hefur haft einhver áhrif á landnámið fyrstu 1-2 árin. Það vekur athygli að í mælingum Jóhannesar tilheyrðu langflestar kímplönturnar tvíkímblaða blómjurtum, en birki og víðir voru einu runnategundirnar og krækilyng eina lyngtegundin. Þá var þéttleiki runna og lyngtegundanna ekki meiri í svarðlagsmeðferðum en jarðvegsmeðferðum, sem bendir til þess að fræ þessara tegunda hafi borist eftir að tilraunin hófst, frekar en með svarðlaginu. Þetta er í samræmi við niðurstöður

annarra rannsókna sem sýna að jurtategundir berast fremur með svarðlagi en runn- eða trjákenndar tegundir (Hall et al. 2010, Aradóttir 2012).

Í tilrauninni var alls staðar stutt í fræupsprettur af birki, fjalldrapa, víðitegunda og smárunna, þannig að fræregn hefur líklega ekki verið takmarkandi fyrir landnám þeirra. Líklegt er að landnám víðitegunda hafi hafist strax sumarið 2006 enda var tilraunin lögð út um það leiti sumars sem gulvíðir dreifir fræjum sínum (Kristín Svavarsdóttir 2006). Sumarið 2009 mátti sjá örfáar státnar gulvíðiplöntur í tilrauninni sem voru orðnar að runnum 2012 (mynd 13).



Mynd 13. Gulvíðir sem farinn að mynda runna árið 2012.

Samkvæmt rannsóknum Jóhannesar, sem getið er hér að framan, hefur landnám birkis og krækilyngs hafist sumarið 2007. Þegar talning fræplantna í mælirömmunum sjálfum hófst 2009 var þar talsverður þéttleiki af fræplöntum birkis og fjalldrapa en þeim fækkaði mikið fram til 2012 (mynd 8). Árið 2012 voru einnig fáar fræplöntur af þessum tegundum komnar vel á legg. Þetta bendir til mikilla affalla, enda er hér um að ræða ljóselskar tegundir með smá og vinddreifð fræ. Hins vegar fjölgaði fræplöntum af lyngtegundum verulega milli 2009 og 2012 í öllum meðferðum nema S-AF (mynd 8) og munaði þar mest um mikið landnám beityllyngs. Þetta landnám var líklega ein meginorsök aukningar á þekju smárunna í jarðvegsblöndumeðferðunum og gefur vonir um að gróðurfar þeirra geti með tímanum þróast í átt að gróðurfari nærliggjandi mólendis eða kjarrlendis. Í svarðlagsreitum án grassáninga gæti reyndar einnig verið um að ræða vöxt út frá stöku gróðurtorfum sem lifðu af haugsetningu og

dreifingu svarðlagsins, en þar sem við gerðum ekki beinar mælingar á lifun torfanna er ekki hægt að fullyrða það. Aðrar íslenskar rannsóknir hafa hins vegar sýnt að flutningar á heilum gróðurtorfum er árangursrík aðferð við að koma smárunnum og runnum á legg á röskuðum svæðum (Aradóttir 2012).

Það vekur athygli að þéttleiki fræplantna var mestur í jarðvegsmeðferðum með grassáningum (J-AF, J-AF-Ib og J-AF-MG) en minnstur í sambærilegri svarðlagsmeðferð (S-AF). Orsakir þessa virðast meðal annars liggja í samspili á milli áhrifa af grasþekju og ógrónu yfirborði, en eftir er að greina þau áhrif betur. Hins vegar endurspeglast þessi munur á landnámi ekki í tegundaauðgi einstakra meðferða (mynd 6). Þar höfðu svarðlagsmeðferðirnar, S og S-A, enn vinninginn (mynd 6) og má það e.t.v. að einhverju leiti rekja til gróðurs sem lifði haugsetninguna af (sbr. umræðu hér að framan).

Erlendar rannsóknir hafa sýnt að það skiptir miklu máli hversu lengi og hvernig svarðlag er geymt áður en því er dreift á væntanleg uppgræðslusvæði. Bæði spírunarhæfni fræja og örveruvirkni svarðlagsins minnkar hratt með tíma, auk þess sem þættir eins og haugþykkt og rakastig svarðlagsins við haugsetningu hafa mikil áhrif (sjá til dæmis Rokich o.fl. 2000, Rivera 2012 og samantekt Steinfeld o.fl. 2007). Mikilvægt er að fara vel með þann verðmæta efnivið sem í svarðlaginu felst; ekki geyma það of lengi, halda haugþykkt í lágmarki og reyna að forðast að taka svarðlag í úrkomutíð. Þar sem svarðlag er tekið af mólendi þar sem lyng og smárunnar eru ríkjandi næst endurheimt staðargróðurs reyndar á mun fljóttari og öruggari hátt með því að flytja heilar, stórar gróðurtorfur (Aradóttir 2012, og Ása L. Aradóttir, óbirt gögn) og við endurheimt graslendisgróðurs má nota torfur allt niður í 5 cm í þvermál (Aradóttir 2012). Aðrar aðferðir sem prófaðar hafa verið með góðum árangri er flutningur á fræberandi slægju af úthagagróðri, sem hefur gefist ágætlega við endurheimt staðargróðurs í graslendi (Járngerður Grétarsdóttir 2011) og dreifing mosabrota og mosahrærings til að stuðla að endurheimt á mosapembum (Magnea Magnúsdóttir og Ása L. Aradóttir 2011 og Magnea Magnúsdóttir o.fl., óbirt gögn).

