



Rit Landgræðslu ríkisins nr. 1

Gróður og eldgosavá

Forvarnargildi gróðurs gegn hamförum af völdum eldgosa og eldfjallagjósku

Anna María Ágústsdóttir ritstjóri



2013





Gróður og eldgosavá Forvarnargildi gróðurs gegn hamförum af völdum eldgosa og eldfjallagjósku

Anna María Ágústsdóttir ritstjóri
Landgræðslu ríkisins, Gunnarsholti, 851 Hella, annamaria@land.is

2013

Tilvitnun í skýrslu:

Anna María Ágústsdóttir (ritstj.) 2013 Gróður og eldgosavá. Forvarnargildi gróðurs gegn hamförum af völdum eldgosa og eldfjallagjósku. Skýrsla til nefndar um gerð hættumats vegna eldvirkni. (Vegetation and volcanic eruptions. Ecosystem-based Disaster Risk Reduction (Eco-DRR). Report for risk assessment regarding volcanic eruptions in Iceland). Rit Landgræðslu ríkisins nr. 1/2013, 66 bls.

Forsíðumynd: Steinholt í Rangárvallasýslu, 11.08.2010 Ljósmynd. Jón Ragnar Björnsson

<http://www.land.is/>

©Landgræðsla ríkisins, 2013



FORMÁLI

Þann 26. ágúst 2011 samþykkti ríkisstjórn Íslands, samhljóða, tillögu Svandísar Svavarsdóttur umhverfisráðherra um að hafist yrði handa við gerð hættumats vegna eldgosa á Íslandi. Tillagan byggir á áætlun sem unnin var fyrir umhverfisráðuneytið af Veðurstofu Íslands, Almanna- og Varnardeild Ríkislögreglustjóra, Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Landgræðslu ríkisins og Vegagerðinni.

Nýleg eldgos í Eyjafjallajökli og Grímsvötnum árin 2010 og 2011 hafa minnt okkur á þá hættu sem stafar af eldvirkni. Auk þess benda rannsóknir til þess að búast megi við virkara tímabili eldvirkni á Íslandi á næstunni. Því var ákveðið að gera heildar hættumat vegna eldgosa á Íslandi, og leggja mat á tjónmætti eldgosa, tjónnæmi samfélagsins gagnvart þeim og móta mótvægisáðgerðir. Með þessu má lágmarka skaða samfélagsins vegna eldgosa. Stuðst verður við hættumatsramma Alþjóða-veðurfræðistofnunarinnar og Sameinuðu þjóðanna. Þessi hættumatsrammi hefur verið notaður hérlandis með góðum árangri við hættumat og mótvægisáðgerðir vegna ofanflóða.

Í heild er gert ráð fyrir að verkefnið taki um 15-20 ár og mun fjöldi stofnana og fyrirtækja koma að því á mismunandi stigum þess. Á næstu 3 árum verða eftirfarandi verk framkvæmd:

- Úttekt á þekkingu á íslenskum eldstöðvum
- Forgreiing á áhættu vegna flóða samfara eldgosum
- Forgreiing á sprengigosum á Íslandi
- Forgreiing á eldgosum sem valdið geta miklu eignatjóni, þ.e. eldgosum nálægt þéttbýli og alþjóðlegum flugvöllum á Íslandi

Auk þessa var skipaður vinnuhópur til að safna upplýsingum um verkefni í landgræðslu, skógrækt og landbúnaði sem tengjast eldgosum og leiðum til að draga úr skaðsemi eldgosa með markvissri uppbyggingu vistkerfa á eldvirkum svæðum. Formaður hópsins var skipaður Guðmundur Halldórsson, Landgræðslu ríkisins. Aðrir í hópnum eru: Ágúst Gylfason, Almanna- og Varnarmálaráðgjafi; Anna María Ágústsdóttir, Landgræðslu ríkisins; Erna Bjarnadóttir, Bændasamtökum Íslands; Hreinn Óskarsson, Skógrækt ríkisins og Hekluskingum; Ólafur Arnalds, Landbúnaðarháskóla Íslands og Sigrún Karlsdóttir, Veðurstofu Íslands. Páll Kolka Jónsson, var ráðinn tímabundið af Veðurstofunni sem starfsmaður hópsins.

Skýrslan sem hér birtist eru hluti af forgreiingu á áhættu vegna eldgosa sem var kynnt til vinnuhópsins. Fjallað er um áhrif gjósku á gróður og mikilvægi mótvægisáðgerða til að lágmarka skaða samfélagsins gagnvart gjóskufoki með því að styrkja vistkerfi landsins og auka áfallapol þeirra gagnvart gjóskufalli. Gerðar eru tillögur um rannsóknir og áðgerðir til að draga úr áhættu vegna gjóskugosa á Íslandi. Slíkar áðgerðir munu auka sveigjanleika samfélagsins og þol gagnvart áföllum af þessu tagi.

Hér er um að ræða áfangaskýrslu sem Anna María Ágústsdóttir, Landgræðslu ríkisins, hefur annast ritstjórn á. Auk hennar hafa eftirtaldir aðilar lagt til efni: Guðmundur Halldórsson, Magnús H. Jóhannsson, Gústav Ásbjörnsson, Garðar Þorfinnsson, Elín Fjóra Þórarinsdóttir, og Arna Björk Þorsteinsdóttir Landgræðslu ríkisins; Hreinn Óskarsson, Skógrækt ríkisins og Hekluskingum; Ólafur Arnalds, Landbúnaðarháskóla Íslands; Sigrún Karlsdóttir, Veðurstofu Íslands, Guðrún Gísladóttir, Háskóla Íslands og Páll Kolka Jónsson.

Anna María Ágústsdóttir ritstjóri og Guðmundur Halldórsson verkefnisstjóri

ÁGRIP

Íslensk þjóð býr í eldvirku landi og hefur náð að lifa við og lifa af margbreytileika íslenskrar náttúru. Náttúruvá eða skyndileg áföll, sem valda röskun á öllu samfélaginu valda oft miklu tjóni þar sem ekki gefst tími til aðlögunar að breyttum aðstæðum. Röskunin varir mun lengur en sjálfur atburðurinn og getur haft keðjuverkandi áhrif á samfélagið. Afleiðingar náttúruvá á samfélög stjórna ekki einungis af henni sjálfri heldur líka af fólkinu sjálfu, menningu þess og aðstæðum hverju sinni. Aðlögunarhæfni ræður miklu um getu til að lifa af hörmungar. Þegar hægt er að sjá fyrir áföll eru þættir líkt og forsjálni, aðgætni og mótvægisáðgerðir mikilvægir til að lágmarka áhættu og draga úr neikvæðum afleiðingum hamfara. Þá þarf að horfa til langs tíma og taka mið af vistfræðilegum, hagrænum, menningarlegum og félagslegum þörfum núlifandi og komandi kynslóða. Mótvægisáðgerðir í anda sjálfbærni byggja á því að náttúruleg ferli og mannlegar athafnir tengjast og að lausn á hverju vandamáli sé hluti af heildrænni markmiðssetningu.

Eldgos eru tíð á Íslandi, og líkur eru á aukinni virkni í framtíðinni. Eldgos geta haft áhrif á loftslag og ferli í andrúmsloftinu, á vatnsbúskap og vistkerfi lands og sjávar. Afleiðingar þeirra felast í skaða á heilsu fólks og búfjár, auk skemmda á grónu landi og slæmum loftgæðum. Auk þessa valda þau efnahagslegu tjóni á eignum og atvinnustarfsemi, geta skaðað ýmis kerfi og innviði nútímasamfélags. Ekki er hægt að koma í veg fyrir eldgos en mótvægisáðgerðir sem auka viðnámsþrótt vistkerfa geta lágmarkað tjón af völdum gjóskufalls.

Eldvirkni og váleg áhrif þeirra á gróður landsins eru algeng í umhverfissögu Íslands. Gjóskan geymdist í skjóli skóganna, en varðveittist ekki á gróðurlitlum bersvæðum. Þar fæk gjóskan um og olli frekari gróður- og jarðvegseyðingu. Gróskumikil vistkerfi með hávöxnum gróðri, líkt og skógi og kjarrlendi, þola betur áföll og draga úr neikvæðum afleiðingum gjóskufalls. Í fyrsta lagi er sá gróður líklegri til að lifa af gjóskufall. Í öðru lagi getur dregið úr langvinnum áhrifum öskustorma. Skjól gróðursins eykur hrjúfleika yfirborðs, og dregur úr afli vindsins til að valda rofi. Meiri vind þarf til að koma vindrofi af stað en þyrfti á bersvæði. Gróður styttr tímamann til að ná bata og endurheimta virkni vistkerfa. Yfirborð verður fyrr stöðugt þar sem lífrænt efni fellur á yfirborðið, og virkni jarðvegsins samlagar gjóskuna við jarðveginn. Það er því brýnt langtímaverkefni að byggja aftur upp vistkerfi umhverfis stærstu eldstöðvakerfi landsins svo þau megni að sinna því hlutverki á ný

Með uppgræðsluáðgerðum má byggja upp gróskumikil vistkerfi, sem væru betur í stakk búin að mæta áföllum og gætu dregið verulega úr neikvæðum afleiðingum gjóskufalls og endurteknu foki. Slíkt er afar mikilvægt út frá vistfræðilegum, efnahagslegum og heilsufarslegum ástæðum. Uppbygging vistkerfa landsins felur í sér fjölmarga aðra kosti fyrir samfélagið: verndun náttúru, bætt vatnsmiðlun og aukna möguleika landnýtingar og sveigjanleika landbúnaðar.

Mikilvægt er að huga að margvíslegum þáttum: landnýtingu, skipulagi, byggðapróun, og beitingu vísinda og tækni til að hægt sé að lágmarka skaða samfélagsins vegna eldgosa. Mikilvægt er að samræma þetta öðrum áætlunum, svo sem mótvægisáðgerðum gegn loftslagsbreytingum með kolefnisbindingu í gróðri og jarðvegi, áætlunum um endurheimt birkiskóga, endurheimtar – og verndaráætlunum um líffræðilegan fjölbreytileika, landgræðsluáætlunum og fleiri slíkum sóknaráætlunum byggðar og landbúnaðar. Nýta þarf slíkar mótvægisáðgerðir til að styðja við byggð í nágrenni okkar öflugustu eldfjalla.

ABSTRACT

The Icelandic nation has lived with and survived the various challenges of Icelandic nature. Natural hazards, sudden calamities that cause disruption to the whole society, often cause severe damage, as no time is available to adjust to new conditions. The disruption often lasts much longer than the event itself, and can cause a negative chain reaction in society. The consequences of a natural hazard, not only depend on the disaster but also on the people and their culture and circumstances at the time of the event.

Adaptive capacity determines ability to survive a disaster. Foreseeable natural disasters are important to prepare for, mitigate and manage, in order to minimize the risk and reduce the vulnerability of a society affected by the negative consequences of a disaster. Long-term values of sustainability, the ecological, economic, cultural and social needs of present and future generations, are important in Ecosystem-based Disaster Risk Reduction (Eco-DRR). Sustainable Eco-DRR facilitates holistic management approaches that are the most cost effective strategies compared to emergency reaction. They leverage limited resources for multiple benefits.

Volcanic eruptions are frequent in Iceland, and increased activity is probable in the future. Eruptions can affect climate and atmospheric processes, the hydrology and ecology of terrestrial and aquatic systems. Tephra fallout can affect health of humans and livestock, cause damage to ecosystems and lower air quality. In addition, they can cause damage to property and economic activities, and the various systems and infrastructure of modern society. The risk of volcanic tephra fallout cannot be removed but mitigation measures that increase the resilience of ecosystems can minimize the damage caused by tephra fall.

Environmental history of Iceland has numerous examples of effects of tephra on vegetation. Tephra was preserved in forested areas, but tephra deposited onto barren land with limited vegetation cover was not, as it was repeatedly remobilized causing further damage to ecosystems. Vigorous ecosystems with tall vegetation, can better survive tephra fall and can also decrease the effects of post-eruptive resuspension of tephra. The shelter provided by tall vegetation decreases the erosive force of wind, by increasing the surface roughness, raising the threshold of wind strength needed to initiate wind erosion. Recovery time is shortened, as new organic material is added onto the surface, and soil processes incorporate the tephra into soil, thus stabilizing the surface more quickly and restoring ecosystem function more quickly.

Ecosystems provide multiple functions and services, that livelihood of society builds upon. Integration of environmental approaches into disaster risk management requires multi-sectoral and multi-disciplinary collaboration. Such as: policy of land use, planning, rural development, agriculture, tourism and actions such as climate mitigation, carbon sequestration into soil and vegetation, restoration of native birch forest, biodiversity and nature protection. These sectors all benefit from the long-term vision of sustainability thinking. Restoration of degraded land and enhancement of ecosystems resilience are important mitigation actions of Disaster Risk Reduction for Sustainable and Resilient Development, supporting rural development in the neighbourhood of Iceland's most active volcanoes.

EFNISYFIRLIT

Formáli	i
Ágrip	ii
Abstract.....	iii
Efnisyfirlit	iv
1. Inngangur	1
2. Eldvirkni á Íslandi	2
2.1. Áhætta vegna eldgosa.....	4
3. Áhrif gjóskufalls.....	6
3.1. Áhrif á byggð	7
3.2. Áhrif á vistkerfi	8
3.2.1. Áhrif útfrá þykkt gjóskulaga	8
3.2.2. Endurheimt landgæða eftir áfall	8
3.2.3. Áhrif tegundarsamsetningar vistkerfa	10
3.2.4. Áhrif á vatn og vatnsbúskap.....	12
3.2.5. Áhrif á loftgæði og heilsu manna og búfjár.....	13
3.2.6. Áhrif á samgöngur	15
3.2.7. Áhrif á fjarskipti og orkuflutinga	16
3.2.8. Áhrif á byggingar	16
3.2.9. Kostnaður vegna eldgosa 2010 og 2011	17
4. Hættumat.....	18
4.1. Hættumatsrammi Sameinuðu þjóðanna	19
5. Stöðulýsing - Ástand og þanþol vistkerfa á Íslandi	22
5.1. Gróðurhula –útbreiðsla gróðurs	22
5.2. Jarðvegsrof á Íslandi.....	23
5.3. Þanþol vistkerfa.....	26
6. Landnýting	28
6.1. Eignarhald lands	30
7. Landbúnaður á Íslandi.....	31
7.1. Hlutfall landbúnaðarstarfa í atvinnu á Íslandi.....	31
7.2. Skipting búgreina eftir landshlutum.....	32
7.3. Skógrækt og skógar á Íslandi.....	34
8. Drög að rannsóknáætlun	35
8.1. Ástand vistkerfa og þol þeirra gagnvart gjóskufalli og áfoki.....	35

8.1.1.	Gjóskubinding mismunandi vistkerfa.....	35
8.1.2.	Gróin vistkerfi (mosapembur til skóglendis).....	35
8.1.3.	Illa gróin vistkerfi og auðnir (mismikill grófleiki og framboð á öðrum fokefnum).....	36
8.1.4.	Kortlagning ástands miðað við getu.....	36
8.1.5.	Líkanagerð	36
8.2.	Áhrif og árangur mótvægisáðgerða.	36
8.3.	Afdrif gjósku og viðvarandi áhrif hennar eftir gos	37
8.3.1.	Áfok á gróin vistkerfi og áfoksgeirar	37
8.3.2.	Skemmdir á grónum svæðum	37
8.3.3.	Skemmdir á illa grónum svæðum og auðnum.	38
8.3.4.	Skaflasöfnun gjósku og afleiðingar hennar á vistkerfi, landslag og vatnsbúskap	38
8.4.	Rykmengun og uppsprettur ryks – forspá um ryk í kjölfar gosa	38
8.4.1.	Eðli strókasvæða. Samhengi við aðrar viðvarandi rykuppsprettur... 38	
8.4.2.	Uppfok og veðurfarsþættir, líkanagerð.....	38
8.4.3.	Loftmengun, lýðheilsa.....	38
8.5.	Vatnshagur og endurheimt vistkerfa.	39
9.	Aðgerðaráætlun	40
9.1.	Hvar má búast við að þörf sé á aðgerðum?	41
10.	Lokaorð	43
	Heimildir	44
	Myndaskrá	52
	Viðauki - Yfirlit Páls Kolka Jónssonar yfir rannsóknir og skýrslur á sviði landgræðslu, skógræktar og landbúnaðar í tengslum við eldgos.....	54



1. INNGANGUR

Mannleg samfélög hafa náð að lifa við margbreytilegar aðstæður á Jörðinni. Sveigjanleiki samfélaga er innbyggður í aðlögunarhæfni þeirra. Allt er breytingum háð, bæði mannleg samfélög og náttúran sjálf og eðlilega eiga þróun og breytingar sér stað í tímans rás. Skyndilegar breytingar verða einnig í náttúrunni, líkt og jarðskjálftar, óveður, flóðbylgjur, flóð, þurrkar eða eldgos. Slík skyndileg áföll, sem valda röskun á öllu samfélaginu kallast hamfarir eða náttúruvá (Ingleton, 1999). Þessi skyndilegu áföll valda oftast mestu tjóni þar sem ekki gefst tími til aðlögunar að breyttum aðstæðum. Röskun vegna slíkra atburða varir mun lengur en sjálfur atburðurinn. Slíkt getur haft keðjuverkandi áhrif og er þekkt úr eldgosasögu Íslands. Svipuð dæmi um keðjuverkandi áhrif eru þekkt þar sem skammtíma breytingum á veðurfari sem hafa stuðlað að hruni fornra menningarsamfélaga (t.d. Hodell, 1995; Alley, 2000).

Afleiðingar slíkra skyndilegra áfalla á samfélög stjórnað ekki einungis af sjálfri náttúruvánni heldur líka af fólkinu sjálfu, menningu þess og aðstæðum hverju sinni. Hvernig fólk lifir af landinu og hversu háð samfélagið er landnýtingu á áfallasvæðinu. Margt fleira, svo sem dreifing fólksins um landið, stjórnskipun samfélagsins, skynjun áhættu, reynsla af fyrri atburðum, nú og líka heppni, allt skiptir þetta máli í þessu sambandi. Við óvænt áföll og breyttar aðstæður í kjölfarið verður aðlögunarhæfni samfélaga einn af mikilvægustu þáttunum til að lifa af hörmungar. Þegar hægt er að sjá fyrir áföll eru þættir líkt og forsjálni, aðgætni og mótvægisáðgerðir til að lágmarka áhættu mikilvægir til að draga úr neikvæðum afleiðingum hamfara.

Við skipulag mótvægisáðgerða vegna náttúruhamfara þarf að horfa til langs tíma og taka mið af sjálfbærni, þar sem markmiðið er að bæta lífsskilyrði og vernda umhverfi og mæta margvíslegum markmiðum (El-Masri & Tipple, 2002). Sjálfbærri þróun samfélags er ætlað að taka mið af vistfræðilegum, hagrænum, menningarlegum og félagslegum þörfum núlifandi og komandi kynslóða. Mótvægisáðgerðir í anda sjálfbærni byggja á því að náttúruleg ferli og mannlegar athafnir tengjast og að lausn á hverju vandamáli sé hluti af heildrænni markmiðssetningu.

Eldgos eru tíð á Íslandi, og eru samofin sögu þjóðarinnar. Eldgos geta valdið skaða á heilsu fólks, auk þess að skaða búfé, þau geta valdið efnahagslegu tjóni á eignum og atvinnustarfsemi, auk skemmda á grónu landi. Eldgos geta einnig skaðað ýmis kerfi og innviði nútímasamfélags. Hér beinum við fyrst og fremst athygli okkar að tjóni vegna gjóskufalls og víðtækum áhrifum þess.

2. ELDVIRKNI Á ÍSLANDI

Eldvirkni á Íslandi er fjölbreytt og hér finnast flestar tegundir eldstöðva og eldgosa. Virkar eldstöðvar eru um 30 talsins, einkum á gosbeltum landsins, sjá 1. mynd. Tíðni gosa er um 20-25 gos á hverjum 100 árum og um 30% landsins eru eldvirk svæði (Thordarson & Larsen, 2007). Eldgos eru flokkuð eftir því hvort upp komi hraun, gjóska eða blanda af hvoru tveggja (Thordarson & Larsen, 2007). Rætt er um sprengigos, þegar meira en 95 % gosefna er gjóska, eða flæðigos þegar meira en 95 % gosefna er hraun. Flest eldgos á sögulegum tíma, eða um 78 % voru sprengigos þar sem gjóska var aðalgosefnið (Thordarson & Larsen, 2007). Há tíðni gjóskugosa skýrist að hluta af því að margar af virkustu eldstöðvunum hafa verið og eru huldar jökli. Við slíkar aðstæður á vatn greiðan aðgang að kviku í gossprungum með þeim afleiðingum að mikið af gosefnunum kurlast eða tættist í sundur þegar kvikan kemst í snertingu við vatn og myndar þannig gjósku.

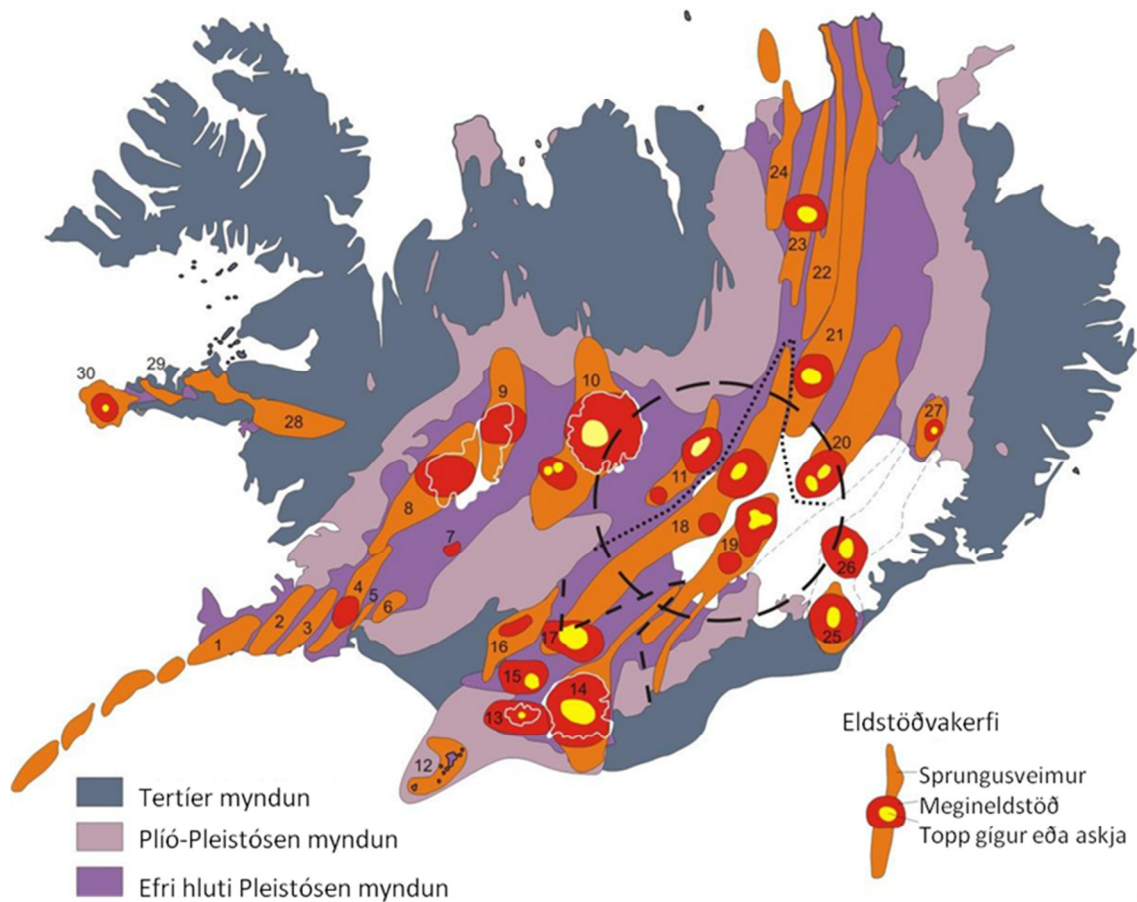
Breytingar á stærð jökla vegna hlýnunar loftslags geta þó breytt slíkum aðstæðum að einhverju leyti. Minna jökulfarg getur aukið kvikumyndun. Velþekkt er að í kjölfar jökulhörfunar á Íslandi við lok síðasta jökulskeiðs jókst eldvirkni (Björnsson & Pálsson, 2008). Tíðni eldgosa var 30-50 sinnum hærri rétt eftir jökulhörfunina eða í um <1500 ár, en hún hafði verið á jökulskeiðinu eða á hlýskeiðum nær nútíma (MacLennan et al., 2002). Aðstæður við lok síðasta jökulskeið eru þó aðrar en í dag, umfang jökla og hraði breytingar var annar.

Gjóska, er samheiti á þeim föstu efnum sem berast í lofti frá eldstöð í eldgosum óháð stærð og gerð efnisins. Laus gosefnin eru einkum af þrennu tagi: 1) Gler, eða glerfrauð sem er misjafnlega blöðrótt og því missterkt og misþungt í sér; 2) Kristallar, lausir eða bræddir saman við glerið; 3) Bergbrot af ýmsu tagi (Larsen & Gíslason, 2012). Glerfrauð er hraðkæld kvika, sem myndast við þenslu og tætingu og snöggkælingu í sprengigosum. Ýmis heiti er notuð í íslensku svo sem aska, vikur, gjall, kleprar, sem vísa til forms eða eiginleikar gjóskunnar ræðst af efnasamsetningu kvikunnar eða hvernig hún myndast út frá eðli sprengigossins.

Gjóskunni er skipt í flokka eftir kornastærð. Grófasta efnið eru bombur eða blokkir, efni sem er stærra en 64 mm að þvermáli. Milligróf gjóska eða gosmöl sem er 2-64 mm að þvermáli. Fíngerðust er aska, agnir minni en 2 mm að þvermáli (Gillespie & Styles, 1999). Hér er jöfnum höndum notast við orðin “gjóska” og hið almenna heiti “aska”.

Efnið berst um loft og dreifist yfir stór svæði með þeim vindum sem ríkjandi eru á gostíma. Dreifingin er háð hæð gosmakkar, tegund, virkni og lengd gossins, kornastærð gjósku og ríkjandi vindátt og veðri á gostíma (USGS, 2010). Þykkt, áferð og efnasamsetning gjósku er breytileg eftir fjarlægð frá gosstöð og berast fínni agnir lengra í lofti en grófara efni.

