

VegVist — vistvænar lausnir við frágang á vegsvæðum

Guðrún Óskarsdóttir og Ása L. Aradóttir



VegVist — vistvænar lausnir við frágang á vegsvæðum

Guðrún Óskarsdóttir og Ása L. Aradóttir

Mars 2015
Landbúnaðarháskóli Íslands, umhverfiseild

Formáli

Endurheimt staðargróðurs við vegi og við frágang á námum og öðrum svæðum sem raskað er við vegagerð stuðlar að því að fella mannvirkin betur að umhverfi sínu og draga úr umhverfisáhrifum þeirra. Til þess að endurheimt staðargróðurs verði markviss þurfa þeir aðilar er vinna að undirbúningi vegaframkvæmda og eftirliti með þeim, svo og jarðvinnuverktakar og þeirra starfsfólk, að hafa góðan aðgang að upplýsingum og leiðbeiningum um þær aðferðir sem hægt er að nota.

Verkefnið *Vistvænar lausnir við frágang á vegsvæðum*, eða *VegVist*, hófst árið 2014. Tilgangur þess er að stuðla að markvissri endurheimt staðargróðurs á svæðum sem raskað er við vegagerð. Aðdragandi verkefnisins var sá að verkefnisstjóri, Ása L. Aradóttir, hefur síðustu ár tekið þátt í rannsóknum Vegagerðarinnar um notkun svarðlags við uppgræðslu námusvæða.¹⁰ Í framhaldi af fundi þar sem niðurstöður þess verkefnis voru kynntar og ræddar með nokkrum starfsmönnum Vegagerðarinnar haustið 2013, var óskað eftir því að þróa yrði kennslufni og námskeið um uppgræðslu námusvæða og vegfláa fyrir starfsfólk Vegagerðarinnar og verktaka. Hugmyndir um verkefnið voru síðan þróaðar áfram á fundum með nokkrum starfsmönnum Vegagerðarinnar. Verkefnið var styrkt af rannsóknafé Vegagerðarinnar árið 2014 og að mestu unnið af starfsfólki Landbúnaðarháskóla Íslands en í góðri samvinnu við samstarfsaðila innan Vegagerðarinnar.

Helstu markmið verkefnisins voru að: (a) taka saman yfirlit yfir stöðu þekkingar varðandi endurheimt náttúrulegs gróðurfars á svæðum sem raskað er í tengslum við vegagerð; (b) greina hvar helst vantar upp á þekkingu á viðkomandi sviði og gera tillögur um rannsóknir til að bæta þar úr; (c) útbúa aðgengilegt fræðslufni um endurheimt staðargróðurs sem sniðið er að þörfum aðila er vinna við frágang framkvæmdasvæða og (d) þróa markviss námskeið um endurheimt staðargróðurs fyrir aðila er vinna að undirbúningi og eftirliti með vegaframkvæmdum, svo og jarðvinnuverktaka og þeirra starfsfólk.

Árið 2014 var einkum unnið að verkþáttum (a) og (b) og eru helstu niðurstöður þeirrar vinnu kynntar í þessu riti. Auk þess komst vinna við verkþætti (c) og (d) vel á veg og verður unnið að þeim áfram á árinu 2015.

Í þessu riti er tekið saman yfirlit yfir stöðu þekkingar varðandi endurheimt náttúrulegs gróðurfars í tengslum við rask vegna vegagerðar, er nýst geti sem fræðilegur grunnur að þróun leiðbeininga, viðmiða og kennslufnis á þessu sviði. Ritið nýtist þeim er vilja kynna sér möguleika til að endurheimta staðargróður á svæðum sem verða fyrir raski í tengslum við vegagerð, með áherslu á að fella viðkomandi svæði að umhverfi sínu og draga úr viðhaldi.

Höfundar þessa rits þakka Matthildi B. Stefánsdóttur, Helgu Aðalgeirsdóttur og öðru samstarfsfólki hjá Vegagerðinni og Guðrúnu Lárusdóttir og öðru samstarfsfólki við Landbúnaðarháskóla Íslands fyrir gott samstarf. Einnig þökkum við Margréti Jónsdóttur hjá Landbúnaðarháskólanum fyrir aðstoð við uppsetningu ritsins. Þá þökkum við Vegagerðinni fyrir veittan styrk til verkefnisins.

Guðrún Óskarsdóttir og Ása L. Aradóttir

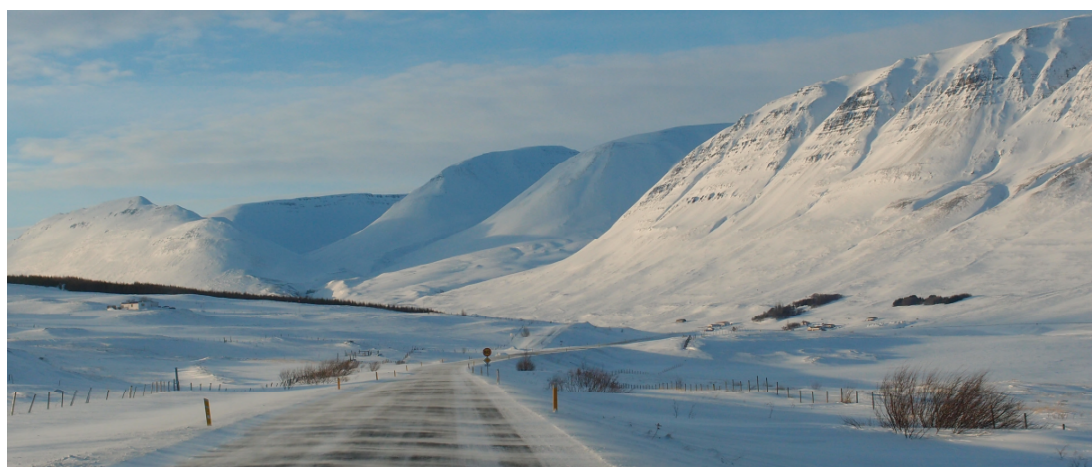
Efnisyfirlit

Formáli.....	1
Efnisyfirlit.....	3
1. kafli. Inngangur.....	5
2. kafli. Umhverfisáhrif vega.....	7
3. kafli. Vegvistfræði.....	11
4. kafli. Uppgræðsla í tengslum við vegagerð.....	13
5. kafli. Aðferðir við endurheimt staðargróðurs.....	15
6. kafli. Ýmis hagnýt atriði varðandi uppgræðslu.....	37
7. kafli. Frekari rannsóknir.....	45
8. kafli. Lokaorð.....	49
9. kafli. Heimildir.....	51

1.

kafli

Inngangur



Samgöngur tengja saman fólk og staði og gegna mikilvægu hlutverki í nútímasamfélögum.³¹ Áhrif vega á vistkerfi tengjast ekki aðeins lagningu þeirra heldur einnig notkun og tilvist þeirra í landslaginu.³⁰ Einn þáttur í því að draga úr umhverfisáhrifum vega er að fella þá eins og kostur er að viðkomandi landslagi,⁴⁵ sem felst meðal annars í því að gróðurfar vegfláa sé í samræmi við gróðurfar nánasta umhverfis.⁹⁵ Heilbriggt og vel gróið umhverfi vega verndar aðliggjandi vistkerfi, dregur úr afrennsli og rofhættu og eykur vatnsgæði.⁵³ Náttúrulegur gróður við vegi skapar auk þess búsvæði fyrir ýmsar lífverur, bætir akstursupplifun og getur dregið úr viðhaldspörf, til dæmis vegna sláttar.^{53, 76} Því má álykta að heilbriggt og náttúrulega gróið vegaumhverfi geti í sumum tilvikum dregið úr áhrifum af uppbroti búsvæða vegna veglagningar.⁹⁵ Rannsóknir hafa sýnt fram á að notkun innlendra plöntutegunda og endurheimt staðargróðurs stuðli í mörgum tilfellum einna best að heilbrigðri vegfláa.^{44, 60, 75, 95} Markmið hagkvæmra og umhverfissvænna samganga eru þannig gjarnan tengd markmiðum þess að koma á legg og vernda náttúrulegan gróður.⁹⁵

Hér á Íslandi vex fjölbreyttur gróður (mynd 1) sem nota mætti við uppgræðslu í kjölfar rasks í stað innfluttra tegunda.⁵ Notkunarmöguleikar margra innlendra tegunda til vistheimtar hafa ekki enn verið kannaðir til hlítar en áhugi á málefnum hefur færst í aukana á síðustu árum.^{5, 7, 11, 64, 67, 68}



Mynd 1. *Fjölbreyttur íslenskur gróður.*

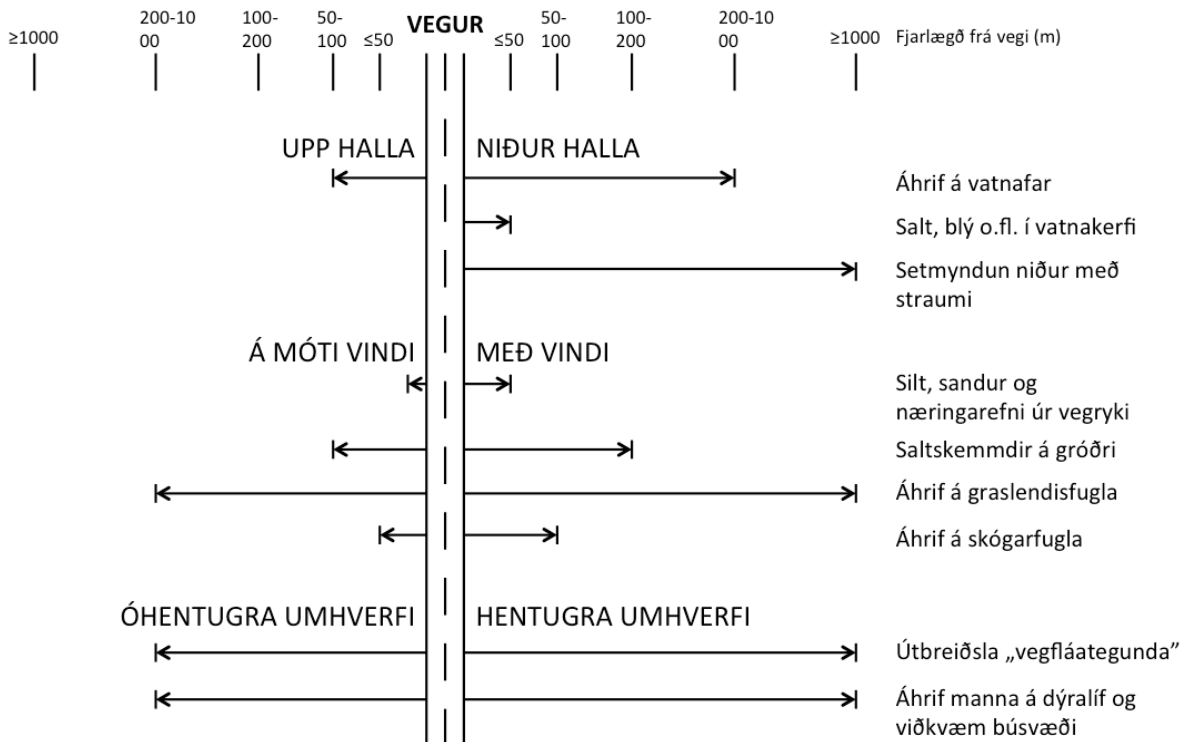
Þekking á vistfræðilegum áhrifum vega og leiðum til að bæta umhverfi þeirra (vegvistfræði, e. *road ecology*) hefur aukist á undanförmum áratugum. Einnig hafa á síðustu árum orðið talsverðar framfarir í aðferðafræði við endurheimt staðargróðurs á svæðum sem hafa orðið fyrir raski vegna mannvirkjagerðar, bæði hér á landi og erlendis. Í þessu riti er tekið saman yfirlit yfir stöðu þekkingar varðandi endurheimt náttúrulegs gróðurfars í tengslum við rask vegna vegagerðar. Ritið er ætlað þeim sem vilja kynna sér möguleika til að endurheimta staðargróður á svæðum sem verða fyrir raski í tengslum við vegagerð, með áherslu á að fella viðkomandi svæði að umhverfi sínu og draga úr viðhaldi. Það er einn afrakstur verkefnisins *Vistvænar lausnir við frágang á vegsvæðum* eða *VegVist*, sem unnið var af Landbúnaðarháskóla Íslands fyrir styrk úr rannsóknasjóði Vegagerðarinnar.

2.

k a f l i

Umhverfisáhrif vega

Vegir eru áberandi í landslagi víðast hvar í heiminum. Í Bandaríkjunum þekur malbikað yfirborð vega 0,5% alls lands og er talið að 15-20% landsins sé að einhverju leyti undir vistfræðilegum áhrifum er tengjast vegum.⁹⁵ Ekki eru til eins nákvæmar upplýsingar um flatarmál vega á Íslandi en við upphaf annars áratugs þessarar aldar var þjóðvegakerfi landsins tæplega 13.000 km að lengd.¹⁰⁴



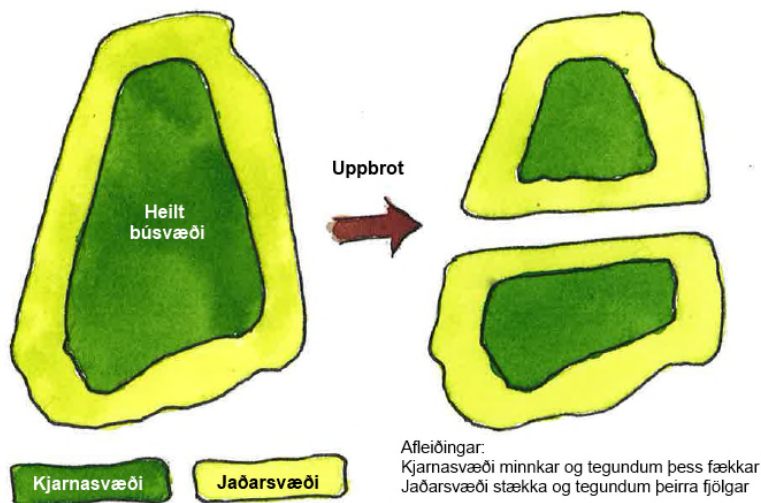
Mynd 2. Vistfræðileg áhrif vega og áætluð áhrifasvæði þeirra. Myndin er byggð á grein Forman & Alexander.³⁰

Vistfræðileg áhrif vega eru meiri og margslungnari en marga grunar (mynd 2).³⁰ Vegaframkvæmdum fylgir ávallt eitthvað rask⁷⁶ og vegskeringar og -fyllingar geta jafnvel umbreytt landslagi.⁸² Áhrifa vega gætir heldur ekki einungis á meðan vegaframkvæmdum stendur heldur hefur tilvist vega almennt áhrif á þau vistkerfi sem þeir liggja í og sum áhrif vega geta jafnvel verið viðvarandi þótt vegir séu fjarlægðir.⁸⁴ Vistfræðileg áhrif vega ná einnig yfir mun stærra svæði en vegirnir sjálfir þekja (mynd 2).^{30, 95, 99} Þá tengjast mismunandi áhrif á ýmsa vega og geta leitt til taps á líffræðilegri fjölbreytni.³⁰

Ýmsir þættir stjórna því hversu viðkvæm svæði eru fyrir áhrifum vega og vegagerðar, eins og frjósemi og dýpt jarðvegs, veðurfar og ríkjandi gróðurfar.³⁴ Hér á eftir verður gerð stuttlega grein fyrir nokkrum af helstu umhverfisáhrifum vega, þ.e. uppbroti búsvæða, aukinni rofhættu, hávaða- og efnamengun og breytingum á tegundasamsetningu gróðurs og vistfræðilegum ferlum.

Uppbrot búsvæða

Vegir skipta því landi sem þeir liggja um upp í minni einingar og brjóta þannig upp búsvæði dýra- og plöntustofna.⁹⁵ Uppbrot búsvæða getur breytt dreifingu og flæði tegunda milli svæða og þannig haft áhrif á tegundaaugi og tegundasamsetningu.²⁹ Almennt gildir að því minni og dreifðari sem búsvæði eru því færri tegundum geta þau haldið uppi og því er uppbrot búsvæða talin ein af helstu ógnunum við líffræðilega fjölbreytni í dag.¹⁰⁵ Við vegagerð tapast heldur ekki aðeins það land sem fer undir vegamannvirkin sjálf heldur getur hún leitt til lægra hlutfalls kjarnasvæða miðað við jaðra búsvæða (mynd 3), sem hefur áhrif á líffræðilega fjölbreytni þar sem fleiri framandi og færri innlendar tegundir eru líklegar til að finnast á jaðarsvæðunum.³⁵



Mynd 3. Þegar búsvæði er brotið upp eykst hlutfall jaðarsvæða á kostnað kjarnasvæða og náttúruleg líffræðileg fjölbreytni tapast jafnvel þó að heildarflatarmál viðkomandi svæðis minnki lítið.

Aukin rofhætta

Þar sem gróðurhula er fjarlægð verður jarðvegurinn berskjaldaður fyrir vatns- og vindrofi. Því er nauðsynlegt að græða röskuð svæði upp sem fyrst eftir framkvæmdir.^{36, 53} Vatnsrásir geta myndast í vegfláum, sár í bröttum vegskeringum gróa oft seint og illa og þar sem rof er komið af stað getur það breitt úr sér og valdið gróðureyðingu.⁹⁶

Hávaða- og efnamengun

Hávaðamengun frá umferð ökutækja hefur skaðleg áhrif á bæði menn og dýr. Rannsóknir hafa meðal annars sýnt að fólk sem býr í nágrenni við vegi þar sem umferðarhávaði er mikill geti verið í meiri hættu á að fá of háan blóðþrýsting en þeir sem búa í hljóðlátara umhverfi.¹⁵ Þá er umferðarhávaði sennilega einn stærsti drifkrafturinn sem hrekur dýr í burtu, þar sem hávaðinn getur aukið magn stresshormóna, truflað samskipti dýranna, o.s.frv.³⁰ Umferð ökutækja hefur einnig í för með sér mengun vegna útblásturs véla, vegryks, salts, snjómoksturs og fleiri þátta sem hafa áhrif á lífverur í nágrenni vega.^{40, 88}

Tegundasamsetning og vistfræðilegir ferlar

Vegir hafa mikil áhrif á tegundasamsetningu gróðurs í nánasta umhverfi þeirra.²² Það eru aðallega breytingar á umhverfisaðstæðum sem verða til þess að tegundasamsetning breytist, þjöppun og rof jarðvegs í tengslum við vegaframkvæmdir getur t.d. breytt vatnsbúskap svæðisins og minnkað vatnsgæði, sem getur síðan haft neikvæð áhrif á stofna plantna og dýra.⁹⁵ Umferð á vegum getur líka haft töluverð áhrif á stofna dýra: í Bandaríkjunum einum er talið að um ein milljón hryggdýra drepist daglega af völdum ökutækja og að þessi háa dánartíðni hafi þar veruleg neikvæð áhrif á stofnstærð nokkurra tegunda í útrýmingarhættu.³⁰ Hér á Íslandi eru tiltölulega fáar tegundir villtra hryggdýra og þetta því ekki stórt vandamál en þó geta verið talsverð afföll af fuglum á sumum árstímum. Lausaganga sauðfjár á og við vegi getur hins vegar skapað hættu. Árekstrar við dýr valda meiðslum og dauðsföllum, auk efnahagslegs tjóns, og til að draga úr þeim hefur sums staðar verið reynt að gera nánasta umhverfi vega óaðlaðandi fyrir beitardýr, t.d. í Svíþjóð.⁴⁹

Vegir geta einnig haft áhrif á tegundasamsetningu fjær þeim, til dæmis ef plöntutegundir sem berast inn á svæði í kjölfar vegaframkvæmda verða ágengar.⁸⁷ Vegfláar eru venjulega græddir upp í þeim tilgangi að stöðva jarðvegsrof.⁵³ Ef framandi, hraðvaxta plöntutegundir eru notaðar til uppgræðslu vegfláa eða komast með öðrum hætti þar á legg aukast líkur á því að þær geti dreift sér yfir í nærliggjandi lönd.⁷⁵ Framandi og ágengar plöntutegundir hafa gjarnan tilhneigingu til þess að þrífast vel á röskuðum svæðum⁸¹ og geta vegir átt stóran þátt í útbreiðslu þeirra.^{34, 47, 87} Framandi plöntutegundir komast ekki aðeins á legg með með sáningu eða gróðursetningu þeirra í vegfláa, heldur geta þær einnig borist óviljandi inn á ný svæði með mannum við vegaframkvæmdir, viðhald og notkun vega.⁸⁷ Þá getur uppbrot búsvæða og hnignun vistkerfa í kjölfar vegagerðar auðveldað útbreiðslu framandi og ágengra plöntutegunda.⁸⁷ Mismunandi gróðurlendi eru misviðkvæm fyrir innrás framandi tegunda í kjölfar rasks og eru graslendi t.d. talin viðkvæmari en skóglendi.⁴⁷ Eftir því sem

áhrifasvæði tiltekins vegar er stærra, stækka röskuð búsvæði sem eru viðkvæm fyrir innrás ágengra tegunda.³⁴ Því er mikilvægt að halda raski á nálægum plöntusamfélögum við vegagerð í lágmarki.⁴⁷ Ágengar tegundir geta valdið aukinni einsleitni á heimsvísu, sem talin er ógn við líffræðilega fjölbreytni.⁷¹

Önnur umhverfisáhrif vega

Listinn yfir ýmis umhverfisáhrif vega hér að ofan er alls ekki tæmandi. Í tengslum við vegagerð og notkun vega geta einnig komið upp ýmis önnur vandamál sem hafa áhrif á vistkerfi og samfélög í nágrenninu,⁷⁵ til dæmis vegna breytinga á vatnsbúskap og næringarefnahringrásum, vegna óhóflegrar fræsöfnunar; illgresis, plöntusjúkdóma eða sníkjudýra sem geta breiðst út meðfram vegum, fellinga trjáa og annarrar umsjónar gróðurs til að bæta útsýni af öryggisástæðum; og vegna rusls og utanvegaaksturs sem geta fylgt notkun vegarins.