## 6 Ályktanir og ráðleggingar

Niðurstöðurnar sýna að notkun svarðlags við uppgræðslu efnistökusvæða stuðlar að landnámi staðargróðurs og gefur forskot umfram hefðbundnari aðferðir, þar sem svarðlagi er blandað saman við neðri jarðvegslög og landið er grætt upp með áburði og grasfræi. Ekki virðist nauðsynlegt að beita öðrum uppgræðsluáðgerðum með svarðlaginu. Þó getur áburðargjöf flýtt myndun gróðurþekju, sem getur verið til bóta í hallandi landi og annars staðar þar sem hætta er á rofi eða þar sem frostlyfting er mikil vegna veðurfarsaðstæðna. Niðurstöður okkar sýna glögglega að alls ekki ætti að sá grastegundum þar sem svarðlag er notað til uppgræðslu, því það leiðir til myndunar mjög þéttar grasþekju sem getur komið í veg fyrir landnám staðargróðurs og jafnvel útrýmt honum.

Dreifing svarðlags er ein af nokkrum mismunandi aðferðum sem geta stuðlað að endurheimt staðargróðurs á efnistökusvæðum. Aðrar aðferðir sem gætu einnig nýst í þessu sambandi eru til dæmis flutningur á heilum gróðurtorfum, flutningur á fræberandi slægju, dreifing á mosabrotum og hefðbundin uppgræðsla með áburði og jafnvel grasfræi. Það er mikilvægt að framkvæmdaaðilar hafi í huga að mismunandi aðferðir henta misvel eftir aðstæðum og velji þær aðferðir sem best tryggja endurheimt staðargróðurs hverju sinni, í stað þess að vera bundnir fyrirfram ákveðinni forsögn.

## 7 Þakkir

Bergþór Kristleifsson gaf góðfúslega leyfi fyrir afnotum af landi sínu. Skúli Guðbjarnarson og Hafdís Eygló Jónsdóttir tóku þátt í að móta verkefnið og koma því á laggirnar. Kristín Svavarsdóttir, Jóhannes B. Jónsson, Ásta Kristín Guðmundsdóttir, Guðrún Óskarsdóttur, Anna Sigríður Valdimarsdóttir, Brita Berglund, Guðmundur Ingi Guðbrandsson, Þórunn Pétursdóttir og Margrét Á. Jónsdóttir komu að gróðurmælingum og annarri vinnu við verkefnið, auk þess sem ýmsir aðrir starfsmenn Landbúnaðarháskóla Íslands, Landgræðslu ríkisins og Vegagerðarinnar aðstoðuðu við verkefnið á einn eða annan hátt. Rannsóknin var styrkt af Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar 2005-2007, 2009 og 2012. Við þökkum öllum þessum aðilum fyrir þeirra framlag.