Á tímabilinu 1890-2003 er talið að minnkandi jökulfarg Vatnajökuls, sem nemur um 0,5 m/ári, hafi aukið kvikumyndun um 1% (eða 0.014 km³/ári) og breytt spennu í jarðskorpunni með aukinni jarðskjálftavirkni og breytingum á kvikuhreyfingum undir NV-Vatnajökli (Pagli & Sigmundsson, 2008). Ef hraði jökulbráðunar eykst gæti kvikumyndun aukist einnig en þó ekkert í líkingu við þá aukningu sem varð við lok síðasta jökulskeiðs (Tuffen, 2010). Einnig getur verið að nokkur hundruð ára biðtími sé milli kvikumyndunar og eldgosu upp á yfirborð (Tuffen, 2010; Pagli & Sigmundsson, 2008).



Mynd 1. Eldstöðvakerfi á Íslandi, (Thordarson & Larsen 2007). Númer vísa til eldstöðva: (1) Reykjanes–Svartsengi, (2) Krýsuvík, (3) Brennisteinsfjöll; Vestur-gosbelti: (4) Hengill, (5) Hrómundartindur, (6) Grímsnes, (7) Geysir, (8) Prestahnjúkur, (9) Langjökull; Miðgosbelti: (10) Hofsjökull, (11) Tungnafellsjökull; Eystra gosbeltið: (12) Vestmannaeyjar, (13) Eyjafjallajökull, (14) Katla, (15) Tindfjöll, (16) Hekla–Vatnafjöll, (17) Torfajökull, (18) Bárðarbunga–Veiðivötn, (19) Grímsvötn; Norðurgosbelti: (20) Kverkfjöll, (21) Askja, (22) Fremrinámur, (23) Krafla, (24) Þeistareykir; Örfajökuls gosbelti (25) Örfajökull, (26) Esjufjöll, (27) Snæfell; Snæfellsnes gosbelti: (28) Ljósufjöll, (29) Helgrindur, (30) Snæfellsjökull. Stór opinn hringur vísar til miðju möttulstróks undir Íslandi. Punktalína sýnir norðurmörk Eystra gosbeltisins, og strikálína merkir mörk hins virka og framsækna hluta rekbeltisins.

Samspil hraða jökulhörfunar, hraða kvikumyndunar, ísþykktar og staðbundinna aðstæðna spila þó saman á hverjum stað. Áhrifasvið fargs lítilla jökla (með þvermál upp á nokkra km) nær mun grynna í jarðskorpuna en áhrif frá stærri jöklum (með þvermál upp á tugi km eða meira) sem ná mun dýpra niður í jarðskorpuna allt niður á kvikumyndunarsvæði innan möttulsins (Sigmundsson, et al. 2010). Þar sem eldstöðvar eru með þunnu íslagi (minna en 150 m) er samspil kviku og vatnsbráðar lítið, þar sem þunnt íslag bráðnar og brotnar auðveldlega og hefur lítil viðnámsáhrif á framgang eldgosa og nær ekki að safna miklu bræðsluvatni við gíg (Tuffen, 2010). Ísþynning á þeim eldstöðvum sem hafa umtalsverðan jökulís meira en 300 m, og einkum hjá þeim sem hafa ísfylltar öskjur (líkt og Katla) eykur líkur á að kvika nái til yfirborðs og jafnframt sprengivirkni eldgosa samhliða myndun bræðsluvatns og gjósku (Tuffen, 2010).

Rannsóknir benda til þess að eldvirkni á Íslandi gangi í hrinum og líkur eru taldar á að tímabil aukinnar eldvirkni sé að hefjast (t.d. Sigmundsson et al., 2010). Einnig eru taldar líkur á aukinni virkni í eystra gosbeltinu, þar sem 80% allra sögulegra eldgosa hafa orðið og þar eru þau eldstöðvakerfi þar sem gjóskugos eru tíðust: Grímsvötn, Hekla, Bárðarbunga-Veiðivötn og Katla (Thordarson & Larsen, 2007). Talið er að með gosi í Grímsvötnum árið 1983 hafi tímabil aukinnar eldvirkni hafist, en á slíkum virkum tímabilum má búast við eldgosi í Grímsvötnum annað til sjöunda hvert ár (Óladóttir et al., 2011; Larsen et al., 1998), auk þess að goshrinur hafa orðið samhliða í eldstöðvakerfi Bárðarbungu. Jarðskjálftavirkni á Bárðarbungusvæðinu, í og við Öskju og undir Hamrinum í vestanverðum Vatnajökli hefur aukist nú síðustu ár, sem bendir til færslu á kviku í kvikuhólf. Líkur eru einnig taldar á eldgosi í Heklu á næstu misserum og jarðvísindamenn hafa búist við Kötlugosi undanfarna áratugi.

2.1. ÁHÆTTA VEGNA ELDGOSA

Í nágrenni við eldstöðvar felst hættan einkum í hraunrennsli, gjóskufalli, gusthlaupum, eldingum, flóðum, auk hættu frá eitruðum rokgjörnum efnum og ýmsum eiturefnum. Fjær eldstöðvum er það helst gjóskufall, sem hefur áhrif og ef aðstæður leyfa getur gjóskan borist með veðri og vindum um langan veg. Í stærstu gosum geta gosefni borist upp í efri hluta lofthjúps jarðar, upp fyrir veðrahvolfið upp í heiðhvolfið. Vegna lagskiptingar andrúmsloftsins haldast agnir þar lengur á lofti og geta þannig haft áhrif á inngeslun sólar og loftslag á stórum svæðum. Eldgos verða með óreglubundu millibili og stærð þeirra og áhrif á umhverfið og samfélög manna geta verið mjög mismunandi. Einnig getur veðráttu verið mismunandi eftir árstíðum og það getur haft áhrif á dreifingu gosösku (Self, 2006; Lacasse, 2001).

Allt frá því að Heimaeyjargosinu lauk um mitt ár 1973 og fram að gosum í Eyjafjallajökli og Grímsvötnum 2010 og 2011 voru flest eldgos á Íslandi fremur lítil og fjarri mannabyggð. Áhrif flestra þeirra á samfélagið voru óveruleg, þó Gjálpargosið 1996 hafi valdið töluverðri eyðileggingu á vegakerfinu og tjóni upp á rúman milljarð króna (Jónsson o.fl., 2008). Vitund manna um hættu af eldgosum hefur slævast að einhverju leyti undanfarið. Eldgos hafa dregið til sín fjölda ferðamanna, sem stundum hafa farið mjög nærri eldstöð og oft ekki gert sér grein fyrir mögulegri hættu, líkt og mikil umferð ferðamanna að eldstöðvum á Fimmvörðuhálsi árið 2010 og umferð umhverfis Heklu í gosinu árið 2000 eru til vitnis um. Almannavarnir og íbúar í nágrenni eldstöðva hafa haldið vökulu augu fyrir hættum af völdum náttúruvárs. Almannavarnir hafa safnað upplýsingum um hættur af völdum náttúruvárs og unnið að gerð viðbragðsáætlana vegna þess. Á síðasta ári gaf stofnunin út ritið *Áhættuskoðun Almannavarna* (Guðrún Jóhannesdóttir ritstj., 2011). Hættumat,

viðbragðsáætlanir og undirbúningur rýmingaráætlana vegna eldgosa og meðfylgjandi jökulhlaupa í Mýrdalsjökli og Eyjafjallajökli, sem unnið var á árunum 2003-2006 (Guðmundsson et al., 2005; Jóhannesdóttir, 2011), skiluðu góðum árangri við rýmingu fólks af hættusvæðum þegar á reyndi í nýafstöðnum eldgosum.

Hættumatið tók þó ekki til áhættu eða viðbragða vegna gjóskufalls, sem reyndist vera einn af helstu tjónvöldum í nýlegum eldgosum. Samfélagsleg áhrif eldgosanna voru umtalsverð á þeim svæðum sem urðu fyrir mestu gjóskufalli og flóðum, en viðbragðsáætlanir (Guðmundsson o.fl., 2005; Jóhannesdóttir, 2011) höfðu ekki verið gerðar fyrir samfélagið meðan á gosi stóð og eftir að því lauk. Gjóskan og flóð af hennar völdum leiddu til mikils fjárhagslegs skaða innanlands; einkum í landbúnaði, ferðaþjónustu og samgöngum. Kostnaður ríkisjóðs vegna brýnna verkefna á gossvæðum á Suðurlandi í kjölfar eldgosa 2010 og 2011, nam í maí 2012 um 1.424 m.kr. frá því að eldgosa- og hamfarahrinan hófst í maí árið 2010. Í þeirri fjárhæð er ekki meðtalin margvíslegur kostnaður stofnana sem fjármagnaður hefur verið af árlegum fjárheimildum þeirra.

Áhrif gjósku náðu einnig langt út fyrir Ísland. Skaði flugrekstaraðila var mikill, bæði innanlands og utan af völdum gjósku sem olli mestu röskun á flugumferð sem orðið hefur síðan í seinni heimstyrjöldinni. Ferðir milljóna flugfarþega röskuðust og höfðu veruleg áhrif á aðra þætti í hagkerfum heimsins (Air Passenger Rights, 2011); Donati & Milhench, 2011).

Gjóskufall hafði einnig áhrif á gróður og dýralíf, vatnsbúskap og á loftgæði og þar með á heilsu manna og dýra, eins og nánar verður vikið að síðar (t.d. Thorsteinsson, o.fl. 2012, Carlsen et al., 2012). Þessi áhrif vara að ýmsu leyti enn og getur verið svo áfram um eitthvert árabíl til viðbótar.

Íslendingar hafa reynt og þolað nokkur af þeim eldgosum sem hafa haft alvarlegust afleiðingar á sögulegum tíma. Má þar nefna gos í Eldgjá árið 934 og gos í Laka eða Skaftárelda árið 1783. Skaftáreldar höfðu neikvæð áhrif á loftslag víða um heim og súrt regn og móða hafði áhrif á heilsu og uppskeru á Íslandi, Evrópu og jafnvel víðar (Thordarson & Self, 2003; Grattan et al., 2005; Demare´e et al., 1998). Þó eldgosið sjálft hafi ekki valdið manntjóni, þá urðu afleiðingar þess þær að um fjórðungur landsmanna og þrjú fjórðu búpenings landsmanna lét lífið (Steingrímsson, 1998). Slíkt hlýtur að vera hverju samfélagi mikið áfall, sérstaklega á einangraðu jaðarsvæði líkt og Ísland var á þeim tíma.

Slík störgos líkt og í Laka eru sjaldgæfir atburðir en samfélagsleg áhrif af slíkum gosatburði eru líkleg til að verða víðtæk. Schmidt ofl. (2011) hafa áætlað að loftmengun út frá stóru íslensku eldgosi í framtíðinni sem stæði í umtalsverðan tíma líkt og Laki gæti valdið aukalega 142.000 dauðsföllum í Evrópu fyrsta árið, sem er umfram þann fjölda dauðsfalla sem verða vegna árlegrar influensu. Slíkt störgos í framtíðinni gæti haft í för með sér alvarlegar afleiðingar á heilsufar og samfélag manna.

3. ÁHRIF GJÓSKUFALLS

Stór gjóskugos hafa alltaf haft mikil áhrif á samfélög manna (Self, 2006). Stórgosin höfðu áhrif á veðurfar og ollu uppskerubresti á stórum svæðum jarðar. Áhrif miðlungsstórra gosa voru yfirleitt bundin við ákveðna hluta Íslands. Gjóskan, sem þakti land í nágrenni eldstöðva gerði það óhæft til búsetu um skemmri eða lengri tíma, og olli síðan jarðvegseyðingu, sem skerti matvælaframleiðslu til framtíðar. Eldgosasaga Íslands hefur fjölmörg dæmi um gos sem höfðu mikil áhrif á vistkerfi landsins og samfélag manna, mörg stærri gos höfðu áhrif langt utan Íslands á norðurhveli jarðar og stærstu gosin hafa haft hnattræn áhrif á loftslag.

Eldgos af mismunandi stærðargráðu hafa mismikil áhrif. Sem dæmi má nefna að nýleg Heklugos frá síðustu áratugum hafa verið lítil og hafa haft takmörkuð áhrif á samfélag okkar, líkt og síðasta gos árið 2000, sem er betur þekkt sem svokallað „ferðamannagos“. Stærri gos höfðu mun meiri áhrif á samfélag manna, t.d. Heklugosið árið 1104, næst stærsta gos á sögulegum tíma sem jós gjósku yfir um helming Íslands, olli því að í kjölfarið lagðist byggð af í Þjórsárdal um tíma. Eldgos í Öskju 1875 hafði svipaðar afleiðingar. Sjálft gosið stóð yfir í aðeins 17 klukkustundir þar af var meginfasí gossins aðeins um 6 klukkustundir (Carey et al. 2009). Afleiðingar í kjölfar þessara hamfara voru hinsvegar til langs tíma, og lögðust sérlega hart á íbúa Norðurlands og Austurlands þegar fjöldi býla á Norðausturlandi fór í eyði og þúsundir Íslendinga fluttust búferlum til Kanada og Bandaríkjanna (Reynisson, 2010; Kjartansson, 2005).

Eldgos sem hafa haft hnattræn áhrif á loftslag eru sprengigos sem þeyta gosefnum og gastegundum hátt í andrúmsloftið. Eitt þekasta dæmi um slíkt gos á Íslandi eru Lakagosið 1783-1784. Fín gjóska barst víða um land og á haf út (alls 200000 km²), stærð svæðis innan 0,5 cm jafnþykktarlínu var þó mun minna (aðeins 7500 km²). Aðeins hluti gosefna og gastegunda barst í efri lög andrúmsloftsins. Afleiðingarnar voru þó hnattrænar, einkum vegna losunar á brennisteini. Á helstu áhrifasvæðum í Evrópu og N-Ameríku varð lækkun á ársmeðalhita um -1.3°C sem stóð yfir í um 2–3 ár (Thordarson & Self, 2003).

Nokkur stórgos frá Heklu á forsögulegum tíma þöktu nær allt landið gjósku og höfðu mikil áhrif á vistkerfi alls landsins. Eitt af þeim var Hekla 3, eldgos frá því um 1082 f. Kr., sem er eitt stærsta Heklugos á nútíma (síðustu 10000 ár). Gosið olli jarðvegseyðingu sem stóð yfir í meira en öld (Larsen et al., 2011). Á þessum tíma var landið ónumið en leiða má að því líkum að stórgos sem þetta hefði haft alvarleg og varanleg áhrif á búsetuskilyrði alls landsins.

Nú á dögum hefur breytt samfélagsgerð, betri fjárhagur og aukin tækni breytt áhrifum eldgosa á mannleg samfélög. Áhrif eldgosa, nema þá stórgosa, á matvælaöryggi landsmanna eru nú minni en fyrr á öldum. Í staðinn hafa komið áhrif á aðra þætti, sem valda hliðarverkunum víða um samfélagið. Jafnframt hefur aukin tengsl innan samfélaga og aukin tenging milli þeirra breytt áhrifum gosa einkum vegna áhrifa gosa á samgöngur, en nútíma samfélög eru mjög háð samgöngum og röskun á þeim hefur því víðtæk áhrif.

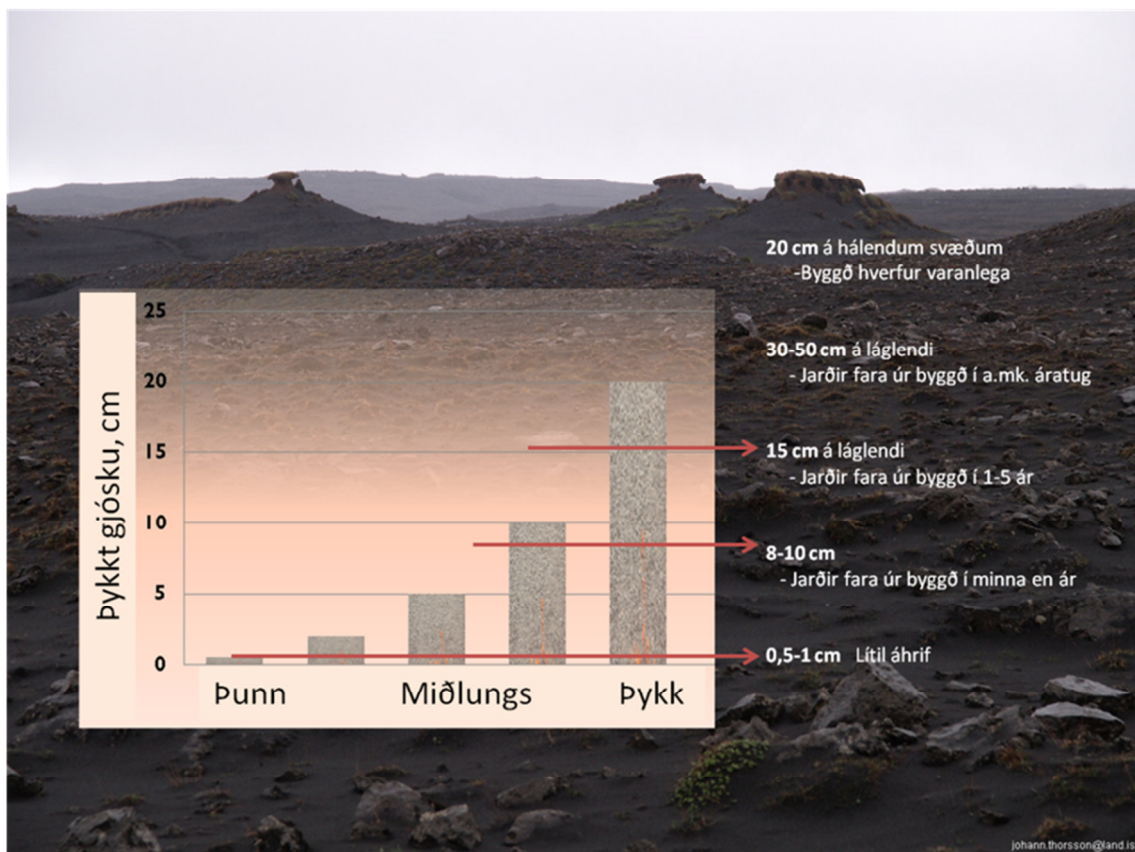
Aukin þekking á eldvirkni og hegðun einstakra eldstöðva og tækniframfarir auðvelda okkur bæði undirbúning og viðbrögð við afleiðingum eldgosa. Tæknivæðingin hefur einnig aukið hættu á eignatjóni miðað við fyrri tíð og breytt tjónnæmi samfélagsins en stór hluti þess tæknibúnaðar sem við teljum sjálfsagðan og nauðsynlegan er mjög viðkvæmur fyrir gjósku. Má í því sambandi nefna flugvélar, bifreiðar, tölvukerfi, lofttrastikerfi og veitukerfi. Tjónið

verður ekki einungis á meðan á gosi stendur, heldur líka í langan tíma á eftir þar sem gjóskan er á ferð í umhverfinu í mjög langan tíma eftir gos (Arnalds et al., 2011).

Gjóskufall hefur því áhrif á marga þætti samfélagsins. Hér verður fjallað um áhrif þess á; a) byggð, b) vistkerfi, einkum gróðurfar, c) vatn og vatnsbúskap, d) loftgæði og heilsu manna og búfjár og e) samgöngur, f) fjarskipti og orkuflutninga, mannvirki og þann kostnað sem nýleg eldgos höfðu í för með sér.

3.1. ÁHRIF Á BYGGÐ

Áhrif gjóskufalls á byggð má nota sem einn mælikvarða á þá röskun sem gjóskufall hefur á samfélagið. Sigurður Þórarinnsson greindi áhrif gjóskuþykktar á byggð og hvort þau leiddu til þess að byggð fór í eyði, niðurstöður má sjá á mynd 2. Þessar niðurstöður Sigurðar eru í góðu samræmi við reynslu af áhrifum annarra eldgosa erlendis frá og sömuleiðis þau áhrif sem t.d. Eyjafjallajökulgosið 2010 hafði á nálæga byggð (Sigurður Þórarinnssonar, 1979; Ágústsdóttir, 2012). Einungis þegar þykkt nýfallinnar gjósku er minni en sem nemur 0,5-1 cm, þá eru gróðurskemmdir óverulegar, nema í þeim tilfellum þegar eitruð vatnsleysanleg gassambönd loða við gjóskuna. Þykkari gjóskulög valda stigvaxandi áhrifum á gróður og samfélag.



Mynd 2. Samspil þykktar gjóskulaga og áhrif þeirra á byggð manna, (Þórarinnsson, 1979; Ágústsdóttir, 2012). Í bakgrunni sést öskuþakin Skógaheiði árið 2010, og rofaborð sem bera við himin eru til vitnis um betri tíma í gróðursögu svæðisins. Ljósmynd af Jóhanni Þórsson.

3.2. ÁHRIF Á VISTKERFI

Gjóska getur eyðilagt eða skaðað sér í lagi lágvaxinn gróður, í fyrstu með upphaflega gjóskufallinu og síðar í endurteknum gjóskubyljum að loknu gosi. Gróður skaðast við að grafast undir gjósku, mjúkur plöntuvefur, lauf og stoðkerfi geta orðið fyrir skemmdum af þyngd og svörfun gosefnanna. Gjóskufall getur einnig hindrað súrefnisflæði til jarðvegs og þannig skaðað jarðvegslíf. Á hinn bóginn má nefna að þunnt lag af gjósku getur virkað sem innspýting af næringarefnum inní vistkerfið og má rekja frjósemi virkra eldfjallasvæða að miklu leyti til áburðarefna úr gjósku (Dahlgren o.fl., 2004; Guðnadóttir, 2012). Gróður sem lifir af gjóskufall nýtur oft bæði áburðaráhrifa og hitasöfnunar gjóskunnar, og tímabundins næringarframboðs vegna rotnunar á leifum þess gróðurs sem gjóskan hefur drepit.

Hver áhrif gjóskufalls verða ræðst af ýmsum samverkandi þáttum, einkum þykkt gjóskulags, hæð gróðurs og tíðni gjósku foks (fjöldi rofatburða eftir að gosi lýkur). Gróður sem lendir undir gjóskugeiranum næst eldstöð verður fyrir mestum skaða enda er þykkt gjósku þar mest. Áhrif gjóskufalls á gróður stjórnast einnig af ástandi vistkerfis þegar gjóskufallið dynur yfir (Boyd et al., 2005). Gjóskuryk á yfirborði gróðurs getur skert getu hans til ljóstillífunar og frævnar (Cook, 1981).

Áhrif gjósku á gróður hafa einnig áhrif á efnahag, sem dæmi má nefna að kostnaður vegna tapaðrar uppskeru vegna eldgossins í St. Helens í Bandaríkjunum árið 1980 var talið nema um 100 milljónum dollara árið 1980 (Cook, 1981).

3.2.1. ÁHRIF ÚTFRÁ ÞYKKT GJÓSKULAGA

Bandaríska jarðfræðistofnunin (USGS, 2010) hefur tekið saman yfirlit um áhrif gjósku út frá reynslu af eldgosum m.a. frá St. Helens í Bandaríkjunum árið 1980 og eldfjallinu Ruapehu á Nýja Sjálandi 1995-1996 (USGS, 2010). Yfirlitið tekur ekki tillit til áhrifa gjóskufalls á gróður sem er í mismunandi ástandi né rofafls gjóskunnar sem bætist við sem álag á vistkerfi þar með talið jarðvegsrof. Helstu niðurstöður eru:

Þunnt gjóskulag - (< 0,5 cm): Gróður fer ekki allur á kaf, gjóskan brotnar niður og blandast jarðvegi innan árs, og gróðuryfirborð nær sér yfirleitt innan nokkurra vikna.

Meðalþykkt gjóskulag - (0,5 – 2,5 cm): Kaffærður gróður getur lifað af og náð sér, stærri grös skaðast en drepast ekki. Jarðvegur undir er enn lífvænn og skortir hvorki súrefni né vatn í þeim mæli að virkni jarðvegs skaðist, gróður nær sér innan næsta vaxtartímabils.

Þykkt gjóskulag - (2,5-15 cm): Gjóska hylur allan gróður, stór hluti hans þurrkast út í meira en ár. Mosi og einærar plöntur drepast, og sumar fjölærar plöntur drepast líka. Rótarvirkni og vöxtur plantna í gegnum gjóskuna niður í undirliggjandi jarðveg nær að blanda gjósku og jarðveg á u.þ.b. 4-5 árum. Blöndun gjósku ofan í jarðveg gerist líka t.d. við traðk búpenings. Endurheimt landgæða tekur nokkra áratugi.

Mjög þykkt gjóskulag - (>15 cm): Allur gróður kaffærist í gjósku nema hærri tré og runnar. Gjóskulag drepur jarðvegslíf þar sem súrefni á engan aðgang að jarðvegi sem undir er. Jarðvegsmýndun byrjar á ný, en er á núllpunkti. Áratugir eða árhundruð líða þangað til nýr jarðvegur hefur myndast, en frumherja plöntur geta vaxið innan nokkurra ára eða áratuga.

3.2.2. ENDURHEIMT LANDGÆÐA EFTIR ÁFALL

Þegar gjóska hefur fallið yfir land má reyna að endurheimta landgæði með ýmsum aðgerðum eftir að eldgosi lýkur. Við slíka endurheimt er oft á tíðum treyst á aðferðir, sem svipar til þeirra aðgerða sem nýttar hafa verið í landgræðslu hérlendis og á ræktarlandi má nýta svo

hefðbundnar landbúnaðaraðgerðir. Á svæðum sem þakin eru þykku gjóskulagi fer vandinn stigvaxandi með aukinni þykkt gjóskunnar. Endurheimt fyrri landgæði verður þannig sífelld torsið og að lokum, ef áfallið er of mikið, geta aðgerðir talist óraunhæfar og eini kosturinn er að landnýting breytist til frambúðar. Hér á eftir er farið yfir möguleika til endurheimtar landgæða eftir áfallið, eða að loknu eldgosi, út frá þykkt gjóskulaga.

Punnt gjóskulag (< 0,5 cm): Áhrif gjósku á gróður eru takmörkuð og aðgerðir til endurheimtar landgæða oftast ónauðsynlegar og hún samlagast jarðvegi á fremur skömmum tíma.

Meðalþykkt gjóskulag (2,5 - 3 cm): Beitiland getur hafa skemmst vegna bruna frá gjósku. Beitiland endurheimt með hefðbundnum aðgerðum t.d. áburðargjöf. Plæging er hentugasta aðgerðin á ræktarlandi. Í brattlendi er batinn hinsvegar hægari þar sem engum tækjum er hægt að koma við og því ekki hægt að blanda gjóskunni við jarðveg. Úrkoma skolar öskunni af yfirborði og hjálpar til að fjarlægja gjóskuna með vatnsrofi. Áburðargjöf er oft nauðsynleg, vegna minni frjósemi jarðvegs og röskunar/eyðingar á hagagróðri. Hraðvaxta tegundum má koma upp (á við um gos síð-sumars), til að auka vetrarfóður þar til langtíma hagagróður kemur til. Kostnaður við endurheimt svipaður og eftir mikla þurrka.