Tækifæri til að draga úr vistfræðilegum áhrifum vega

Við hönnun vega og undirbúning vegagerðar skal ávallt hafa í huga að áhrif á vistkerfi og umhverfi verði sem minnst. Hins vegar tengist stór hluti vegaf framkvæmda í dag viðhaldi eða breytingum á núverandi vegum frekar en nýlagningu vega. Við það geta skapast tækifæri til að ráða bót á því sem betur hefði mátt fara við uppgræðslu síðustu vegaf framkvæmdar og búa í haginn fyrir heilbrigðari vistkerfi.¹⁰⁹

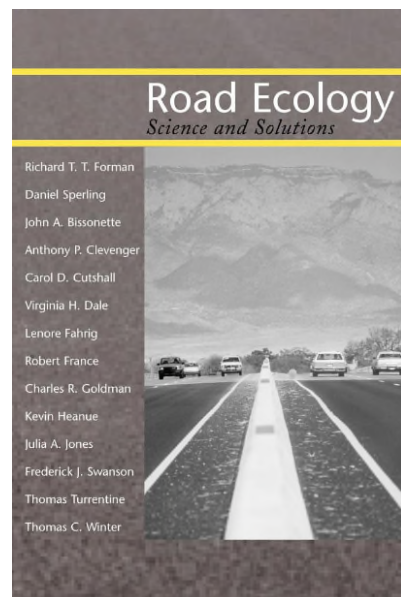
3.

k a f l i

Vegvistfræði

Undir lok tuttugustu aldarinnar jókst þekking og áhugi á vistfræðilegum áhrifum vega og umhverfisvænum lausnum við frágang á raski tengdu vegagerð.^{81, 95} Útgáfa bókarinnar *Road Ecology: Science and Solutions*³¹ sem kom út árið 2003 (mynd 4) markaði upphaf fræðigreinar sem kölluð hefur verið *Road Ecology*²³ eða vegvistfræði. Holland, Ástralía og Bandaríkin voru einkum leiðandi í mótun vegvistfræðinnar en áherslur í þessum löndum voru mismunandi vegna mismunandi aðstæðna.^{30, 31} Í Ástralíu var mest einblínt á líffræðilega fjölbreytni og verndun villtra plöntutegunda, í Hollandi var einkum reynt að draga úr árekstrum ökutækja við dýr og í Bandaríkjunum var áhersla á vistverkfræðilegar lausnir til að draga úr jarðvegsrofi, setmyndun og mengun frá ökutækjum. Vegvistfræðin hefur þróast hratt á síðustu árum, meðal annars með birtingu vaxandi fjölda fræðilegra greina, bókaútgáfu, ráðstefnuhaldi og birtingu leiðbeininga um umhverfisvæna umhirðu vega.¹⁰⁰

Mynd 4. Bókin *Road Ecology: Science and Solutions*,³¹ sem kom út árið 2003.



Margir af þeim vegum sem til eru í dag voru lagðir áður en nútíma sjónarmið um náttúruvernd og heilbrigði vistkerfa ruddu sér til rúms.³¹ Öryggi og hagkvæmni voru og eru enn aðaláhersluatriði fólksflutninga en áður fyrr var oft lítið tillit tekið til vistfræðilegra áhrifa við skipulagningu og framkvæmd vegagerðar.⁹⁵ Fyrir daga bíla voru beitardýr gjarnan notuð, bæði í Evrópu og Bandaríkjunum, til að hafa hemil á grasi, runnagróðri og lægstu greinum trjáa sem stóðu við vegi. En er vegirnir urðu betri og ökutækin hraðskreiðari var farið að reyna að halda beitardýrum og stórvöxnum trjágróðri í hæfilegri fjarlægð frá vegunum.¹⁸ Þá skapaðist sú hefð að græða vegfláa einkum upp með sáningu einnar eða fleiri grastegunda⁷⁶ og var leitast við að gera vegfláana sem „snyrtilegasta“.⁶⁵ Þessu fylgir þó gjarnan töluverð umhirða: sláttur, illgresiseyðing og áburðargjöf⁸¹ sem leitt getur til meiri uppskeru (einkum áburðargjöfin) en kemur oft niður á fjölbreytni gróðursins.⁸⁶

Aukin áhersla á endurheimt náttúrulegs gróðurs á svæðum sem raskað er við vegagerð hefur fengið misjafnar undirtökur hjá almenningi, sem er ekki alltaf tilbúinn samþykka „óhefðbundnar“ aðferðir er gjarnan fela í sér minna viðhald þannig að vegfláar geta lítið „ósnyrtilega“ út.⁶⁵ Þó að vistfræðileg sjónarmið séu að verða meira áberandi hjá vegagerðarstofnunum víða um heim⁷⁶ hafa sumar þeirra snúið sér aftur að hefðbundnum uppgræðslu- og umhirðuaðferðum eftir að hafa fengið kvartanir um „ósnyrtilega“ vegfláa, sem má, að minnsta kosti að hluta til rekja til takmarkaðs skilnings á kostum þess að nota náttúrulegan gróður.⁶⁵ Dæmi um leiðir til þess að kynna vegvistfræði betur fyrir almenningi er vefsíðan *Roadside Revegetation, an Integrated Approach to Establishing Native Plants* (<http://www.nativerrevegetation.org/>), sem haldið er úti af Federal Highway Office í Bandaríkjunum og undirstofnunum hennar.²⁴ Vefsíðan býður meðal annars upp á aðgengilega fræðslu á sviði vegvistfræði, handbók með leiðbeiningum um vistfræðilegar lausnir við uppgræðslu vegfláa og stuttmynd með reynslusögum frá nokkrum vel heppnuðum vistheimtarverkefnum.

4.

k a f l i

Uppgræðsla í tengslum við vegagerð

Þar sem íslenskur eldfjallajarðvegur er mjög rofgjarn⁷⁸ er mikilvægt að raska eins litlu landi og hægt er við vegaframkvæmdir og þekja röskuðu svæðin fljótt með gróðri sem stuðlar að verndun jarðvegs og líffræðilegrar fjölbreytni.⁷⁰ Vegagerðin hefur um árabil lagt metnað í frágang eftir vegalagningu og að milda það jarðrask sem verður af hennar völdum.^{70, 88} Tilgangur uppgræðslunnar var lengst framan af fyrst og fremst sá að draga úr jarðvegsrofi, flýta fyrir gróðurframvindu og fella vegi sem best að landslaginu.^{13, 88, 90} Áður voru sáðblöndur með innfluttum grastegundum og -stofnum notaðar við uppgræðsluna enda ekkert íslenskt fræ á markaði sem hentaði til þessara nota.⁸⁸ Oft eru notaðar hraðvaxta tegundir sem geta myndað gróðurhulu fljótt og endast nógu lengi til að koma í veg fyrir rof en búa í haginn og víkja síðan fyrir staðargróðri.^{13, 36} Erlendir grasstofnar hafa enst misvel í vegaraski hér á landi og hefur gerð jarðvegs, halli, hæð yfir sjó o.fl. áhrif á afkomu þeirra.¹³ Ef sáðgresið hörfar of fljótt getur það kallað á áframhaldandi uppgræðsluáðgerðir en á hinn bóginn er æskilegt að svörðurinn sem myndast við uppgræðslu hindri ekki landnám tegunda úr nærliggjandi gróðurlendum,⁸⁸ sem getur gerst ef sáðgresið verður mjög öflugt. Uppskerumikill og hávaxinn gróður getur dregið að búfé á sumrin og snjó á veturna, auk þess sem slíkur gróður stingur mjög í stúf við umhverfi sitt ef vegurinn liggur í gegnum rýrt land.¹³ Í byrjun tíunda áratugar síðustu aldar var farið að prófa ýmsa grasstofna sem sameinuðu það að vera endingargóðir, hafa jarðvegsbindandi og -bætandi eiginleika, þola beit og áburðarskort og/eða vera ólystugir, lágvaxnir og uppskerulitlir.¹³

Á síðari áratugum hefur áhersla á að fella vegi að landslagi farið enn vaxandi.⁹⁰ Í því sambandi hafa verið gerðar rannsóknir á leiðum til að vinna meira með innlendan efnivið og koma staðargróðri á legg.^{5, 7, 10, 11, 55, 67, 90} Fjallað er um helstu niðurstöður þeirra í 5. kafla. Í þessu samhengi skal tekið fram að hugtakið staðargróður er fyrst og fremst notað um þær tegundir sem finnast náttúrulega á tilteknu svæði eða vistkerfi án beinna eða óbeinna afskipta mannsins.^{53, 81}

Við lagningu nýrra vega og stærri vegaframkvæmdir skal fara eftir lögum um mat á umhverfisáhrifum (nr. 106/2000). Í þeim kemur fram að draga skuli eins og kostur er úr neikvæðum umhverfisáhrifum framkvæmdar. Í því felst meðal annars að græða framkvæmdasvæði upp eftir rask. Hins vegar hafa ekki verið sett ákveðin viðmið í

íslenskum lögum eða reglugerðum um hvers konar gróðurfar skuli endurheimta eftir rask vegna mannvirkjagerðar. Í úrskurðum eða álitum Skipulagsstofnunar vegna mats á umhverfisáhrifum er þó stundum kveðið á um notkun innlendra tegunda og að uppgræðsla taki mið af grenndargróðri.⁸ Í Umhverfisskýrslu Vegagerðarinnar fyrir árið 2012⁷⁰ kemur meðal annars fram að „Við hönnun og byggingu vegakerfisins kappkostar Vegagerðin að varðveita fjölbreytni náttúrunnar, vistkerfi, náttúruminjar, náttúruverndarsvæði og menningarverðmæti, en um leið að tryggja öryggi vegfarenda. Vegagerðin gengur vel um umhverfið og leggur áherslu á að röskun lands á byggingartíma takmarkist við framkvæmdasvæði og að frágangur sé til fyrirmyndar. Vegagerðin leitast við að lágmarka truflandi áhrif á lífríki á framkvæmdatíma“. Þegar kemur að frágangi framkvæmdasvæða þýðir þetta að taka þarf tillit til ólíkra sjónarmiða, svo sem að gróðurinn dugi til að draga úr rofi, falli vel að umhverfinu og stuðli að viðhaldi staðbundinnar líffræðilegrar fjölbreytni. Hann má heldur ekki hafa neikvæð áhrif á umferðaröryggi, til dæmis með því að stuðla að snjósöfnun. Því er að mörgu að huga við val á uppgræðsluaðferðum, auk þess sem kostnaður við uppgræðslu og viðhald gróðursins hefur óhjákvæmilega talsvert að segja.

Gera má ráð fyrir að stofnkostnaður við notkun innfluttra grastegunda við uppgræðslu vegfláa sé hlutfallslega lítill miðað við aðrar aðferðir, þar sem fræið er oftast fánlegt á markaði og er hlutfallslega ódýrt miðað frá staðargróðri. Auk þess er aðferðafræði við sáningu grasa vel þekkt, yfirleitt tiltölulega fljótleg og krefst ekki mikils vinnuafls.⁸⁶ Það er sennilega ein ástæðan fyrir því hversu vinsæl þessi aðferð hefur lengi verið. Þessi „hefðbundna“ aðferð getur þó haft ýmis vandamál í för með sér. Meðal annars getur henni fylgt hár viðhaldskostnaður vegna langvarandi þarfar á slætti, áburðargjöf og/eða notkun eiturefna.⁷⁶ Grös eru eftirsóttar beitarplöntur og gróskumikill grasgróður, einkum ef hann er áborinn, getur dregið að sér búfé og þannig ógnað umferðaröryggi, auk þess sem hann getur stuðlað að snjósöfnun.¹³ Þá getur einsleitur graslendisgróður virkað svæfandi.⁷⁵ Sáning einnar eða fárra innfluttra tegunda dregur einnig úr líffræðilegri fjölbreytni vegna færri náttúrulegra búsvæða og hættu á að tegundirnar sem notaðar eru verði ágengar eða stuðli að ágengni annarra framandi tegunda.⁷⁶ Á hinn bóginn hafa ýmsar innlendar rannsóknir sýnt að grassáningar geta stuðlað að landnámi staðargróðurs með tímanum^{52, 88, 91} en það ferli getur tekið áratugi og er meðal annars háð umhverfisaðstæðum og grenndargróðri.

Bent hefur verið á að hægt sé að draga úr mörgum þessara vandamála með því að leggja meiri áherslu á endurheimt staðargróðurs.⁹³ Margir fræðimenn hafa bent á kosti þess að endurheimta staðargróður; með því sé hægt að draga úr viðhaldskostnaði sem vegi upp á móti hærri stofnkostnaði, bæta ásýnd sem m.a. eykur gildi umhverfisins fyrir ferðamenn og vernda líffræðilega fjölbreytni, til dæmis með því að draga úr hættu á útbreiðslu ágengra tegunda.^{75, 76, 97} Sáning vel valinna tegunda úr staðargróðri getur myndað gróðurhulu jafn hratt og vel eða jafnvel betur en þær framandi tegundir sem venjan er að nota.^{19, 59}

Vistheimtaraðgerðir sem miða að því að koma á legg náttúrulegum gróðri með ákveðna vistfræðilega eiginleika eru oft meira krefjandi en „hefðbundnar“ uppgræðsluaðgerðir þar sem áherslan er fyrst og fremst á að koma á legg gróðurhulu til að vernda jarðveginn.⁸⁶ Ýmislegt getur farið úrskaiðis ef vistfræðileg- og tæknileg kunnátta er ekki nægileg auk þess sem sátt þarf að nást um ásýnd svæðisins ef vistheimtin á að teljast vel heppnuð.^{65, 86} En ef vel tekst til getur endurheimt staðargróðurs leitt til meiri vistfræðilegs, hagræns og samfélagslegs ávinnings en aðrar uppgræðsluaðferðir.^{45, 53, 60, 76, 93}

5.

k a f l i

Aðferðir við endurheimt staðargróðurs

Völ er á ýmsum aðferðum við að endurheimta náttúrulegt gróðurfar á svæðum sem raskað er við vegagerð (tafla 1). Hér á eftir er fjallað ítarlega um helstu aðferðirnar og rætt stuttlega um nokkrar aðrar. Sérstök áhersla er lögð á að draga fram nýlega þekkingu á viðkomandi aðferðum sem fengist hefur með innlendum og erlendum rannsóknum.

Þekjusáningar

Hægt er að búa í haginn fyrir sáningu, gróðursetningu eða náttúrulegt landnám staðargróðurs með því að sá tegundum sem mynda fljótt þekju (e. *cover crops*, *nurse crops*), draga úr jarðvegsrofi og frostlyftingu og „veiða“ fræ, sinu og næringarefni.^{32, 80, 88,}

¹⁰⁸ Hér á landi eru mörg dæmi um að hefðbundnar grassáningar í landgræðslu stuðli að landnámi staðargróðurs á þennan hátt en sáðgrösin láti undan með tímanum.^{6, 12, 27, 52, 89} Þá er æskilegt að sáðgresið endist ekki of vel en þó nógu lengi til að það skili hlutverki sínu við að binda yfirborðið og byggja upp lífræn efni í jarðvegi. Í rannsókn Sigurðar H. Magnússonar á landnámi og framvindu gróðurs í raski eftir vegagerð⁸⁸ mátti sjá töluvert landnám staðargróðurs nokkrum árum eftir uppgræðslu með sáningu grasfræs og dreifingu tilbúins áburðar (fyrstu mælingar voru gerðar 3-10 árum eftir að uppgræðsla hófst og þær síðan endurteknar eftir 3-4 ár). Yfirleitt voru lítil ummerki um rof þrátt fyrir að gróður hafi víðast hvar verið rýr á uppgrædda svæðinu. Greinilegan mun var þó enn að sjá á grenndargróðri og landnámsgróðri uppgrædda svæðisins og benti Sigurður á nauðsyn þess að nýta betur staðartegundir við uppgræðslu raskaðra svæða svo þær komi fyrir inn.⁸⁸

Búast má við að gróðurfar vegfláa líkist grenndargróðri æ meir með tímanum (mynd 5) en það getur tekið marga áratugi. Sem dæmi má nefna að í svissneskum þjóðgarði þar sem grasi var sáð í vegfláa eftir vegaframkvæmdir varð gróðurfar vegfláans smám saman líkara náttúrulegum gróðurlendum en var þó samt ekki orðið alveg sambærilegt eftir 42 ár.³⁹ Á hinn bóginn geta grastegundir sem sáð er við uppgræðslu hindrað landnám staðargróðurs, eins og hefur til dæmis komið fram í tilraunum frá Alaska²⁵ og fjalllendi í Noregi.⁴⁶ Það fer því eftir aðstæðum og því hversu öflugar sáðtegundirnar verða, hvort þær greiði fyrir eða

Tafla 1. Yfirlit yfir helstu aðferðir sem hægt er að nota við endurheimt náttúrulegs gróðurfars á svæðum sem er raskað við vegagerð.

Aðferð	Lýsing	Efniviður
Þekjusáningar	Grassáning og áburðargjöf til að mynda fljótt þekju en sáðgrös víkja síðan fyrir staðargróðri	Grasfræ af ræktuðum stofnum, oftast innfluttum
Sáning innlendra tegunda	Fræi einnar eða fleiri innlendra tegunda sáð beint í uppgræðslusvæði	Fræ sem safnað er úr nágrenni uppgræðslusvæðis; aðkeypt fræ af innlendum tegundum
Gróðursetning græðlinga/stiklinga	Græðlingar/stiklingar gróðursettir beint eða eftir lengri eða skemmri forræktun	Græðlingar/stiklingar af innlendum jurtum, smárunnum og runnum (hluti stofna, brum og í sumum tilfellum blöð og rætur)
Dreifing fræslægju	Gróður sleginn þegar fræþroski er í hámarki og dreift á uppgræðslusvæði	Slægja af staðargróðri sem ber með sér fræ og mosabrot
Dreifing mosa	Mosagreinum/mosabrotum dreift á uppgræðslusvæði	Mosagreinum/mosabrotum dreift annað hvort einum sér eða í blöndu með vatni eða súrmjólki til að auka viðlöðun
Dreifing svarðlags	Svarðlagi frá framkvæmdarsvæði dreift á yfirborð uppgræðslusvæðis, með eða án áburðar	Gróðursvörður og efsta lag jarðvegs (svarðlag). Inniheldur fræ, gró, plöntu- og rótarhluta, næringarefni, smádyr og örverur
Flutningur á gróðurtorfum	Heilar gróðurtorfur af framkvæmdarsvæði lagðar í vegfláa. Hægt að þekja uppgræðslusvæðið með torfum eða dreifa yfir stærra svæði	Í gróðurtorfunum eru lifandi plöntur, fræ, gró, næringarefni, smádyr og örverur. Torfur geta verið frá fáum sentimetrum og upp í metra í þvermál

Tafla. 1. frh.