## 8 Heimildir

- Alday J. G., R. H. Marrs & C. Martinez-Ruiz 2011. Vegetation succession on reclaimed coal wastes in Spain: the influence of soil and environmental factors. *Applied Vegetation Science* 14, 84-94.
- Aradóttir A. L. 2012. Turf transplants for restoration of alpine vegetation: does size matter? *Journal of Applied Ecology* 49, 439-446.
- Ása L. Aradóttir, Hersir Gíslason, Skúli Guðbjarnarson, Kristín Svavarsdóttir & Hafdís Eygló Jónsdóttir 2007. Notkun svarðlags við uppgræðslu námusvæða. *Fræðaðing landbúnaðarins* 4, 544-548.
- Burke A. 2008. The effect of topsoil treatment on the recovery of rocky plain and outcrop plant communities in Namibia. *Journal of Arid Environments* 72, 1531-1536.
- Gilbert M. 2000. Minesite rehabilitation. *Tropical Grasslands* 34, 147-153.
- Glen M., N. L. Bougher, I. J. Colquhoun, S. Vlahos, W. A. Loneragan, P. A. O'Brien & Gesj Hardy 2008. Ectomycorrhizal fungal communities of rehabilitated bauxite mines and adjacent, natural jarrah forest in Western Australia. *Forest Ecology and Management* 255, 214-225.
- Gough L., P.A. Wookey & G.R. Shaver GR 2002. Dry heath arctic tundra responses to long-term nutrient and light manipulation. *Arctic Antarctic and Alpine Research* 34, 211-218.
- Guðmundur Arason, Gunnar Bjarnason, Björn Stefánsson, Sigurrós Friðriksdóttir, Pétur Ingólfsson, Ragnheiður Ólafsdóttir, Hersir Gíslason, Matthildur B. Stefánsdóttir & Halldóra Hreggviðsdóttir 2002. Námur. Efnistaka og frágangur. Embætti veiðimálastjóra, Hafrannsóknarstofnun, Iðnaðarráðuneytið, Landgræðsla ríkisins, Landsvirkjun, Náttúruvernd ríkisins, Samband íslenskra sveitarfélaga, Siglingastofnun Íslands, Umhverfissráðuneytið, Vegagerðin og Veiðimálastofnun, 75 bls.  
<http://www.umhverfissraduneyti.is/utgefid-efni/nr/136>.
- Hall S. L., C. D. Barton & C. C. Baskin 2010. Topsoil Seed Bank of an Oak-Hickory Forest in Eastern Kentucky as a Restoration Tool on Surface Mines. *Restoration Ecology* 18, 834-842.
- Járngerður Grétarsdóttir 2011. Söfnun og dreifing á fræslægju. Bls. 15-50 í Ása L. Aradóttir & Járngerður Grétarsdóttir, ritstj. Endurheimt staðargróðurs á röskuðum hálendissvæðum. Rit LbhÍ nr. 29. Landbúnaðarháskóli Íslands. <http://www.lbhi.is/Pages/1598>
- Jóhannes Baldvin Jónsson 2008. Samanburður á notkun svarðlags og hefðbundinna aðferða við uppgræðslu námusvæðis. ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Umhverfisdeild, Hvanneyri, 30 bls.
- Kelley A.M. & H.E. Epstein 2009. Effects of nitrogen fertilization on plant communities of nonsorted circles in moist nonacidic tundra, northern Alaska. *Arctic Antarctic and Alpine Research* 41, 119-127.

- King E.G. & S.G. Whisenant 2009. Thresholds in Ecological and Linked Social-Ecological Systems: Application to Restoration. Bls. 63-77 í: R.J. Hobbs & K.N. Suding (ritstj.) *New Models for Ecosystem Dynamics and Restoration*. Island Press.
- Kristín Svavarsdóttir (ritstj.) 2006. *Innlendar víðitegundir: líffræði og notkunarmöguleikar í landgræðslu*. Landgræðsla ríkisins, Gunnarsholt, 111 bls.
- Mackenzie D. D. & M. A. Naeth 2010. The Role of the Forest Soil Propagule Bank in Assisted Natural Recovery after Oil Sands Mining. *Restoration Ecology* 18, 418-427.
- Magnea Magnúsdóttir & Ása L. Aradóttir 2011. Leiðir til að fjölga hraungambra og öðrum mosategundum. *Náttúrufræðingurinn* 81, 155-122.
- Moynahan O. S., C. A. Zabinski & J. E. Gannon 2002. Microbial community structure and carbon-utilization diversity in a mine tailings revegetation study. *Restoration Ecology* 10, 77-87.
- Rokich D. P., K. W. Dixon, K. Sivasithamparam & K. A. Meney 2000. Topsoil handling and storage effects on woodland restoration in Western Australia. *Restoration Ecology* 8, 196-208.
- Skrindo A. B. & R. Halvorsen 2008. Natural revegetation on forest topsoil and subsoil along roadsides in boreal forest. *Applied Vegetation Science* 11, 483-490.
- Skrindo A.B. & P.A. Pedersen 2004. Natural revegetation of indigenous roadside vegetation by propagules from topsoil. *Urban Forestry & Urban Greening* 3, 29-37.
- Steinfeld D.E., S.A. Riley, K.M. Wilkinson, T.D. Landis & L.E Riley 2007. *Roadside Revegetation: An Integrated Approach To Establishing Native Plants*. Report nr. FHWA-WFL/TD-07-005. Federal Highway Administration, Vancouver, 424 bls.
- Vegagerðin 1995, *Alverk '95 almenn verklýsing fyrir vega- og brúargerð*, Reykjavík, 108 bls.
- Ward, S. C., Koch, J. M. & Ainsworth, G. L. 1996. The effect of timing of rehabilitation procedures on the establishment of a jarrah forest after bauxite mining. *Restoration Ecology* 4: 19-24.