Meðalþykkt gjóskulag (5 - 10 cm):

Á ræktarlandi þar sem gjóskan hvorki leysist upp né blandast jarðvegi auðveldlega þá er fjarlæging gjósku eða jarðvinnsla nauðsynleg. Plæging niður á 20 cm dýpi er árangursríkust. Samblöndun gjósku í jarðveg eykur jarðvegsraka, minnkar frjósemi og lekt. Kostnaður endurheimtaraðgerða felst í fræi, áburði, og slit verður á vélum vegna svörfunar. Aðgerðir til endurheimtar svipa til landgræðsluaðgerða til að ná stöðugleika og byggja upp frjósemi.

Á óræktuðu landi er endurheimt gróðurs hæg og kostnaðarsöm. Það getur verið óhagkvæmt að taka upp fyrri landnotkun, og hugsanleg áhrif eru þau að breytt landnotkun er til frambúðar. Áburður og fræ eru nauðsynleg og friðun lands gagnvart beit getur verið nauðsynleg tímabundið. Förgun búpenings er e.t.v. nauðsynleg, ef um stórt svæði er að ræða og á meðan vatnsgæði eru takmörkuð þar til gjóskan þjappast. Fjarlægja þarf gjósku af vegum og mannvirkjum.

Þar sem þykk gjóskulög, 10 – 30 cm, þekja land getur endurheimt landgæða verið erfið og tekið margar kynslóðir. Jarðvegur reynist ófrjór undir gjóskunni. Gjóskan er of þykk til að plæging, herfing eða tæting nýtist til samblöndunar við jarðveg. Fjarlægja þyrfti gjósku, annars tekur endurheimt langan tíma. Harðgerðar og niturbindandi tegundir eru æskilegar fyrir endurheimtaraðgerðir. Önnur áhrif geta verið að þörf sé á að byggja upp ýmsa grunnþjónustu samfélaga, vegakerfi, vatnsveitur og orkuveitur. Rýming íbúa eða aðlögun að breyttum aðstæðum getur verið nauðsynleg.

Þar sem þykk gjóskulög, meira en 30 cm að þykkt þekja land geta myndast öræfi. Samanber t.d. Öræfajökulsgosið 1362 sem lagði búasældarlega sveit Litla Héraðs í eyði og því var svæðið nefnt eftir gosið "Öræfi". Við slíkar aðstæður verður land í eyði í margar kynslóðir, þar sem kostnaður við endurheimt er óheyrilega mikill. Óhagkvæmt verður að endurheimta landgæði um áratugaskeið (20-40 ár), og nauðsynlegt er að breyta landnotkun til langs tíma (t.d. skógrækt). Rýming íbúa, viðbragðsáætlanir og önnur langtíma bjargræði vegna náttúruvárs þurfa að fara strax í gang.

3.2.3. ÁHRIF TEGUNDARSAMSETNINGAR VISTKERFA

Tegundasamsetning vistkerfisins skiptir einnig miklu máli, bæði hvað varðar hversu vel plöntur þola að kaffærast og hversu vel þær standast áfok (t.d. Anton & Zobel, 1987; Zobel & Antos, 1997; Kent, 2001). Hávaxinn gróður stendur mun betur að vígi og er líklegri til að standa upp úr gjóskufalli. Þess finnast dæmi að eftir Heklugosið árið 1104 hafi gróður í Þjórsárdal vaxið upp í gegnum 35 cm þykka gjósku og náð fljótt að gera yfirborðið stöðugt á ný. Á öðrum svæðum, líklega með lágvaxnari gróðri, var hinsvegar endurtekið gjóskufok og tilheyrandi rof viðvarandi ástand (Dugmore et al., 2007).

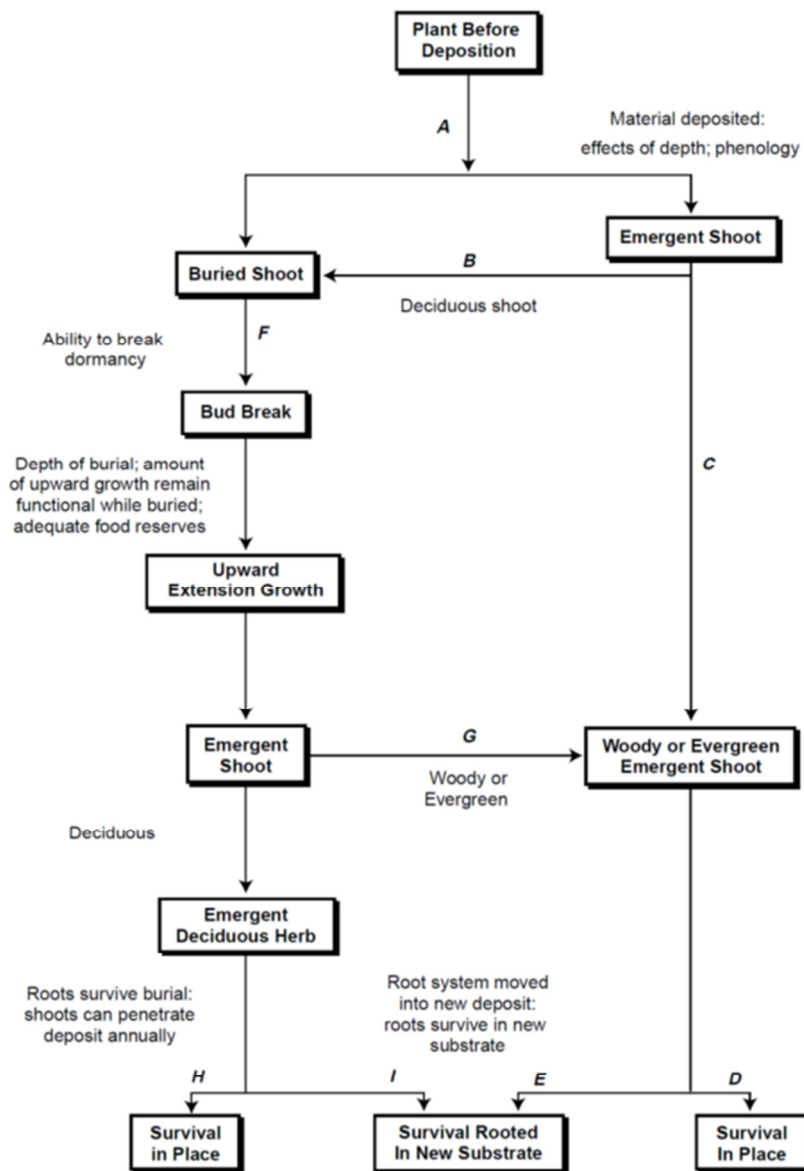
Til að lifa af kaffæringu þurfa plöntur að geta vaxið upp úr gjóskunni og þolað myrkur yfir þann tíma eða tórt uns sandurinn hefur rofnað ofan af gróðurþekjunni. Plöntur beita mismunandi aðferðum við að vaxa upp úr gjósku, svo sem að lengja vaxtarsprotu á greinum og renlum, búa til tækifærisrætur eða með því að vekja brum, renlur og sprota úr dvala. Á 3. mynd má sjá dæmi um hvaða aðferðum plöntur beita til að lifa af kaffæringu jarðefna (Kent, 2001).

Tegundir plantna er misþolnar gagnvart áfoki. Við áfok fækkar tegundum og gróðurþekja minnkar. Áhrifum gjósku svipar til áhrifa af áfoki sands eða jarðvegs, þó líklegt sé að gjóskan sé mun svarfgjarnari. Mikil reynsla er af áfoki sands/jarðvegs vegna jarðvegseyðingar á Íslandi, enda á skipulagt landgræðslustarf á Íslandi sér meira en 100 ára sögu (Olgeirsson, 2007). Á svipaðan hátt þá eru landgræðsluáðgerðir samskonar aðgerðir og beitt er við endurheimt lands eftir gjóskufall (USGS, 2010).

Áhrif áfoks hafa verið rannsökuð t.d. við myndun áfoksgeira við Blöndulón (Vilmundardóttir et al., 2010). Þar sýndi sig að við áfok þá hurfu lágplöntur við 2,5–5,0 cm þykkann foksand, flestar blómjurtir, smárunnar og hálfgrös hurfu við 5–10 cm sandþykkt. Hinsvegar stóðust runnar og grös 5-10 cm þykkann sand eða juku þekju sína. Afar fáar tegundir á svæðinu þoldu 10 cm þykkann sand og voru þolmörk mólendisgróðurs á svæðinu nærri þeirri sandþykkt.

Ýmsar tegundir plantna sem notaðar eru við landgræðslu þola áfok að nokkru marki (Landgræðsla ríkisins, 2012). Má þar nefna melgresi (*Leymus arenarius*), sem þrífst raunar best þar sem sandfok er. Loðvíðir (*Salix lanata*) er einnig dæmi um áfoksþolna tegund og sem verður víða ríkjandi í gróðurþekju þar sem áfok er nokkuð (Svavarsdóttir & Aradóttir, 2006; Vilmundardóttir et al., 2010). Sama er að segja um túnvingul (*Festuca richardsonii*) sem þrífst þokkalega í foksandi og er víða notaður til landgræðslu marki (Landgræðsla ríkisins, 2012). Loðvíðir og gulvíðir (*Salix phylicifolia*) eru nú í auknum mæli notaðar við landgræðslu, t.d. til að endurheimta víðikjarr á örfoka landi (Svavarsdóttir & Aradóttir, 2006).

Rýr og rofin gróðurlendi vaxin lágvöxnum gróðri þola einungis mjög þunnt gjóskulag, en sterk gróðurlendi, sérstaklega kjarr og skóglendi, þola mun meiri gjóskubykkt. Í samantektargrein um áhrif ákomu af gjósku eða sands á plöntur (Kent, et. al, 2001) er sagt frá áhrifum gjóskufalls á hitabeltisskóga á Norðureyju Nýja Sjálands. Þar í landi er miðað við að ef meira en 38 cm gjóskulag falli á skóga drepist þeir yfirleitt, ef gjóskulagið er 30-38 cm valdi það miklum skógarskemmdum, og sé þykkt gjósku 23-30 cm valdi það skemmdum á hluta skóganna (Kent et. al, 2001). Skógar þessir eru þó afar ólíkir skógum hér á landi enda vaxa laufmiklir hitabeltisskógar á þessum slóðum á Nýja-Sjálandi, sem gætu verið viðkvæmari fyrir gjóskufalli en íslenskir skógar sem eru lauflausir meirihluta ársins. Gjóska sem fellur á þessum svæðum er líklega ríkari af óæskilegum efnasamböndum s.s. flúor eða brennisteinssamböndum, en oft á tíðum blandast gjóska úr íslenskum eldfjöllum vatni á leið sinni upp úr eldgígum sem dregur úr magni t.d. eitraðra flúorsambanda.



Mynd 3. Viðbrögð plantna til að lifa af kaffæringu jarðefna (Kent, 2001 og byggt á Antos & Zobel, 1987).

Niðurstöður frá vestanverðum Bandaríkjunum benda til að smáplöntur (<2 ára) drepist þegar gjóskuþykkt er meiri en 10 cm. Samkvæmt sömu heimildum er gjóskufall ekki líklegt að drepa eldri skógartré, en það veldur skemmdum á skógi sér í lagi þegar greinar og tré fara að brotna þegar gjóskuþykkt er komin yfir 50 cm. Aflaufgun á sér stað sér, í lagi þegar gjóskukornin eru grófgerð. Gjóskuþykkt undir 10 cm veldur sjaldnast skemmdum á skógi (USGS, 2012). Rannsóknir frá Nýja Sjálandi sýna að gjóskufall geti verið mikilvægur þáttur í endurnýjun skóga og að sjálfsáning aukist mjög í kjölfar eldgosá (Kent et al., 2001).

Litið er til af upplýsingum um áhrif gjósku á votlendisgróður. Sumar rannsóknir benda til breytinga á gróðurfari við gjóskufall en aðrar benda til takmarkaðra breytinga á gróðurfari við gjóskuþykkt <100 mm (Ayrís & Delmelle, 2012).

Lítið er til af íslenskum rannóknum um áhrif gjóskufalls á gróður. Í kjölfar eldgossins í Eyjafjallajökli var gerðar athuganir á ástandi gróðurs í Þórsmörk og Skógaheiði (Runólfsson ofl. 2012; Óskarsson, 2010). Settir voru út fastir reitir til mælinga á gróðurþekju og tegundasamsetningu á Skógaheiði og í Þórsmörk, einnig var sett upp tilraun í Gunnarsholti til að meta áhrif öskuþykktar á afdrif gróðurs (Runólfsson ofl. 2012). Athugun í Þórsmörk leiddi í ljós að skógarnir sjálfir og skógartré báru lítinn sem engan skaða af sjálfu gjóskufallinu, og í kjölfar eldgossins tók skógargróður almennt vel við sér og niturbindandi jurtir uxu óvanalega vel í gjóskunni (Óskarsson, 2010. Ljóst er að einhverjar jurtir þöfdu illa að kaffærast í gjósku t.d. mosategundir, en flestar blómjurtir virtust hafa hæfileika til að vaxa upp með rótaröngum upp í gegn um gjóskulagið. Landnám nýrra plantna á svæðum mikið skemmdum af gjósku takmarkast einna helst af sífelldum endurflutningi gjóskunnar með vindi sem sverfur vaxtarsprota og lélegri vatnsheldni gjóskulagsins auk þess sem frostlyfting á gróðursnauðum svæðum veldur því að rætur plantna slitna.

Tímasetning eldgoss miðað við árstíð skiptir máli því áhrif gjósku á gróður eru mismikil eftir því hvenær gjóskan fellur miðað við vaxtartímabil gróðursins. Gjóskufall að vetrarlagi þegar gróður er í dvala, er hagstæðari fyrir gróður, þá ná vindur og vatn að fjarlægji hluta gjóskunnar áður en gróður fer að spretta á ný. Gjóskan safnast í skafla á skjólsælum stöðum s.s. í giljum og lægðum og getur legið þar til framtíðar og þar af leiðandi getur snjódældargróður orðið fyrir mun meiri gjóskuáhrifum en annar gróður (Friðriksson, 1981). Gjóskufall um sumar þegar gróður er allaufgaður og í vexti er óhagstæðara, en óhagstæðast gróðri er gjóskufall að vori í upphafi gróandans en þá eru mjúkir plöntuhlutar mun viðkvæmari fyrir svörfun og að kafna undir gjósku (Sigurðsson o.fl., 1999).

Að loknu gosi getur gjóska skaðað gróður enn frekar þegar rofferli vinds og vatns taka til við gjóskufluting. Gróft yfirborð gjóskukorna sverfur gróðurinn í stormum þegar gjóskan fýkur til og frá. Slíkur endurflutningur á gjósku verður bæði innan upphaflegs gjóskufallssvæðis og á nálægum svæðum sem gjóskan fýkur yfir. Áhrifasvæði hamfaranna stækkar þannig oft á tíðum langt út fyrir upphaflegt gjóskufallssvæði. Þannig má t.d. rekja jarðvegs- og gróðureyðingu á svæðunum kringum Heklu að mestu leyti til gjóskufoks undan meginfokáttum á svæðinu (Arnalds, 1998). Tjónið verður ekki einungis á meðan á gosi stendur, heldur líka í langan tíma á eftir þar sem gjóskan er á ferð í umhverfinu í mjög langan tíma eftir gos (Arnalds et al., 2011).

3.2.4. ÁHRIF Á VATN OG VATNSBÚSKAP

Eldgos á Íslandi hafa oft flóðahættu í för með sér ef eldstöðvar eru undir jökli og jarðvarminn bræðir skyndilega mikið magn af jökulís sem síðan rennur sem bylgja af flóðvatni niður á láglandi og berst að lokum til sjávar. Önnur áhrif eru síðan á vatnsbúskap gjóskufallssvæða. Gjóskan getur breytt landslagi varanlega, hún fyllir lægðir og breytir vatnsfarvegum (Boyd & Torrence, 1996).

Gosin í Eyjafjallajökli og Grímsvötnum hafa haft veruleg áhrif á vatn og vatnsbúskap. Mikið magn gosfna hefur borist niður á láglandi með vatnsföllum eftir gosið í Eyjafjallajökli (Helgason & Jensen, 2011) og valdið skaða á samgöngumannvirkjum og ræktarlandi. Þetta tjón kom fram bæði í gosinu árið 2010 og eftir goslok. Að hluta til má rekja þetta tjón til þess að gjóskan er á stöðugri hreyfingu, vindur og vatn bera hana niður í lægðir og í ár og læki. Léleg vatnsheldni oft á tíðum örfoka eða illa gróins lands á gjóskufallssvæðum veldur því einnig að úrkoma skilar sér hraðar í vatnsföll og skyndiflóð verða því tíðari og meiri en ella, einkum í kjölfar stórrigninga eða vegna örrar snjóbráðar.

Gosin hafa haft neikvæð áhrif á vatnalíf og veiðihlunnindi spillst, t.d. gekk lax ekki í Skógá sökum aukins aurburðar ári eftir gos í Eyjafjallajökli 2010 (Landssamband veiðifélaga, 2010). Svipað hefur gerst í fyrri gosum, þannig urðu sjóbirtingsstofnar í ám í Rangárvallasýslu fyrir miklu áfalli í Heklugosinu 1947, og nær hurfu á næstu árum eftir gosið.

Veitukerfi sem byggja á rennsli svo sem opin vatnsból, regnvatnskerfi, skólperfi og önnur rennisliskerfi geta orðið fyrir tjóni vegna efnamengunar og stíflumyndun í dreifikerfum, eða skaða á dælum.

3.2.5. ÁHRIF Á LOFTGÆÐI OG HEILSU MANNA OG BÚFJÁR

Gosefni geta haft margvísleg áhrif á heilsufar. Mönnum og dýrum getur stafað hættu af gjósku sem fellur til jarðar í nágrenni eldstöðvar, þegar grófari gosefnin bombur eða gjall falla til jarðar. Sprengivirkni gossins stjórnar því hversu langt frá eldstöðinni þetta skapar hættu. Yfirleitt er lítil hættu á þessu í um meira en 30 km fjarlægð frá eldstöð (Þórarinsson, 1979). Heilsuáhrif gjósku eru háð kornastærð, efnasamsetningu agna og húðun efna á yfirborði agnanna.

Mun víðtækari eru áhrif gjósku og áhrif af mikilli og langvarandi rykmengun sem hefur neikvæð áhrif á heilsu manna og búpenings. Áhrif slíkrar rykmengunar ná langt umfram upphaflegu gjóskufallssvæðin og standa yfir mánuðum eða árum saman löngu eftir að eldgos lýkur.

Skammtímaáhrif gjósku á líkamlega heilsu stafa einkum af astma- og bronkítiseinkennum, ertingu í öndunarfærum, hjartaeinkennum og erting á húð og í augum (t.d. Horwell ofl. 2006 Mynd 4). Kornastærð agna skiptir verulegu máli, korn undir 10 μm í þvermáli (PM_{10}) berast í öndunarfæri/brjósthol (thoracic) og agnir undir 4 μm geta borist í fingerðari vefi lungna og þaðan út í blóðrásina.

Andlegt álag er einnig líklegt til að hafa áhrif á íbúa gjóskufallssvæða miðað við reynslu af öðrum eldgosum (Shore, 1986).

Rykmengun frá gjóskufallssvæðum getur verið langvarandi og haft neikvæð áhrif á sjúklinga sem þjást af öndunarfæra- eða hjartasjúkdómum (Horwell ofl. 2006; Buzea et al., 2009; Gudmundsson, 2011; Hauksdóttir, 2011). Rannsókn íslenskra heilbrigðisstofnana á afleiðingum Eyjafjallajökulgossins (Carlsen et al., 2012) leiddi í ljós að íbúar á gjóskufallssvæðum urðu fyrir óþægindum í öndunarfærum og augum, og og astmi versnaði hjá astmasjúklingum. Íbúar fundu einnig fyrir álagi og andleg vanlíðan, en undir 10% fundu fyrir kvíða og þunglyndi sem rekja má til gossins. Hinsvegar var ekki talið að almennt heilsufar hafi versnað af völdum gossins og engar innlagnir á sjúkrahús má rekja til þess.

Loftgæði utan sjálfra gjóskufallssvæðanna urðu einnig lakari. Gjóskufallssvæði gossins í Eyjafjallajökli náði yfir um 3000 km^2 en áhrifasvæði gjóskunnar náði mun víðar. Mælingar í Reykjavík í um 100 km fjarlægð sýndu endurtekna atburði þar sem loftgæði voru jafnslæm eða verri en við upphaflegt gjóskufall í kjölfar gossins 2010 (Thorsteinsson o.fl. 2012).

Langvinn gos með tilheyrandi gjósku í andrúmslofti eða kyrrstæðar aðstæður í veðri á gostíma getur haft alvarleg áhrif á heilsufólk á svæðum sem liggja undan vindi frá upprunasvæðum gjósku (Tesche ofl. 2012).

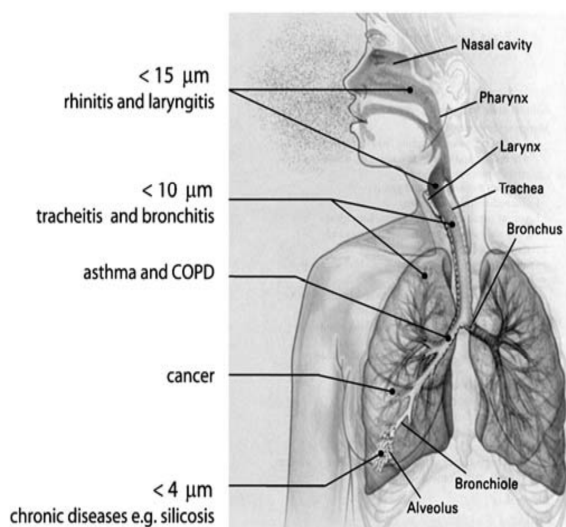
Reynsla t.d. frá gosi í Ruapeho, Nýja Sjálandi hefur sýnt fram á aukna dánartíðni tengda öndunarfærum vegna öskufalls á svæðum sem eru í 166-282 km fjarlægð frá eldfjallinu af völdum fínkorna gjósku (Newnham ofl. 2010).

Langvarandi áhrif gjósku eru óviss, oft er bent á hættu af völdum sjúkdóma líkt og steinlungna (silicosis) sem t.d. námamenn, fólk í landbúnaði eða fólk á eyðimerkursvæðum fær vegna rykmengunar eða jarðvegsfoks. Þar þarf þó að þrennt að fara saman, að fólk verði fyrir áhrifum í langan tíma (ár eða áratugi), mikið magn og fínkorna kísilríkt svifryk (Weill,1981). Eldgos sem hófst árið 1995 í Soufrière Hills á eyggi Montserrat var talið geta skapað slík skilyrði, þar sem langvinn eldvirkni stóð yfir samfelt í 16 ár. Í upphafi var talið að þeir 4500 einstaklingar sem voru á eygunni eftir gos væru etv. ekki almennt í hættu en sú hættu væri fyrir hendi að einhverjir vegna atvinnu sinnar myndu fá aðkenningu að slíku ástandi lungna í kjölfarið (Searl ofl., 2002). Slíkt hefur þó ekki enn komið fram á Montserrat, ef til vill vegna þess að styrkur rykmengunar eða tímalengdin hefur ekki verið næg til að langvinnur sjúkdómur þróist eða að eftirfylgni hefur ekki verið nægileg og ekki eru þekkt dæmi um þennan sjúkdóm í kjölfar eldgosa (Kar-Purkayastha, 2012). Líklegt er að í kjölfar gjóskufalls verði aukning á jarðvegsrofi, sem gæti valdið aukningu á svifryki af náttúrulegum uppruna. Neikvæð áhrif jarðvegsryks á heilsu og aukin dánartíðni hjarta- æða og öndunarfærasjúkdóma er einnig þekkt víða um heim (Longueville ofl. 2012; US EPA 2009).

Ýmis gögn sýna að skammvinn aukning á styrk svifryks af náttúrulegum uppruna ($PM_{2,5-10}$) eykur hættu á dauðsföllum vegna æða- og öndunarfærasjúkdóma (Mallone ofl. 2011). Sem dæmi má nefna að þekkt er frá Spáni og Ítalíu að aukning verður á dánartíðni í kjölfar þess að svifryk berst þaðan frá Sahara eyðimerkursvæðum Afríku (Perez ofl. 2008; Mallone ofl. 2011).

Talið er mikilvægt að viðmið loftgæða taki tillit til heilsufarslegra áhrifa svifryks af náttúrulegum uppruna (Mallone ofl. 2011),þó þörf geti veriðá frekari greiningu á tengslum milli þessa svifryks og heilsufarsþátta (US EPA, 2009).

Áhrif gjósku á heilsufar búpenings og manna eru þekkt frá fyrri gosum hér á landi. Gjóska getur kæft búfénað og valdið a.m.k. tímabundinni blindu. Nærri eldstöðvum geta gös safnast fyrir í lægðum og kæft búfénað auk þess sem eldingahætta er talsverð (MAST, 2012).



Mynd 4. Skýringarmynd af öndunarvegi og lungum og tengsl kornastærðar gjósku og möguleg áhrif á heilsu (Horwell ofl. 2006). Helstu sjúkdómar s. s. steinlungu (silicosis), krabbamein (cancer), astmi og langvinn lungnateppa (e. asthma & COPD), barkakýlis- og barkarbólga (tracheitis & bronchitis), nefslímubólga (rhinitis), og barkabólga (laryngitis).

Flúormengun frá eldgosum veldur sjúkdómum í búfé, bæði langvinnri eitrun eðasvokölluðum gaddi, og bráðaeitrun. Langvinn flúoreitrun getur valdið búsifjum í mörg ár eftir gos, þar sem afmyndun og holumyndun í beinum dýra sem verða fyrir eitrun á vaxtartíma gengur ekki til baka þegar þau eldast.

Fátt virðist þó benda til þess að gjóskufallið frá Eyjafjallajökli hafi haft veruleg áhrif á heilsufar búfjár. Þó er talin ástæða til þess að fylgjast með því hvort einhver langtímaáhrif á heilsufar búfjár verða af gjóskufalli og gjóskufoki á stórum svæðum á Suðurlandi (Andrésdóttir o.fl., 2011). Áhrif gjósku úr Grímsvatnagos á búfé voru helst skaðar á slímhúð augna, en þó var ástand búfjar almennt gott samkvæmt athugun Mast frá 26. maí 2011 (Mast, 2011).

Önnur áhrif gosefna tengd búfé eru að gosefni geta líka spillt heyjum, hamlað heyskap og takmarkað heyforða bænda á gjóskufallssvæðum. Auk þess geta gæði fóðurs verið takmörkuð vegna gjósku og slit verða á vinnuvélum.