Notkun	Takmarkanir
„Hefðbundin“ aðferð við uppgræðslu vegfláa. Dregur úr rofhættu og getur greitt fyrir landnámi staðargróðurs (sem er þó háð fræregni og því ótryggt)	Viðhaldskostnaður (t.d. sláttur). Gróskumiklar sáningar geta safnað snjó, dregið að sér búfé og hindrað landnám staðargróðurs. Hætta á að sáðtegundir verði ágengar eða að sáningarnar búi í haginn fyrir landnám ágengra tegunda
Markviss leið til að koma ákveðnum tegundum á legg, þarf ekki að treysta á náttúrulega dreifingu. Lítið notað hér á landi enn sem komið er	Takmarkað framboð af fræi innlendra tegunda á markaði. Lítil hefð fyrir söfnun fræs í uppgræðsluverkefnum. Vantar betri þekkingu á notkunarmöguleikum margra tegunda
Nokkuð örugg leið til að koma ýmsum tegundum á legg; mest reynsla af víðitegundum. Má nota með þekjusáningum sem verja yfirborð jarðvegs fyrir rofi og frosti	Frostlyfting og rof geta valdið afföllum. Hugsanlega hægt að draga úr slíkum vandamálum með heypakningu eða þekjusáningum. Vantar staðarreynslu af fjölgun fleiri tegunda með þessum hætti
Ver yfirborð jarðvegs fyrir rofi og frosti, leggur til fræ og lífrænt efni og „veiðir“ fræ af staðargróðri	Fræmagn og tegundasamsetning er háð sláttutíma þar sem mismunandi tegundir þroska fræ á mismunandi tímum. Dreifing fræslægju úr graslendi hefur gefið góða raun en fræslægja úr lyngmóa síðri. Vantar reynslu af notkun fræslægju úr fleiri gróðurlendum
Flýttir landnámi mosa og getur hentað vel við vegi sem liggja í gegnum nútímahraun eða annars staðar þar sem mosar eru áberandi í gróðurfari	Landnám er mjög háð aðstæðum; fok og vatnsrennsli getur skapað vandamál á sléttu yfirborði og rannsóknir sýna að landnám hraungambra er árangursríkara á vikri en í mold. Vöxtur mosans getur verið hægur til að byrja með
Svarðlagið er aðgreint frá undirliggjandi jarðvegi dreift strax eða haugsett. Við frágang er svarðlagi dreift á yfirborðið ofan á neðri jarðvegslög. Svarðlagið inniheldur frjósamasta hluta jarðvegsins og getur flýtt landnámi staðargróðurs	Þar sem jarðvegur er grunnur getur afnám svarðlags verið vandasamt og seinlegt. Talsverður flutningskostnaður og takmarkað geymsluþol. Viðbótarsáning og áburðargjöf, einkum í frjósömu landi, getur leitt til myndunar þéttrar gróðurþekju sem hamlar landnámi staðargróðurs. Rasktegundir úr fræforða geta orðið áberandi
Fljótleg leið til að koma staðargróðri á legg, m.a. smárunnum sem erfitt getur verið að fjölga á annan hátt. Mynda fljótt gróðurhulu með svipaðri áferð og grenndargróður ef uppgræðslusvæðið er að mestu þakið með torfum (torfuhlutfall 1:1 til 1:2). Nota má strjállu torfur til að auka líffræðilega fjölbreytni á uppgræðslusvæðum en þá eru aðrar uppgræðsluáðgerðir yfirleitt notaðar samhliða	Eins og við notkun svarðlags geta afnám og útlögn verið vandasöm, flutningskostnaður hár og geymsluþol takmarkað. Æskileg torfustærð er háð gróðurlendi; 5 cm torfur nægja fyrir graslendi en lágmarkspvermál fyrir torfur úr lyngmóa er 20-30 cm. Ef yfirborðið er mjög óstöðugt má nota þekjusáningar með torfunum



Mynd 5. Vinstri myndin sýnir vegfláa í Borgarfirði sem græddur var upp með grassáningu og áburðargjöf fáum árum áður en myndin var tekin en hægri myndin sýnir eldri uppgræðslu eftir vegagerð á svipuðum slóðum. Þar hefur sáðgresið hörfað að mestu og margvislegur staðargróður numið land, til dæmis beitilyng, mosar og fléttur.

hindri landnám staðargróðurs. Þéttleiki sáningarinnar og áburðargjöf geta einnig skipt máli í þessu sambandi. Til dæmis var neikvæð fylgni á milli þekju grasa og þéttleika fræplantna af lyng- og runnategundum í nýlegri íslenskrri rannsókn,¹⁰ sem sýnir að uppgræðsluáðgerðir er leiða til mikillar þekju grasa hindra landnám staðargróðurs. Þekjusáningar þarf því að skipuleggja með hliðsjón af umhverfisaðstæðum og eiginleikum viðkomandi tegunda og fara varlega í áburðargjöf á frjósömum svæðum. Hafa þarf í huga að ending sáðgresis minnkar með aukinni hæð yfir sjó¹³ en einnig má búast við því að landnám staðargróðurs og gróðurframvinda séu hægari á hálendi en á láglandi.⁸⁸

Við grassáningar til uppgræðslu hér á landi er algengast að sá túnvingli, vallarsveifgrasi og einæru rýgresi, auk þess sem melgresi er notað á sandfokssvæðum³⁷ en við uppgræðslu vegkanta er mikið notuð sáðblanda með blöndu af túnvingli, vallarsveifgrasi og einæru rýgresi.¹⁰¹



Mynd 6. Uppgræðsla með melgresi til að draga úr sandfoki við Dettifossveg.



Mynd 7. Frækraur í nágreppi borgarinnar Anhalt í Þýskalandi. Þarna er ræktað fræ til sölu, og er það meðal annars notað til að auka líffræðilega fjölbreytni við við jaðra akurlendis. Til vinstri eru tegundir í hreinrækt en til hægri er akur með allmörgum tegundum til ræktunar sáðblöndu. Til að svona ræktun geti orðið að veruleika þarf öflugt rannsókn- og þróunarstarf.

Sáning innlendra tegunda

Eitt af því sem helst hefur takmarkað notkun innlendra tegunda í uppgræðslu hér á landi er lítið framboð af fræi þeirra á markaði. Melgresi er sú innlenda tegund sem mest og lengst hefur verið notuð og hefur Landgræðsla ríkisins þróað aðferðir til að safna melgresisfræi og hreinsa. Melgresið er einkum notað til að hefta sandfok, enda er það hávaxið og bindur sand vel, og hefur verið notað til að draga úr sandfoki við vegi (mynd 6). Vegna hættu á snjósöfnun hefur það þó að öðru leyti væntanlega takmarkað notagildi við uppgræðslu vegfláa. Birki er önnur innlend tegund sem talsvert hefur verið sáð hér, einkum í tengslum við landbótaskógrækt, og er fræið þá handtínt. Þá hefur Landgræðsla ríkisins stundað smávegis frærækt af innlendum túnvingli og innlendum belgjurtum en við vitum ekki til þess að það fræ hafi verið notað við uppgræðslu í tengslum við vegagerð. Í mörgum Evrópulöndum og í Norður-Ameríku er sáning innlendra tegunda við vegi hins vegar algeng og víða er fræframleiðsla af innlendum tegundum nokkuð öflugur smáíðnaður (mynd 7).⁹⁵

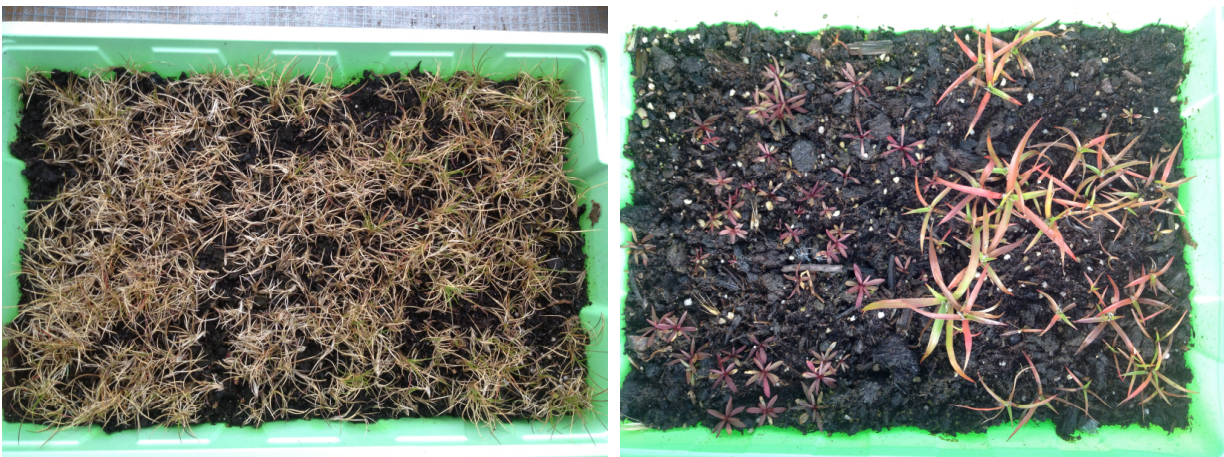
Við kaup á fræi innlendra plöntutegunda er mælt með að leggja áherslu á erfðabreytileika og að velja stofna sem aðlagaðir eru að aðstæðum á viðkomandi stað.^{59, 76} Við frærækt af innlendum tegundum væri því æskilegt að bjóða upp á mismunandi stofna eftir landshlutum og aðstæðum. Sumir af þeim grasstofnum sem hægt er að kaupa fræ af hafa að einhverju marki verið valdir með hliðsjón af því að hámarka eiginleika eins og spírun og vöxt; en bent hefur verið á að stofnar sem ræktaðir eru með hliðsjón af hámarksframleiðni geti haft takmarkað þol við þær erfiðu umhverfisaðstæður sem oft ríkja á uppgræðslusvæðum.^{76, 108}

Gera má ráð fyrir að erfðabreytileiki í ræktuðum stofnum minnki með tímanum og því er fræ sem safnað hefur verið í náttúrulegu gróðurlendi venjulega fjölbreyttara en fræ stofna sem ræktaðir hafa verið í einhvern tíma.⁷⁶ Við söfnun á fræi úr villtum stofnum er almenna reglan sú að hafa söfnunarsvæði eins nálægt notkunarsvæðum og kostur er.⁸⁶ Þetta er einkum mikilvægt ef erfðabreytileiki viðkomandi plöntutegunda er ekki vel þekktur.¹⁰⁷ Aðrir þættir sem æskilegt er að hafa í huga við val á söfnunarsvæðum eru gróðurfar,

jarðvegsgerð, landnotkun, aðgengi og hversu vel svæðið þolir fræsöfnun.

Hægt er að safna fræi margra tegunda með því að handtína það, en slíkt getur reynst seinlegt ef safna á miklu magni. Til eru lítil vélknúin fræsöfnunartæki (e. *hand held seed harvester*), sem líta svipað út og sláttuorf en í stað hnífa hafa þau burstu sem safna fræi í áfastan poka.³⁷ Þessi tæki er hægt að nota í þýfðu og ósléttu landi en fyrir land sem er sæmilega slétt og auðveldlega véltækt eru til afkastameiri vélar sem dregnar eru af dráttarvél (e. *pull type seed harvester* eða *pull type seed stripper*). Slíkar vélar duga þó væntanlega ekki á mjög lágvaxinn gróður og einnig þarf að hafa í huga að raska ekki viðkomandi gróðurlendi of mikið við söfnunina.

Í nýlegri rannsókn var prófað að safna fræi af allmörgum innlendum mólendis- og úthagategundum í nágrenni höfuðborgarsvæðisins, þau spírunarprófuð og gerðar tilraunir með að sá þeim í bakka, ýmist í hreinrækt eða sáðblöndum.³⁸ Lifun og vöxtur einstakra tegunda var afar mismunandi en þær sem stóðu sig best eftir eitt sumar voru vallhæra, ljósberi, fjalldalafífill, beityleng, blóðberg og kross- og gulmaðra. Hlutfall lifandi sáðplantna af þessum tegundum var á bilinu 10-30%, og meðalþekja 1-45% (mynd 8). Þessi rannsókn var hluti af MS verkefni Guðrúnar Óskarsdóttur, sem ályktaði að mögulegt væri að fjölga með fræi flestum tegundunum sem prófaðar voru. Í MS ritgerð hennar er að finna nokkuð ítarlega umfjöllun um eiginleika og notkunarmöguleika allra tegundanna sem hún prófaði.³⁸ Jón Guðmundsson⁵⁵ fékk sambærilegar niðurstöður við rannsóknir á notkun innlendra úthagategunda við uppgræðslu vegfláa: við haustsáningu úthagategunda urðu töluverð afföll á fræi en með slíkum sáningum var engu að síður hægt mynda fjölbreytt „blómaengi“ í vegfláum.



Mynd 8. Til vinstri má sjá bakka með blávingli og blöndu 12 innlendra tegunda en hægra megin er bakki með ljósbera (t.v.) og vallhæru (t.h.). Báðar myndirnar eru teknar í lok fyrsta ræktunarsumars.

Gróðursetning stiklinga/græðlinga og forræktaðra plantna

Hægt er að fjölga ýmsum tegundum með græðlingum eða stiklingum. Sú aðferð hefur hingað til einkum verið notuð hér á landi við fjölgun tegunda af víðiætt í skógrækt og í minna mæli í landgræðslu. Hægt er að gróðursetja stiklinga beint eða forrækta þá í lengri



Mynd 9. Leiðbeiningarit um notkun gulvíðis og loðvíðis til landgræðslu sem Landgræðsla ríkisins gaf út fyrir nokkrum árum.. Hægt er að nálgast ritið á heimasíðu stofnunarinnar (<http://www.land.is/baeklingar>).

eða skemmri tíma í gróðrastöð. Rannsóknir hafa sýnt að með forræktun má hraða landnámi og vexti víðistiklinga miðað við beina stungu⁶³ en nýrri gögn sýna að þessi munur jafnast út með tímanum (Kristín Svavarsdóttir, munnl. uppl.). Með beinni stungu má á hinn bóginn sleppa við kostnað vegna ræktunar, geymslu og flutnings og er þá mögulegt að gróðursetja stiklingana í sömu ferð og safnað er.

Fyrir nokkrum árum gaf Landgræðsla ríkisins út ítarlegar leiðbeiningar um fjölgun gulvíðis og loðvíðis⁶¹ (mynd 9) þar sem meðal annars er fjallað um fjölgun þessara tegunda

með stiklingum. Þær leiðbeiningar eiga einnig við um hinar innlendu víðitegundirnar, fjallavíði og grasvíði, sem eru lágvaxnari en gulvíðir og loðvíðir og henta því ef til vill betur til notkunar við vegi, þótt hávaxnari tegundirnar geti nýst ágætlega aðeins fjær þeim. Kosturinn við notkun stiklinga er meðal annars sá að tiltölulega auðvelt og fljótlegt er að safna stiklingaefnið og klippa niður og hægt er að gróðursetja í sömu ferð og safnað er. Þetta þýðir að víðistiklingar henta vel fyrir nýtingu á efni úr nágrenni framkvæmdarsvæða.

Ljónslappi gæti verið hentug tegund við vegi þar sem hann myndar þéttar en lágvaxnar breiður. Fyrir nokkrum árum var gerð tilraun með gróðursetningu ljónslappagræðlinga við frekar erfiðar aðstæður á sandmel.⁶⁴ Græðlingarnir voru útbúnir með því að skipta fullvaxta plöntum, þannig að hver græðlingur hafði stöngulbút, blöð, brum og smávegis af rótum. Gróðursetning græðlinganna gaf ágæta raun en lifun var háð áburðargjöf í upphafi. Einnig var prófað fjölga holtasóley á sama hátt en fáar holtasóleyjarplöntur lifðu meira en eitt ár.⁶⁴ Þar sem ræktun græðlinga virðist nokkuð auðveld leið til að fjölga ljónslappa væri áhugavert að kanna hvort ná megi meiri árangri af gróðursetningu ljónslappagræðlinga við betri vaxtarskilyrði.



Mynd 10. Krækilyng er dæmi um lágvaxna breiðumyndandi tegund sem gæti komið að notum við uppgræðslu vegsára.



Mynd 11. Frosthreyfingar í jarðvegi geta lyft stiklingum upp úr jörðinni sem leiðir oftast en ekki til dauða þeirra. Vinstri myndin sýnur nýgróðursettan víðistikling en hægri myndin sýnir unga víði-plöntu á sama svæði ári síðar. Örin vísar á rætur frá fyrra ári er bera vitni um hversu mikið plantan hefur lyftist yfir veturinn.

Heppilegt gæti verið að nota lágvaxnar, breiðumyndandi lyng- og runnategundir við uppgræðslu vegsára (mynd 10). Gróðurhúsatilraunir hafa sýnt að hægt er að fjölga ýmsum þeirra með græðlingum, svo sem krækilyngi, sortulyngi og bláberjalyngi.⁴³ Einnig fékkst prýðilegur árangur af gróðursetningu krækilyngs- og einigræðlinga í vegfláa á Nýfundnalandi í Kanada, einkum þar sem komið var í veg fyrir frostlyftingu með því að þekja jarðveg með heyi.⁶⁹ Áhugavert væri að kanna betur með tilraunum notkunarmöguleika ofangreindra tegunda við uppgræðslu á raski við vegagerð hér á landi.



Mynd 12. Hluti tilraunar á Geitasandi á Rangárvöllum þar sem meðal annars voru prófuð áhrif þess að þekja jarðvegsyfirborðið með heyi á árangur víðiræktunar (bæði bakkaplöntur og stiklingar). Gulu örvarnarnar vísa á meðferðir með heypakningu en rauðu örvarnar vísa á meðferð án heys.

Frostlyfting virðist vera talsvert vandamál við ræktun plantna af græðlingum á lítt grónu landi^{62, 63, 69} (mynd 11) en hægt er að bæta árangur gróðursetninga verulega með því að þekja jarðvegsyfirborðið með heyi^{63, 69} (mynd 12).

Í rannsókn Jóns Guðmundssonar⁵⁵ á aðferðum til uppgræðslu vegfláa með innlendum úthagategundum prófaði hann m.a. að rækta vallertu (fuglaertu), eyrarrós, baunagras, holtasóley, umfeðming, gulmöðru, giljaflækju og kattartungu til útplöntunar. Í flestum tilvikum lifði töluverður hluti plantnanna af og myndaði fræ. Það bendir til þess að mögulegt sé að nota þessa aðferð til að koma á legg fjölbreyttu samfélagi innlendra úthagategunda í vegfláum, en frekari rannsókna á markvissum leiðum til söfnunar, ræktunar og útplöntun innlendra tegunda er þörf. Jón prófaði einnig að flytja nokkrar villtar plöntutegundir frá gróðurlendi í næsta nágrenni við veg í vegfláa. Tegundirnar þöldu flutninginn misvel, kattartunga og grastegundir þöldu hann best en blóðberg, kornsúra, vallhæra og stinnastör þöldu flutninginn verst af þeim tegundum sem prófaðar voru.^{55, 56}

Aðferðir við töku og flutning stiklinga eru tiltölulega vel þekktar og reyndar. Til að hægt sé að nota græðlinga og flutning á stökum plöntum í stórum stíl þyrfti hins vegar að þróa fljólegar og öruggar aðferðir við nýtingu þessa efniviðs og kanna möguleika á að vélvæða það ferli að einhverju leyti.

Dreifing fræslægju

Hægt er að flýta landnámi staðargróðurs á röskuðum svæðum með því að dreifa slægju af staðargróðri sem ber með sér fræ og mosabrot og aðrar gerðir fjölgunareininga (mynd 13). Þessi aðferð hefur talsvert verið notuð við endurheimt gras- og blómlendis.⁵⁸ Stutt er síðan farið var að prófa hana markvisst hér hér á landi^{50, 51} þótt gamalt túnhey hafi lengi verið notað til uppgræðslu. Túnhey er hins vegar síðri frægjafi en slægja af staðargróðri, þar sem túnheyið inniheldur einkum fræ af ræktuðum grastegundum og geymsla getur dregið úr lifun fræsins. Þá er sláttutími túna oftast miðaður við fóðurgildi grasa, sem er mest fyrri hluta sumars áður en grös mynda fræ.⁵⁰ Bæði fræslægja og túnhey þekja hins vegar jarðvegsyfirborðið, veita skjól og verja það fyrir rofi og frosti, „veiða“ fræ af staðargróðri og leggja til lífrænt efni sem bætir frjósemi og vatnsheldni jarðvegsins og bætir þannig



Mynd 13. Tilraunareitur með fræslægju (vinstri) og sambærilegur reitur tveimur árum síðar (hægri) sem sýnir hvernig slægjan hefur örvað landnám staðargróðurs. Ljós. Járngerður Grétarsdóttir.⁵⁰

vaxtarskilyrði fyrir gróður.