3.2.6. ÁHRIF Á SAMGÖNGUR

Áhrif gjósku á samgöngur í lofti, á landi og sjó voru töluverð í síðastliðnum eldgosum. Gjóska takmarkaði skyggni í nágrenni eldstöðvanna og hindraði þannig umferð. Önnur áhrif voru skemmdir á bifreiðum vegna svörfunar gjóskukorna auk stíflaðra loftsláa í bifreiðum. Samgöngur á landi urðu fyrir röskun vegna bæði vegna flóða og tilheyrandi vegaskemmda vegna bræðsluvatns og vegna gjósku. Gjóska fyllir upp í vatnsfarvegi, þannig að mun minna vatn þarf til að ár flæði yfir bakka sína. Gjóska getur haft áhrif á vatnsmiðlun og aukið yfirborðsflæði vatns. Þannig skilar úrkoma sér hraðar í vatnsföllin í stað þess að hluti hennar sígur venjulega í jarðveg og berggrunn. Endurtekin flóð verða því af völdum úrkomu, sem skapar hættu fyrir brýr og önnur mannvirki. Hækka þarf varnargarða, ekki síst þar sem þrengt hefur verið óhóflega að vatnsföllum. Samgöngur á sjó röskuðust einnig, þar sem gjóska sem barst með hafstraumum í innsiglinguna í Landeyjahöfn torveldaði notkun hafnarinnar. Mótvægisáðgerðum gegn þessum röskunum á samgöngur hefur fylgt mikill kostnaður.

Eftir að gosum lýkur er mikið af lausum efnum sem fjúka auðveldlega og geta hindrað samgöngur. Algengt er að laus jarðvegsefni séu í nágrenni vega og valdi foki. Þar sem fokefni er gróft, >1 mm getur það valdið skemmdum á ökutækjum (VSO ráðgjöf, 2009). Neikvæð áhrif á skyggni eða vegsýn verða einkum á svæðum þar sem um er að ræða fíngert fokefni. Auk þess geta fokefni myndað skafla á vegum. Öskufok á vegum var til að mynda enn að valda slysum í júní 2012, ári eftir Grímsvatnagos, en þá valt bifreið á hringveginum við Gígjúkvísl. Að sögn upplýsingafulltrúa Umferðarstofu í júní 2012 hafa slíkar aðstæður valdið viðverandi hættu á vegum þegar vind hreyfir og á sumum svæðum hefur þetta verið vandamál allt frá því Eyjafjallajökulsgosið hófst árið 2010 (Morgunblaðið, 2012). Laus jarðefni hafa áður haft viðvarandi áhrif á samgöngur. Þannig var vegurinn um Mýrdalssand lokaður vegna sandfoks í 20-25 daga á ári áður en farið var í uppgræðsluáðgerðir til að koma upp gróðurþekju í nágrenni vegarins til að draga úr sandfoki á veginn. Gróður og uppgræðsla draga mjög úr jarðvegsfoki á vegi (VSO ráðgjöf, 2009).

Gjóska getur einnig haft áhrif á flugsamgöngur, nýlegt gos í Eyjafjallajökli olli mestu röskun á flugumferð sem orðið hefur síðan í seinni heimstyrjöldinni. Skaði flugrekstaraðila var mikill, röskun varð á ferðum milljóna flugfarþega (Air Passenger Rights, 2011) og höfðu veruleg áhrif á aðra þætti í hagkerfum heimsins (Donati & Milhench, 2011). Beinn kostnaður íslenskra flugrekstaraðila nam um 1,7 milljörðum króna vegna gos í Eyjafjallajökli (Viðskiptablaðið, 2011).

Eldgos í Eyjafjallajökli árið 2010 olli því að hætta varð við 100.000 flugferðir í apríl, með tilheyrandi röskun á ferðum yfir 10 milljón flugfarþega. Fyrstu þrjá daga gossins féllu niður um 42.600 flugferðir, 15.-17. apríl 2010. Ári síðar við Grímsvatnagos var hætt við 900 flug af 90.000 áætluðum ferðum fyrstu þrjá daga eldgossins í Grímsvötnum, 23.-25. maí 2011 (Air Passenger Rights, 2011). Þessi mismunandi áhrif eldgosanna á flugumferð stafa af mun milli eldgosanna sjálfra ásamt því að mismunandi veðurskilyrði voru á tímum hvers goss fyrir sig. Aðalmunurinn felst þó í breyttri og nákvæmari aðferðafræði við mat áhættu fyrir flugumferð af völdum eldfjallaösku (Air Passenger Rights, 2011).

Hagkerfi nútímans eru samtengd hnattrænt með flugsamgöngum. Mikil truflun í flugrekstri getur valdið uppnámi í inn- og útflutningi, og getur valdið m.a. röskun á aðföngum og fæðuframboði bæði hérlendis og um allan heim. Slík röskun getur síðan haft keðjuverkandi áhrif á fjármagnsmörkuðum (Self, 2006). Dæmi, frá nýlegum eldgosum á Íslandi, sýndu að staðbundin röskun á flugi olli röskun á hagkerfi á allt öðrum svæðum langt utan áhrifasvæði eldgossins. Daglegur flutningur á ferskvöru milli landa eða heimsálfa, s. s. á mat, blómum eða öðrum vörum fór úr skorðum og raskaði atvinnustarfsemi. Eldgos í Grímsvötnum hafði að auki áhrif á markaðsverð flugvélaeldsneytis (Donati & Milhench, 2011).

Víðtæk dreifing á ösku líkt og varð í Eyjafjallajökulsgosinu er ekki einsdæmi og rannsókn á setlögum norður Evrópu sýnir að á síðustu 7000 árum hafa slíkir atburðir gerst endurtekið. Síðustu 1000 ár hefur gjóska frá Íslandi borist til Evrópu á 56 ára fresti að meðaltali (± 9 ár, endurkomutími spannar 6-115 ár). Útreikningar út frá gögnum síðustu 1000 ára benda til þess að á hverju 10 ára tímabili eru 16% líkandi á gjóskufalli í N-Evrópu (Swindles et al., 2011).

3.2.7. ÁHRIF Á FJARSKIPTI OG ORKUFLUTINGA

Gjóska hefur truflað fjarskipti, dæmi eru um slíkar truflanir t.d. í Surtseyjargosi 1969, Pinatubo 1991, og dæmi frá gosi í St. Helens í Bandaríkjunum árið 1981 sýndi að tímabundin röskun vegna truflana í andrúmslofti hafði alvarleg áhrif á neyðaraðstoð (Smith, 2002). Síðustu 20 ár hafa þó ekki verið dæmi um slíkar truflanir í eldgosum að undanskildu áhrifum vegna eldinga í gosmekki (Wilson et al. 2012). Ýmis fjarskiptatæki geta verið viðkvæm fyrir því ef fín gjóska stíflar eða veldur svörfun. Of mikið álag á fjarskiptakerfi getur einnig leitt til röskunar líkt og í öllum öðrum náttúruhamförum.

Dreifikerfi raforku getur verið viðkvæmt fyrir gjóskufalli. Gjóska sem sest á línur og einangrara getur leitt til útleysinga og valdið truflunum, línur geta slitnað, möstur og staurar brotnað undan þunga gjóskunnar. Snjór og ísing eykur þessa hættu. Rafmagnsleysi getur auðveldlega lamað þjóðfélagið. Stutt straumrof hefur þó almennt ekki miklar afleiðingar. Þeir sem eru háðir rafmagni vegna nauðsynlegrar starfsemi hafa gjarnan komið sér upp möguleika á tímabundnu varaafli. Hinsvegar, ef röskun verður til lengri tíma getur slíkt valdið truflun á ýmiskonar framleiðslu og iðnaði og haft áhrif á framboð annara dreifikerfa svo sem hitaveitu og vatnsveitu. Langvarandi rafmagnsleysi getur haft áhrif á þjóðaröryggi og efnahag (Jóhannesdóttir, 2011). Þessi áhrif komu þó ekki fram í nýlegum eldgosum hérlendis.

3.2.8. ÁHRIF Á BYGGINGAR

Aðalhættan varðandi gjóskufall og byggingar verður einkum þegar gjóska safnast á þök og þau þola ekki álagið af þyngd gjóskunnar. Hérlendis eru hönnunarforsendur fyrir þök þannig að gert er ráð fyrir meira vind- og snjóálagi en víðast annars staðar, þó geta þau látið undan álaginu í miklu gjóskufalli. Fok gosefna getur líka valdið skemmdum og svörfun á gluggarúðum og málmklæðningum. Yfirleitt er byggð á Íslandi það fjarri eldstöðvum að gróft

gosefni berst ekki að mannvirkjum, þannig hætta á að þök eða gluggar brotni vegna grófustu gjóskunnar er lítil.

Mörg dæmi eru hinsvegar til um slíkt frá ýmsum eldgosum, m.a. má nefna hið þekhta gjóskugos í eldfjallinu Vesuviusi sem gróf borgina Pompei á Ítalíu árið 79. Vestmannaeyjagösinu árið 1973 hefur verið líkt við þetta gos og Heimaey hefur verið kölluð Pompeii norðurlands. Þá færði gjóska mörg hús á Heimaey í kaf, kveikti í öðrum, og enn önnur gáfu sig undan gjóskubunganum (Sigurdórsson, 1973). Álag á þök fór bæði eftir magni gjóskunnar og svo hversu blaut hún er. Þyngd nýfallinnar gjósku mældist um 600 kg/m^3 , en þegar hún blotnaði í mikilli rigningu fór þyngdin upp í 1000 kg/m^3 . Flest þök þoldu 30-40 cm lag af þurri gjósku, þ.e. $180\text{-}240 \text{ kg/m}^2$, en þegar hún blotnaði voru þau líkleg til að gefa sig (Þórarinsson, 1979; Einarsson, 1974). Alls eyðilögðust tæp 40 % af byggingum á Heimaey eða um 400 hús (Helgadóttir, 2011).

3.2.9. KOSTNAÐUR VEGNA ELDGOSA 2010 OG 2011

Við höfum nú rakið áhrif gjósku á ýmsa þætti samfélagsins. Sumt af þessum áhrifum tengjast ekki með beinum hætti áhrifum á vistkerfi landsins. Hinsvegar ber allt að sama brunni, því sameiginlegi þráðurinn í þessari umfjöllun er kostnaðurinn sem samfélag þarf að bera vegna áhrifa eldgosa. Það undirstrikar enn frekar mikilvægi þess að þegar hægt er að lágmarka slíkan kostnað svo sem með forvörnum sem felast í bættum landgæðum og gróskumiklum vistkerfum skilar slíkt ágóða til samfélagsins bæði fyrir og eftir eldgos.

Heildarframlög úr ríkissjóði vegna eldgosanna þriggja Grímsvötnum, Eyjafjallajökli og á Fimmvörðuhálsi voru orðin 1.424 milljónir króna í maí 2012 (Forsætisráðuneytið, 2012). Í þeirri fjárhæð er ekki meðtalinn margvíslegur kostnaður stofnana sem fjármagnaður hefur verið af árlegum fjárheimildum þeirra.

Aðilar sem fengur fjárframlög voru m.a.: Almannavarnardeild Ríkislögreglustjóra, Þjargráðasjóður, Búnaðarsamband Suðurlands, Flugstoðir, heilbrigðisstofnanir, Jarðvísindastofnun Háskólans, Landgræðslan, Löggæslan, Landhelgisgæslan, Rauði kross Íslands, Slysavarnarfélagið Landsbjörg, Umhverfisstofnun, Vegagerðin, Veðurstofan, og nálæg sveitarfélög. Sá fjöldi aðila sem hér er talinn upp lýsir því vel að hamfarir vegna náttúruvára hafa mikil áhrif á þjóðfélagið og á margvíslegan og mismunandi hátt.

Að auki féll einnig til ýmis kostnaður vegna fyrstu viðbragða í kjölfar eldgossins í Grímsvötnum- vegna björgunar- og neyðaraðgerða og hreinsunarstarfs, einnig var átaksverkefni vegna þjónustu við ferðamenn á gossvæðum. Einnig var lagt fé til markaðsátaks ferðaþjónustunnar vegna eldgosanna. Ýmis annar kostnaður sem til féll en var ekki bættur, t.d. hreinsun á gossvæðum, slit á vélum (bifreiðum, landbúnaðartækjum o.fl.), minni hefyndum og svo framvegis. Það er því ljóst að samfélagið þarf að bera kostnað, bæði þann sem hægt er að meta til fjár og annan kostnað sem ekki fæst bættur með peningum.

Forvarnir eru mikilvægar til að lágmarka kostnað og skaða samfélagsins gagnvart vá af völdum eldvirkni. Forvarnir og mótvægisáðgerðir sem felast í því að byggja upp vistkerfi landsins koma ekki í veg fyrir þau öll áhrif sem gjóska getur valdið og lýst hefur verið hér á undan. Hinsvegar mun aukinn hlutur gróðurs, skóga og kjarrlendis, umhverfis virkar eldstöðvar geta dregið stórlega úr neikvæðum afleiðingum gjóskufalls og endurteknu foki gosefna að loknu gosi. Slíkt er afar mikilvægt út frá vistfræðilegum, efnahagslegum og heilsufarslegum ástæðum. Það er því brýnt langtímaverkefni að byggja aftur upp skóga- og kjarrvistkerfi landsins svo þau megni að sinna því hlutverki á ný.

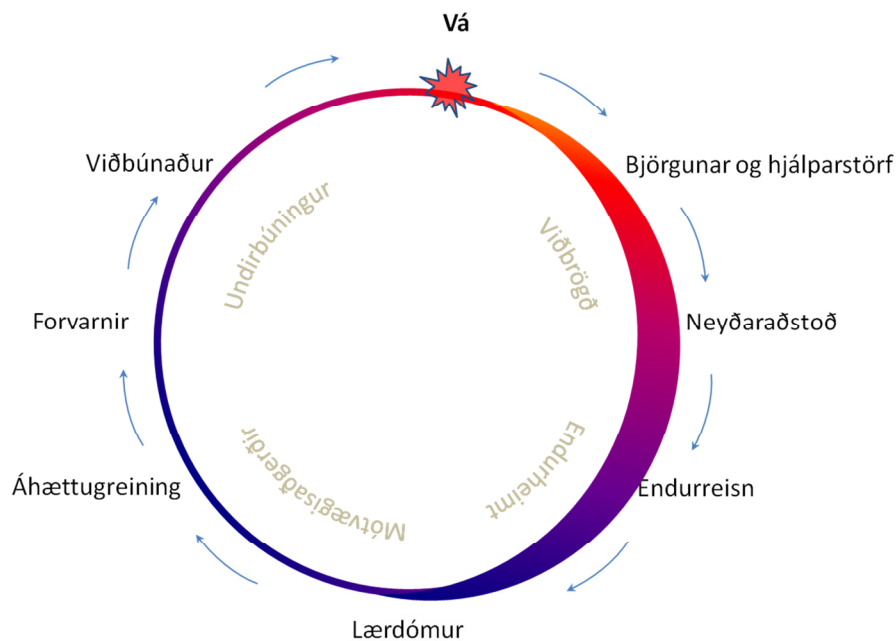
4. HÆTTUMAT

Gosin, í Eyjafjallajökli árið 2010 og í Grímsvötnum 2011 hafa sýnt að þörf er á heildstæðri áhættugreiningu vegna eldgosa á Íslandi. Með áhættugreiningu er átt við mat á tjónmætti eldgosa og tjónnæmi samfélagsins ásamt áhættumati og mótvægisáðgerðum. Gerð áhættugreiningar felur í sér undirbúning og upplýsingu samfélagsins um mögulega hættu og stuðlar þannig að því að lágmarka skaða samfélagsins vegna eldgosa.

Viðbrögð við hamförum er oft skipt í fjóra þætti:

- Fyrstu neyðaraðstoð á meðan hamförum stendur eða fyrst á eftir,
- Enduruppbygging eftir að hamförum lýkur,
- Endurmat og lærdómur dreginn, aðgerðir þróaðar til að lágmarka áhættu.
- Undirbúningur fyrir hamfarir framtíðar, áhættugreining og gerð hættumats, þróun og framkvæmd mótvægisáðgerða, undirbúningur viðbúnaðar og aðvörunarkerfum komið á fót til að vara við hættu.

Þessir þættir eru oft settir fram á myndrænan hátt sem hringrás þar sem rökrétt má teljast að hvert viðbragð taki við af öðru, sjá **Mynd 5**.



Mynd 5. Viðlagahringrásin. Hringrás hamfara og almannavarna er oft skipt í fjóra fasa: Váatburður gerist; 1) Fyrstu neyðarviðbrögð; 2) Endurheimt og uppbyggingarfasir; 3) Mótvægisáðgerðir þar sem á kerfisbundinn hátt er reynt að læra af reynslunni, unnið er að áhættugreiningu, forvörnum og minnkun áhættu til að lágmarka tjón; 4) Undirbúningur fyrir næstu vá, viðbúnaður, söfnun upplýsinga, vöktun og stofnun aðvörunarkerfa (Barnier, 2006; Baas, 2008). Rauður litur og þykkt hringins endurspeglar þá röskun sem samfélag upplifir við áfallið og eins áhuga fjölmíðla á atburðinum, sem er mest í upphafi atburðar en síðan fjara bæði áhrifin út þegar frá líður (blái liturinn).

Þegar hættur vegna náttúruvár hafa verið greindar er hægt að finna leiðir til að draga úr áhættu á tjóni af þeirra völdum. Þannig má með aðgerðum reyna að koma í veg fyrir eða lágmarka skaða á fólki og tjón á eignum eða umhverfi vegna mögulegra hamfara. Draga má úr áhættu af völdum náttúruvár á ýmsan hátt, til dæmis með landsskipulagi, reglum um landnýtingu á hættusvæðum, byggingareglugerðum, vöktun og spám, varnarmannvirkjum og ákvörðun rýmingarreita vegna snjóflóða og vatns- og aurflóða. Þörf getur verið á aðlögun samfélagsins að breyttum aðstæðum eða breyttri landnýtingu. Fræðsla og upplýsingagjöf til almennings um vá og varnir gegn henni er nauðsynleg, til að auka skilning og kunnáttu til að bregðast við og undirbúa sig undir hugsanlega hættulega atburði.

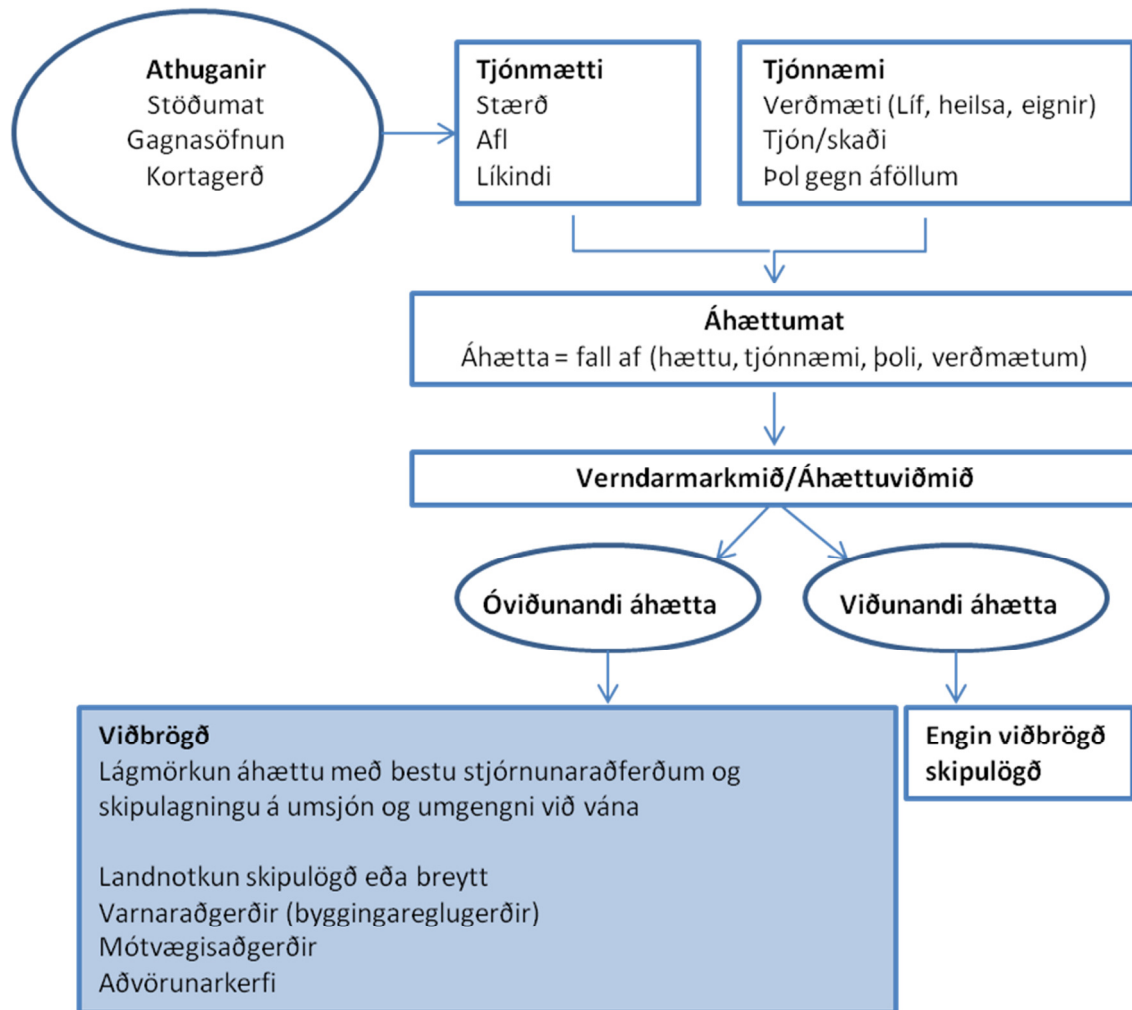
4.1. HÆTTUMATSRAMMI SAMEINUÐU ÞJÓÐANNA

Hættumatsrammi Sameinuðu þjóðanna UN-ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction (www.unisdr.org, WMO 1999, WMO 2011) hefur mótað ferli við gerð hættumats. Sú skilgreining er sett fram að minnkun áhættu vegna hamfara feli í sér allar þær aðgerðir sem leiða til þess að draga úr áhættu með kerfisbundnu hætti. Annarsvegar með greiningu á stærðargráðu tjóns sem hætta getur valdið eða tjónmætti hættunnar og hinsvegar að draga úr tjónnæmi, eða næmi samfélagsins gagnvart tjóni eða orsakatengdum þáttum hamfara.

Aðgerðir, sem geta stuðlað að því að draga úr áhættu vegna hamfara eru m.a.:

- Draga úr váhrifum
- Draga úr tjónnæmi fólks eða hluta/mannvirkja
- Stuðla að skynsamlegri nýtingu og umsjón lands og umhverfis
- Aukinn viðbúnaður vegna hamfara

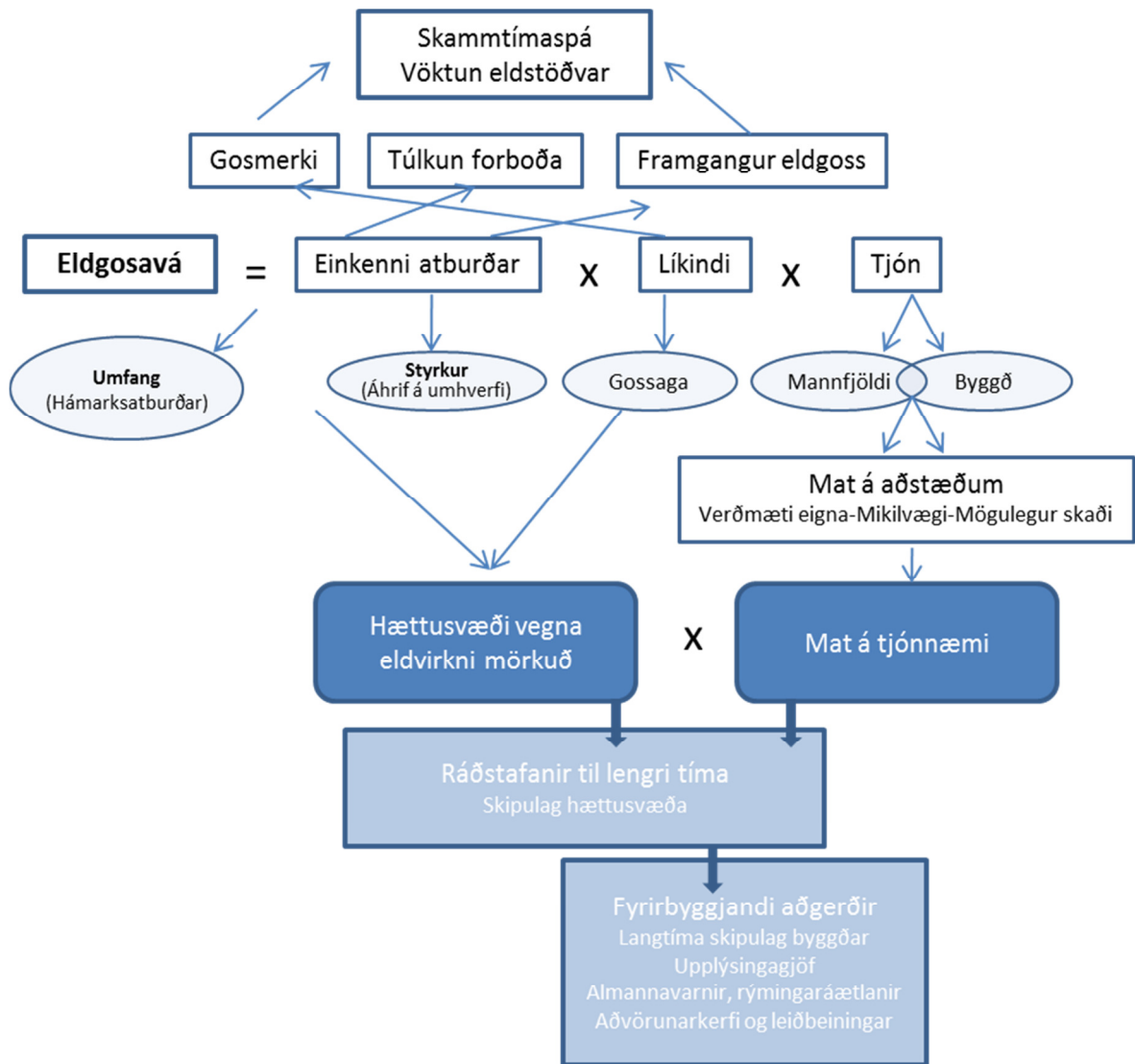
Eftirfarandi flæðirit fyrir hættumatsramma Sameinuðu þjóðanna lýsir vel slíku ferli:



Mynd 6. Flæðirit fyrir hættumatsramma Sameinuðu Þjóðanna (UN-ISDR- International Strategy for Disaster Reduction, (<http://www.unisdr.org/>); WMO, 1999).

Flæðiritið sýnir einnig að þegar búið er að greina hættuna, er það samfélagið á hverjum tíma sem setur pólitísk og efnahagsleg viðmið hverju sinni hvað telst viðunandi eða óviðunandi áhætta. Áhættuviðmið samfélagsins stjórnar því hver viðbrögð samfélagsins eru við áhættunni.

Á mynd 7 má síðan sjá flæðirit um gerð hættumats vegna eldvirkni og skipulag mótvægisáðgerða til lengri tíma (WMO, 1999).



Mynd 7. Flæðirit um gerð hættumats vegna eldvirkni og skipulag mótvægisáðgerða til lengra tíma (WMO, 1999).

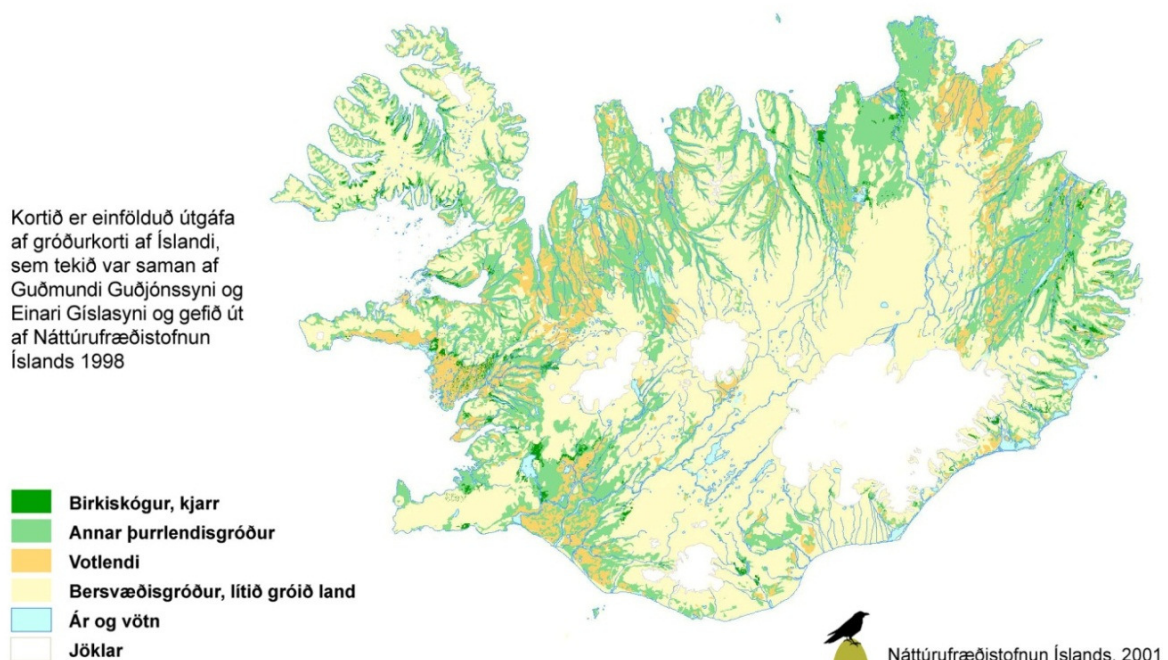
Landgræðsla og skógrækt tengjast tveimur þáttum þessa hættumatsramma; tjónnæmi og viðbrögðum (Ágústsdóttir, 2012). Þar sem þanþol eða viðnámsþróttur rofinna vistkerfa er skert (sjá kafla 6), megna þau ekki að stöðva gjóskuna þar sem hún fellur og því veldur hún viðvarandi tjóni á vistkerfunum, samgöngum, landbúnaði, atvinnurekstri, heilsu og fleiri þáttum. Viðbrögð landsmanna við þessu eiga að vera að auka þol vistkerfanna og lágmarka þannig áhættuna.

5. STÖÐULÝSING - ÁSTAND OG ÞANÞOL VISTKERFA Á ÍSLANDI

5.1. GRÓÐURHULA –ÚTBREIÐSLA GRÓÐURS

Gróðurhula er víða samfelld frá láglandi inn á heiðar miðhálandisins, á þeim svæðum sem eru utan gosbeltisins. Á eldvirka beltinu, oft við hálandisbrúnina í um 400 m h.y.s, taka við lítt gróin öræfi þar sem samfelldur gróður viðhelst einna helst í lægðum í landslaginu þar sem grunnvatnsstaða er há. Gróðurfarslega má aðgreina láglandis- og hálandisgróður við um 300–400 m hæð yfir sjó. Ísland er hálent og um 58% lands er ofan við 400 metra hæð yfir sjávarmáli (Umhverfisstofnun, 2004). Rétt tæplega tveir þriðju hlutar lands (64%) neðan 400 m hæðar eru gróið land en aðeins 15% landsins ofan 400 m. Gróðurfari á Íslandi má skipta í fimm meginflokka (**Mynd 8**, Náttúrufræðistofnun Íslands, 2001):

- 41%: Bersvæðisgróður eða minna en hálfgróið land, m.a. á melum og söndum
- 35%: Sæmilega og algróið land með ríkjandi blómplöntum, sem að stærstum hluta er mólendi, graslendi og ræktað land.
- 10%: Mosaland með strjálri háplöntuþekju.
- 8%: Votlendi
- 1%: Birkiskógur og kjarr



Mynd 8. Gróðurfari á Íslandi á okkar tímum. Kortið er einfölduð útgáfa af gróðurkorti af Íslandi sem tekið var saman af Guðmundi Guðjónssyni og Einari Gíslasyni og gefið út af Náttúrufræðistofnun Íslands árið 1998 “Gróðurfari á Íslandi”, (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2001).

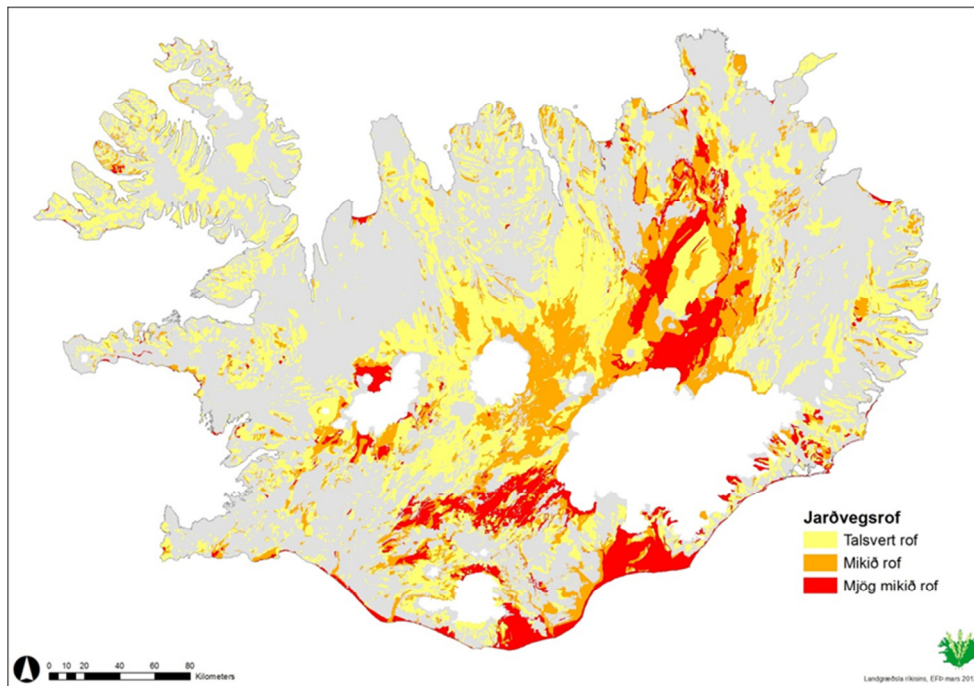
Lífríki Íslands mótast að miklu leyti af norðlægrri hnattstöðu, landfræðilegri einangrun og þeim skamma jarðsögulega tíma síðan landið var hulið jökli. Flóra og fána eru fremur tegundafátæk, og er tegundum háplantna misdreift um landið. Talið er að í íslensku flórunni séu á bilinu 5-6000 tegundir plantna, þ.e. blómplöntur, byrkningar, mosar, fléttur, sveppir og þörungar (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2012). Innendar háplöntutegundir eru taldar um 490, þar af 450 tegundir blómplantna (mest grös og starir), 40 tegundir byrkninga og einn berfrævingur (einir) (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2012). Tegundir af víðiætt eru fjórar og hafa líklega áður fyrr verið mun útbreiddari og eru afar mikilvægar vistfræðilega. Mosar er meira áberandi á Íslandi en víða annars staðar sem endurspeglar líklega ýmsa þætti, m.a. loftslag, síendurtekna myndun á nýju undirlagi vegna eldvirkni, en einnig langa og þunga búfjárbreit sem hefur haldið niðri lostætum tegundum sem annars hefðu vaxið yfir lággróður mosa og fléttu (Umhverfisstofnun, 2011).

5.2. JARÐVEGSROF Á ÍSLANDI

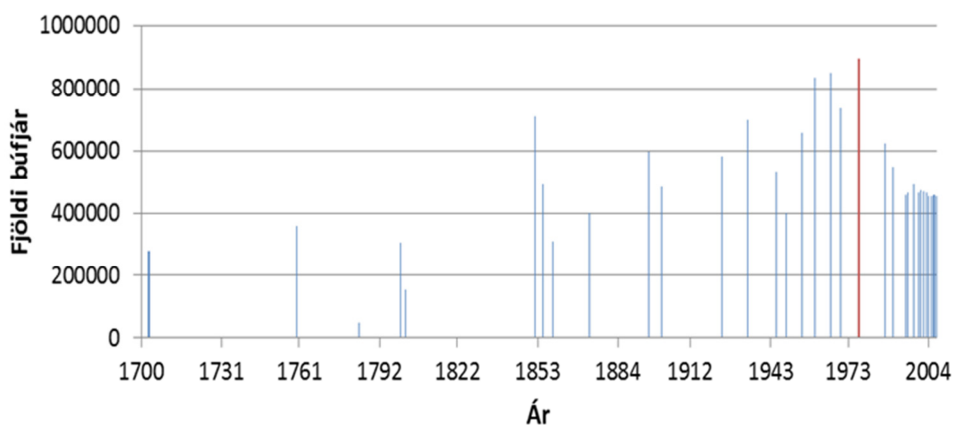
Ástandi vistkerfa endurspeglast í úttekt á jarðvegsrofi á Íslandi sem gerð var af Landgræðslu ríkisins og Rannsóknarstofnun Landbúnaðarins á árunum 1991-1996 og var gefin út árið 1997. Niðurstöður leiddu í ljós að alvarlegt rof er á um 40 % landsins eða um 40 þúsund km², nokkurt rof á 26 %, lítið rof 7 % og ekkert rof á 4 % landsins (Mynd 9) (Arnalds o.fl., 1997). Þar kom í ljós að jarðvegsrof er mest og ástand gróðurvistkerfa lakast á virka gosbeltinu þar með talið í nágrenni eldstöðva í Vatnajökli, Mýrdalsjökli, Eyjafjallajökli og Heklu. Á þessu svæði má búast við aukinni eldvirkni á næstu áratugum og jafnvel öldum (t.d. Larsen et al., 1998; Sigmundsson et al., 2010; Óladóttir et al., 2011).

Rofskýrslan lýsir ástandi landsins á árunum 1991-1996, en líklegt er að breytingar hafi orðið til hins betra á ástandi vistkerfa síðan þá. Líkur eru taldar á að nú græðist meira en eyðist (Landgræðsla ríkisins, 2011). Til þessa eru taldar margar samverkandi ástæður, einkum vegna þess að skipulagt gróðurverndar- og landgræðslustarf hefur verið unnið allt frá árinu 1907 hefur skilað árangri og virkni vistkerfa verið endurreist á stórum svæðum. Sauðfé hefur fækkað mikið frá því sem flest var, beitartími er styttri á afréttum og beit almennt betur stjórnað. Árið 1977 voru taldar um 896 þúsund vetrarfóðraðar kindur í landinu. Árið 2011 voru þær hinsvegar um 486 þúsund, sem er fækkun um 45% á rúmum þremur áratugum. Stór landflæmi hafa verið friðuð fyrir beit, á vegum margra aðila, sem hefur örvað mjög sjálfræðslu lands.

Loftslag á norðurslóðum hefur hlýnað að meðaltali um 0,4°C á hverjum áratug síðustu 40 árin (McBean et al. 2005). Gróðurskilyrði hafa þar með orðið betri og einnig hefur tíðni alvarlegra uppblástursstorma minnkað síðustu áratugi (Elmendorf 2011; Alexander et al. 2005). Góðum frærum fylgja oftast sumur þar sem fræ af þeim gróðri sem tórt hefur nær að spíra og dafna. Segja má að þau umskipti hafi komið frá og með 1994 (Landgræðsla ríkisins, 2011).



Mynd 9. Jarðvegsrof á Íslandi (Byggt á Arnalds o.fl. 1997).

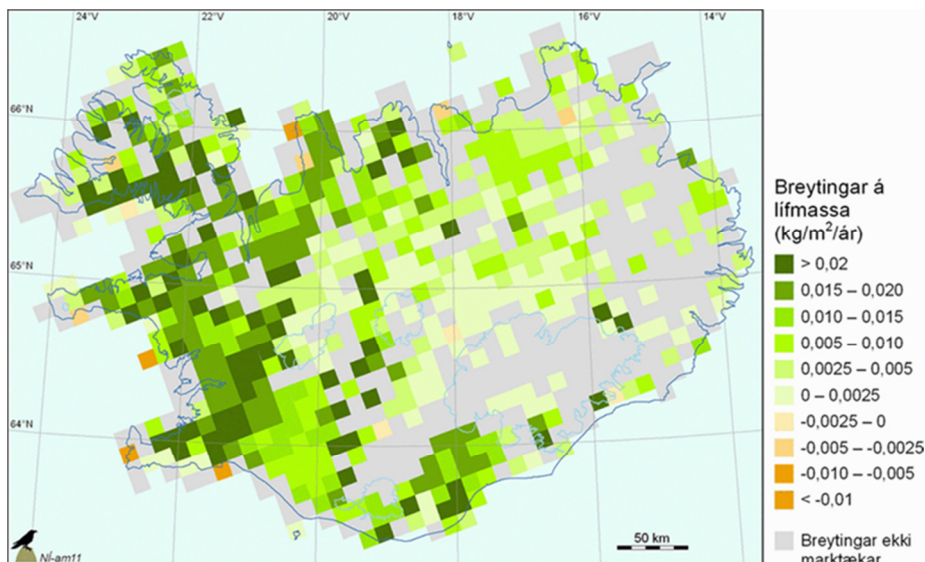


Mynd 10. Fjöldi búfjár á Íslandi 1703-2007, (Bragason, 2012).

Nátturfræðistofnun Íslands (2011) nýtti gervitunglagöng til að reikana út breytingar á lífmassa frá 1982-2010. Gervitunglin greina gróðurstuðul (NDVI-index), sem er mælikvarði á blaðgrænu og grósku gróðurs á yfirborði jarðar. Við greininguna var landinu skipt upp í 893 reiti (12,4 x 12,4 km) og fyrir hvert ár voru tekin hæstu gildi sumars í hverjum reit. Greiningin bendir til þess að aukning hafi orðið á lífmassa á árunum 1982 til 2010 víðast hvar á landinu, (Nátturfræðistofnun Íslands, 2011; **Mynd 11** og **Mynd 12**). Fellur það vel að niðurstöðum Elmendorf o.fl. (2012a, b) sem sýna fram á öra gróðurframvindu í ljósi hlýnandi loftslags. Meðaltal hámarksgilda sýnir að nokkur aukning gróðurs er á árabílinu 1982 til 2000, og árið 2001 verður svo mikið stökk upp á við. Hæsta meðalgildi mældist árið 2010 og er það tæplega 50% hærra en gildið frá árinu 1982 (11. mynd).



Mynd 11. Gróðurstuðull NDVI, mælikvarði á blaðgrænu og grósku gróðurs á yfirborði var metinn í 893 reitum, hver reitur var 154 km². Meðaltal hámarksgilda fyrir allt landið, sýnir aukningu á tímabilinu 1982-2010, Náttúrufræðistofnun Íslands (2011).



Mynd 12. Reiknuð meðalbreyting á lífmassa gróðurs á Íslandi 1982 – 2010. Útreikningar byggja á rannsóknum á heimskautasvæðum utan Íslands og ber því að taka með fyrirvara, Náttúrufræðistofnun Íslands (2011).

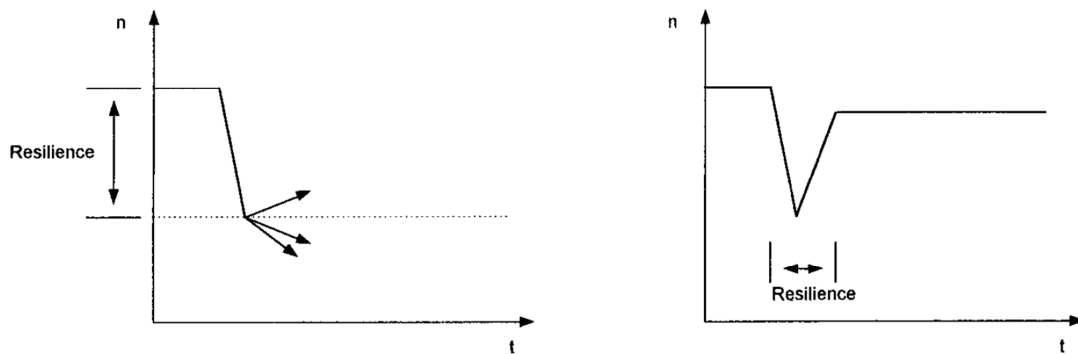
Þess ber þó að gæta að myndin sýnir breytingar á uppskeru en hún getur aukist jafnvel án þess að jarðvegsrof minnki. Gervitunglamyndirnar sýna að ástand á helstu rofsvæðunum, sem greind voru í rofkortlaginu á árunum 1991-1997 (Arnalds et al., 1997) er nær óbreytt. Batinn er fyrst og fremst þar sem er góð gróðurhula og lítið rof á vesturlandi (Mynd 11 og Mynd 12). Á áhrifasvæði eldgosanna eru ekki greindar marktækar breytingar á lífmassa. Þörf er á að leggja mat á breytingar sem orðið hafa á jarðvegsrofi og meta hvert er ástand lands er á þessum svæðum og meta getu vistkerfa til að takast á við gjóskufall og afleiðingar þess.

5.3. ÞANÞOL VISTKERFA

Það er ljóst að þó að ástand vistkerfa á Íslandi sé hugsanlega að stefna í átt til betri vegar, eins og lýst var hér að ofanverðu, þá er enn mikið rof á stórum hluta landsins sem bendir til þess að vistkerfi landsins séu enn undir miklu álagi. Ef viðbótaráföll dynja yfir, er hætt við því að geta vistkerfanna til að bregðast við sé takmörkuð. Því er ljóst er að þanþol vistkerfa á þeim svæðum þar sem búast má við auknum eldgosum er lítið. Þanþol eða viðnámsþróttur (enska: “resilience”) er hugtak sem lýsir því hversu fljótt vistkerfi ná að jafna sig eftir áföll eða rask, eða hversu mikla röskun vistkerfi þola áður en jafnvægi þess er raskað og breytt, sjá 13. mynd (Adger, 2000; Scheffer, 2001). Þanþol snýr fremur að því hversu vel vistkerfið virkar fremur en að jafnvægi sé milli stofna eða tegunda eða getu kerfis til að þola rask áður en hvikult jafnvægi þess breytist. Þanþol, m.ö.o., lýsir því hversu vel vistkerfi eru í stakk búin til að mæta áföllum, hvort sem um ræðir náttúruleg áföll eða álag sökum nýtingar áður en jafnvægi þeirra breytist til lengri tíma.

Resilience = disturbance which can be absorbed before state change

Resilience = rate of recovery from perturbation
[resilience + resistance = stability]



Mynd 13. Þanþol vistkerfa útskýrt: Mynd til vinstri sýnir þanþol (resilience) skilgreint sem hversu mikla röskun vistkerfi getur þolað áður en það nær nýrri stöðu eða jafnvægi. Mynd til hægri sýnir þanþol skilgreint út frá hversu fljótt vistkerfi ná að jafna sig eftir áföll eða rask (þanþol+ viðnám= jafnvægi) (Adger, 2000).

Samspil hæðar gróðurs og þykkt gjóskulaga hefur áhrif á það hvort gróður lifir af gjóskufall. Aukin gróðurhæð eykur þanþol svæða. Tiltölulega þunn gjóskulög (nokkurra cm þykk) geta kæft gróður á graslendi, þar sem plöntur hafa vaxtarbrodda sína neðanjarðar eða við yfirborð. Gjóskan á yfirborði er þá óvarin fyrir roföflum vatns og vinds og myndar uppsprettu af miklu magni af lausum jarðefnum. Endurflutningur og fok gjóskunnar getur síðan valdið gróðureyðingu á nálægum svæðum. Nýjir áfoksgeirar geta kæft gróðurinn eða svöfun getur valdið gróðurskemmdum.

Jafnþykk gjóska sem fellur í skógi eða á kjarrlendi hefur minni skaðleg áhrif þar sem gróðurinn nær að standa uppúr. Botngróður deyr og myndar jafnvel næringu fyrir eftirlifandi gróður. Lífrænt efni, sem fellur til jarðar skapar enn fremur skilyrði til uppvaxtar botngróðurs á ný. Hávaxnari gróður myndar skjól, heldur að gjóskunni og eykur hrjúfleika yfirborðsins. Þannig þarf hærri vindhraða til að koma vindrofi af stað en þyrfti á bersvæði.

Skógar og annar gróður hafa eyðst endurtekið í eldgosum á Íslandi. Ummerki um slík áhrif eldgosa á skóglendi eru t.d. steingerðar leifar skóga sem sjást í vikurflóðum, sem virðast hafa fylgt mörgum stórum forsögulega Heklugosum (Vilmundardóttir & Hjartarson, 1985). Þessar skógarleifar benda bæði til þess að skógar hafi verið til staðar fyrir eldgosin en einnig sést hvernig þeir hafa eyðst við þessa atburði. Helstu núverandi skógarleifar má þó einkum finna í nágrenni virkustu eldfjallanna: Bæjarstaðarskógur við Skaftafell er nálægt rótum Örafajökuls, Næfurholtsskógur og Galtalækjarskógur eru í næsta nágrenni Heklu og talsvert kjarr er í Skaftártungu, skammt austan Kötlu. Þarna spilar einnig inn í hver er landnýting svæða, og hvert er uppsafnað álag á vistkerfin.

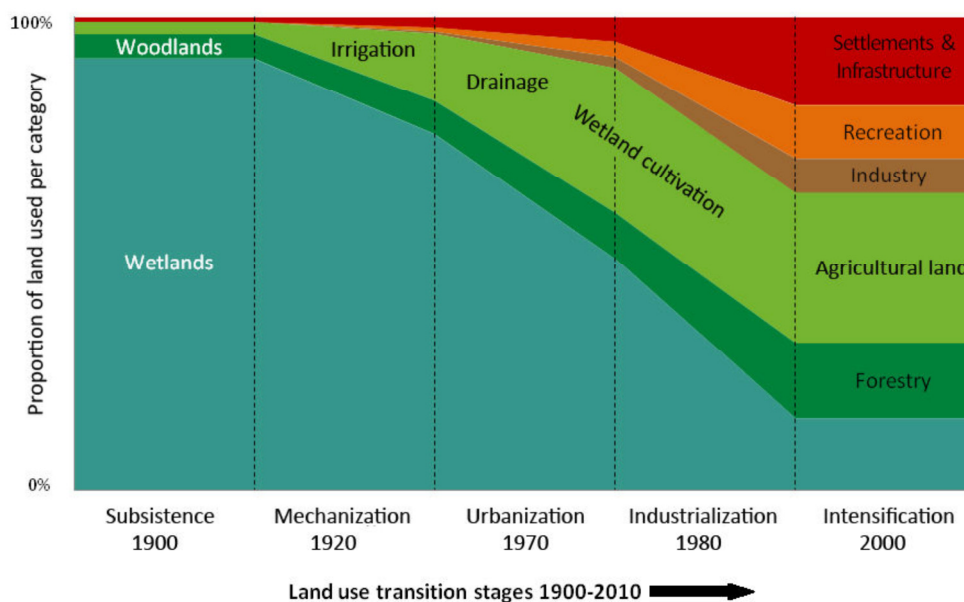
Þanþol svæða gegn gjóskufalli á svæðunum í kring um Eyjafjallajökul hefur einnig reynst vera háð ástandi vistkerfa. Á bersvæðum í nágrenni Eyjafjallajökuls f auk fíngerð gjóskan í loft upp og olli svifryksmengun en grófara efni f auk í skafla á skjólsælum stöðum með tilheyrandi gróðurskemmdum. Gerðist þetta strax sumarið 2010 þó lítið væri um hvassviðri á Suðurlandi. Íbúar á Skógum tóku eftir því að fok jarðvegsefna hófst við mun minni vindstyrk en áður var. Hélt þetta gjóskufok áfram um haustið þegar vind hreyfði og þurrt var og mun þetta líklega halda áfram næstu misserin þar sem mest er af gjóskunni.

Hinsvegar varð trjágróður almennt ekki fyrir skemmdum vegna gjóskufallsins. Í Þórsmörk og á Goðalandi lagðist gjóskan að mestu í skógarbotninn og f auk ekki að ráði þótt hvessti. Trjágróður tók að lafgast strax að loknu gosi og gróður í skógarbotninum óx upp úr gjóskulaginu og haldi það fljótt (Óskarsson, 2010). Svipað var uppi á teningnum á Almanningum, norðan við Þórsmörk, þar hafa illa gróin svæði látið á sjá eftir gjóskufallið, en betur gróin svæði héldu velli (Arnalds & Aradóttir, 2011b).

6. LANDNÝTING

Breytingar á vistkerfum og ofnýting náttúruauðlinda samfara fjölgun mannkyns eru eitt af stórum málum samtímans sem þarf að finna lausn á. Landslag landnotkunar tekur sífellt breytingum, landnotkunin nútímans er fjölbreyttari en áður var, og sífellt eykst og harðnar samkeppnin um land milli landnotenda.