Rannsóknir Járngerðar Grétarsdóttur⁵⁰ sýndu að dreifing fræslægju úr mosaríku graslendi jók mjög landnám staðargróðurs (mynd 13) en hins vegar skilaði dreifing fræslægju úr lyngmóa mjög takmörkuðu landnámi háplantna. Það voru einkum grasleitar tegundir og tvíkímblaða blómjurtir sem skiluðu sér í fræslægjureitum, svo sem vallhæra, blávingull, kornsúra, vegarfi, hálingresi og ljónslappi. Fræslægja skilar einnig miklu landnámi mosa og getur að auki stuðlað að landnámi sumra fléttutegunda.^{50, 51}

Hægt er að taka fræslægju frá söfnunarsvæði og dreifa beint á notkunarsvæði. Einnig má geyma fræslægjuna á söfnunarsvæði til þurrkunar og þá má annað hvort dreifa henni í heilu lagi eða þreskja heyið til að aðskilja fræið frá því.⁸⁶ Söfnunarsvæði ætti að velja út frá gróðurfari og best er að það sé sem styst frá dreifingarsvæði. Járngerður Grétarsdóttir⁵⁰ mælir með því að nota handsláttuorf með hnífi en ekki plastþræði, sem tætir gróðurinn meira og getur valdið tapi á fræi úr slægjunni. Að slætti loknum má safna slægjunni saman með laufhrífu. Í íslensku tilraununum var slægjunni dreift í hlutföllunum 1:1 þannig að tilraunareitirnir urðu alpaktir heyi^{50, 51} (mynd 13). Við erfiðar aðstæður veitir sjálfsagt ekkert af þessu, því lífmassinn ver jarðvegsyfirborðið og bætir vaxtarskilyrði. Þar sem skilyrði eru góð má þó ef til vill komast af með minna efni. Í tilraunum Járngerðar jókst þekja bæði háplantna og mosa hraðar ef slægjunni var safnað og dreift í lok ágúst samanborið við byrjun ágúst⁵⁰ en hafa skal í huga að fræþroski getur verið mismunandi milli svæða og eftir veðurfari. Söfnunarsvæðin náðu sér fljótt eftir sláttinn og tveimur árum eftir slátt voru lítil ummerki um hann sjáanleg. Járngerður bendir á að mikilvægt sé að gæta þess að slá gróður ekki of neðarlega til að hlífa smárunnum, mosum og fléttum.⁵⁰

Dreifing mosa

Mosar eru afar mikilvægir í gróðurfari landsins og þekja mosabembur sums staðar stór svæði (mynd 14). Taka þarf mið af þessu við uppgræðslu meðfram vegum sem liggja í



Mynd 14. Mosabembur eru einstök gróðurlendi sem geta verið áberandi í mörgum nútímahraunum og á hálandari svæðum.

gegnum svæði með ríkjandi mosagróðri, enda geta hefðbundnar grassáningar stungið mjög í stúf við mosagróðurinn. Reynslan hefur reyndar sýnt að hraungambri og aðrir mosar nema smám saman land af sjálfsdáðum í röskuðum hraunum, til dæmis meðfram vegunum í gegnum Skaftáreldahraunin og Svínahraun. Það ferli tekur áratugi en hægt er að hraða því með dreifingu mosagreina og -brota.^{9, 67, 90}

Hér á landi hafa einkum verið gerðar rannsóknir á leiðum til að fjölga hraungambra^{66, 67} sem er ríkjandi tegund í mosabembum nútímahrauna. Þar sem aðeins nokkrir efstu sentimetrarnir af hraungambragreinum eru lifandi verður nývöxtur eingöngu út frá efri hlutum þeirra; efsti sentimetrinn hefur mesta getu til að mynda nývöxt en ekki er að búast við neinum nývexti neðan þriggja sentimetra.⁶⁷ Dauði mosinn fyrir neðan eykur samt sem áður sennilega rakaheldni mosalagsins og getur þannig haft jákvæð áhrif á vaxtarmöguleika lifandi sprota.⁹⁰ Landnám hraungambra er mjög háð aðstæðum og er mun árangursríkara á vikri en í mold.^{66, 67, 90} Aðrar mosategundir sem prófað hefur verið að fjölga hér á landi eru melagambri, engjaskraut og tildurmosi og getur nývöxtur myndast á mun stærri hluta greina þessara tegunda en hjá hraungambranum, auk þess sem fjölgunargeta þeirra virðist talsvert meiri en hraungambrans.^{66, 67}

Mosunum má fjölga með því að dreifa heilum greinum^{9, 66, 90} en einnig hefur verið prófað að dreifa minni bútum (1 cm) af efsta hluta hraungambragreina.^{66, 67} Þá er einnig hægt að nota svokallaðan mosahræring (e. *slurry*) sem er búinn til með því að hræra mosagreinum (stundum tættar niður en það er ekki nauðsynlegt) saman við vatn eða súrmjólk^{66, 67} (mynd 15). Í tilraunum með mosahræring hafa lifun og vöxtur verið mest hjá engjaskrauti en minnst hjá hraungambra.⁶⁷

Hætta er á að mosabrot sem dreift er á raskað svæði tapist með vatni og vindum, einkum ef yfirborðið er slétt (mold) en þetta virðist síður vera vandamál þar sem yfirborðið er grófara, til dæmis vikur eða gróf mól.⁶⁷ Mosahræringur virðist loða betur við undirlagið en lausar greinar.⁶⁶ Nýjar rannsóknir benda til að hægt sé að flýta fyrir landnámi og þekjumyndun mosa sem dreift hefur verið á uppgræðslusvæði með því að dreifa þunnu lagi af slægju



Mynd 15. Vinstri myndin sýnir dreifingu á mosahræringi í rofbletti í mosabembu á Hellisheiði en sú hægri sýnir hraungambra að komast á legg í flagi þar sem mosahræringi var dreift tveimur árum áður. Ljósm. Magnea Magnúsdóttir/ON.



Mynd 16. Árangur af dreifingu slægju á malaryfirborð; myndin er tekin rúmu ári eftir dreifingu slægjunnar og var mosi þá ríkjandi í gróðurfari.

(fersku heyi) yfir mosabrotin.⁵¹ Vert er að minnast á að ýmsar aðrar aðferðir sem fjallað er um í þessu riti, svo sem flutningur fræslægju, dreifing svarðlags og dreifing gróðurtorfa, stuðla einnig að flutningi mosa (mynd 16).

Þar sem mosar hafa ekki eiginlegar rætur er afnám þeirra mjög auðvelt og má reyta þá með höndunum.⁹⁰ Þannig er mögulegt að safna mosa án þess að raska gjafasvæðinu mikið, einkum ef þess er gætt að safna litlum búntum (< 5-6 cm í þvermál) og loka holunni sem myndast við söfnunina með því að ýta mosabekjunni létt saman og jafna út misfellur.⁵¹ Við vegaf framkvæmdir þar sem óhjákvæmilegt er að raska mosabembum er hægt að safna mosa í stærri stíl úr vegstæðinu áður en raskið hefst og má þá á skömmum tíma ná í efni sem hægt er að nota til að græða upp talsvert svæði.

Ef geyma þarf mosann má haugsetja hann en þá þarf að gæta þess að vatn safnist ekki fyrir í haugunum og að þeir séu ekki það þykkir að mosinn hitni.⁹⁰ Við uppgræðslu vegkanta við Bláalónsveg⁹⁰ var hraungambri reyttur í lok apríl og lagður í garð við hlið framkvæmdarsvæðisins en fluttur á sérstakt geymslusvæði um miðjan maí. Þar var mosinn geymdur í 40-50 cm þykkum haugum ofan á hrauni sem sléttað hafði verið með jarðýtu þar til honum var dreift í vegkantana í ágúst. Yfirborð geymslusvæðisins var gljúpt og regnvatn safnaðist því ekki fyrir í mosanum auk þess sem þykkt hauganna var nógu lítil til þess að loft gæti leikið um þá. Mosinn virtist ekki hafa orðið fyrir merkjanlegum skemmdum af völdum vatns eða hita og töluvert af lifandi sprotum var að finna í vegköntunum ári síðar.⁹⁰ Æskilegt væri að gera frekari rannsóknir á möguleika á geymslu mosagreina við mismunandi aðstæður, á öðrum tímum árs og fyrir mismunandi tegundir.

Hægt er að dreifa mosagreinum handvirkt (mynd 17). Mosahræringi má dreifa með dælingu en varast ætti að nota þrýsting, til að draga úr hættu á að frumur mosans drepist vegna snöggra þrýsingsbreytinga.⁹⁰



Mynd 17. Vinstri myndin sýnir dreifingu mosagreina haustið 2008 yfir gamla námu á Hellisheiði sem búið var að jafna og dreifa vikri yfir. Hægra megin er nærmynd frá svæðinu sem tekin var haustið 2009 og sýnir hraungambragreinar er teknar voru að vaxa.

Notkun á efni úr vegstæði

Á síðustu árum hefur aukist áhugi á að nýta gróður og jarðveg sem fjarlægja þarf við mannvirkjagerð til uppgræðslu að framkvæmdum loknum.^{2, 36} Sú aðferð getur stuðlað að hraðri endurheimt staðargróðurs og sparað kaup á aðfluttu efni til uppgræðslu, svo sem áburði og fræi.^{3, 11, 60, 88} Algengast er að nýta efnið með því að (A) aðgreina svarðlagið frá undirliggjandi jarðvegi og haugsetja sér en síðan dreifa svarðlaginu aftur yfir undirliggjandi jarðveg við frágang á svæðinu; eða (B) flytja heilar torfur af gróðursverðinum á uppgræðslusvæðið þar sem þær eru ýmist lagðar nokkuð samfelld (þakningarhlutfall nálægt 1:1) eða gróðursettar strjálá yfir stærra svæði. Hér á eftir er gerð nánari grein fyrir þessum aðferðum.

A. Dreifing svarðlags

Gróðursvörður og efsta lag jarðvegs (um það bil 20 cm) mynda svarðlag. Svarðlagið inniheldur plöntu- og rótarhluta, fræ og gró, næringarefni, smádýr og örverur sem geta örvað myndun virkra vistkerfa eftir rask.^{60, 83} Hjúft yfirborð svarðlagsins býður einnig upp á örugg set fyrir fræ og stuðlar þannig að landnámi staðargróðurs.¹⁰ Þessi aðferð hefur reynst vel við vegagerð í Noregi⁶⁰ og áhugi hefur verið á að nota hana hérlandis.^{36, 41} Sem dæmi má nefna að við uppgræðslu í kjölfar lagningar Dettifossvegar og Lyngdalsheiðarvegar var, a.m.k. að einhverju leyti, notast við svarðlag¹⁰² en áhrif þeirra aðgerða á gróðurfar vegfláanna hafa ekki verið mæld.

Útjöfnun svarðlags án annarra uppgræðsluaðferða er möguleg ef hætta á rofi er lítil, geymslutími stuttur og svarðlagið er ekki geymt í of þykkum haugum.⁶⁰ Þá er efstu jarðvegslögunum haldið til haga á meðan framkvæmdum stendur og svarðlaginu síðan komið fyrir á raskaða svæðinu. Fræ og plöntuhlutar sem fylgja svarðlaginu stuðla síðan að uppgræðslu auk fræregns frá umhverfinu.^{2, 73} Norsk rannsókn á uppgræðslu vegfláa með svarðlagi úr vegstæði sýndi að með því að dreifa 0,1 m svarðlagi ofan á neðri lög jarðvegs



Mynd 18. Yfirlitsmyndir yfir tilraunareiti í rannsókn á mismunandi uppgræðsluaðferðum með svarðlagi.^{3, 10} Meðferðir (frá vinstri til hægri) eru svarðlag, svarðlag+áburðargjöf og svarðlag+áburðargjöf+sáning grasfræs. Neðri myndirnar sýna gróðursvörð viðkomandi reita.

fékkst ásættanlegt, náttúrulegt útlit vegfláagróðurs tveimur árum eftir útjöfnun þess og framvinda var þá á góðu skriði í átt að gróðurfari umhverfisins.⁹⁴

Tilraun með nýtingu svarðlags við uppgræðslu var gerð í Hálsasveit í Borgarfirði á árunum 2005-2012.^{3, 10} Þar var prófað að dreifa svarðlagi úr mólendi yfir undirliggjandi jarðveglög með eða án uppgræðsluaðgerða (áburður og áburður+fræ); og til samanburðar voru prófaðar mismunandi uppgræðsluaðferðir á undirlagi þar sem svarðlagi hafði verið blandað saman við undirliggjandi jarðveglög (mynd 18). Sú tilraun sýndi að dreifing svarðlags ein og sér getur dugað til uppgræðslu raskaðra svæða þó áburðargjöf flýtti myndun gróðurþekju.¹⁰ Svarðlagið örvaði myndun gróðurþekju samanborið við meðferðir þar sem svarðlagi var blandað saman við undirliggjandi jarðveglög og flestar tegundir staðargróðurs fundust í svarðlagsmeðferðum þar sem ekki var beitt grassáningum. Það kom bæði til af því að einstakar plöntur eða plöntuhlutar svarðlagsins lifðu flutninginn af þar sem svarðlaginu var haldið sér (Ása L. Aradóttir, óbirt gögn) en einnig var meira landnám úr fræforða í svarðlagsmeðferðum en í meðferðum með jarðvegsblöndu.⁵⁴ Rannsóknir Jóns



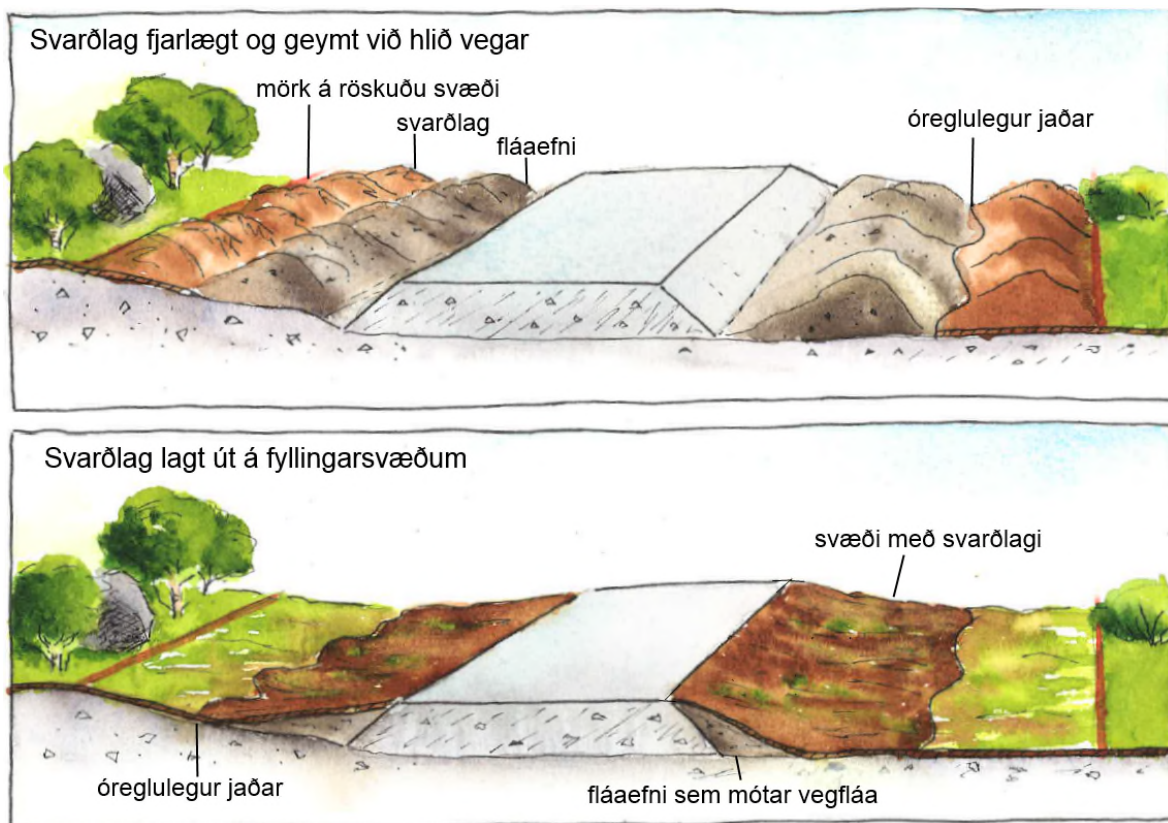
Mynd 19. Fimm ára gamall tilraunareitur á Hellisheiði þar sem tættri gróðurtorfu var dreift yfir ógróinn vegfláa í hlutföllunum 1:50 (0,04 m² torfa á 2 m² reit).

Guðmundssonar⁵⁶ hafa hins vegar bent til þess að fræforði í jarðvegi skipti minna máli en lifandi plöntur og plöntuhlutar þegar kemur að uppgræðslu vegfláa. Í tilraunum á Helligsheiði þar sem gróðurtorfur úr graslendi og mólendi voru tættar niður og dreift yfir vegfláa í hlutföllunum 1:50 voru grastegundir, vallhæra og vegarfí þær háplöntutegundir sem helst numu land; en á hinn bóginn örvaði dreifing svarðlagsins mjög landnám mosa^{4,5} (mynd 19).

Í tilrauninni í Hálsasveit sem lýst er hér að ofan^{3,10} leiddi sáning grastegunda með svarðlagi til myndunar á þéttri grasþekju (mynd 18) sem kom í veg fyrir landnám staðargróðurs og útrýmdi sumum staðartegundum; sáningin virtist því fremur vera til óþurftar en hitt. Á þeim sex árum sem fylgst var með tilrauninni þróaðist gróðurfar allra tilraunameðferðanna í átt að upprunalega gróðrinum, og átti það einkum við um meðferðir með svarðlagi.

Afnám, geymsla og útjöfnun svarðlags

Æskilegt er að hugað sé að notkun svarðlags til uppgræðslu strax við skipulag mannvirkjagerðar. Grjót takmarkar afnám svarðlags með vinnuvélum og mjög seinlegt getur verið að fjarlægja svarðlagið ef svæðið er mjög grýtt.¹⁰⁶ Því er mikilvægt að kanna jarðvegsgerð við undirbúning framkvæmda þar sem fjarlægja þarf svarðlag og gera viðeigandi ráðstafanir fyrir verklýsingu ef mikið grjót er á svæðinu. Við afnám svarðlags til uppgræðslu vegna lagningar Dettifossvegjar var til dæmis miðað við að fara ekki niður fyrir þúfnapykkt í þýfðu landi.¹⁰²



Mynd 20. Geymsla (a) og útjöfnun (b) fláaefnis og svarðlags við vegagerð (byggt á Kongsbakk & Skrindo⁶⁰).