Róttækar breytingar hafa orðið á landnotkun íslensks samfélags á síðustu öld, hið hefðbundna bændasamfélag hefur breyst með vélvæðingu landbúnaðarins, framræslu votlendis, iðnvæðingu, þéttbýlismyndun og sumarhúsabyggð. Greining á þróun, eðli og hraða landbreytinga á láglendi Suðurlands frá 1900 til 2010 sýnir glögg að breytingar á landnotkun geta gerst hratt (Mynd 14; Wald, 2012). Helstu áhrifavaldar um hraða og eðli þeirra breytinga sem orðið hafa eru sagðir vera samspil fólksfjölgunar, efnahags og löggjafar (Wald, 2012).



Mynd 14. Breytingar á landnotkun á Suðurlandi á tímabilinu 1900-2010 sýndar á skematískan hátt. Landslag landnotkunar tekur breytingum, landnotkunin verður fjölbreyttari, og aukin samkeppni um land verður milli landnotenda (Wald, 2012).

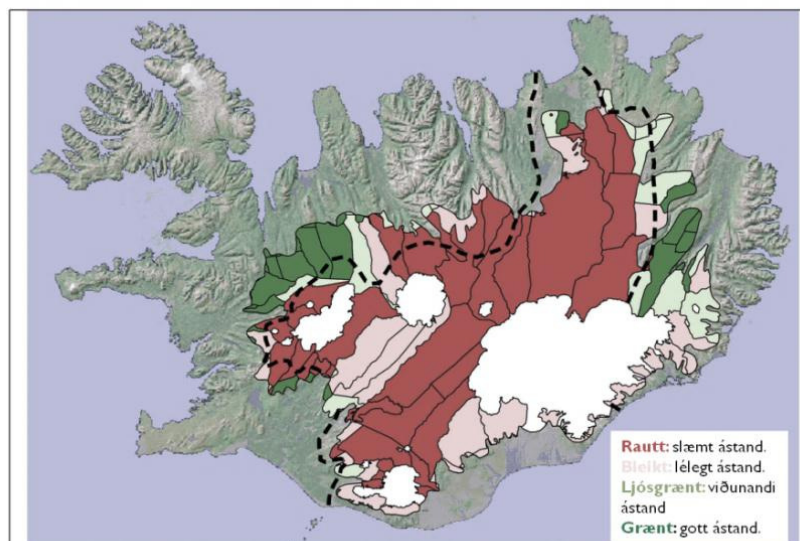
Í mótun er landsskipulagsstefna þar sem samþættar eru áætlanir opinberra aðila um samgöngur, byggðamál, náttúruvernd, orkunýtingu og aðra málaflokka sem varða landnotkun og er hún útfærð með tilliti til skipulags landnotkunar með sjálfbæra þróun að leiðarljósi (Skipulagsstofnun, 2011). Landsskipulagsstefna á að geta tekið til landsins alls, einstakra landshluta og efnahagslögsögunnar og í henni skal ávallt vera uppfærð stefna um skipulagsmál á miðhálendi Íslands. Þar væri vettvangur til að móta stefnu varðandi landnotkun á svæðum sem líkleg eru til að vera áhrifasvæði eldvirkni í framtíðinni.

Landnýting hefur mikil áhrif á ástand vistkerfa og tjónnæmi samfélags. Vistkerfi á Íslandi hafa frá upphafi mátt þola náttúruleg áföll, svo sem slæmt árferði og gjóskufall, en þegar ósjálfbær landnýting manna bættist við eftir landnám jókst álag á vistkerfin og olli hnignun þeirra í tímans rás (Arnalds & Aradóttir, 2011a). Ósjálfbær landnýting, svo sem beit getur dregið úr

þanþoli vistkerfis þannig að þegar frekari áföll dynja yfir leiðir það til hruns í ferlum vistkerfisins. Beit dregur úr fræmyndun, sem er mikilvæg forsenda fyrir dreifingu gróðurs og aukinni gróðurþekju. Plöntur á mikið beittum svæðum fjölga sér því frekar með kynlausri æxlun, renglum og hliðarsprotum. Dæmi um áhrif landnýtingar í þessu sambandi er þekkt frá Þjórsárdal, þar átti gróður erfitt uppdráttar eftir Heklugosið 1104, þar sem landnýting manna með búfjárbreit hindraði bata vistkerfanna. Það var ekki fyrr en annað gjóskufall frá Heklu dundi yfir um 1300 að sú landnýting hætti og þá loks rétti gróðurinn við og gerði yfirborðið stöðugt á ný (Dugmore et al., 2007).

Á þeim svæðum þar sem hætta er á gjóskufalli er landbúnaður helsta landnýtingin, en þó er ferðabjónusta vaxandi atvinnugrein. Breytingar hafa orðið í landbúnaði á síðustu áratugum. Sauðfé hefur fækkað um nærri helming á síðustu 30 árum, frá því flest var árið 1977 til ársins 2007, og hefur því beitarálag minnkað á stórum svæðum. Mildara loftslag síðustu ára hefur líka haft jákvæð áhrif á fræmyndun og endurnýjun plantna. Þar koma því saman þættir sem leiða til minni álags á vistkerfin. Ástand þeirra er þó lélegt og umfang gróður- og jarðvegseyðingar slíkt að þó að takist að ná fram sjálfbærri nýtingu á ræktuðu landi dugar það skammt til að endurheimta gróður og landgæði sem tapast hafa á Íslandi. Umfang birkiskóga við landnám er talið hafa verið 25-40% af flatarmáli landsins (Arnalds, 1987; Gunnarsson ofl. 2005). Á síðustu 1100 árum hefur umfang birkiskóga minnkað um 95%, og þekja þeir nú einungis um 1,2% lands (Gunnarsson ofl. 2005).

Afréttir á gosbeltinu eru illa grónir og þar hefur átt sér stað meira rof en annars staðar á landinu (Mynd 15, Arnalds o.fl., 1997). Gróður á heiðalöndum er víða lágvaxinn og viðkvæmur og slík svæði eru því illa búin undir áföll á borð við gjóskufall. Beit torveldar mjög framför gróðurs á illa förnum svæðum og leiðir gjarnan til þess að gróður rýrnar, þar getur beit aldrei verið sjálfbær nýting lands. Hinsvegar ætti beit á vel grónu landi að geta verið



Mynd 15. Mat á ástandi lands með tilliti til gróðurhulu, rofs og fleiri þátta (Arnalds et al., 1997). Strikalínur áætla gróflega útlínur gosbelta. Flest svæði innan þessara marka eru rauðlituð, sem merkir óbeitarhæft svæði. Skýringar: Rauð svæði óbeitarhæf; Bleik: Verulegar takmarkanir á beit; Ljósgræn: Sumstaðar takmarkanir á beit; Græn: Engar takmarkanir á beit.

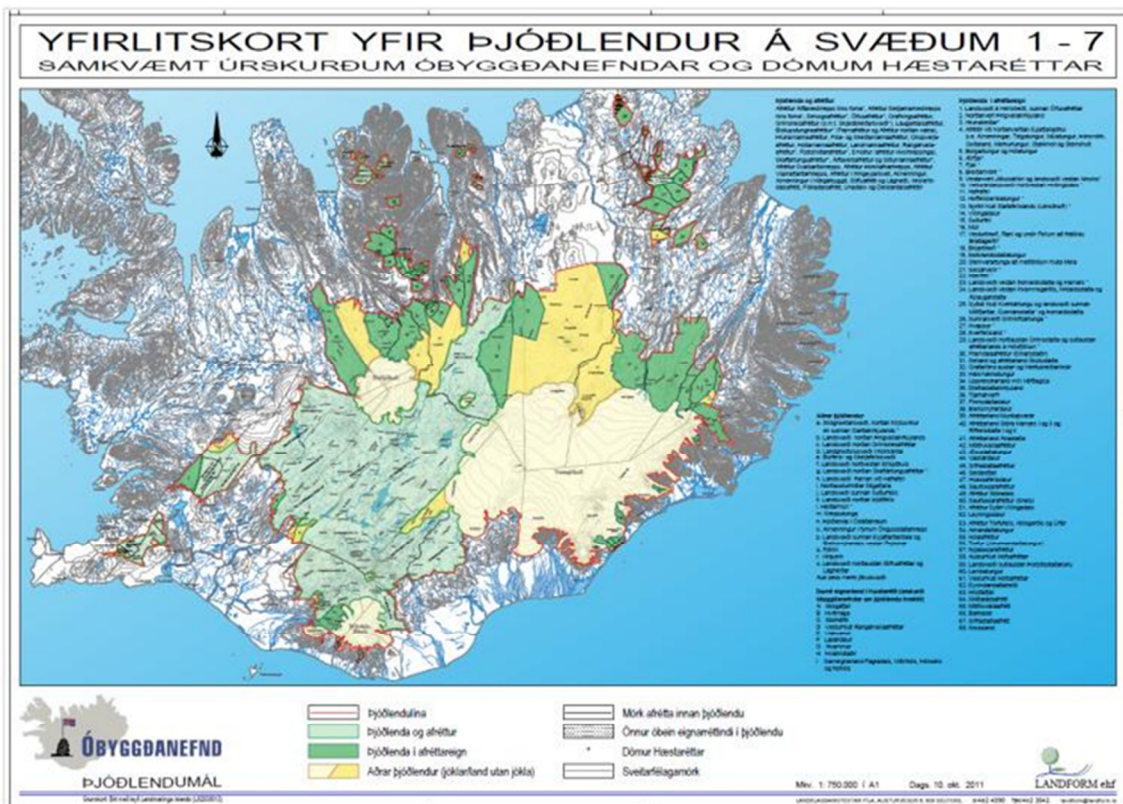
sjálfbær (Jónsdóttir, 2010). Hægt er að beita skóglendi ef skógurinn er nógu hávaxinn til að vöxtur trjána skaðist ekki og endurnýjun hans geti átt sér stað (Skúlason, 1996). Langtíma landnýting þarf að taka mið af þessu. Það væri því æskilegt að takmarka beit á vistkerfum gosbeltisins og stefna að uppbyggingu þeirra til að mæta óhjákvæmilegu gjóskufalli í framtíðinni.

6.1. EIGNARHALD LANDS

Breyting á landnýtingu eða aðgerðir sem varða landssvæði þurfa að huga að eignarhaldi lands. Á vefsíðu Óbyggðarnefndar kemur eftirfarandi skilgreining fram á þjóðlendum og eignarlandi: “Þjóðlenda er skilgreind í þjóðlendlögum sem „landsvæði utan eignarlanda þó að einstaklingar eða lögaðilar kunni að eiga þar takmörkuð eignarréttindi“. Eignarland er hins vegar „landsvæði sem er háð einkaeignarrétti þannig að eigandi landsins fer með öll venjuleg eignarráð þess innan þeirra marka sem lög segja til um á hverjum tíma“.

Hvaða landsvæði urðu þjóðlendum við gildistöku þjóðlendlaganna skýrist eftir því sem verki óbyggðarnefndar miðar áfram. Framvinda verksins út frá stöðu þess í október 2011 sést á 16. Mynd með yfirlitskort, yfir þær þjóðlendum sem þegar hafa verið skilgreindar. Enn er eftir að úrskurða í málum á svæðum 8-11 og sýnir kortið því einungis niðurstöður frá svæðum 1-7.

Landnýting og breytingar á landnýtingu þarf að undirbúa vel og móta þarf áætlanir sem eru raunhæfar til langs tíma og sátt eru um í samfélaginu.



Mynd 16. Yfirlitskort yfir þjóðlendum á svæðum 1-7, samkvæmt úrskurðum óbyggðarnefndar og dómum Hæstaréttar.

7. LANDBÚNAÐUR Á ÍSLANDI

Mikilvægi landbúnaðar er ótvírætt enda færir hann mannkyninu megnið af allri fæðu við neytum. Íslenskur landbúnaður er sagður uppfylla helming orkuþarfar Íslendinga (Snæbjörnsson et al., 2010).

Landbúnaður er stundaður víðast hvar á láglandi á Íslandi. Ræktanlegt land er nær eingöngu bundið við svæði undir 200 m hæð yfir sjávarmáli og nær yfir minna en 15% af heildarflatarmáli landsins. Hefðbundinn landbúnaður byggist fyrst og fremst á grasi, bæði til beitar og forðasöfnunar í formi þurrheys eða votverkunar. Í heild eru ræktuð tún um 120.000 ha. Um 18.000 ha af ræktuðu landi er nýtt til beitar, en engar tölfræðilegar upplýsingar eru til um óræktað land nýtt til beitar (Snæbjörnsson et al., 2010; Sjávarútvegs- og landbúnaðarráðuneytið, 2010). Í sumum landshlutum er landbúnaður „útflutningsgrein“ í þeirri merkingu að afurðir búanna eru einkum fluttar til annarra landshluta. Þar er landbúnaður stundum grundvöllur undir annarri byggð. Slíkt er mikilvægt að hafa í huga þegar fjallað er um áhættu af völdum eldgosa, því tjón á fámennum svæðum getur haft áhrif á öðrum svæðum sem ekki hafa orðið fyrir beinum áhrifum eldgossins.

Til að gefa dæmi um áhrifasvæði af einu fremur litlu eldgosi, má nefna að í nágrenni eldstöðvarinnar í Eyjafjallajökli þá eru á láglandinu meðfram suðurströnd landsins mikilvæg landbúnaðarsvæði eða um 15% af nautgriparækt landsins, 6% af allri sauðfjárrækt og 17% allra hrossa í landinu. Einnig eru um 12% af allri mjólkurframleiðslu landsins í nágrenni eldstöðvarinnar (Bændasamtök Íslands, 2010).

7.1. HLUTFALL LANDBÚNAÐARSTARFA Í ATVINNU Á ÍSLANDI.

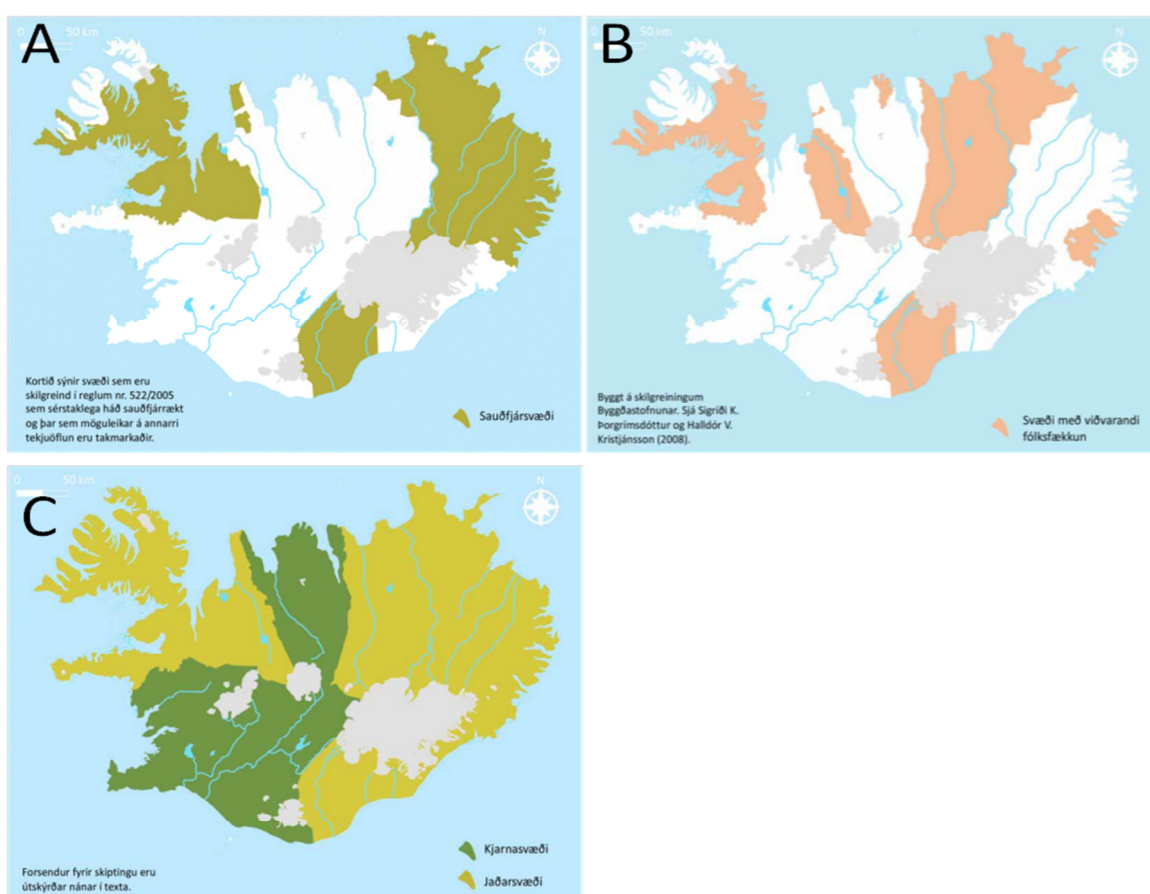
Líkt og í öðrum vestrænum löndum hafa orðið víðtækar breytingar á íslensku samfélagi undanfarna áratugi með þeim afleiðingum að fólksflutningar hafa orðið úr dreifbýli til þéttbýlis (Sjávarútvegs- og landbúnaðarráðuneytið, 2010). Sem stendur búa 6,5 % landsmanna í dreifbýli og landbúnaðurinn er oftast en ekki uppistaðan í lífsviðurværi og atvinnu í afskekktari dreifbýlissvæðum (Sjávarútvegs- og landbúnaðarráðuneytið, 2010).

Grundvöllur atvinnu hefur flust frá landbúnaði og fiskveiðum til iðnaðar og þjónustu. Störfum í landbúnaði hefur fækkað lengi, en mishratt. Samkvæmt úttekt Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands (2009), starfaði tæpur helmingur landsmanna í landbúnaði, árið 1910. Árið 2007 hefur verið áætlað að um 10.000 störf á Íslandi tengist landbúnaði með einum eða öðrum hætti, sem er milli 5 og 6% af heildarvinnuafli landsins. Af þessum störfum eru nálægt 4.400 sem flokkast sem störf í landbúnaði en afgangurinn, rúmlega 5.600 störf, eru unnin í tengslum við landbúnað og afleidda starfsemi.

Samkvæmt úttekt (Sjávarútvegs- og landbúnaðarráðuneytið, 2010) var hlutfall mannafla í landbúnaði árið 2008 var 2,5%, og hlutfall landbúnaðar var 1.4% af vergrí þjóðarframleiðslu árið 2007, og fjöldi býla var 3045 árið 2006.

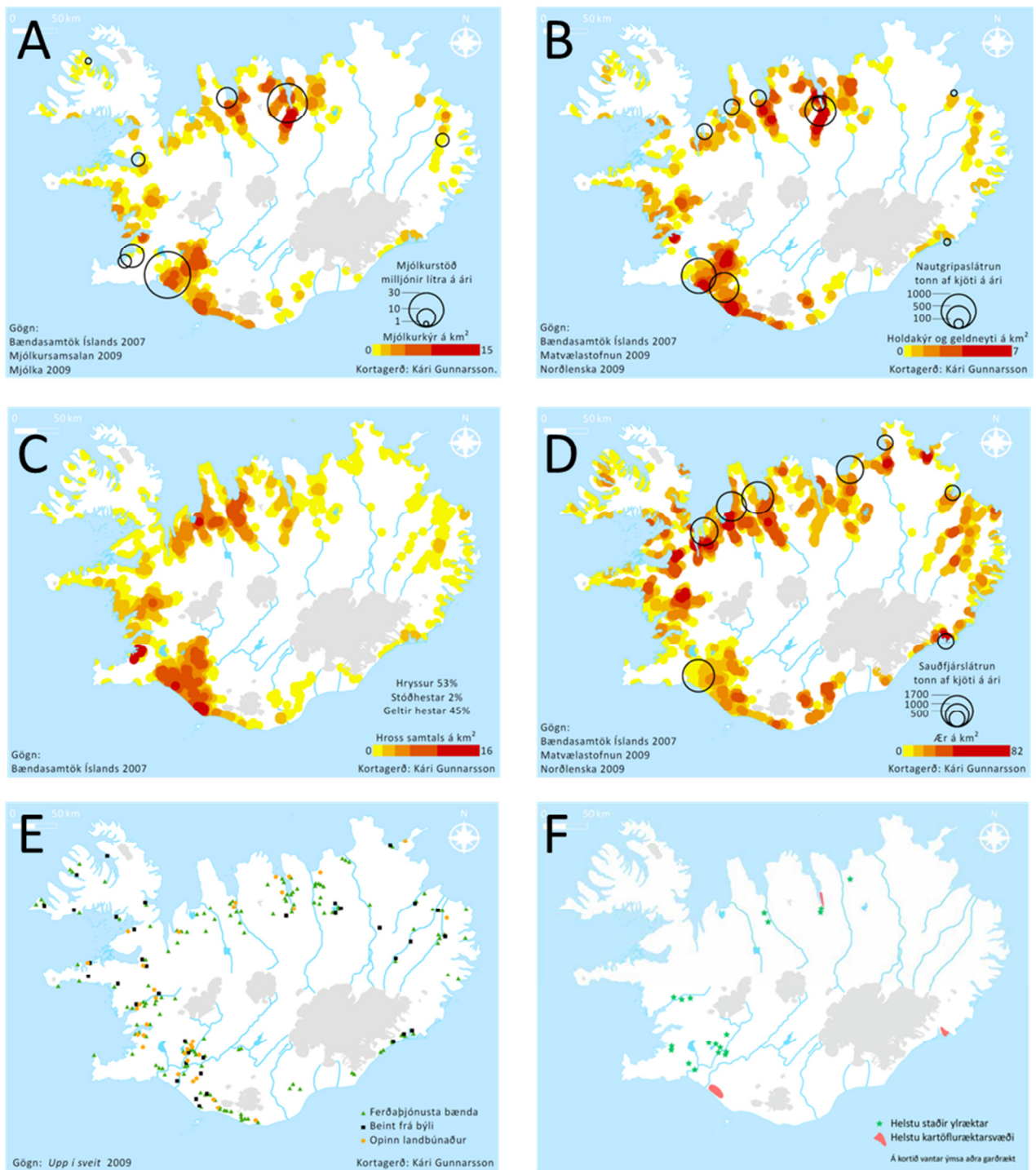
7.2. SKIPTING BÚGREINA EFTIR LANDSHLUTUM

Landbúnaður er fjölþættur á Íslandi og verulegur munur er milli landshluta á þeim búskap sem stundaður er. Í verkefnum “Litróf landbúnaðar” kemur fram skipting búgreina eftir landshlutum svo sem mjólkurframleiðsla, nautakjötsframleiðsla, dreifing hrossa, (Mynd 17 og mynd 18; Júlíusdóttir et al., 2009). Kjarnasvæði landbúnaðarins verið hafa verið skilgreind sem þau svæði þar sem fara saman góð náttúrufarsleg skilyrði til búskapar og tiltölulega stutt vegalengd til stærstu miðstöðva úrvinnslu og markaðar (Mynd 17). Þetta eru umfram allt sveitir Suðurlands (austur undir Mýrdal) og Eyjafjarðar, einnig Skagafjörður og Borgarfjörður. Á öllum þessum svæðum nema í Borgarfirði er kúabúskapur mjög öflugur. Á hinn bóginn er sauðfjárrækt yfirleitt ríkjandi á þeim svæðum sem telja verður jaðarsvæði landbúnaðar. Myndræn framsetning lýsir þessu vel á eftirfarandi myndum:



Mynd 17. Greining landbúnaðar eftir landshlutum, A) Svæði sem sérstaklega eru háð sauðfjárrækt og hafa takmarkaða möguleika á annari tekjuöflun (byggt á mörkum sveitarfélaga), B) Svæði með viðvarandi fólksfækkun, C) Kjarnasvæði og jaðarsvæði landbúnaðar ((Júlíusdóttir ofl., 2009).

Stuðningur hins opinbera við landbúnað felst í greiðslum úr ríkissjóði til bænda vegna framleiðslu, sem innflutningsvernd, eða sem ýmis óbeinn stuðningur við t.d. landbúnaðarskóla. Íslenska styrkjakkerfið í landbúnaði er skiptist á fjóra meginþætti: mjólkurframleiðsla, sauðfjárrækt, garðyrkju og almennan stuðning. Samkvæmt upplýsingum Utanríkisráðuneytis (2008) var á verðlagsárinu 2007-2008 varið 3.920 milljónum króna til mjólkurframleiðslu, til sauðfjárræktar er á árinu 2008 varið 3.348 milljónum kr., til



Mynd 18. Skipting búgreina eftir landshlutum (Júlíusdóttir o.fl., 2009). A) Framleiðsla og úrvinnsla mjólkur, B) Nautakjötsframleiðsla og slátrun nautgripa, C) Dreifing hrossa, D) Sauðfjárbúskapur og slátrun sauðfjár, E) Ferðaþjónusta, opinn landbúnaður, beint frá býli, F) Dreifing ylræktar og kartöfluræktar.

garðyrkjunnar var árið 2007 varið 219 milljónum kr. og árin 2007-2008 nemur almennur stuðningur um 600 milljónum kr .

Landbúnaður hefur tekið stakkaskiptum á undanförunum árum. Búin hafa stækkað, bændum fækkar, hagkvæmni eykst. Tæknivæðing og sjálfvirkni aukast ár frá ári, framleiðni eykst. Hluti hliðarbúgreina og ástundun annarrar vinnu meðfram búskap hefur aukist og væntanlega mun slík þróun verða áfram. Framtíðarsýn til langs tíma er mikilvæg, þar sem allar breytingar á reksti og þróun í landbúnaði taka tíma. Ræktun lands og uppbygging vistkerfa taka langan tíma. Ný sjónarmið í umhverfismálum og byggðamálum með auknu vægi og fé lagt til umhverfismála og byggðajafnvægis gæti verið til hagsbóta fyrir þær byggðir sem eru í mestri áhættu vegna náttúruvár af völdum eldfjalla. Með grænum stuðningi væri hægt að stuðla að betri búskaparháttum séð frá umhverfislegu sjónarmiði, þar sem greiðslur gætu í auknum mæli einnig stuðlað að viðhaldi landgæða, og aukinni umhverfisvernd.

7.3. SKÓGRÆKT OG SKÓGAR Á ÍSLANDI

Þekking á skógrækt byggir á góðum grunni hér á landi. Allar grunnstoðir fyrir plöntuframleiðslu innanlands eru fyrir hendi og er framleiðslugeta þeirra mun meiri en núverandi framleiðsla er. Aðferðafræði við endurheimt birkiskóga er einnig vel þekkt og rannsökuð (Umhverfiráðuneyti, 2007).

Nokkrar stofnanir ríkisins, ríkisstyrkt verkefni, sem og aðrir aðilar vinna að skógrækt með blönduðum trjátegundum og mismunandi markmiðum, þ.e. Skógrækt ríkisins, Landshlutaverkefni í skógrækt, skógræktarfélag um allt land, sveitarfélög, Landgræðsla ríkisins og fleiri aðilar. Skógar þeir sem þessir aðilar eru að rækta eru allt frá að vera landgræðsluskógar, t.d. lerki, stafafuru eða birkiræktun á gróðurlitlu og oft rýru landi, útivistarskógar í grennd við þéttbýli, iðnvíðarskógar t.d. asparræktun í stuttum lotum og timburskógrækt með sitkagreni í 80-100 ára lotum. Skjólbeltarækt á bújörðum er mjög útbreidd víða um land og er markmiðið með slíkri ræktun að bæta ræktunaröryggi á túnum, stýra snjósöfnun við vegi og bæi og skapa skjól fyrir menn og skepnur.

Færri aðilar vinna að endurheimt birkiskóga (Umhverfiráðuneyti, 2011b). Lang stærsta verkefnið í þeim geira er Hekluskógar (Samráðsnefnd um Hekluskóga, 2005), en auk þess eru fleiri aðilar að vinna að sömu málum s.s. endurheimt Brimnesskóga og nýstofnað verkefni Mývetnskt mólendi (Mýmó). Skógrækt ríkisins, Landgræðsla ríkisins, skógræktarfélag og Landshlutabundin skógræktarverkefni vinna einnig að slíkum verkefnum víða um land, og eru nýgræður af birki víða að spretta upp innan beitarfriðaðra svæða.

Útbreiðsla skóga á Íslandi hefur verið kortlögð síðustu áratugi og er þeirri vinnu haldið áfram af sérfræðingum á Rannsóknastöð Skógræktar á Mógilsá. Árið 2008 var flatarmál skóga metið vera 156.800 ha, þar af var flatarmál birkiskóglenda 115.400 ha og ræktaðir skógar 41.400 ha (Traustason & Snorrason, 2008). Þekja birkiskóga skiptist í 23.600 ha (>2 m á hæð) og 91.800 ha kjarrskógar (<2m á hæð). Ræktaðir skógar yfir 2 m á hæð voru taldir vera 11.300 ha og nýræktar skóglendi undir 2 m, voru taldir vera 30.100 ha (Traustason & Snorrason, 2008). Það ber að vekja athygli á því að mjög gisnar nýgræður af birki falla ekki undir þær skilgreiningar sem gerðar eru um þéttleika skóga og því ljóst gisnar nýgræður og stök fræberandi birktré er að finna víðar en fram kemur í skýrslunni sem vitnað var í hér að ofan. Öll sú ræktun skóga eða skjólbelta sem nefnd er hér að ofan myndar skjól og ljóst er að gjóska mun safnast í skjól þessara skóga í framtíðinni.

8. DRÖG AÐ RANNSÓKNAÁÆTLUN

Áhrifum gjósku sem fellur í eldgosum má skipta í grófum dráttum í tvö meginþemu:

- bein áhrif á vistkerfi þegar við gos og í kjölfar gossins,
- viðvarandi áhrif eftir gos sem halda áfram vegna foks og endurflutnings á efni er hafa áhrif á viðhalds vistkerfa, og enduruppbyggingu þeirra, og hafa áhrif á loftgæði og fleiri þætti.

Nauðsynlegt er að vinna að margþættum rannsóknum í tengslum við áhrif eldgosa á vistkerfi á landi, m.a. til að minnka neikvæð áhrif gosanna, auka þanþol vistkerfa, koma í veg fyrir skemmdir, minnka fok og auðvelda uppbyggingu vistkerfa eftir slík áföll. Þeim rannsóknum þarf að beina að í fjórum meginþáttum: (a) Ástand vistkerfa og þol þeirra gagnvart gjóskufalli og áfoki, (b) Afdrif gjósku og viðvarandi áhrif hennar eftir gos, (c) Rykmengun og uppsprettur ryks – forspá um rykmengun í kjölfar gosa og (d) Áhrif öskufalls á vatn og vatnshag.

8.1. ÁSTAND VISTKERFA OG ÞOL ÞEIRRA GAGNVART GJÓSKUFALLI OG ÁFOKI

8.1.1. GJÓSKUBINDING MISMUNANDI VISTKERFA.

Geta vistkerfa til að binda fokefni og þola áfok er afar mismunandi, allt frá mismunandi gerðum auðna, mosapembum og til skóglendis. Rannsóknir hafa víða farið fram á getu vistkerfa til að binda sandefni, m.a. á strandsvæðum og eyðimörkum (t.d. Whisenant, 1999; Yan o.fl. 2011; Lin o.fl. 2012). Hérlandis hafa farið fram ýmsar rannsóknir á þessum eiginleikum vistkerfa (Magnússon o.fl. 2004, Vilmundardóttir o.fl. 2009, Aradóttir o.fl., 2010). Áhrif gjósku má áætla að séu svipuð eða alvarlegri bæði vegna eituráhrifa efna sem berast með gjóskunni og einnig vegna aukins rofmáttar gjósku, þar sem ný gjóska er órofið nýmyndað efni, með hvassar brúnir og svarfgeta agnanna er mikil.

Erlendis hafa verið gerðar töluverðar rannsóknir á áhrifum gjóskufalls á gróður (sjá t.d. Zobel & Antos 1997). Hér hafa verið gerðar rannsóknir á afdrifum ösku eftir eftir Eyjafjallajökulgosið 2010 (Ólafur Arnalds o.fl. 2010) og hafnar eru rannsóknir á áhrifum gossins á gróður (sjá yfirlit um rannsóknir). Slíkar rannsóknir þarf að efla til að unnt sé að meta getu vistkerfa á slíkum svæðum til að binda gosefni með tilliti til vistgerða á svæðunum og gróðurhæðar, auk mismunandi þátta sem hafa áhrif á þanþolið, m.a. hæð yfir sjávarmáli (hitastig), grósku, landslag, næringarástand o.fl.. Unnt er að nýta svæði sem urðu fyrir áföllum í gosunum 2010 og 2011 (Eyjafjallajökull og Grímsvötn), s.b.r nýlega könnun á Almenninum (Arnalds & Aradóttir, 2011b). Einnig þyrfti að skoða áhrif mismunandi gerðar gjósku á gróður.

8.1.2. GRÓIN VISTKERFI (MOSAPEMBUR TIL SKÓGLENDIS)

Gróður bindur gjósku sem fellur á landið en um leið verður gróðurinn fyrir miklum áhrifum sem fer eftir þykkt gjóskunnar. Áhrifin eru háð gerð gróðurlendisins, tegundasamsetningu og hæð gróðursins. Næringarbúskapur og súrefnisflæði til yfirborðsins taka breytingum sem er háð hæð gróðursins. Rannsóknir ættu að taka til áhrifa beitar á hin mismunandi vistkerfi landsins eftir mismunandi mikið gjóskufall. Mosapemba þolir áfok mjög illa en á hinum enda skalans er vitað að skógargróður þolir mikið gjóskufall.

8.1.3. ILLA GRÓIN VISTKERFI OG AUÐNIR (MISMIKILL GRÓFLEIKI OG FRAMBOÐ Á ÖÐRUM FOKEFNUM)

Gjósकुfall á auðnir hefur gríðarlega mikil áhrif á þau vistkerfi sem þar eru auk langtímaáhrifa vegna þess að lítill gróður er til staðar til að binda gjóskuna. Það er þó háð yfirborðsgerð og þá einkum hrjúfleika. Umhverfisþættir eins og áfok, frædreifing, og þekja lífrænnar jarðvegsskánar hafa væntanlega mikil áhrif á náttúrulegt landnám, stöðugleika yfirborðs og framvinduferli (t.d. Arnalds, 1988; Titus & del Moral, 1998; Bliss & Gold 1999). Lífræn jarðvegsskán gerir yfirborðið stöðugra, minnkar líkur á frostlyftingu og kemur í veg fyrir að yfirborðsagnir fari af stað með vatns- eða vindrofi. Tiltölulega lítið fok eyðir jarðvegsskán og stöðvar framvindu og bata vistkerfisins þar sem hún á sér stað. Gjóska flyst til með vatni, ekki síst á vetrum þegar frost er í jörðu og safnast í skafla sem getur fokið úr mjög lengi (sjá t.d. reynslu á Almenninum og Þórsmörk eftir síðustu gos). Þessi gjóska rennur líka í lögðir, sem síðan verða nýir virkir fokstaðir, jafnvel mjög lengi ef vatn fyllir þá sífellt að nýju. Mikilvægt er að hafa í huga að laus gjóska sem tekur að fjúka losar einnig um þau jarðvegsefni sem fyrir voru og því getur fok af auðnum orðið mun meira en nemur gjóskunni sem fellur. Rannsóknir ættu að taka til áhrifa beitarfriðunar og annara landgræðsluáðgerða til að meta árangur og aðferðafræði til markvissrar uppbyggingar vistkerfa.

8.1.4. KORTLAGNING ÁSTANDS MIÐAÐ VIÐ GETU

Eldgos er einstakir atburðir, það er því mikilvægt að grunnupplýsingar um vistkerfi um gróður, jarðveg, dýralíf og vatnafar séu fyrir hendi fyrir eldgos. Fáir vísindamenn geta fylgst með framvindu eftir mörg eldgos og þurfa að byggja á uppsafnaðri þekkingu. Einungis ef slíkar grunnupplýsingar eru til fyrir gos er hægt að meta breytingar sem verða við eldgos. Rannsaka mætti lífríki á landslagsskala í nágrenni eldstöðva sem líklegt er talið að gjósi innan skamms.

8.1.5. LÍKANAGERÐ

Mikilvægt er að afla góðra gagna um alla afrétti á helstu gjóskufallsvæðum og kortleggja ástand þeirra og meta hæfni til að binda gjóskuna. Það má m.a. gera á grunni gróðurkorta, birkiskógakorta Skógræktar ríkisins, gagnagrunns Nyttjálans og greiningu á nýrri gervihnattamyndum, en einnig er nauðsynlegt að vinna rannsóknir á vettvangi. Þetta verkefni kallar í raun á rannsóknir á aðferðafræði í byrjun til að finna bestu leiðirnar til að standa að þessu verkefni.

Þegar upplýsingar að þessu tagi liggja fyrir má gera líkan sem nota má til að spá fyrir um áhrif hvers goss fyrir sig, þegar vitað er hve mikil gjóska fellur á þessa afrétti, hvar, á hvaða árstíma, og þá er einnig miðað við eðli gjóskunnar. Einnig er mikilvægt að gera líkan af flutningi gjósku af vatnasvæðum í vatnsfarvegi og möguleikum á að hindra slíkt með markvissri endurheimt vistkerfa.

8.2. ÁHRIF OG ÁRANGUR MÓTVÆGISAÐGERÐA.

Skilningur sem fæst með rannsóknum á náttúrulegu landnámi gróðurs og á uppbyggingu jarðvegs er mikilvægur í þessu sambandi. Nauðsynlegt er að þekkja hvaða þættir hafa takmarkandi áhrif og hvernig er hægt að yfirvinna þá þætti sem hindra framvindu. Það er þekking á ferlum og tengslum gróðurs, jarðvegs, dýra, smádýralífs, jarðvegsskánar og fleiri þátta sem stuðla að framvindu vistkerfa. Aukin þekking á framvindu vistkerfa skilar sér í markvissum endurheimtaraðgerðum landgæða.

Nauðsynlegt er að áhrif mótvægisgerða séu ljós. Nýleg eldgos veita einstakt tækifæri til að skoða getu lands á mismunandi stigum vistheimtar á að binda gjósku frá Eyjafjallajökli. Bæði beitt svæði (Skógaheiði o.fl.), friðuð svæði (Almenningar og Þórsmörk) og svæði sem voru friðuð tímabundið (Fljótshlíðararéttur).

Áhrif gjósku á gróður eru nokkuð vel þekkt en lítið rannsökuð hérlendis. Ljóst er að birkiskógar geta lifað af nokkra tuga cm þykka gjósku sem fellur á ólaufgaðan skóg. Samkvæmt gjóskulagarannsóknum virðast skógar geta lifað af mun þykkari gjósku sbr. að Þjórsárdalsskógar lifðu af gjóskufall úr Heklugosinu árið 1104.

Þekkingu á nokkrum þáttum vantar s.s.:

- Hversu mikla gjósku þolir gróður?
- Er munur milli tegunda hvað varðar þol gegn gjósku?
- Skiptir árstími gjóskufallsins máli?
- Skiptir efnagerð / kornastærð gjóskunnar máli?
- Geta smáar plöntur vaxið upp úr gjóskunni?
- Hvaða áhrif hefur kornastærð fjúkandi gjósku á gróður?
- Hver eru áhrif rasks á gróðurmynstur og gróðurframvindu?
- Hver eru áhrif næringarástand jarðvegs á þanþol vistkerfa?
- Hvaða ferli eða eiginleikar hafa mest áhrif á þanþol vistkerfa?

Rannsaka mætti áhrif nýlegs gjóskufalls á nokkra skóga s.s. Þórsmerkursvæðið og Núpsstaðaskóg, og líta þar sérstaklega til áhrifa gjóskufallsins á nýgræðing af birki.

Grunnrannsóknir fara nú fram á Hekluskógasvæðinu og er ætlað er að skoða áhrif gjóskufalls á gróður og annað lífríki (fugla og skordýr) svæðisins. Verður verkefnið unnið af Heiðu Gehringer og er það kallað „Líffræðileg fjölbreytni á Hekluskóga-svæðinu: áhrif eldgosa og skógræktar“. Hefur sýnataka og skráning farið fram á hluta rannsóknasvæðisins og mun úttektum og úrvinnslu ljúka í sumar og næsta vetur. Verða þessar rannsóknir afar verðmætar til að auka þekkingu okkar á áhrifum gjósku á gróður og dýralíf, en viðbúið er að stutt sé í eldgos sem dreifa myndi gjósku yfir svæðið. Svipað verkefni er verið að vinna sunnan Vatnajökuls um þróun gróðurs og jarðvegs síðustu árbúsundir í Skaftafelli og Öræfum og áhrifa vegna mismunandi tegunda gjósku og gjóskuþykktar, verkefnisstjóri er Guðrún Gísladóttir Háskóla Íslands.

8.3. AFDRIÐ GJÓSKU OG VIÐVARANDI ÁHRIF HENNA EFTIR GOS

8.3.1. ÁFOK Á GRÓIN VISTKERFI OG ÁFOKSGEIRAR

Áfoksgeirar, kallast svæði þar sem sandefni berst inn yfir gróið land. Þeir eru það rofform sem getur eytt hvað mestu gróðurlendi og það á tiltölulega skömmum tíma. Ljóst er að það eru einstakir atburðir sem skammta laus áfoks efni sem valda mestu um myndun áfoksgeira, en það geta t.d. verið miklir stormar eða flóð sem bera fram gjósku og önnur laus efni. Kornastærð gjósku er afar mikilvægur þáttur hér.

8.3.2. SKEMMDIR Á GRÓNUM SVÆÐUM

Hér er átt við beinar skemmdir á gróðurlendum, sem halda áfram vegna gjósku í sverði og viðvarandi áfoks frá sandsköflum í nágrenni, sem valda því að gróður nær sér ekki á strik eða heldur áfram að skemmast. Skemmdirnar á Skógaheiði, Þórsmörk, Almenningum og víðar í kjölfar Eyjafjallagossins eru gott dæmi um þetta og þar væri æskilegur rannsóknarvettvangur.

8.3.3. SKEMMDIR Á ILLA GRÓNUM SVÆÐUM OG AUÐNUM.

Þar sem auðnirnar binda sandinn illa safnast hann gjarnan í skafla, bæði af völdum vatns og vinda. Þaðan fýkur hann síðan, jafnvel löngu eftir gos og getur þannig spillt gróðri og stöðvað framvindu hans.

8.3.4. SKAFLASÖFNUN GJÓSKU OG ÁHRIF Á VISTKERFI, LANDSLAG OG VATNSBÚSKAP

Sem fyrr segir safna vatn og vindar gjóskunni saman í skafla með tímanum, þar sem ekki er til staðar gróður til að binda hana. Í vatnsveðrum og leysingum, ekki síst þegar frost er í jörðu, geta orðið flóð sem bera þessi efni niður og valda miklum vandræðum þegar orka vatnsfallins minnkar (sléttlendi) þar sem vatnsfallið skilar af sér gjóskunni (sbr. ár undir Eyjafjöllum). Skaflasöfnunin veldur líka viðvarandi fokvandamálum eins og áður sagði.

Oft á tíðum liggja fyrir upplýsingar um dreifingu gjóskunnar í upphafi, en reynslan frá Eyjafjallagosi sýnir að endurdreifing er mjög mikil. Mikilvægt er að rannsaka þessa endurdreifingu og þá þætti sem þar ráða ferðinni (gróður, eðli gjósku, landslagsþætti, veðurfarsþætti), svo hægt sé að segja til um tilfærsluna og afdrif gjóskunnar. Sérstaklega þarf að huga að myndun áfoksgeira. Núverandi virkir áfoksgeirar og kortlagning þeirra í sögulegu samhengi eru mikilvægir rannsóknþættir.

8.4. RYKMENGUN OG UPPSPRETTUR RYKS – FORSPÁ UM RYK Í KJÖLFAR GOSA

Rykmengun eftir gosið í Eyjafjallajökli var gríðarleg og varaði mun lengur en mátti gera ráð fyrir miðað við önnur nýleg eldgos á Íslandi. Rykmengun af þessu tagi er afar erfitt vandamál á öðrum eldvirkum svæðum jarðar, t.d. í Chile og telst heilsufarsvandamál.

Rannsóknir þurfa m.a. að rannsaka tíðni fokatburða hérlendis, magnbinda svifryksmengun (ýmsar aðferðir) og kanna hve miklum púlsum eldgos valda. Einnig þarf að rannsaka áhrif yfirborðsgerða á rykmengun (ýmsar gerðir auðna, gróið land). Rannsóknir á áhrifum ryks á gróður, og getu gróðurs til að draga úr rykmengun eru mikilvægar til að meta forvarngildi gróðurs og aðferðafræði við slíkar forvarnir.

8.4.1. EÐLI STRÓKASVÆÐA. SAMHENGJI VIÐ AÐRAR VIÐVARANDI RYKUPPSPRETTUR.

Á landinu eru núna nokkrar meginuppsprettur ryks (strókasvæði, plume areas; sbr. Arnalds (2010)) sem gefa miklar upplýsingar um aðstæður við rykmyndun. Mjög mikilvægt er að skoða eðli þessara svæða, magn uppfoks, hleðslu svæða með nýjum efnum, kornastærðir og samspil þeirra, þröskuldsgildi o.fl. Unnt er að gera tilraunir í vindgöngum auk rannsókna á vettvangi á þessum helstu stöðum.

8.4.2. UPPFOK OG VEÐURFARSÞÆTTIR, LÍKANAGERÐ

Gera þarf líkön fyrir dreifingu ryks frá gjóskufallssvæðum, og þau væru þá stillt saman við líkanagerð um tengsl við yfirborðsgerðir og fleiri þætti sem gerir tiltekin svæði að uppfokssvæðum, s.b.r. svæðin umhverfis Eyjafjallajökul nú.

8.4.3. LOFTMENGUN, LÝÐHEILSA

Tengsl loftgæða og lýðheilsu eru ótvíræð. Losun agna og mengandi efna út í andrúmsloftið stjórnast m.a. af ráðstöfun lands, skipulagi, umgengni við framkvæmdir, ástandi vistkerfa og jarðvegsrofi. Þanþol svæða gagnvart gjósku tengist sömu þáttum. Gjóskufall getur haft áhrif á ráðstöfun lands og möguleika á landnotkun, á ástand vistkerfa og getur aukið jarðvegsrof.

Tengja þarf betur milli ástands vistkerfa, landnotkunar og loftmengunar. Takmarkaðar mælingar fara nú fram á loftgæðum utan þéttbýlissvæða. Reglubundnar mælingar hafa nær

eingöngu takmarkast við þéttbýli og mengunar vegna umferðarsvifryks og iðnaðarstarfssemi. Efla þarf reglubundnar mælingar á svifryki, og fá fram hverjar eru svæðisbundnar, árstíðabundrar sveiflur til að hægt sé að meta breytingar á svifryki. Gera þarf líkön af dreifingu ösku af áhrifasvæðum hugsanlegra eldgosa og áhrifum þess á lýðheilsu. Jafnframt þarf að tengja slík líkön við árangur hugsanlegrar gróðuruppbyggingar á öskudreifingu og lýðheilsu. Meta þarf tengsl landnotkunar, ástandi vistkerfa og jarðvegsrofi mat á gildi gróðurs til að draga úr loftmengun og árangur aðgerða til að efla vistkerfi.

8.5. VATNSHAGUR OG ENDURHEIMT VISTKERFA.

Gróður og jarðvegur á vatnasviðum hefur afgerandi áhrif á vatnafar, eða vatnshag (hydrology)(sjá t.d. Gerten et al. 2004). Almennu eru sveiflur í vatnsbúskap því meiri því minni gróður og jarðvegur sem er á vatnasviði. Þetta leiðir til þess að laus efni á yfirborði, eins og gjóska, skila sér hraðar og í meira magni út í farvegi vatnsfalla þar sem gróður er lítill sem enginn á vatnasviðinu. Uppbygging gróðurs og jarðvegs getur því dregið úr sveiflum í rennsli og þar með framburði gjósku í vatnsfarvegi.

Við gjóskufall verður röskun á landslagi sem getur haft áhrif á rennsli vatns og rennislismynstur (Major, 2003). Slík röskun dregur úr ísigi, dregur úr hrjúfleiða árfarvega og eykur yfirborðsrennsli. Þegar gjóska fyllir upp í vatnsfarvegi, þarf mun minna vatnsmagn til að ár flæði yfir bakka sína. Uppsöfnun á lausum jarðefnum leiðir oft til þess að þrengt verður óhóflega að vatnsföllum. Aðstæður geta þá skapast fyrir endurtekin flóð af völdum úrkomu, löngu eftir að gosi lýkur. Slíkt getur skapað hættu fyrir brýr, varnargarða og önnur mannvirki með tilheyrandi kostnaði ef mótvægisáðgerðir eru taldar nauðsynlegar til að bæjja frá flóðahættu. Einnig getur uppfok átt sér stað úr slíku flóðaseti yfir nágrennasvæði.

Reynslan frá Eyjafjallajökulsgosin og Grímsvatnagosi, 2010 og 2011, sýndi þetta mynstur skýrt, gjóskan olli aukinni jökulbráð nema á þeim svæðum sem þykkt gjóskunnar var það mikil að hún virkaði einangrandi (Zóphóníasson, 2010, 2012). Gjóskan breytti landslaginu, mikið magn efnis eða gjósku fyllti upp í vatnsfarvegi, eðjuflóð og aukinn framburður vegna jarðvegsrofs, skapaði aðstæður þannig að mun minna vatnsmagn en venjulega olli því að ár flóðu yfir bakka sína (Helgason & Jensen, 2011; Sigfúsdóttir, 2011; Guðjónsdóttir, 2012; Pálmadóttir, 2012; Runólfsson ofl. 2012).

Aðgerðir til að minnka áhrif gjóskufalls á eldvirkum svæðum landsins fela einnig í sér breytingar á vatnafari sem er nauðsynlegt að vita hverjar eru. Breytingar á vatnafari geta m.a. skilað betri vatnsmiðlun og haft veruleg áhrif á lífríki í straumvötnum, (sjá t.d. Stefánsdóttir, 2010, Medelyté, 2010). Reynslan af Eyjafjallajökulsgosinu sýndi að framburður gjósku í vötn hafði neikvæð áhrif á fiskgegnd (Landssamband veiðifélaga, 2010).

Þessi áhrif hafa síðan gagnvirk áhrif á gróðurfar á viðkomandi svæði og ekki síður hvað verður um gjóskuna eftir að hún tekur að safnast fyrir í lægðir og vatnsfarvegi. Bætt gróðurfar og aukið ísig að vetri minnkar t.d. hættu á flóðum í kjölfar stórrigninga að vetri og vegna örrar snjóbráðar (Orradóttir o.fl. 2008).

Brýnt er að rannsaka áhrif mismunandi vistkerfa á gjóskufallsvæðunum, frá auðn til skógar á vatnshag og lífríki á gjóskufallsvæðum. Þekkingu á ýmsum þáttum vatnshags svo sem yfirborðsrennsli, framburð efna, flóðaáhrif, snjóöfnun, ísigs ásamt fleiri þáttum þyrfta að nýta til að gera líkön af áhrifum uppbyggingar á vistkerfum á vatnshag og vatnalífríki á eldgosasvæðum.

9. AÐGERÐARÁÆTLUN

Reynsla frá síðustu eldgosum í Eyjafjallajökli og Mýrdalsjökli og fyrri eldgosum sýnir að tjón af völdum eldgosa verður að verulegu leyti vegna gjóskufoks eftir að gosi lýkur. Reynsla erlendis frá hefur sýnt að það er endurflutningur gjóskunnar sem veldur landbúnaði mesta efnahagslega tjóninu. Þessi reynsla og rannsóknir sýna jafnframt að þessi endurflutningur er margfalt meiri en hann þyrfti að vera sökum lélegs ástands vistkerfa á þeim svæðum þar sem mestar líkur eru á gjóskufalli. Því er lagt til að farið verði í eftirfarandi aðgerðir til að draga úr þessu síðkomna tjóni.

Skilgreina þarf helstu hættusvæði. Samþætta þarf;

- i) mat á hugsanlegri gjóskudreifingu,
- ii) landnýtingu á svæðinu,
- iii) upplýsingar um landslag, einkum vatnsföll og samgöngur

Flokka svæði á grundvelli gagna í;

- Forgangssvæði, svæði þar sem mikil hættu er á tjóni og byggja þarf vistkerfi hratt upp til að draga úr áhættu. Dæmi, illa gróin vatnasvið þar sem reikna má með miklum framburði gosefna eftir gos með hættu fyrir mannvirki, atvinnustarfsemi, vistkerfi
- Svæði með miðlungs áhættu. Þetta eru svæði þar sem töluverð hættu er á tjóni/truflun á atvinnustarfsemi. Dæmi, vegarkafar sem liggja um illa gróin svæði og þar sem búast má við truflun á umferð nokkra daga á ári ef ekki er gripið til uppgræðsluáðgerða til að hindra fok á vegi.
- Svæði með litla áhættu. Þetta eru svæði þar sem atvinnustarfsemi er ekki í beinni hættu, en búast má við að verði varanleg uppspretta fokefna til langs tíma ef ekki er gripið til aðgerða. Dæmi, afréttir, heiðalönd.

Mikilvægt er að samþætta áætlanir opinberra aðila um landnotkun og hafa sjálfbæra þróun að leiðarljósi í málaflokkum sem þetta varða svo sem í : samgöngum, byggðamálum, náttúruvernd, orkunýtingu og landbúnaði.