Mælt er með því að afnema svarðlag (u.þ.b. 20 cm þykkt) og haugsetja við mörk framkvæmdarsvæðis á meðan á framkvæmdum stendur og síðan fjarlægja og haugsetja neðri jarðvegsög^{36,60} (mynd 20). Þegar búið er að leggja veginn er neðri lögum jarðvegsins og loks svarðlagi jafnað út yfir raskaða svæðið sem á að græða upp. Til þess að ásýnd svæðisins verði sem náttúrulegust í kjölfar uppgræðslunnar er mælt með því að hafa mörk vegfláans óregluleg í stað þess að hafa þau í beinni línu.⁶⁰

Geymsla svarðlags getur valdið rýrnun, til dæmis vegna þess að jarðvegurinn getur fokið eða runnið burt í roki og rigningum.⁹⁴ Auk þess skaðar geymsla svarðlagsins lifun plöntuhluta og spírunarhæfni þess fræs og fjölgunareininga sem þar er að finna.⁸³ Niðurstöður norskra rannsókna benda til þess að haugarnir ættu ekki að vera þykkari en 2-3 m.⁶⁰ Til þess að lágmarka geymslutíma svarðlags sem nota á til uppgræðslu vegna rasks í tengslum við mannvirkjagerð er æskilegt að áfangaskipta framkvæmdinni⁶⁰ og jafnvel ganga frá eldri svæðum jafnóðum með svarðlagi yngri svæða (haugsetja aðeins svarðlag fyrsta áfangans).³⁶

Gera má ráð fyrir að haugsetning svarðlags hafi minni áhrif á lifun fræs og annarra fjölgunareininga á veturna en innan vaxtartímans. Því er æskilegt að afnema svarðlag síðla hausts eða snemma vetrar og dreifa úr því snemma vors, áður en gróður tekur við sér.³⁶ Mikilvægt er að fara vel með svarðlagið, leggja það ekki niður í óþarflega þykkum lögum eða þannig að ræturnar snúi upp.⁶⁰ Vegna umferðaröryggis er varasamt að dreifa svarðlagi með stórum rötum, greinum eða grjóti alveg við vegöxl. Þar sem svarðlag er lagt í mikinn halla getur hluti jarðvegsins runnið eða fokið burtu⁶⁰ eins og gerðist t.d. á hluta uppgræðslusvæðis Lyngdalsheiðarvegar þar sem jarðvegur mettaðist af vatni vegna vatnsrennlis í jarðvegi sem endaði með jarðvegsskriði.¹⁰⁶ Í slíkum tilvikum mætti koma í veg fyrir vatnsrof með því að annað hvort koma fyrir ræsi eða setja grjótfyllingu í brekkuna undir lausa svarðlagið og passa að láta það ná aðeins fyrir ofan svarðlagið svo að afrennslisvatn frá hlíðinni fyrir ofan renni í gegnum grýtta lagið en ekki yfir svarðlagið.⁶⁰

B. Flutningur á heilum gróðurtorfum

Ein fljótlegasta leiðin sem kostur er á til að endurheimta náttúrulegt gróðurfar á svæðum sem raskað er við mannvirkjagerð er að halda til haga heilum torfum úr staðargróðri og leggja út við uppgræðslu^{5,11,16} (mynd 21). Þessi aðferð er ýmist notuð til að „bjarga“ eða endurheimta fljótt heil gróðurlendi eða hluta þeirra og eru þá notaðar stórar torfur með mikla þakningu,¹¹ eða til að auka líffræðilega fjölbreytni á uppgræðslusvæðum með torfum er virki sem upptakablettir fyrir staðargróður en þá eru notaðar minni torfur sem dreift er yfir stærra svæði.⁵



Mynd 21. Gróðurtorfa úr lyngmóa sem gróðursett var í vegfláa á Hellisheiði rúmum fimm árum áður en myndin var tekin.

Mynd 22. Vegflái á Hellisheiði sem græddur var upp með ferskum gróðurtorfum fimm árum áður en myndin var tekin..



Í nýlegri rannsókn á gróðurfari vegfláa Hverahlíðarvegs á Hellisheiði,¹¹ sem græddur var upp með ferskum gróðurtorfum úr vegstæði (>0,5 m í þvermál, 0,1-0,5 m að þykkt), var endurheimt fjölbreytts plöntusamfélags hröð: eftir fimm ár var heildarþekja gróðurs í vegfláa 93% af þekju nærliggjandi gróðurlendis með 85% af háplöntutegundum þess og féll vegfláinn vel inn í umhverfið (mynd 22). Vöxtur og þekja grasa var þó meiri í vegfláanum en grenndargróðri, sem má væntanlega rekja til þess að rask við flutninginn hraðar niðurbroti lífrænna efna í torfunum og við það losna næringarefni sem grös eru fljót að nýta sér.¹¹

Tilraunir með flutning á misstórum gróðurtorfum á Hellisheiði sýndu að æskileg lágmarksstærð torfanna fer eftir gróðurfari og þeim tegundum sem verið er að sækjast eftir.^{4,5} Fyrir lyngtegundir og aðra smárunna þurftu torfurnar að vera að lágmarki 20-30 cm í þvermál til að tryggja væri að tegundir eins og t.d. krækilyng og bláberjalyng lifðu og döfnuðu. Hins vegar mátti nota mun minni torfur, allt niður í 5 cm í þvermál, fyrir grastegundir (mynd 23)



og myndaðist nær samfelld þekja grasa á fáum árum þar sem litlar graslendistorfur voru gróðursettar með 50 cm millibili (hlutfall þakningar 1:50). Í þessari tilraun voru torfurnar 10 cm þykkar; sem ætti að duga fyrir bæði grös og lyngtegundir en t.d. hjá krækilyngi er flestar hliðarrætur að finna í efstu 10 cm jarðvegsins.^{17, 57} Hugsanlega mætti nota eitthvað þynnri torfur fyrir graslendi, en 10 cm er líklega lágmarksþykkt fyrir lyngmóatorfur.

Mynd 23. Tilraunareitur á Hellisheiði þar sem nokkrar 5x5 cm graslendistorfur voru gróðursettar í fjórum árum áður en myndin var tekin.

Afnám og útlagning á gróðurtorfum

Þar sem yfirborð er nokkuð slétt, lítið um stórt grjót og gróðurþekja þétt og samhangandi má nota sérstaka þökuskurðarvél til að skera gróðurtorfið í rúllur.²⁶ Þar sem þetta er ekki mögulegt má t.d. nota skóflur á dráttarvélum eða á belta- og hjólagröfum, helst með beittum köntum svo að þær skeri torfið frekar en að rífa það. Stærð og þykkt torfanna hefur einnig áhrif á flutning og meðhöndlun þeirra en með notkun vinnuvéla geta þær verið alltt að 1 m² að flatarmáli og 30 cm þykkar.²⁶ Torfur sem skornar eru með skóflum af grófum svæðum í grýttum jarðvegi eru efnismeiri og þyngri en torfur sem skornar eru með þökuskurðarvél sem eykur kostnað við flutning. En þetta þarf ekki að vera vandamál ef torfurnar eru notaðar á staðnum; stórar skóflufyllur af torfi geta gefið mjög góðan árangur þar sem mikilvægt er að framkvæmdir falli vel inn í grenndargróðurinn, ekki síst ef runnar eru ríkjandi í gróðurfari (mynd 24).

Ákjósanleg stærð gróðurtorfa fer eftir markmiði uppgræðslunnar og ríkjandi tegundahópum: búast má við skjótri endurheimt mosa ef torfurnar eru tættar, grös ná sér fljótt á strik í litlum torfum (5x5 sm), en smárunnar þurfa stærri torfur (a.m.k. 20-30 cm í þvermál).⁵ Þykkt gróðurtorfa skiptir líka máli en því þynnri sem torfurnar eru því meiri hætta er á því að þær rifni í sundur eða þorni upp.²⁶

Æskilegt er að flytja torfurnar á viðtökustað strax eftir afnám.²⁶ Tegundum fækkar heldur og tegundasamsetning breytist við geymslu, auk þess sem hætta er á að tegundir á geymslusvæði sái sér inn í torfurnar.²⁶ Erlendar rannsóknir á túnþökum hafa sýnt fram á verulegar skemmdir og minni endurvöxt eftir 72 klukkustunda geymslu í stöflum, sem gerist vegna þess að torfurnar hitna í stöflum og rúllum sem ekki er loftað um — sem getur leitt til skemmda eða jafnvel dauða plantnanna í torfunum.⁴⁸

Við vélskurð á torfum eru gjarnan útbúnar stórar rúllur sem auðvelt er að rúlla út aftur. Einnig hefur reynst vel að koma gróðurtorfum fyrir á brettum, pöllum eða plötum með sléttu yfirborði við flutning á geymslu- eða uppgræðslusvæði vegna þess að þá er auðveldlega hægt að renna torfunum af þar sem á að setja þær niður.²⁶ Mikilvægt er að



Mynd 24. Dæmi um notkun á stórum gróðurtorfum til að græða upp aflagða vegi. Myndirnar eru teknar um 1000 m hæð yfir sjó í Hjerkinni í Noregi. Vinstri myndin sýnir fyrrum vegstæði þar sem burðarlagið var fjarlægt og gróðursettar skóflufyllir af gróðursverði úr aðliggjandi gróðri. Þannig fékkst ekki aðeins efniviður til uppgræðslu, heldur náðist að brjóta upp beina jaðra. Hægri myndin sýnir aflagðan veg sem meðhöndlaður var á svipaðan hátt um áratug áður. Í því tilfelli var burðarlagið þó ekki fjarlægt þannig að veglínan sést áfram í landslaginu.

geyma torfur ekki í rúllum eða stöflum nema í örfáa daga og rúlla þeim út ef þörf er á lengri geymslu. Vel hefur reynst að geyma torfurnar á vörubrettum með áföstu byggingarplasti en plastið ver torfurnar auk þess sem það hjálpar til við að renna torfunum af brettunum.²⁶ Ýmsar leiðir hafa verið prófaðar til þess að auka geymsluþol gróðurtorfs; í einni tilraun var gróðurinn meðhöndlaður með salísýlsýru (sem hefur áhrif á vöxt plantna) tíu dögum áður en torfið er skorið og skilaði sú meðhöndlun meiri ljóstillífun og rótarvöxt gróðursins eftir útlögn torfsins heldur en þegar engri meðhöndlun var beitt.²⁸

Leitast skal við að hafa flutning á gróðurtorfum sem stystan vegna flutningskostnaðar, til þess að lágmarka afföll í gróðurtorfum og til þess að draga úr áhættu af innflutningi tegunda sem ekki eiga náttúrulega útbreiðslu á viðkomandi svæði. Gróðurtorfur sem numdar eru af framkvæmdarsvæði ætti að geyma á framkvæmdarsvæðinu sjálfu eða sem næst því en forðast skal að kæfa undirliggjandi gróður á geymslusvæði. Þá þarf að gæta þess að torfurnar verði ekki fyrir vinnuvélum á framkvæmdartíma. Hentugt undirlag fyrir geymslu gróðurtorfa er mól, sandur eða álíka ófrjór jarðvegur og nauðsynlegt getur verið að setja jarðvegsdúk undir torfurnar til að þær róti sig síður á geymslusvæðinu.²⁶

Við stærri og tímafrekari vegaframkvæmdir, þar sem ekki væri mögulegt að setja gróðurtorfur á endanlegan stað skömmu eftir afnám, mætti áfangaskipta framkvæmdinni og uppgræðslunni líkt og rætt var um fyrir svarðlagið hér á undan. Slíkt mætti útfæra á tvenna vegu. Annars vegar væru aðeins gróðurtorfur fyrsta áfanga framkvæmdarinnar geymdar en síðan yrðu gróðurtorfur sem fjarlægðar væru fyrir næsta áfanga lagðar beint í vegfláa fyrsta áfanga o.s.frv.³⁶ Hin aðferðin er í raun sú sama og beitt er við smærri framkvæmdir þar sem vegfláar hvers áfanga yrðu græddir upp um leið og framkvæmdum á því svæði lýkur. Þá eru torfurnar aðeins geymdar í stuttan tíma til hliðar við veg eða á geymslusvæði, sem tryggir að gróðurtorfur séu lagðar út eins nálægt afnámssvæði og kostur er.

Til að draga úr kostnaði eru gróðurtorfur oft lagðar út þannig að þær myndi ekki strax samfellda þekju heldur eru höfð bil á milli þeirra sem gróðurinn vex síðan yfir með tímanum. Í þeim tilvikum þar sem markmið torfluflutningsins er einkum að styrkja náttúrulega líffræðilega fjölbreytni má þakningarhlutfall torfanna vera lágt (1:10 til 1:100 eða jafnvel lægra) en þá getur þurft að draga úr rofhættu og bæta skilyrði fyrir landnám og vöxt staðargróðurs á milli torfanna með því að beita hefðbundnum uppgræðsluáðgerðum.^{4,5} Þó þarf að fara varlega í slíkar áðgerðir, því litlir skammtar af áburði geta breytt tegundasamsetningu mólendisgróðurs⁷⁷ og áburðargjöf ætti að vera óþörf þar sem torfuhlutfallið er hátt (1:2 til 1:1). Þar sem þörf er talin á mætti hins vegar halda til haga jarðvegi undan torfunum og nota sem undirlag í vegfláa sem græddur er upp með gróðurtorfum úr vegstæðinu.²⁶ Þetta er ekki nauðsynlegt þegar um er að ræða torfur úr mólendi og mosaríku gróðri og dæmi eru um að uppgræðslur þar sem gróðurtorfurnar eru lagðar beint á mól í vegfláa stuðli að hraðri endurheimt staðargróðurs.¹¹ Varast skal að þjappa torfurnar eftir að búið er að leggja þær út; slíkt ætti ekki að vera nauðsynlegt og getur haft skaðleg áhrif á mosa og fleiri tegundahópa.¹¹

Kaup á margvíslegum torfum getur verið þægilegur kostur við ýmsar framkvæmdir og hefur að minnsta kosti einn aðili selt gróðurtorfur af úthagagróðri hér á landi (www.torf.is). Hins vegar þarf að huga að ýmsum þáttum við slík kaup; meðal annars tegundasamsetningu torfanna, hvernig landi þær eru teknar af, flutningskostnaði, o.s.frv. Þá þurfa torfurnar að

vera nógu þykkar til að meginhluti rótakerfis viðkomandi tegunda fylgi með. Einnig skal hafa í huga að með torfum úr mismunandi gróðurlendum geta borist plöntutegundir sem ekki eru hluti af staðargróðrinum, ekki síst ef þær eru fluttar yfir langan veg — með tímanum gætu þær dreifst út frá torfunum og jafnvel orðið ágengar. Margvíslegar aðrar lífverur berast einnig með torfunum, til að mynda örverur og skordýr, sem margar eru væntanlega gagnlegar en einnig er möguleiki á að einhverjir skaðvaldar fljóti með. Slíkt er síður vandamál þar sem notaðar eru torfur af viðkomandi framkvæmdarsvæði. Þá er mikilvægt að hafa í huga að ekki ætti að raska náttúrulegum gróðursverði að óþörfu og almennt er ekki réttlætjanlegt að raska heilu landi til að græða upp annars staðar.

Líta ber á gróður og svörð sem fjarlægja þarf við mannvirkjaframkvæmdir sem verðmæta uppsprettu staðargróðurs er halda ber til haga og nýta við frágang svæðanna. Þar sem gróðurtorfur eru lagðar nokkuð samfellt út mynda þær gróðurþekju og ásýnd sem er í samræmi við grenndargróður skjótar en aðrar aðferðir sem eru í boði. Þó að flutningur gróðurtorfa, geymsla og útlögn geti verið frek á vinnuafl og tíma þurfa þær lítið sem ekkert viðhald eftir að búð er að koma þeim fyrir og þær geta því til lengri tíma séð verið hagkvæmur kostur, sérstaklega ef vistkerfisþjónusta sem uppgrædd svæði veita er tekin með í reikninginn.

Sjálfræðsla

Ef ekki er beitt neinum inngrípum til að græða upp röskuð svæði er í raun treyst á sjálfræðslu; það er að plöntutegundir sem vaxa í nágrenninu dreifist sjálfkrafa inn á svæðið og nemi þar land. Þessi leið er vissulega ódýrari og fyrirhafnarminni en þær sem fjallað er um hér að ofan en tekur yfirleitt lengri tíma en þegar ýtt er undir framvindu gróðurs með einhverjum inngrípum. Þá höfum við litla stjórn á framvindunni og hætta er á rofi þar sem jarðvegur er skilinn eftir berskjaldaður, ekki síst í halla. Örva má sjálfræðslu með því að slétta skerðingar ekki of mikið og viðhalda örlandslagi, því fræ, lífræn efni og vatn safnast fyrir og haldast betur á hrjúfu yfirborði en sléttu auk þess sem hrjúft yfirborð dregur úr rofhraða.¹⁰⁸ Sjálfræðsla er háð fræframboði og því hafa gróðurfar og landnýting grannsvæða mikil áhrif á hana (fræframleiðsla er til dæmis takmörkuð á nauðbeittu landi), auk landslagsþátta er hafa áhrif á dreifingu fræs. Framboð á næringarefnum og vatni, auk annarra þátta er hafa áhrif á vaxtarskilyrði plantna hafa einnig mikil áhrif á sjálfræðslu.

Í sumum tilfellum getur verið viðeigandi að sleppa inngrípum til að græða upp vegfláa og önnur vegsár og treysta á náttúrulega framvindu. Það getur meðal annars átt við þegar vegir eru lagðir um auðnir eða önnur svæði með mjög takmarkaða gróðurhulu þar sem iðagrænar uppgræðslur myndu stinga mjög í stúf við umhverfi sitt. Dæmi um tilvik þar sem náttúruleg framvinda var látin sjá um uppgræðslu eftir rask er frágangur Mjóanesnámu. Í því tilviki hafði efnistaka ekki mikil áhrif á ásýnd svæðisins og því ákveðið að láta nægja að endurmóta það eftir efnistöku og láta það síðan jafna sig sjálft.

Aðrar aðferðir

Þakning með lífrænu efni

Þar sem jarðvegsvernd hefur mikinn forgang, t.d. í miklum bratta, má þekja röskuð svæði með heyi eða öðru lífrænu efni (e. *mulching*) og binda þannig jarðveginn.⁶⁹ Heyþakning hefur reyndar talsvert verið notuð við uppgræðslu úthaga hér á landi; og meðal annars nota bændur talsvert heyfyrningar við uppgræðslu beitolanda og rofabarða (mynd 25). Þá getur heyþakning skipt sköpum varðandi árangur af gróðursetningu víðistíkinga og -plantna á örfoka landi⁶³ (mynd 12). Rannsóknir í Kanada hafa einnig sýnt að gróðursetning rættra krækilyngs- og einistíkinga með heyþakningu geti verið hagkvæm leið til uppgræðslu vegfláa.⁶⁹ Aðrar rannsóknir hafa sýnt jákvæð áhrif af lífrænni þakningu á lifun plantna í uppgræðslu með fræsáningu fyrstu árin eftir sáningu⁵⁹ og að hún hjálpar til við að halda niðri illgresi.⁷⁹ Þó verður að fara að með gát við notkun slíks efnis því komið hefur fyrir að það innihaldi eitruð efni sem hafa neikvæð áhrif á lifun og rótarvöxt plantna.⁶⁹

Lífræn þakningaefni leggja lífræn efni til jarðvegsins, auk næringarefna sem losna er þau rotna. Rotnunarhraðinn fer þó mjög eftir næringarinnihaldi efnisins og umhverfisaðstæðum; trjáskurl með lágu niturinnihaldi brotnar til dæmis mun hægar niður en næringarríkt hey — og niðurbrotshraðinn er að öllu jöfnu meiri eftir því sem umhverfið er rakara og heitara.

Þótt gamalt túnhey geti nýst vel sem lífræn þakning við uppgræðslu er það ekki ákjósanlegur frægjafi þar sem sóst er eftir að endurheimta staðargróður því það er líklegt til að innihalda fræ af túngrösum og jafnvel „illgresis-“ eða rasktegundum. Margir þættir hafa reyndar áhrif á það hversu mikið lifandi fræ er í heyinu, svo sem sláttutími, gróðurfar viðkomandi túns, verkun og aldur heysins. Þannig má búast við að hey sem slegið hefur verið snemmsumars, áður en flestar tegundir mynda fræ, innihaldi minna fræ en hey sem slegið hefur verið síðsumars; gamalt hey hafi minna lifandi fræ en nýrra, o.s.frv.



Mynd 25. Uppgræðsla rofabarða með því að dreifa úr gömlum heyrúllum í rofjaðrana. Myndin er tekin á Biskupstungnafrétti.

Áburðargjöf

Áburðargjöf er oft þáttur í öðrum aðgerðum, t.d. þekjusáningum, en áburðargjöf ein og sér er í vaxandi mæli notuð sem landgræðsluáðgerð er stuðlar að vexti og landnámi staðargróðurs.^{14, 37} Hún getur stuðlað að skjótri myndun gróðurhulu og hentað vel til uppgræðslu vegfláa þar sem jarðvegsvernd er mikilvægur þáttur og nóg er um fræupspretur í nágrenninu.⁸⁰ Hins vegar getur áburðargjöf valdið vandræðum ef í nágrenninu er að finna „illgresistegundir“ sem geta orðið allsráðandi í vegfláanum.⁸⁰

Ýmsar aðrar aðferðir við söfnun og dreifingu uppgræðsluefnis af staðargróðri

Þróaðar hafa verið fjölbreyttar aðferðir við að safna og dreifa uppgræðsluefni, aðrar en þær sem lýst er hér að ofan (tafla 2). Sumar hafa verið prófaðar hér á landi en árangur af notkun þeirra hefur yfirleitt ekki verið metinn formlega. Tilraunir sem prófa mismunandi aðferðir við mismunandi aðstæður eru mikilvægar til að auka þekkingu á möguleikum og takmörkunum einstakra aðferða. Einnig er mikilvægt að skrásetja og meta árangur af „raunverulegum“ uppgræðsluáðgerðum, því þannig bætast smám saman gagnlegar aðferðir í verkfæratoskuna.

Tafla 2. Ýmsar aðferðir við söfnun og dreifingu uppgræðsluefnis til viðbótar við þær sem lýst er í töflu 1 (byggt á Scotton o.fl.⁸⁶).

Aðferðir við söfnun uppgræðsluefnis

Þresking: Hey látið þorna á söfnunarsvæði eftir slátt og síðan þreskjað til þess að aðskilja fræið frá heyinu (e. *dry hay threshing*)

Þresking: Hey þreskjað strax eftir slátt á söfnunarsvæðinu (e. *on-site threshing*)

Fræsöfnun með bursta: Farið um söfnunarsvæði og gróður burstaður með bursta sem snýst og losar fræið frá stöngli (e. *seed-stripping*)

Fræbankasöfnun: Efni safnað úr efri jarðvegslögum sem innihalda fræ, æxlikorn og plöntuhluta (e. *topsoil stripping*)

Ryksugusöfnun: Farið um söfnunarsvæði með sérstaka ryksugu sem fangar fræ (e. *vacuum harvesting*)

Söfnun fræs úr hlöðum: Getur virkað þar sem tegundaríkt graslendi er notað við hefðbundinn búskap (e. *collection of hay flower*)

Rökun: Svæði með lágvöxnum gróðri er rakað til að safna blöndu af kynlausum hlutum mosa, fléttna og æðplantna ásamt fræi og hluta af fræbanka jarðvegs (e. *raking*)

Aðferðir við dreifingu uppgræðsluefnis

Handsáning

Vatnssprautusáning

Sáning með (grunnri) plægingu

Handdreifing heys/fræslægju

Blástur saxaðs þurrheys (sjá mynd 25)

Netlagning: Oft sett net yfir lífræn þakningarefni (e. *mulch*) til að varna því að þau fjúki

Dreifing jarðvegs og svarðlags með áburðardreifara

6.

k a f l i

Ýmis hagnýt atriði varðandi uppgræðslu

Áætlanagerð og atriði til umhugsunar

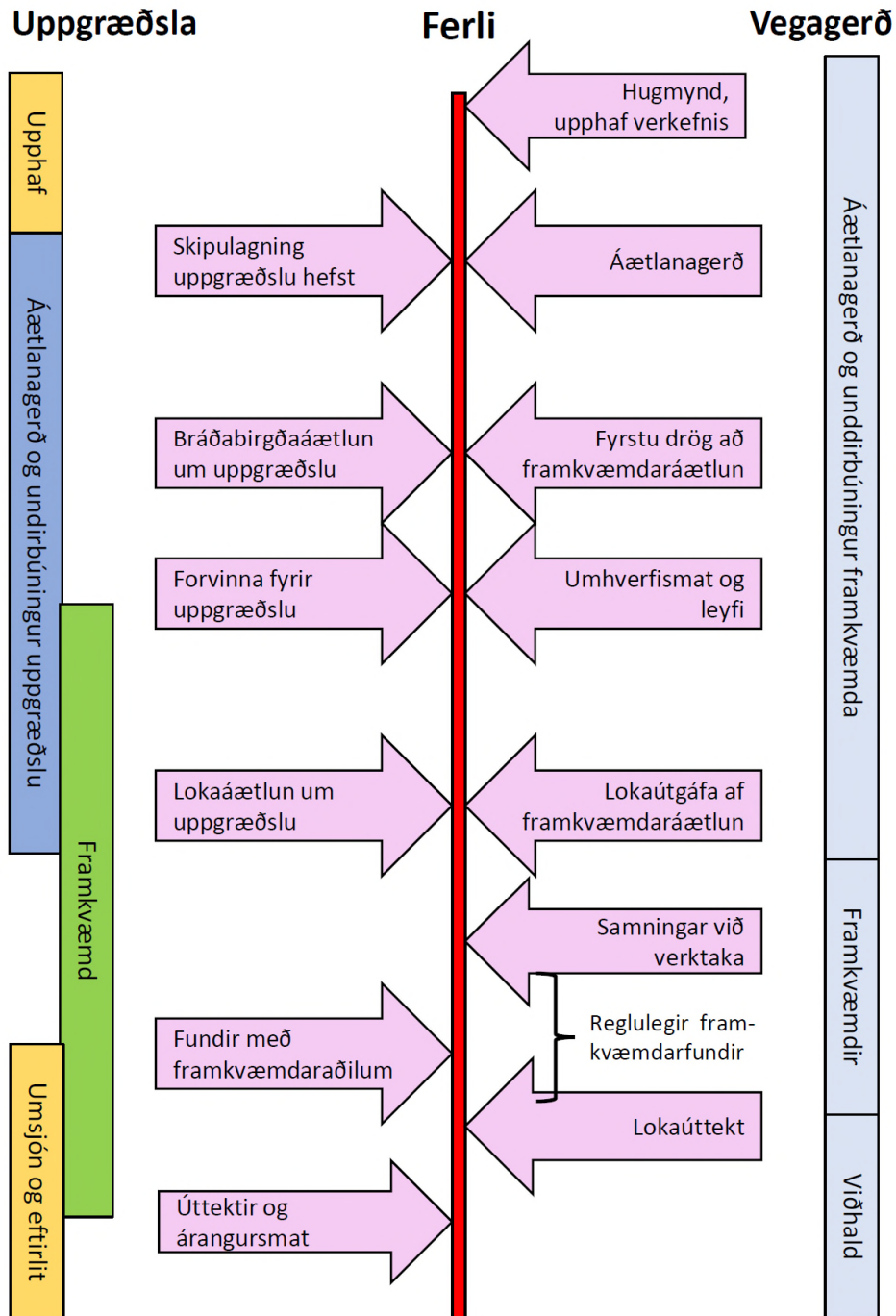
Góður undirbúningur og áætlanagerð geta fyrirbyggt óþarfa skaða á gróðri við mannvirkjaframkvæmdir.⁴⁵ Mikilvægt er að huga snemma að endurheimt staðargróðurs ef fyrirsjáanlegt er að vegagerð fylgi óhjákvæmilega rask á gróðri. Það er ekki nóg að byrja að huga að endurheimt eftir að áætlun um vegagerð hefur verið sett fram eða vegaf framkvæmdum jafnvel að öðru leyti lokið heldur þarf vistheimtin að vera órjúfanlegur hluti af hönnunar- og framkvæmdaferlinu^{95, 109} (mynd 26). Kortleggja þarf gróður og aðrar umhverfisaðstæður, bæði til að hægt sé að fella aðgerðir að aðstæðum á hverjum stað og til að halda utan um mögulegan efnivið, uppgræðsluframkvæmdir og viðhald.²

Þættir sem geta hindrað árangur

Ýmsir þættir geta hindrað árangur af endurheimt staðargróðurs. Mikilvægt er að reyna greina strax við áætlanagerðina hvaða þættir eru líklegir til að verða takmarkandi hverju sinni til að hægt sé að leysa þá og koma í veg fyrir vandamál.⁹⁵

Mannlegir þættir

Kostnaður, vinnuafli og framboð á viðeigandi tækjum og tólum takmarka helst endurheimt staðargróðurs í vegfláum og öðrum vegsárum⁵³ en slíkt ætti að vera hægt að leysa með því að hefja undirbúning nóg snemma og skipuleggja endurheimtina samhliða öðrum verkþáttum. Einnig getur skortur á tæknilegri þekkingu á þeim aðgerðum sem hægt er að beita, þeim vistkerfum sem á að endurheimta og vistfræðilegum aðstæðum á viðkomandi uppgræðslusvæðum leitt til erfiðleika eða jafnvel þess að vistheimtin misheppnist. Sem dæmi um algeng mistök vegna beitingu rangrar tækni má til dæmis nefna ónógan jarðvegsundirbúning, notkun gamals efnis með litla lifun, notkun sáningar-/dreifingaraðferða sem henta ekki á viðkomandi svæði, o.s.frv.⁸⁶ Þá getur skortur á faglegri



Mynd 26. Til þess að uppgæðsla í kjölfar rasks vegna mannvirkjaframkvæmdar verði sem skilvirkust er nauðsynlegt að samþætta hana við aðra þætti framkvæmdarinnar. (Mynd að miklu leyti byggð á Steinfeld o.fl.⁹⁵).

þekkingu orðið til þess að frekar er beitt hefðbundnum aðferðum, svo sem sáningu einsleitra grastegunda, þrátt fyrir að þær leiði síður til endurheimtar. **Það gildir um uppgæðsluþáttinn jafnt og alla aðra þætti mannvirkjagerðar að hann þarf að vera**

byggður á bestu faglegu þekkingu hverju sinni, vera vel skipulagður og það þarf að gera ráð fyrir honum í kostnaðaráætlun verkefnisins.

Viðhorf almennings getur haft áhrif á uppgræðsluverkefni. Til dæmis getur almenningur verið hikandi við að samþykkja vistheimtaraðgerðir sem fela í sér minna viðhald og náttúrulegra, „ósnyrtilegra“ útlit en hefðbundnar grassáningar sem slegnar eru reglulega.⁶⁵ Ráða má bót á þessu með því að upplýsa almenning um þá hugmyndafræði sem liggur að baki breyttum aðferðum og kosti þess að endurheimta staðargróður.⁶⁰ En jafnvel þar sem almenningur styður vistheimt getur skapast ósátt; þátttakendur í könnun sem var gerð í Englandi voru til dæmis jákvæðir gagnvart því að koma á legg mismunandi gróðurgerðum frekar en einsleitri sáðblöndu en studdu þó ekki hærri útgjöld til að bæta útlit vegfláa.¹ Því er mikilvægt að þróa og innleiða hagkvæmar aðferðir til uppgræðslu og umsjón vegfláa sem almenn sátt getur ríkt um.

Framboð á plöntuefnivið

Slæm meðferð á þeim gróðursverði sem leggst til úr vegstæði eða öðrum svæðum sem er raskað við vegagerð getur leitt til þess að hann nýtist illa eða ekki til uppgræðslu. Þannig tapast veruleg verðmæti, sem getur komið niður á árangri uppgræðslunnar og aukið kostnað við hana. Brýna þarf fyrir bæði veghönnuðum, umsjónarmönnum vegaf framkvæmda og framkvæmdaraðilum að fara vel með gróðursvörðinn og nýta hann sem best. Þar sem mikið er um stórt grjót og rætur sem standa upp úr jörðinni getur útjöfnun svarðlagsins verið erfiðleikum bundin og í brattlendi er oft lítið um aðgengilega nálæga geymslustaði.⁶⁰ Þá getur framboð á gróðursverði verið takmarkað, þannig að hann dugi aðeins á hluta uppgræðslusvæðisins, en þá kemur til kasta annarra aðferða svo sem sáningu innlendra tegunda, notkun fræslægju, o.s.frv.

Hér á landi er lítið um fræ innlendra plöntutegunda á markaði sem takmarkar mjög notkun innlands fræs til uppgræðslu. Fræi má oft safna í nágrenni uppgræðslusvæðisins, sem gæti í sumum tilfellum verið betri kostur en að nota aðkeypt fræ, vegna þess að staðarstofnarnir eru mjög líklega aðlagðir þeim aðstæðum sem ríkja á svæðinu.⁸⁶ Tímasetning framkvæmda, þekking á og kostnaður við fræsöfnun gætu þó útilokað þá leið. Þrátt fyrir að kostnaður við útvegum fræs af staðargróðri sé að öllu jöfnu talsvert hærri en kostnaður við að kaupa fræblöndur á markaði getur hann þó skilað sér í betri árangri eða minna viðhaldi þegar til lengri tíma er lítið. Við samanburð á árangri af sáningu hefðbundinna uppgræðslutegunda og sérvalinna innlendra tegunda á Spáni kom til dæmis í ljós að þrátt fyrir þrjátíufaldan mun á fræverði var lokakostnaður á hvern fermetra gróins lands að þremur árum liðnum helmingi lægri þar sem innlendar tegundir voru notaðar.²¹

Krefjandi umhverfisaðstæður

Sérlega krefjandi umhverfisaðstæður, svo sem vegna veðurfars, stutts vaxtartímabils, þjöppunar jarðvegs eða mikils halla geta hamlað árangri og kallað á sérstakar lausnir við endurheimt staðargróðurs. Á arktískum og háfjallasvæðum gera kuldi, stutt vaxtartímabil, miklir vindar, frost í jarðvegi og takmörkuð frjósemi gert það að verkum að áhrif rasks geta

verið langvarandi og uppgræðsla í kjölfar þess erfið og tímafrek.⁷⁴ Vegaframkvæmdum á fjallasvæðum fylgir oft sérlega mikið rask þar sem vegskeringar og -fyllingar geta umbreytt landslaginu. Vegskeringar fjarlægja jarðveg og grjót frá hlíðinni fyrir ofan veg en í vegfyllingum er jarðvegur og grjót lagt í hlíðina fyrir neðan veg. Þetta veldur því að nánasta umhverfi veganna verður mjög raskað og einkennist gjarnan af plöntusamfélögum sem sjá má á fyrri stigum framvindu.⁸² Við slíkar aðstæður getur verið freistandi að græða upp röskuð svæði og binda jarðveginn með því að sá hefðbundnum uppgræðslutegundum. Þannig uppgræðslur stinga þó oft í stúf við grenndargróðurinn, auk þess sem varasamt getur verið að koma með framandi tegundir inn í viðkvæm vistkerfi fjallasvæða og þær geta jafnvel hindrað árangur. Sem dæmi má nefna að við uppgræðslu í um 1000 m hæð á Dofrasvæðinu í Noregi virtust innfluttar grastegundir frekar hindra en stuðla að endurheimt staðargróðurs⁴⁶ og svipaða sögu er að segja frá uppgræðslutilraunum í Alaska.²⁵

Halli, hallaátt og lögur brekku hafa mikil áhrif á árangur uppgræðsluaðgerða. Búast má við erfiðleikum í brekkum sem eru brattari en 45° og í vegskeringum, þar sem jarðvegur er alla jafna ófrjósamari og rofhætta meiri en í vegfyllingum.²¹ Hægt er að halda bröttum vegskeringum stöðugum með grjóttfláum sem fylltir eru með sendnum jarðvegi og í þeim má koma á legg staðargróðri til að fella þá betur að umhverfinu.⁹⁶ Þannig má draga úr umhverfisáhrifum og takmarka hversu mikið gróðurlendi fer undir vegfláa eins og var til dæmis gert við frágang Grafningsvegur.⁹⁶

Þjöppun jarðvegs getur skapað vandamál við uppgræðslu í tengslum við vegagerð. Rætur plantna vaxa erfiðlega eða ekki í gegnum mjög þéttan jarðveg²⁰ auk þess sem ísig vatns í jarðveg minnkar með þéttleika hans sem eykur hættu á yfirborðsrennsli og vatnsrofi.⁸⁵ Við uppgræðslu raskaðra svæða, hvort sem það er með sáningu, dreifingu svarðlags eða útlögn gróðurtorfs, er mikilvægt að líkja eftir aðliggjandi landi og forðast það að slétta eða þjappa jarðveginn.^{44, 102}

Samkeppni

Samkeppni er einn af þeim þáttum er móta samfélög plantna. Þar sem gróðurþekja er lítil má gera ráð fyrir að hún greiði fyrir landnámi staðargróðurs því plönturnar sem fyrir eru binda jarðveg og mynda skjól. Hins vegar getur þéttur og/eða hávaxinn gróður hindrað landnám annarra plantna. Ef stuðla á að landnámi staðargróðurs þarf því að velja uppgræðslutegundir sem líklegar eru til að greiða fyrir landnámi og forðast tegundir sem eru líklegar til að hindra það, samanber dæmi hér á undan frá Noregi og Alaska.^{25, 46}

Röskuð svæði eins og vegfláar eru tilvalin búsvæði fyrir framandi „rasktegundir“ sem geta jafnvel orðið ágengar. Ef blettir með ágengum tegundum finnast í næsta nágrenni uppgræðslusvæða geta þær sáð sér út í þau og tekið yfir gróður sem þar hefur komist á legg. Þetta getur til dæmis gerst þar sem breiður af lúpínu, skógarkerfli eða öðrum ágengum tegundum eru í næsta nágrenni veganna. Hægt er að halda ýmsum ágengum tegundum í skefjum með slætti eða plöntueitri og þar sem eru tiltölulega afmarkaðir blettir af ágengum tegundum borgar sig eflaust að eyða þeim strax og halda niðri áður en þær ná að breiðast út. Í sumum tilfellum getur þó verið illmögulegt að endurheimta náttúruleg gróðurlendi, til dæmis við vegi sem liggja yfir eða að tünnum því tüngrösin geta verið fljót að sá sér út og

taka yfir.⁷⁶ Í þessu sambandi er þó vert að hafa í huga að túngrös og ýmsar ágengar tegundir, svo sem skógarkerfill og sigurskúfur, eru áburðarkærar og verða frekar ríkjandi í frjósömum jarðvegi en ófrjósömum. Við uppgræðslu og umsjón vegfláa með endurheimt staðargróðurs í huga ætti því að gera ráð fyrir inngrípum og aðferðum sem takmarka landnám og lifun mögulegra ágengra tegunda og reyna ætti eftir fremsta megni að nota innlendar tegundir.⁸²

Val á uppgræðsluáðferðum

Við uppgræðslu raskaðra svæða er úr mörgum áðferðum að velja. Hafa þarf í huga að mismunandi áðferðir henta misvel eftir þeim aðstæðum sem ríkja á hverju uppgræðslusvæði og velja skal þær sem best tryggja endurheimt staðargróðurs hverju sinni, í stað þess að vinna eftir fyrirfram ákveðinni forsögn eða „uppskrift“.¹⁰ Val á áðferðum þarf meðal annars að taka mið af tilgangi uppgræðslunnar og hvers konar gróðurlendi leitast er við að endurheimta, aðstæðum á vistheimtarsvæði, fánlegum plöntuefnivið, aðgangi að vinnuafli og tækjum og síðast en ekki síst tímaramma og kostnaði. Einnig þarf góða þekkingu á mismunandi uppgræðsluáðferðum, möguleikum þeirra og takmörkunum til að valið sé markvisst.

Tilgangur og markmið uppgræðslu eftir vegagerð geta verið fjölbreytt. Í flestum tilfellum er miðað að því að endurheimta staðargróður eða önnur gróðursamfélög sem stinga ekki í stúf við grenndargróður, en það getur þýtt allt frá graslendi, mólendi og mosapembu til kjarrlendis. Leiðir til að fjölga einkennistegundum þessara gróðurlenda eru mismunandi (tafla 1) og þær gera ólíkar kröfur til umhverfisaðstæðna. Til dæmis er auðvelt að fjölga hraungambra, sem er einkennistegund margra mosapemba á hraunum, með greinabrotum eða mosahræringi en undirlagið skiptir máli fyrir árangurinn. Sömuleiðis er tiltölulega auðvelt að koma mörgum graslendistegundum til með því að dreifa fræslægju eða svarðlagi. Þær áðferðir henta hins vegar síður fyrir smárunna og aðrar einkennistegundir mólendisins; fyrir þær dugar betur að flytja heilar gróðurtorfur.

Mismunandi aðstæður á uppgræðslusvæðum geta kallað á mismunandi nálganir við vistheimt. Fyrir utan mismunandi gróðurfar koma inn þættir eins og landslag (halli, hallaátt og vatnsstaða), hæð yfir sjó, fyrri rask, landnýting, frjósemi jarðvegs, o.s.frv. Þá skiptir miklu máli hvort hægt sé að nýta staðarefnivið af svæðinu: þarf að fjarlægja gróðursvörð sem er hægt að nýta eða er mögulegt að safna þar fræi eða fræslægju? Þegar kemur að slíkum verkefnum skipta þættir eins og aðgangur að tækjum og vinnuafli máli; auk hefðbundinna vinnuvéla sem notaðar eru við vegagerð getur verið þörf á sérhæfðum tækjabúnaði og/eða þjálfuðu starfsfólki. Landnýting í nágrenninu hefur einnig áhrif á bæði markmið og framkvæmd uppgræðsluverkefna, til dæmis hvort að vegurinn liggja að ræktuðu landi, sé í þéttbýli eða jafnvel í eða nálægt þjóðgörðum og friðlýstum svæðum.

Mikilvægt er að hæfilegur sveigjanleiki sé til staðar í uppgræðsluverkefnum og að reglulegt eftirlit með framkvæmdum nái til uppgræðslu jafnt og annarra verkþátta, þannig að hægt sé að aðlaga áðferðir og nálganir að aðstæðum sem koma skuli upp hverju sinni.

Val á uppgræðslutegundum

Eins og kemur fram hér að ofan getur val á uppgræðslutegundum haft mikið að segja um árangur við endurheimt staðargróðurs.⁹⁸ Sumar tegundir eru sérhæfðar (þ.e. aðlagðar ákveðnum aðstæðum) en aðrar hafa víðara þolsvið og geta þrífist við fjölbreytilegar aðstæður. Bent hefur verið á að ósérhæfðar tegundir séu algengari í vegfláum en þær sem eru mjög sérhæfðar³¹ og má færa rök fyrir því að heppilegra geti verið velja til uppgræðslu tegundir með vítt þolsvið fremur en þær sem eru mjög sérhæfðar.

Til að draga úr hættu á mistökum við val á uppgræðslutegundum er nauðsynlegt að hafa að minnsta kosti grunnþekkingu á vistfræðilegum eiginleikum þeirra tegunda sem ætlunin er að vinna með og hvernig þær hegða sér í náttúrunni.⁸⁶ Ef þekking á vistfræðilegum eiginleikum uppgræðslutegunda er takmörkuð er oft öruggast að nota efnivið úr nágrenninu og frá svæði þar sem gróðurfarið er svipað því sem óskað er eftir; almennt er áhættan minni eftir því sem efniviðurinn er upprunninn nær notkunarsvæði.⁸⁶

Vistverkfræðilegar lausnir

Til þess að leysa ýmis vandamál við uppgræðslu raskaðra svæða, svo sem óstöðugleika jarðvegs vegna mikils bratta, má beita því sem stundum er kallað lífverkfræðilegar, visttæknilegar eða vistverkfræðilegar lausnir. Hugtakið vistverkfræði (e. *ecological engineering*) á reyndar við um öll þau inngríp sem maðurinn beitir á lífandi umhverfi sitt til hagsbóta fyrir bæði mannleg samfélög og vistkerfi, og á það til dæmis við um flestallar gerðir uppgræðslu.⁷² Vistverkfræðilegar lausnir við vegagerð snúast meðal annars um notkun gróðurs til að binda jarðveg, t.d. í bröttum vegfláum, vegfyllingum og vegskeringum, og er gróðurinn þá ýmist notaður einn og sér eða með grjóti eða öðrum náttúrulegum og tilbúnum efnivið. Dæmi um slíkar vistverkfræðilegar lausnir er gerð grjótfláa eða uppbygging einskonar vírveggja sem mynda þrep í brattri vegskeringu til þess að festa jarðveginn niður og síðan gróðursetning stiklinga eða forræktaðra plantna inn á milli grjótsins/vírprepanna.^{95,96} Þó að talsverður kostnaður fylgi gerð þannig grjótfláa eða vírveggja, draga þeir úr rofhættu og bæta vaxtarskilyrði gróðurs auk þess sem staðargróðurinn ljær þeim náttúrulegt yfirbragð.^{95,96} Við slíkar lausnir þarf að nota tegundir sem eru harðgerðar, endingagóðar, og jarðvegsbindandi; æskilegt er að hægt sé að fjölga þeim með græðlingum og rótarskotum⁹⁶ og góð þekking þarf að vera á líffræðilegum og vistfræðilegum eiginleikum þeirra.

Viðhald og eftirfylgni

Þegar vegaframkvæmdum er lokið og vegurinn tilbúinn fyrir umferð er framvinda vegfláagróðursins bara rétt að byrja.² Vistheimt felur nefnilega ekki einungis í sér þá skammtíma bundnu aðgerð að græða svæði upp heldur er hún virkt langtímaferli sem miðar að því að koma á legg gróðri sem er náttúrulegur fyrir tiltekið svæði og aðstæður. Tilgangur viðhalds og eftirfylgni uppgræðsluverkefna er að fylgjast með og grípa inn í ef gróðurframvinda er ekki í samræmi við markmið eða ef eitthvað annað fer úrskaiðis.⁹⁵ Þótt

regulegar úttektir og árangursmat kosti bæði vinnu og peninga geta þau sparað umtalsverðar fjárhæðir í markvissara viðhaldi uppgræddra svæða, auk þess sem þau skapa þekkingu er nýtist í öðrum verkefnum á sama sviði.

Viðhald vegfláa og annarra uppgræðslusvæða getur haft áhrif á framvindu þeirra og er mikilvægt að hafa því þannig að það stuðli að endurheimt staðargróðurs til lengri tíma litið. Sláttur vegfláa getur til dæmis dregið úr tegundafjölda og stuðlað að landnámi og viðgangi rasktegunda.³⁰ Gróðursamfélög eru stöðugum breytingum undirorpin en með rétti aðferðafræði og viðhaldi er hægt að hafa áhrif á gróðurframvindu uppgræðslusvæða og auka líkur á því að þau þróist í þá átt sem óskað er eftir.² Því er nauðsynlegt að sérþekking á sviði vistheimtar sé til staðar hjá aðilum er halda utan um slík verkefni.²

Eftirfylgni með uppgræðslu vegfláa og annarra svæða sem raskað er við vegagerð er ekki lagaleg skylda héraendis en er samt sem áður skilyrði þess að hægt sé að þróa vinnulag með lágmarks umhverfisáhrifum og bæta ferli mats á umhverfisáhrifum.¹⁰⁶ Þess vegna var til dæmis ákveðið að fylgja eftir vistheimtaraðgerðum vegna framkvæmda á Dettifossvegi með árangursmati 2-4 árum eftir framkvæmdir auk þess sem eftirlitstíminn var hafður lengri heldur en tíðkast hjá Vegagerðinni, 5-10 ár.¹⁰³

7.

k a f l i

Frekari rannsóknir

Þrátt fyrir að talsvert hafi bæst við þekkingu á aðferðafræði og afleiðingum uppgræðslu í tengslum við vegagerð á undanförunum árum og áratugum er mörgum spurningum enn ósvarað. Reyndar á það sama við um þetta svið og önnur, að sífellt er hægt að leita nýrra aðferða og bæta þær gömlu enda sýnir reynslan að slík þekkingarleit getur skilað markvissari vistheimtaraðgerðum, betri árangri og dregið verulega úr kostnaði.

Erlendis, þar sem vegvistfræði á sér lengri sögu en hér á landi, hefur verið bent á nauðsyn þess að tengja þær mörgu, litlu rannsóknir sem eru í dag framkvæmdar óháðar hverri annari saman í stór, vel samþætt rannsóknarverkefni er kanni áhrif vega og umferðar á stofna, samfélög og vistkerfi.¹⁰⁰ Upplýsingar úr slíkum samþættum verkefnum nýtist til að draga lærdóm af þeim framkvæmdum sem unnar hafa verið og draga úr umhverfisáhrifum vega og umferðar. Á sambærilegan hátt væri æskilegt að meta samhliða árangur af uppgræðsluáðgerðum vegna margvíslegra vegaf framkvæmda og við mismunandi aðstæður til að betur sé hægt að greina hvaða þættir hafa áhrif á árangur þeirra.

Sú yfirferð yfir stöðu þekkingar sem unnin hefur verið í þessu verkefni hefur einnig leitt í ljós ýmis önnur viðfangsefni sem þarfnast frekari rannsókna og er fjallað um nokkur þeirra hér á eftir.

Sáning innlendra tegunda

Hér á landi vantar enn mikið upp á rannsóknir á möguleikum innlendra plöntutegunda til uppgræðslu í kjölfar rasks vegna mannvirkjagerðar. Bæði þarf að afla grunnþekkingar á lífsferlum og vistfræði vænlegra uppgræðslutegunda (fræframleiðslu, fræþroska, landnámsvistfræði, hlutverk í framvindu, þolsvið og erfðabreytileika) en einnig skilvirkum aðferðum við fræsöfnun, frærækt og sáningu. Slík þekking nýtist bæði við söfnun fræs í nágrenni uppgræðslusvæða og við þróun aðferða við sáningu, auk þess sem hún er ein forsenda þess að hér á landi geti komist á legg smáiðnaðar í kring um frærækt og nýtingu innlends fræs.

Gróðursetning stiklinga, græðlinga og forræktaðra plantna

Töluvert er til af upplýsingum og leiðbeiningum um notkun stiklinga og forræktaðra plantna til uppgræðslu, einkum fyrir tegundir af víðiættinni. Þessar aðferðir hafa þó lítið verið notaðar við uppgræðslu í kjölfar rasks vegna vegagerðar en líklega geta þær komið að gagni við fjölgun ýmissa smárunna (t.d. lymtegunda og grasvíðis) og blómjurta (t.d. ljónslappa) sem gætu verið áhugaverður kostur í þessu sambandi. Og þrátt fyrir að möguleikar þess að að nota í vegfláa innlendar tegundir sem hafa verið forræktaðar í gróðurhúsi hafi nokkuð verið prófaðir á undanförunum árum^{55, 56} er enn þörf á frekari rannsóknum á markvissum leiðum til söfnunar, ræktunar og útplöntun innlendra tegunda í þess konar uppgræðslum.

Fræslægja

Rannsóknir á notkun fræslægju til uppgræðslu í tengslum við mannvirkjagerð eru fremur nýjar af nálinni hér. Bent hefur verið á að áhugavert væri að prófa gagnsemi þessarar uppgræðsluáðferðar fyrir fleiri gróðurlendi og háplöntutegundir en gert hefur verið og að þörf sé á því að rannsaka betur hvaða áhrif tímasetning sláttar hefur á landnám einstakra tegunda.⁵⁰

Dreifing mosa

Rannsóknir á dreifingu mosa lofa góðu, en kanna þarf betur möguleika mosadreifingar við fjölbreyttari umhverfisaðstæður og fyrir fleiri mosategundir en hingað til hefur verið gert.⁶⁶ Einnig hefur verið bent á að gagnlegt væri að gera frekari rannsóknir á geymslumöguleikum mosagreina við mismunandi aðstæður, á öðrum tímum árs og fyrir mismunandi tegundir.⁹⁰ Að lokum skal bent á að þar sem flestir mosar vaxa hægt er þörf á að fylgja rannsóknum og dreifingu mosa vel eftir og fylgjast með langtímaárangri á markvissan hátt.⁶⁶

Svarðlag

Formlegar rannsóknir á notkun svarðlags hér á landi eru takmarkaðar og hafa einkum verið bundnar við mólendi.^{3, 10} Æskilegt væri að prófa aðferðina við fleiri aðstæður og fyrir fjölbreyttari gróðurlendi. Einnig væri æskilegt að gera nokkuð ítarlegar gróðurfarsrannsóknir þar sem svarðlag hefur verið notað við uppgræðslu vegfláa til að fá betri hugmynd um hver er árangur af notkun þess og hvaða þættir hafa áhrif á árangurinn. Ef ætlunin er að nota þessa aðferð í einhverjum mæli þarf einnig að svara ýmsum spurningum varðandi haugsetningu og geymsluþol svarðlags úr mismunandi gróðurlendum.

Gróðurtorfur

Þær rannsóknir sem gerðar hafa verið á árangri af flutningi gróðurtorfa í vegfláa benda til þess að þetta sé fljótverkasta og öruggasta aðferðin við endurheimt mólendisgróðurs en virki einnig vel fyrir graslendi.^{4, 5, 11} Því væri æskilegt að þróa áfram aðferðir við að nota

gróðurtorfur, og þá einkum varðandi nýtingu á efnivið sem leggst til þegar raska þarf framkvæmdasvæðum. Mikil verðmæti geta falist í slíkum efnivið og er mikilvægt að nýta hann á hagkvæman og öruggan hátt. Meðal annars þarf að þróa betur aðferðir við afnám og útlagningu torfanna; kanna hver er lágmarksþykkt á torfum úr mismunandi gróðurlendum, undirvinnu fyrir torfurnar og ávinning af því að fella þær ofan í jarðvegsyfirborðið miðað við að leggja þær á yfirborðið. Í tilraunum með notkun gróðurtorfa við uppgræðslu vegfláa á Hellisheiði komu fram vísbendingar um að áburðargjöf og aðrar uppgræðsluáðgerðir gætu stuðlað að vexti torfanna og landnámi út frá þeim.⁵ Þetta þarf að kanna betur, til dæmis hvort nota megi vissar áburðartegundir til að flýta fyrir því að torfið grói saman og róti sig, t.d. þörungamjöl, gamlan hrossaskít eða aðrar köfnunarefnissnauðar áburðartegundir.²⁶

Aðrar rannsóknir

Hægt er að beita fjölmörgum öðrum aðferðum við uppgræðslu rasks vegna vegagerðar en þeim sem taldar eru hér að ofan; þótt sumar aðferðirnar séu reyndar aðeins tilbrigði við þau stef. Það er um að gera að vera skapandi þegar kemur að því að prófa nýjar aðferðir og nýta tækifæri sem sérstakar aðstæður eða efniviður gefa kost á. Þegar verið er að prófa nýjar aðferðir er þó mikilvægt að byrja í smáum stíl og helst að gera prófanir við mismunandi aðstæður en ekki leggja út í stórvirkar áðgerðir með lítt- eða óprófuðum aðferðum.⁴² Gróðurúttektir og árangursmat þurfa að vera fastur þáttur í þróun nýrra aðferða, þannig að hægt sé að greina hvað virkar, hvað ekki og hvaða þættir skipta þar máli. Einnig þarf að hafa í huga að gróðurframvinda er hægfara, einkum á hálendi, og fullnaðarsvör fást ekki fyrr en eftir nokkur ár. Ef beita á nýjum aðferðum eða ef verið er að vinna við erfiðar aðstæður getur því verið æskilegt að hefja uppgræðslutilraunir í smáum stíl snemma, jafnvel áður en formlegur undirbúningur vegagerðarverkefna hefst.

8.

k a f l i

Lokaorð

Endurheimt staðargróðurs er mikilvægur þáttur í að draga úr umhverfisáhrifum vegagerðar og annarrar mannvirkjagerðar. Mikilvægt er að uppgræðsla vegfláa og svæða sem verða fyrir raski við vegagerð stuðli að verndun og viðhaldi líffræðilegrar fjölbreytni og aukinnar seiglu vistkerfa.

Eins og komið hefur fram í þessu riti er hægt að velja úr fjölbreyttum aðferðum við endurheimt staðargróðurs. Gróðursvörður af framkvæmdarsvæði er mikilvæg auðlind sem ber að nýta til að mynda fljótt gróðurhulu sem verndar jarðveg gegn rofi og koma staðartegundum aftur fyrir á raskaða svæðinu auk allra þeirra smádyra og örvera sem sverðinum fylgja. Þannig nýtist gróðursvörðurinn bæði við uppgræðslu svæðisins og endurheimt staðargróðurs á skjótan og árangursríkan hátt. Þar sem hins vegar er ekki mögulegt að nota efni úr vegstæði til uppgræðsu er hægt að beita ýmsum aðferðum til að nota efni úr nágrenninu. Til dæmis má safna fræi, stiklingaefni, mosagreinum og fræslægju úr nærliggjandi gróðurlendum.

Forðast ætti að nota við uppgræðslu framandi plöntutegundir sem hætta er á að geti orðið ágengar og/eða hamlað endurheimt staðargróðurs. Ýmsar rannsóknir hafa sýnt að vel valdar innlendar tegundir geta skilað jafn góðum eða jafnvel betri árangri í uppgræðslu en innfluttar.^{21, 59, 97} Ef landfræðilegur uppruni tegunda sem notaðar eru í uppgræðslu er hunsaður glatast tækifæri til þess að nýta hina ríku fjölbreytni innlands gróðurs og með því möguleikar á að finna umhverfisvænar og hagkvæmar uppgræðsluaðferðir.⁹³ Aðhald í opinberum framkvæmdum og auknar kröfur um sjálfbærni hafa einnig skapað hvata til að nota uppgræðsluaðferðir sem krefjast lítils viðhalds.⁶⁵

Samkvæmt umhverfisstefnu Vegagerðarinnar skal við framkvæmdir lögð áhersla á varðveislu vistkerfa og fjölbreytni náttúrunnar.⁷⁰ Í samræmi við hana þarf val á aðferðum við uppgræðslu vegfláa og svæða þar sem gróðri er raskað við vegagerð að taka mið af náttúruverndarsjónarmiðum og stuðla sem best að endurheimt staðargróðurs. Einnig er vert hafa í huga — þar sem ferðaþjónusta hér á landi verður æ umfangsmeiri — að nágrenni vega er mikilvægur þáttur í upplifun þeirra ferðamanna sem fara um landið. Ásýnd og ástand gróðurs við vegi skiptir því miklu máli.

9.

k a f l i

Heimildir

1. Akbar, K. F., W. H. G. Hale og A. D. Headley 2003. Assessment of scenic beauty of the roadside vegetation in northern England. *Landscape and Urban Planning* 63, 139-144.
2. Aurstad, J., Ø. Larsen, G. Refsdal o.fl. 2011. Lærebok: Drift og vedlikehold av vegeter. VD rapport 53, 314 bls.
3. Ása L. Aradóttir 2010. Notkun svarðlags við uppgræðslu námusvæða. Niðurstöður gróðurmælinga á tilraunareitum árið 2009. Skýrsla til Rannsóknasjóðs Vegagerðarinnar mars, 2010. Landbúnaðarháskóli Íslands.
4. Ása L. Aradóttir 2011. Flutningur á gróðurtorfum — hversu litlar mega þær vera? Í: (Ása L. Aradóttir og Járngerður Grétarsdóttir ritstj.) Endurheimt staðargróðurs á röskuðum hálendissvæðum. *Rit LbhÍ* nr. 29, bls. 51-78.
5. Ása L. Aradóttir 2012. Turf transplants for restoration of alpine vegetation: does size matter? *Journal of Applied Ecology* 49, 439-446.
6. Ása L. Aradóttir og Kristín Svavarsdóttir 2009. Áhrif uppgræðsluáðgerða á gróðurframvindu. *Fræðaping landbúnaðarins* 6, 279-285.
7. Ása L. Aradóttir og Járngerður Grétarsdóttir (ritstj.) 2011. Endurheimt staðargróðurs á röskuðum hálendissvæðum. *Rit LbhÍ* nr. 29, 99 bls.
8. Ása L. Aradóttir og Þórunn Petursdóttir 2011. Opinber stefnumótun og stjórnsýsluhvatar er varða vistheimt á Íslandi. Í: (Ása L. Aradóttir og Guðmundur Halldórsson ritstj.) *Vistheimt á Íslandi*. Landbúnaðarháskóli Íslands og Landgræðsla ríkisins, bls. 24-30.
9. Ása L. Aradóttir og Herdís Friðriksdóttir 2011. Dreifing gamburmosa á raskað land. Í: (Ása L. Aradóttir og Járngerður Grétarsdóttir ritstj.) Endurheimt staðargróðurs á röskuðum hálendissvæðum. *Rit LbhÍ* nr. 29, bls. 89-96.
10. Ása L. Aradóttir og Hersir Gíslason 2013. Nýting svarðlags við uppgræðslu námusvæða. Lokaskýrsla. Landbúnaðarháskóli Íslands og Vegagerðin, 21 bls.
11. Ása L. Aradóttir og Guðrún Óskarsdóttir 2013. The use of native turf transplants for roadside revegetation in a subarctic area. *Icelandic Agricultural Sciences* 26, 59-67.
12. Ása L. Aradóttir, Kristín Svavarsdóttir og Sigurður H. Magnússon 2006. Landnám víðis og árangur víðisáninga. Í: (Kristín Svavarsdóttir ritstj.) *Innlendar víðitegundir: líffræði og notkunarmöguleikar í landgræðslu*. Landgræðsla ríkisins, Gunnarsholt, bls. 59-72.
13. Áslaug Helgadóttir 1992. Leit að hentugu sáðgresi við uppgræðslu vegkanta. Í: (Áslaug Helgadóttir og Sigurður H. Magnússon ritstj.) Uppgræðsla vegkanta. Stofnaprófanir og rannsóknir á gróðurframvindu. Lokaskýrsla 1992. *Fjölrít Rala* nr. 144, bls. 3-16.
14. Ásrún Elmarsdóttir, Ása L. Aradóttir og M. J. Trlica 2003. Microsite availability and establishment of native species on degraded and reclaimed sites. *Journal of Applied Ecology* 40, 815-823.

15. Babisch, W., G. Wölke, J. Heinrich og W. Straff 2014. Road traffic noise and hypertension—accounting for the location of rooms. *Environmental Research* 133, 380-387.
16. Bay, R.F. og J.J. Ebersole 2006. Success of turf transplants in restoring alpine trails, Colorado, USA. *Arctic Antarctic and Alpine Research* 38, 173-178.
17. Bell, J. N. B. og J. H. Tallis 1973. *Empetrum Nigrum* L. *Journal of Ecology* 61, 289-305.
18. Berger, R. L. (ritstj.) 2005. *Integrated Roadside Vegetation Management. A Synthesis of Highway Practice*. Transportation Research Board of the National Academies, Washington DC, 83 bls.
19. Bochet, E., J. Tormo og P. García-Fayos 2010. Native species for roadslope revegetation: selection, validation, and cost effectiveness. *Restoration Ecology* 18, 656-663.
20. Bochet, E., P. García-Fayos og J. Tormo 2010. How can we control erosion of roadslopes in semiarid mediterranean areas? Soil improvement and native plant establishment. *Land Degradation & Development* 21, 110-121.
21. Bochet, E. og P. García-Fayos 2004. Factors controlling vegetation establishment and water erosion on motorway slopes in Valencia, Spain. *Restoration Ecology* 12, 166-174.
22. Buonopane, M., G. Snider, B. K. Kerns og P. S. Doescher 2013. Complex restoration challenges: Weeds, seeds, and roads in a forested wildland urban interface. *Forest Ecology and Management* 295, 87-96.
23. Coffin, A. W. 2007. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography* 15, 396-406.
24. CTIP á.á. Roadside revegetation. An integrated approach to establishing native plants [Online]. Available by Coordinated Technology Implementation Program. FHWA Federal Lands Highway office and the Federal land management agencies, USA <http://www.nativevegetation.org/> (skoðað 28. febrúar 2015).
25. Densmore, R. V. 1992. Succession on an Alaskan tundra disturbance with and without assisted revegetation with grass. *Arctic and Alpine Research* 24, 238-243.
26. EFLA verkfræðistofa og Landgræðsla ríkisins 2010. Meðhöndlun og endurheimt staðargróðurs. Lokaskýrsla. EFLA verkfræðistofa og Landgræðsla ríkisins, 23 bls.
27. Elín Gunnlaugsdóttir 1982. Vegetation development during restoration of eroded areas managed by the Icelandic State Soil Conservation. Studies in permanent plots in and near fenced areas 1974 -1980, Meddelanden från Växtbiologiska instituten 4, Uppsala.
28. Ervin, E. H., X. Zhang og R. E. Schmidt 2005. Exogenous salicylic acid enhances post-transplant success of heated kentucky bluegrass and tall fescue sod. *Crop Science* 45, 240-244.
29. Faeth, S. H., C. Bang og S. Saari 2011. Urban biodiversity: patterns and mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223, 69-81.
30. Forman, R. T. T. og L. E. Alexander 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29, 207-231.
31. Forman, R. T. T., D. Sperling, J. A. Bissonette o.fl. 2003. *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington DC, 481 bls.
32. Galatowitsch, S. M. 2012. *Ecological Restoration*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, USA, 630 bls.
33. García-Palacios, P., S. Soliveres, F. T. Maestre o.fl. 2010. Dominant plant species modulate responses to hydroseeding, irrigation and fertilization during the restoration of semiarid motorway slopes. *Ecological Engineering* 36, 1290-1298.
34. Gelbard, J. L. og J. Belnap 2003. Roads as conduits for exotic plant invasion in a semiarid landscape. *Conservation Biology* 17, 420-432.
35. Gieselman, T. M., K. E. Hodges og M. Vellend 2013. Human-induced edges alter grassland community composition. *Biological Conservation* 158, 384-392.
36. Guðmundur Arason, Gunnar Bjarnason, Björn Stefánsson o.fl. 2002. *Námur: Efnistaka og frágangur*. Embætti veiðimálastjóra, Hafrannsóknarstofnun, Iðnaðarráðuneytið, Landgræðsla ríkisins, Landsvirkjun, Náttúruvernd ríkisins, Samband íslenskra sveitarfélaga, Siglingastofnun Íslands, Umhverfisráðuneytið, Vegagerðin, Veiðimálastofnun, 75 bls.

37. Guðmundur Halldórsson, Kristín Svavarsdóttir, Elín Fjóra Þórarinsdóttir og Sveinn Runólfsson 2011. Vistheimt á yegum Landgræðslu ríkisins. Í: (Ása L. Aradóttir og Guðmundur Halldórsson ritstj.) *Vistheimt á Íslandi*. Landbúnaðarháskóli Íslands og Landgræðsla ríkisins, bls. 40-48.
38. Guðrún Óskarsdóttir 2014. Vistheimt í þéttbýli. Gróðurfar í Reykjavík og möguleikar til að fjölga innlendum plöntutegundum. MS ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Umhverfisdeild, 149 bls.
39. Güsewell, S. og F. Klötzli 2012. Local plant species replace initially sown species on roadsides in the Swiss National Park. *eco.mont - Journal of Protected Mountain Areas Research and Management* 4, 23-33.
40. Haan, N. L., M. C. R. Hunter og M. D. Hunter 2012. Investigating predictors of plant establishment during roadside restoration. *Restoration Ecology* 20, 315-321.
41. Hafdis Sturlaugsdóttir 2008. Leiðbeiningar um frágang eftir vegagerð vegna framkvæmda á Dettifossvegi. Náttúrustofa Vestfjarða, Bolungavík, 6 bls.
42. Hagen, D. og M. Evju 2013. Using short-term monitoring data to achieve goals in a large-scale restoration. *Ecology and Society* 18(3), 29. [<http://dx.doi.org/10.5751/ES-05769-180329>].
43. Hagen, D. 2002. Propagation of native Arctic and alpine species with a restoration potential. *Polar Research* 21, 37-47.
44. Hagen, D. og A. B. Skrindo 2010. *Restaurering av natur i Norge - et innblikk i fagfeltet, fagmiljøer og pågående aktivitet*. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Trondheim, 109 bls.
45. Hagen D. og A. B. Skrindo 2010a. *Håndbok i økologisk restaurering. Forebygging og rehabilitering av naturskader på vegetasjon og terreng*. Forsvarsbygg, Trondheim, 95 bls.
46. Hagen, D., T. I. Hansen, B. J. Graae og K. Rydgren 2014. To seed or not to seed in alpine restoration: introduced grass species outcompete rather than facilitate native species. *Ecological Engineering* 64, 255-261.
47. Hansen, M. J. og A. P. Clevenger 2005. The influence of disturbance and habitat on the presence of non-native plant species along transport corridors. *Biological Conservation* 125, 249-259.
48. Heckman, N. L., G. E. Meyer, G. L. Horst og R. E. Gaussoin 2005. Direct calorimetric analysis of turf grass sod for storage life assessment. *Scientia Horticulturae* 104, 211-219.
49. Jägerbrand, A. K. 2012. *Anpassning av vägmiljö och vegetation som åtgärd mot viltolyckor*. Trafikverkets Skyllfond, Linköping, 46 bls.
50. Járngerður Grétarsdóttir 2011. Söfnun og dreifing á fræslægju. Í: (Ása L. Aradóttir og Járngerður Grétarsdóttir ritstj.) *Endurheimt staðargróðurs á röskuðum hálandissvæðum. Rit LbhÍ* nr. 29, bls. 15-50.
51. Járngerður Grétarsdóttir og Ragnar Frank Kristjánsson 2014. Notkun fræ- og mosaslægju við endurheimt staðargróðurs í Vatnajökulsþjóðgarði. *Rit LbhÍ* nr. 51, 27 bls.
52. Járngerður Grétarsdóttir, Ása L. Aradóttir, V. Vandvik, E. Heegaard, og H. J. B. Birks 2004. Long-term effects of reclamation treatments on plant succession in Iceland. *Restoration Ecology* 12, 268-278.
53. Johnson, A. M. 2008. *Best Practices Handbook for Roadside Vegetation Management*. Minnesota Department of Transportation, St. Paul, MN, 156 bls.
54. Jóhannes Baldvin Jónsson 2008. Samanburður á notkun svarðlags og hefðbundinna aðferða við uppgræðslu námusvæðis. BS ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Umhverfisdeild, 30 bls.
55. Jón Guðmundsson 2005. Uppgræðsla vegfláa með innlendum úthagategundum. *Rit LbhÍ* nr. 2, 24 bls.
56. Jón Guðmundsson 2011. Uppgræðsla vegfláa með innlendum úthagategundum, 2001-2010. Yfirlit yfir rannsóknaniðurstöður. Skýrsla til Vegagerðar 2011. [http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Uppgr_vegflaa_innl_uthagateg_yfirlit_2011/\\$file/Uppgr_vegflaa_innl_uthagateg_yfirlit_2011.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Uppgr_vegflaa_innl_uthagateg_yfirlit_2011/$file/Uppgr_vegflaa_innl_uthagateg_yfirlit_2011.pdf).
57. Karim, M. N. og A. U. Mallik 2008. Roadside revegetation by native plants I. Roadside microhabitats, floristic zonation and species traits. *Ecological Engineering* 32, 222-237.
58. Kiehl, K., A. Kirmer, T. W. Donath o.fl. 2010. Species introduction in restoration projects - Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic and Applied Ecology* 11, 285-299.

59. Kirmer, A., A. Baasch og S. Tischew 2012. Sowing of low and high diversity seed mixtures in ecological restoration of surface mined-land. *Applied Vegetation Science* 15, 198-207.
60. Kongsbakk, E. og A. B. Skrindo 2009. E10 *Lofotens fastlandsforbindelse. Landskapstilpassning og naturlig revegetering fra stedlige toppmasser*. Vegdirektoratet, Oslo, 69 bls.
61. Kristín Svavarsdóttir og Ása L. Aradóttir 2006. *Gulvíðir og loðvíðir - eiga víða við. Leiðbeiningar um ræktun*. Landgræðsla ríkisins, Gunnarsholti, 31 bls.
62. Kristín Svavarsdóttir og Ása L. Aradóttir 2010. Viðigræðlingatilraunir. Í: (Ólafur Arnalds, Ása L. Aradóttir og Kristín Svavarsdóttir ritstj.) Gróðurannsóknir vegna hættu á áfoki frá Háslóni. *Rit LbhÍ* nr. 27, bls. 71-87.
63. Kristín Svavarsdóttir, Ása L. Aradóttir og Úlfur Óskarsson 2006. Þróun aðferða við ræktun gulvíðis og loðvíðis. Í: (Kristín Svavarsdóttir ritstj.) *Innlendar viðitegundir: líffræði og notkunarmöguleikar í landgræðslu*. Landgræðsla ríkisins, Gunnarsholti, bls. 73-89.
64. Lilja Karlsdóttir og Ása L. Aradóttir 2006. Propagation of *Dryas octopetala* L. and *Alchemilla alpina* L. by direct seeding and planting of stem cuttings. *Icelandic Agricultural Sciences* 19, 25-32.
65. Lucey, A. og S. Barton 2010. Public perception and sustainable roadside vegetation management strategies. 2011 TRB Annual Meeting, 16 bls.
66. Magnea Magnúsdóttir 2013. Mosabembur. Áhrif rasks og leiðir til endurheimtar. MS ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Umhverfiseild, 99 bls.
67. Magnea Magnúsdóttir og Ása L. Aradóttir 2011. Leiðir til að fjölga hraungambra og öðrum mosategundum. *Náttúrufræðingurinn* 81, 115-122.
68. Magnús H. Jóhannsson og Ása L. Aradóttir 2004. Innlendar tegundir til landgræðslu og landbóta. *Fræðaðing landbúnaðarins 2004*, 103-107.
69. Mallik, A. U. og M. N. Karim 2008. Roadside revegetation with native plants: Experimental seeding and transplanting of stem cuttings. *Applied Vegetation Science* 11, 547-554.
70. Matthildur B. Stefánsdóttir (ritstj.) 2013. Umhverfisskýrsla 2012. 67 bls. [http://www.vegagerdin.is/Vefur2.nsf/Files/Umhverfisskyrsla_2012/\\$file/Umhverfisskyrsla%202012.pdf](http://www.vegagerdin.is/Vefur2.nsf/Files/Umhverfisskyrsla_2012/$file/Umhverfisskyrsla%202012.pdf).
71. Millennium Ecosystem Assessment 2005. *Ecosystem and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington DC, 90 bls.
72. Mitsch, W. J. og S. E. Jorgensen 2003. Ecological engineering: A field whose time has come. *Ecological Engineering* 20, 363-377.
73. Mola, I., M. D. Jiménez, N. López-Jiménez o.fl. 2011. Roadside reclamation outside the revegetation season: management options under schedule pressure. *Restoration Ecology* 19, 83-92.
74. Naeth, M. A. og S. R. Wilkinson 2014. Establishment of restoration trajectories for upland tundra communities on diamond mine wastes in the Canadian arctic. *Restoration Ecology* 22, 534-543.
75. Native Vegetation Council 2012. Preparing Roadside Vegetation Management Plans, a guide to assist local councils. Native Vegetation Council and Government of South Australia, Adelaide, 51 bls.
76. Neufeld, C. R. 2008. Saskatchewan guidelines for use of native plants in roadside revegetation - reference manual. Native Plant Society of Saskatchewan and Saskatchewan Ministry of Transportation and Infrastructure, Saskatoon, 25 bls.
77. Ólafur Arnalds, Ása L. Aradóttir og Kristín Svavarsdóttir 2010. Gróðurannsóknir vegna hættu á áfoki frá Háslóni. *Rit LbhÍ* nr. 27, 113 bls.
78. Ólafur Arnalds, Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemsson o.fl. 1997. *Jarðvegsrof á Íslandi*. Landgræðsla ríkisins og Rannsóknastofnun landbúnaðarins, 157 bls.
79. Persyn, R. A., T. L. Richard, T. D. Glanville o.fl. 2007. Evaluation of revegetation from blanket applied composts on a highway construction site. *Applied Engineering in Agriculture* 23, 631-635.
80. Petersen, S. L., B. A. Roundy og R. M. Bryant 2004. Revegetation methods for high-elevation roadsides at Bryce Canyon National Park, Utah. *Restoration Ecology* 12, 248-257.

81. Quarles, W. 2003. Native plants and integrated roadside vegetation management. *IPM Practitioner* 25, 1-9.
82. Rentch, J. S., R. H. Fortney, S. L. Stephenson o.fl. 2005. Vegetation-site relationships of roadside plant communities in West Virginia, USA. *Journal of Applied Ecology* 42, 129-138.
83. Rivera, D., B. M. Jáuregui og B. Peco 2012. The fate of herbaceous seeds during topsoil stockpiling: Restoration potential of seed banks. *Ecological Engineering* 44, 94-101.
84. Robinson, C., P. N. Duinker og K. F. Beazley 2010. A conceptual framework for understanding, assessing, and mitigating ecological effects of forest roads. *Environmental Reviews* 18, 61-86.
85. Roux-Fouillet, P., S. Wipf og C. Rixen 2011. Long-term impacts of ski piste management on alpine vegetation and soils. *Journal of Applied Ecology* 48, 906-915.
86. Scotton, M., A. Kirmer og B. Krautzer 2012. *Practical handbook for seed harvest and ecological restoration of species-rich grasslands*. Cooperativa Libreria Editrice Università di Padova, Padova, 116 bls.
87. Šerá, B. 2008. Road vegetation in Central Europe — an example from the Czech Republic. *Biologia* 63, 1085-1088.
88. Sigurður H. Magnússon 1992. Landnám og framvinda gróðurs í raski eftir vegagerð. Í: (Áslaug Helgadóttir og Sigurður H. Magnússon ritstj.) Uppgræðsla vegkanta. Stofnaprófanir og rannsóknir á gróðurframvindu. Lokaskýrsla 1992. *Fjölrit Rala* nr. 158, bls. 17-50.
89. Sigurður H. Magnússon 1994. Plant colonization of eroded areas in Iceland. Ph.D. thesis, Lund University, Department of Ecology.
90. Sigurður H. Magnússon 1997. Uppgræðsla vegkanta við Blaalónsveg. Skýrsla fyrir Vegagerðina. Reykjavík, 4 bls.
91. Sigurður H. Magnússon og Borgbór Magnússon 1995. Uppgræðsla á Auðkúlu- og Eyvindarstaðahéiði. Mat á ástandi gróðurs sumarið 1994. Skýrsla til Landsvirkjunar. *Fjölrit Rala* 180, 34 bls.
92. Simmers, S. M. og S. M. Galatowitsch 2010. Factors affecting revegetation of oil field access roads in semiarid grassland. *Restoration Ecology* 18, 27-39.
93. Simmons, M. T., H. C. Venhaus og S. Windhager 2007. Exploiting the attributes of regional ecosystems for landscape design: The role of ecological restoration in ecological engineering. *Ecological Engineering* 30, 201-205.
94. Skrindo, A. B. og P. A. Pedersen 2004. Natural revegetation of indigenous roadside vegetation by propagules from topsoil. *Urban Forestry & Urban Greening* 3, 29-37.
95. Steinfeld, D. E., S. A. Riley, K. M. Wilkinson o.fl. 2007. *Roadside Revegetation: An Integrated Approach To Establishing Native Plants*. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Vancouver, 424 bls.
96. Einar E. Sæmundsen og Samson Bjarnar Harðarson 2004. Gróður með vegum. Landmótun, Kópavogi, 43 bls.
97. Tinsley, M. J., M. T. Simmons og S. Windhager 2006. The establishment success of native versus non-native herbaceous seed mixes on a revegetated roadside in Central Texas. *Ecological Engineering* 26, 231-240.
98. Tormo, J., E. Bochet og P. García-Fayos 2006. Is seed availability enough to ensure colonization success? *Ecological Engineering* 26, 224-230.
99. Trombulak, S. C. og C. A. Frissell 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14, 18-30.
100. van der Ree, R., J. A. G. Jaeger, E. A. van der Grift og A. P. Clevenger 2011. Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: Road ecology is moving toward larger scales. *Ecology and Society* 16(1), 48 [<http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art48/>].
101. Vegagerðin 1995. Alverk '95. Almenn verklýsing fyrir vega- og brúagerð. <http://www.vegagerdin.is/upplýsingar-og-utgafa/leidbeiningar-og-stadlar/alverk/>.
102. Vegagerðin 2014. Dettifossvegur (862): Upplýsingar um framkvæmd vegna framkvæmdaleyfis-umsóknar. Vegagerðin, 11 bls.
103. Vegagerðin á.á. Áætlun um vistheimt í tengslum við nýjan Dettifossveg nr. 862. Vegagerðin, 5 bls.

104. Viktor Agnar Ingólfsson (umsjón útgáfu) 2012. Vegakerfið 2012. Vegagerðin, Reykjavík, 7 bls.
105. Villarroya, A., J. Persson og J. Puig 2014. Ecological compensation: From general guidance and expertise to specific proposals for road developments. *Environmental Impact Assessment Review* 45, bls. 54-62.
106. VSÓ ráðgjöf 2011. Lyngdalsheiðarvegur. Eftirfylgni og sannprófun vegna mats á umhverfisáhrifum. VSÓ ráðgjöf, Reykjavík, 38 bls.
107. Waters, C., A. G. Young og J. Crosthwaite 2007. Genetic integrity as a target for natural capital restoration: Weighing the costs and benefits. Í: (J. Aronson, S. J. Milton og J. N. Bignaut ritstj.) *Restoring Natural Capital. Science, Business, and Practice*. Island Press, Washington, bls. 85-93.
108. Whisenant, S. G. 1999. *Repairing Damaged Wildlands. A Process Oriented, Landscape-Scale Approach*. Cambridge University Press, Cambridge, 312 bls.
109. Wilkinson, K. M., S. A. Riley, D. E. Steinfeld og T. D. Landis 2008. Native plants on disturbed roadsides. *Native Plants* 9, 267-277.