Mikilvægt er að samþætta forvarnaaðgerðir við aðrar áætlanir um byggðapróun, landbúnað, náttúruvernd, mótvægisáðgerðir gegn loftslagsbreytingum (þ.e.kolefnisbindingu í gróðri og jarðvegi), endurheimt birkiskóga, endurheimt votlendis, áætlanir um grænt hagkerfi, og öðrum sóknaráætlunum fyrir íslenskt samfélag.

Landsskipulagsstefna á að geta tekið til landsins alls, einstakra landshluta og efnahagslögsögunnar, og í henni skal ávallt vera uppfærð stefna um skipulagsmál á miðhálandi Íslands. Þar væri vettvangur til að móta stefnu varðandi landnotkun á svæðum sem eru líkleg áhrifasvæði eldvirkni í framtíðinni. Landsskipulag er því einnig mikilvægt verkfæri í Almannavarnar-hringrásinni, því ef vel er á haldið geta reglur og skipulag verið til þess fallnar að draga úr skaðvænlegum áhrifum eldgosa á vistkerfi og þar með á efnahag, heilsu og atvinnustarfssemi og fleiri þætti mannlægs samfélags.

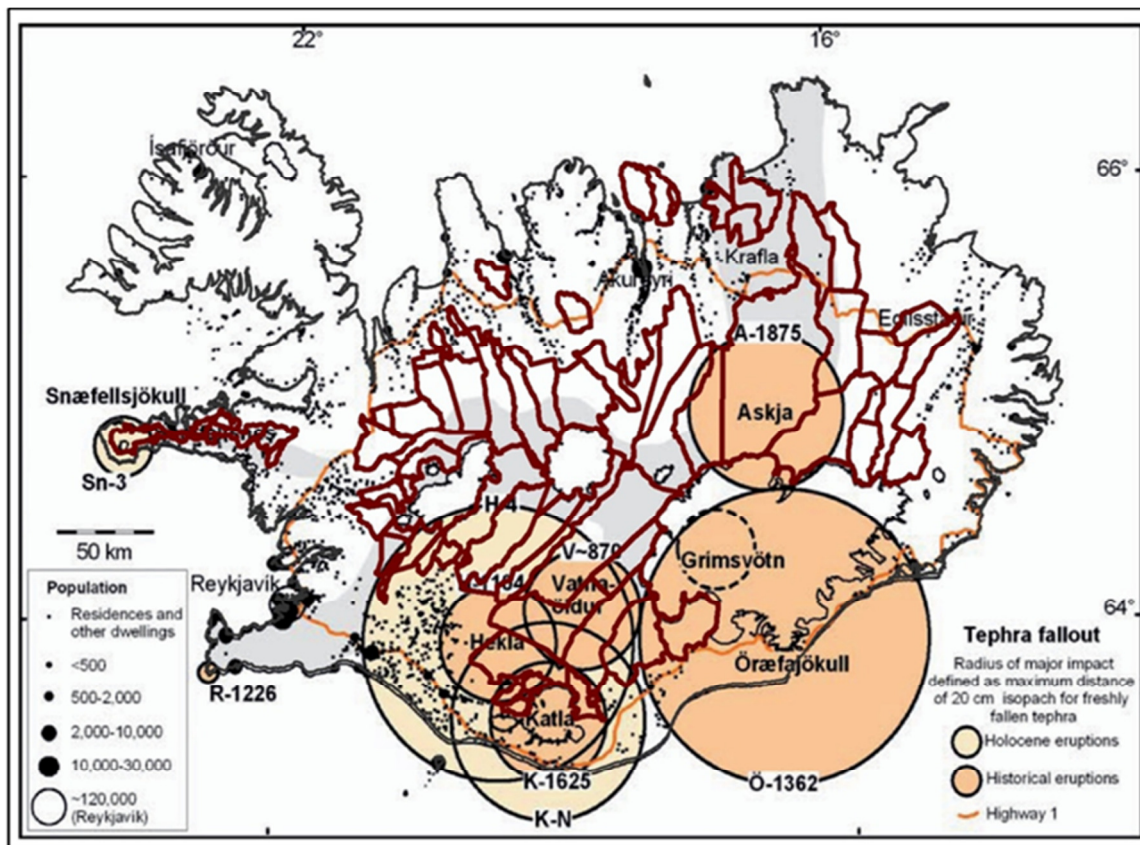
Aðgerðaráætlun verður síðan endanlega gerð með tilliti til þeirrar forgangsröðunar sem hér er lýst að framan, að lokinni gerð hættumats vegna eldgosa. Gert er ráð fyrir að á forgangssvæðum verði að byggja vistkerfin upp, friða land fyrir beit og rækta skóga það hratt að gróður geti farið að draga verulega úr afleiðingum gjóskufalls innan 10-15 ára. Önnur svæði yrðu byggð hægar upp t.d. með endurheimt birki og víðikjarrs, með minni inngripum

og minni kostnaði á flatareiningu. Við uppgræðslu á víðáttumiklum svæðum er mikilvægt að nota skilvirkar aðferðir, og nýta hæfileika náttúrunnar til sjálfsáningar eins og kostur er.

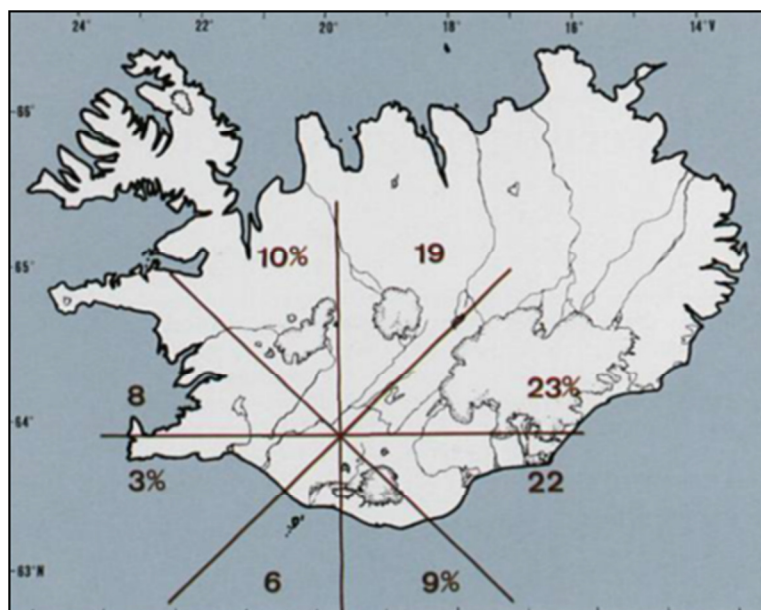
9.1. HVAR MÁ BÚAST VIÐ AÐ ÞÖRF SÉ Á AÐGERÐUM?

Líklegt má telja mest þörf á aðgerðum sé við gosbeltin og þau eldstöðvakerfi þar sem gjóskugos hafa verið tíðust verði mestar líkur á gjóskufalli í framtíðinni. Það er í nágrenni eldstöðvanna við Grímsvötn, Heklu, Bárðarbungu-Veiðivötn og Kötlu sem má telja líklegt að verði hættu á gjóskufalli. Á 19. mynd má sjá hvar gjóska stórgosa hefur fallið til jarðar (Gudmundsson et al., 2008). Hringferill sýnir svæði þar sem gjóskufall hefur orðið 20 cm eða meira í kjölfar stærstu þekktra gos á sögulegum og forsögulegum tíma. Á myndinni sjást einnig byggð svæði, þjóðvegur 1, og afréttarmörk. Stórgos, líkt og þessi eru fátíð, en hringferlarnar endurspegla þó myndrænt næsta nágrenni þessara virku eldstöðva þar sem áhrifasvæði gjósku eru líkleg þó þykkt gjósku verður væntanleg mun minni í minni gosum. Áhrifasvæði eldgosa frá Eyjafjallajökli 2010 og Grímsvötnum 2011 má segja að falli

Dreifing gjósku ræðst síðan mikið af vindáttum. Ísland er í nyrðri hluta vestanvindabeltisins og einkennist vindafar í stórum dráttum af ferð lægða yfir landið. Algengt er að lægðir fari frá suðvestri til norðausturs, ýmist milli Íslands eða Grænlands, yfir Ísland eða suðaustur af landinu. Algengastar eru austlægar áttir, en þó getur staðbundar aðstæður og landslag haft áhrif á tíðni vindátta (Einarsson, 1984). Vindstefna upp í gegnum veðrahvolfið og lóðrétt tíðnidreifing vindátta í hvolfum andrúmsloftsins getur verið breytileg miðað við aðstæður við yfirborð. Sömuleiðis geta verið breytingar eftir árstíma og á milli tímabila. Trausti Jónsson (1990) hefur metið líkindi á stefnu gjósku út frá veðurgögnum 1958-1977, sjá 20. mynd. Líkindi út frá veðurgögnum endurspeglast einnig í þeim gjóskulögum sem finnast í jarðlögum eftir fyrri eldgos á Íslandi frá sögulegum tíma og nútíma. Meginás gjóskudreifar liggur aðallega til norðurs og austurs en síst til vesturs (Hafliðason ofl., 2000).



Mynd 19. Afréttarmörk og gjóskufall fyrri stórgosa. Svæði innan hringsins sýna hringferil um eldfjöll þar sem gjóskufall hefur orðið 20 cm eða meira í kjölfar mikilla sprengigosa. Geisli hvers hrings ákvarðast af mestu fjarlægð til 20 cm jafnþykktarlínu fyrir stærstu þekkt gos í hverri eldstöð á sögulegum og forsögulegum tíma. Á kortinu sjást einnig byggð svæði og þjóðvegur 1. (Gudmundsson et al., 2008). Á kortið vantar upplýsingar um stærsta þekktu gjóskugos eftir landnám sem varð árið 1477 í Veiðivötnum og er talið hafa verið stærra en Öraefajökulgosið 1362 (Magnús Tumi Guðmundsson pers. uppl.2011).



Mynd 20. Líkindi á stefnu gjósku úr megineldstöðvum á Íslandi, miðað við tíðni vinda í 500 mb þrýstifleti yfir Íslandi (eða í um 5400 m hæð). Miðja vindrósar er hér sýnd staðsett yfir Heklu (Jónsson, 1990).

10. LOKAORÐ

Vistkerfi heimsins veita mannkyninu margvíslega þjónustu, þar á meðal að draga úr afleiðingum ýmissa hamfara. Eldgos geta haft áhrif á loftslag og ferli í andrúmsloftinu, á vatnsbúskap og vistkerfi lands og sjávar. Þau geta hindrað eða raskað umferð á landi og lofti, haft heilsuspillandi áhrif og valdið efnahagslegu tjóni á eignum eða atvinnustarfsemi. Forsjálni, aðgætni og aðlögunarhæfni eru mikilvægir þættir til að lágmarka áhættu af náttúruvá og lifa af hörmungar eða lifa við afleiðingar af völdum náttúruvár.

Eldvirkni og váleg áhrif þeirra á gróður landsins hafa verið mjög algeng í umhverfissögu Íslands og slíkir atburðir munu að öllum líkindum halda áfram að eiga sér stað í framtíðinni.

Landið var vaxið skógi fyrir landnám og gjóskulagarannsóknir sýna ljóslega að gjóskan féll í jöfnum lögum og geymdist í skjóli skóganna (Þórarinsson, 1961). Á skóglausum bersvæðum var gjóskufok og tilheyrandi jarðvegseyðing sem olli því að lög úr stórum gjóskugosum hafa ekki varðveist á slíkum svæðum (Guðrún Larsen, pers. uppl. 2012). Sagan og rannsóknir sýna að skógar og kjarrlendi draga stórlega úr neikvæðum afleiðingum gjóskufalls. Það er því brýnt langtímaverkefni að byggja aftur upp skóga- og kjarrvistkerfi umhverfis stærstu eldstöðvakerfi landsins svo þau megni að sinna því hlutverki á ný (Ágústsdóttir, 2012).

Með uppgræðsluáðgerðum má byggja upp gróskumikil vistkerfi, sem væru betur í stakk búin til að mæta áföllum og gætu dregið verulega úr neikvæðum afleiðingum gjóskufalls og endurteknu foki. Slíkt er afar mikilvægt útfrá vistfræðilegum, efnahagslegum og heilsufarslegum ástæðum.

Mikilvægt er að huga að margvíslegum þáttum í þessu sambandi: landnýtingu, skipulagi, byggðapróun, og beitingu vísinda og tækni til að hægt sé að lágmarka skaða samfélagsins vegna eldgosa. Mikilvægt er að samræma þetta öðrum áætlunum, svo sem mótvægisáðgerðum gegn loftslagsbreytingum með kolefnisbindingu í gróðri og jarðvegi, áætlunum um endurheimt birkiskóga, endurheimtar – og verndaráætlunum um líffræðilegan fjölbreytileika, landgræðsluáætlunum og fleiri slíkum sóknaráætlunum byggðar og landbúnaðar. Nýta þarf slíkar mótvægisáðgerðir til að styðja við byggð í nágrenni okkar öflugustu eldfjalla.

HEIMILDIR

Adger, W. N. (2000). "Social and ecological resilience: are they related?" *Progress in Human Geography* 24, 347-364.

Ágústsdóttir, A. M. (2012). Natural hazard and disaster risk reduction in Iceland. Regarding volcanic tephra, vegetation and soil conservation. The 30th Nordic Geological Winter Meeting in Reykjavík, 9.-12. janúar 2012, Reykjavík, Iceland, ISBN: 978-9979-72-096-6.

Air Passenger Rights (2011). Volcano Grimsvötn: how is the European response different to the Eyjafjallajökull eruption last year? <http://www.airpassengerrights.eu/en/volcano-grimsvoetn-how-is-the-european-response-different-to-the-eyjafjallajokull-eruption-last-year-faq.pdf>. Thursday, 26 May 2011 18:08.

Alexander L. V., Tett S. F. B., T. Jónsson (2005). Recent observed changes in severe storms over the United Kingdom and Iceland. *Geophysical Research Letters* 32, L13704, doi:10.1029/2005GL022371, 2005

Alley, R. B. (2000). *The two-mile time machine: ice cores, abrupt climate change, and our future*. Princeton, Princeton University Press.

Andrésdóttir, K. & Þ. Ólafsson, (2011). Eldgos í Eyjafjallajökli: Áhrif á búfénað og búfjárafurðir. Matvælastofnun, skýrsla 10.mars 2011, 5 bls.

Antos, J.A. & Zobel, D.B. (1987). How plants survive burial: a review and initial responses to tephra from Mount St Helens. In Bilderback, D.E., editor, *Mount St Helens 1980 – Botanical consequences of the explosive eruptions*. Berkeley, University of California Press, 246–61.

Arnalds, Ó. (1988). Jarðvegur á ógrónu landi. *Náttúrufræðingurinn* 58, 101-116.

Arnalds, Ó. (1998). Sandur – Sandfok. *Græðum Ísland VI. Árbók Landgræðslu ríkisins*, bls. 69-82.

Arnalds, Ó., E. F. Þórarinsdóttir, et al. (1997). Jarðvegsrof á Íslandi, *Landgræðsla ríkisins og Rannsóknastofnun landbúnaðarins*, 157 bls.

Arnalds, Ó (2010). Dust sources and deposition of Aeolian materials in Iceland. *Icel. Agric. Sci.* 23, 3-21.

Arnalds, Ó, E. F. Þórarinsdóttir, J. Þórsson & A. M. Ágústsdóttir (2011). Hvað varð um öskuna frá Eyjafjallajökli? *Fræðaping landbúnaðarins* 8, 43-49.

Arnalds, Ó. & Á. L. Aradóttir (2011a). Rask á Íslandi. Í: Á. L. Aradóttir & G. Halldórsson (ritstj.) *Vistheimt á Íslandi*. Landbúnaðarháskóli Íslands og Landgræðsla ríkisins, 19-24.

Arnalds, Ó. & Á. L. Aradóttir (2011b). Almenningar. Ástand jarðvegs og gróðurs. *Landbúnaðarháskóli Íslands*, óbirt skýrsla, 36 bls.

Ayrís, P. M. & P. Delmelle (2012). The immediate environmental effects of tephra emission. *Bulletin of Volcanology* 74 (9), 1905 - 1936.

Baas, S., S. Ramasamy, et al. (2008). *Disaster risk management systems analysis*. Rome, Food and agriculture organisation of the United Nations, FAO, Janúar 2008.

Barnier M. (2006). For a European Civil Protection Force: Europe aid. *Evrópusambandið*, maí 2006, 60 bls. http://ec.europa.eu/archives/commission_2004-2009/president/pdf/rapport_barnier_en.pdf

Björnsson, H. & Pálsson, F. (2008). Icelandic glaciers. *Jökull* 58, 365–386.

-
- Bliss, L. C. & Gold, W. G. (1999). Vascular plant reproduction, establishment, and growth and the effects of soil biological crusts within a polar desert ecosystem, Devon Island, N.W.T., Canada. *Canadian Journal of Botany* 77, 623-36.
- Boyd, W. E., C. J. Lentfer, et al. (2005). "Interactions between human activity, volcanic eruptions and vegetation during the Holocene at Garua and Numundo, West New Britain, PNG." *Quaternary Research* 64 (3), 384-398.
- Boyd W. E. & Torrence, R. (1996). Periodic erosion and human land use on Garua Island. PNG: a progress report. *Tempus*, 6, 265–274.
- Bragason, Á. B., (2012). Íslenska sauðkindin og saga sauðfjárræktar á Íslandi. Landbúnaðarháskólinn, Sótt 2012, <http://www.lbhi.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=3155>.
- Buzea, C., Pacheco, I. I. & Robbie, K. (2009). Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases* 2, 17-71.
- Bændasamtök Íslands (2010). The volcanic eruption in Iceland and its effects on Icelandic agriculture. Announcement from the Farmers Association of Iceland to its affiliated associations, partners and friends. Skoðað í maí 2010 frá: <http://bondi.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=2747>
- Carey, R. J., B. F. Houghton, et al. (2009). Abrupt shifts between wet and dry phases of the 1875 eruption of Askja Volcano: Microscopic evidence for macroscopic dynamics. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 184, 256-270.
- Carlsen H. K., Gislason T., Benediktsdóttir B., et al. (2012). A survey of early health effects of the Eyjafjallajökull 2010 eruption in Iceland: a population-based study. *BMJ Open* 2012; 2, e000343. doi:10.1136/bmjopen-2011-000343
- Cook R., Barron J., Papendick R., Williams G. III (1981). Impact on agriculture of the Mount St. Helens eruptions, *Science* 211, 16-22.
- Cutler, N. A., Belyea, L. R., & Dugmore, A. J. (2008). Spatial patterns of microsite colonisation on two young lava flows on Mount Hekla, Iceland. *Journal of Vegetation Science* 19, 277-86.
- Dahlgren, R. A., Saigusa, M., Ugolini, F. C. (2004). The Nature, Properties and Management of Volcanic Soils. *Advances in Agronomy* 82, 113–182.
- Demare'e, G. R., Ogilvie, A. E. J., Zhang, D. (1998). Further documentary evidence of northern hemispheric coverage of the great dry fog of 1783. *Climatic Change* 39, 727–73.
- Donati, J. & Milhench, C. (2011). "Jet fuel falls as volcanic ash cloud fears revive". *Reuter*, 24 May 2011. Skoðað 26. mars 2012. <http://www.reuters.com/article/2011/05/24/us-volcano-jet-idUSTRE74N5TH20110524>
- Dugmore A. J., Church M. J., Mairs K. A., McGovern T. H., Perdikaris S., & O. Vésteinsson (2007). Abandoned Farms, Volcanic Impacts, and Woodland Management: Revisiting Þjórsárdalur, the "Pompeii of Iceland". *Arctic Anthropology* 44 (1), 1–11.
- Einarsson, M. Á. (1984). Climate of Iceland. Í: H. van Loon (ritstjóri): *World Survey of Climatology: 15: Climates of the Oceans*. Elsevier, Amsterdam, 673-697.
- Einarsson, Þ. (1974). *Gosið í Heimaey*. Reykjavík, Heimskringla.
- El-Masri, S. & G. Tipple (2002). Natural Disaster, Mitigation and Sustainability: The Case of Developing Countries. *International Planning Studies* Vol. 7, No. 2, 157–175.
- Elmendorf, S. C., G. H. R. Henry, R. D. Hollister, et al. (2011). Plot-scale evidence of tundra vegetation change and links to recent summer warming. *Nature Climate Change* 2, 453-457
- Forsætisráðuneytið (2012). Fjórþörf til brýnna verkefna á gossvæðum á Suðurlandi 29.5.2012. Skoðað 29.maí 2012 <http://www.forsaetisraduneyti.is/frettir/nr/7192>

-
- Friðriksson, S. (1981). Áhrif gjósku á gróður. Ráðunautafundur, 1981.
- Gerten, D., Schaphoff, S., Haberlandt, U., Lucht, W. & S. Sitch (2004). Terrestrial vegetation and water balance—hydrological evaluation of a dynamic global vegetation model. *Journal of Hydrology* 286, 249–270.
- Gillespie, M. R., & Styles, M. T. (1999). BGS Rock Classification Scheme. Volume 1. Classification of igneous rocks. British Geological Survey Research Report, (2nd edition), RR 99–06.
- Grattan, J. P., Rabartin, R., Self, S., Thordarson, Th. (2005). Volcanic air pollution and mortality in France 1783–84. *Comptes Rendus Geosciences* 337, 641–65.
- Guðjónsdóttir, S. R. (2012). Ofanflóð í Holtsá í kjölfar goss í Eyjafjallajökli 2010. BS ritgerð, Jarðfræðideild, Háskóli Íslands, 51 bls.
- Guðmundsson M. T., Elíasson J., Larsen G., Gylfason Á. G., Einarsson P., Jóhannesson T., Hákonardóttir K. M., Torfason H. (2005). Overview on the dangers of volcanic eruptions and floods from the western part of Mýrdalsjökull and Eyjafjallajökull (in Icelandic), In: Guðmundsson M. T., Gylfason Á. G. (eds) *Hættumat vegna eldgosa og hlaupa frá vestanverðum Mýrdalsjökli og Eyjafjallajökli*, Ríkislögreglustjóri, Háskólaútgáfan, 11–44.
- Gudmundsson, M. T., G. Larsen, et al. (2008). "Volcanic hazards in Iceland." *Jökull* 58, 251-268.
- Gudmundsson, G. (2011). Respiratory health effects of volcanic ash with special reference to Iceland. A review. *Clin Respir J.* 5, 2-9.
- Guðnadóttir, L. D. (2012). Áhrif öskufalls á næringarefni jarðvegs. Bs ritgerð Landbúnaðarháskóli Íslands, 39 bls.
- Gunnarsson, K. S., Eysteinnsson, Th., Curl, S., Thorfinnsson, Th. (2005). Iceland. In: *Acta Silv. Hung. Special Edition*, bls. 335-346.
- Hafliðason, H., Eiriksson, J. and van Kreveld, S. (2000). The tephrochronology of Iceland and the North Atlantic region during the Middle and Late Quaternary: a review. *J. Quaternary Sci.* 15, 3–22.
- Hagfræðistofnun Háskóla Íslands (2009). Fjöldi starfa og afleidd störf í landbúnaði á Íslandi. Skýrsla Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, C09:01, Febrúar 2009, 15 bls.
- Hauksdóttir A., H. K. Carlsen, U. Valdimarsdóttir, S. Guðmundsson, Þ. Gíslason, Þ. B. Kolbeinnsson, Þ. Þorsteinsson, & G. Pétursdóttir (2011). Heilsufarslegar afleiðingar eldgossins í Eyjafjallajökli. Fyrirlestur á ráðstefnu í Gunnarsholti, Eldgosavá í Rangárþingi, Forvarnir – afleiðingar- framtíðarsýn, haldin, 1. desember 2011.
- Helgadóttir, G. (2011). Fjölskyldur á flóttu. Áhrif eldgossins á Heimaey 1973 á íbúa hennar. Háskólinn á Akureyri, BA ritgerð, 76 bls.
- Helgason, J. K. & E. H. Jensen (2011). Eðjuflóð, aurskriður og framburður gosefna niður á láglandi með vatnsföllum vorið 2011 vegna gjósku úr Eyjafjallajökulsgosinu. Veðurstofa Íslands, Skýrsla VÍ 2011-001 ISSN 1670-8261, 30 bls.
- Hodell, D. A., J. H. Curtis, et al. (1995). "Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization." *Nature* 375, 391 - 394.
- Horwell C.J., & P. J. Baxter (2006). The respiratory health hazards of volcanic ash: a review for volcanic risk mitigation. *Bulletin of Volcanology* 69 (1),1–24.
- Ingleton, J. (1999). (ritstjóri), *Natural Disaster Management, International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR)*, Útg. Sameinuðu þjóðirnar(UN).
- Jóhannesdóttir, G. (ritstjóri) (2011). *Áhættuskoðun almannavarna Útgáfa 1.0 – 2011*. Ríkislögreglustjórinn, almannavarnadeild, 163 bls.

Jónsdóttir S. (2010). Sauðfjárhagar – Leiðbeiningar við mat á ástandi beutilanda . Landgræðsla ríkisins, 28 bls.

Jónsson, Á., L. S. Cohagen, et al. (2008). Katla. Landsamgöngur í kjölfarið á umbrotum. Greinargerð, Vegagerð ríkisins, Orion ráðgjöf, 30 bls.

Jónsson, T. (1990). Hvert liggja gjóskugeirar? Náttúrufræðingurinn 60 (2), 103-105.

Júlíusdóttir, M., Karlsdóttir A., Benediktsson K., Vésteinsdóttir I. E., & S. Steingrímsson (2009). Litróf búskapar og byggða: Fjölþættur landbúnaður á Íslandi. Háskóli Íslands, Land- og ferðamálafræðistofa, 118 bls.

Kar-Purkayastha, Horwell C., & V. Murray (2012). Review of Evidence on the Potential Health Impacts of Volcanic Ash on the Population of the UK and ROI. Health Protection Agency 2012. ISBN 978-0-85951-733-1.

Kent, M., Owen, N. W., Dale, P., Newnham, R. M., & Giles, T. M. (2001). Studies of vegetation burial: a focus for biogeography and biogeomorphology? [Review]. Progress in Physical Geography 25 (4), 455-482.

Kjartansson, H. S. (2005). „Hve margir Íslendingar fluttust til Vesturheims og hve margir sneru heim aftur?“. Vísindavefurinn 30.12.2005. <http://visindavefur.is/?id=5525>. (Skoðað 27.3.2012).

Lacasse, C. (2001). Influence of climate variability on the atmospheric transport of Icelandic tephra in the subpolar North Atlantic. Global and Planetary Change 29, 31–55.

Landgræðsla ríkisins (2011). Land grær meira en það eyðist. Frétt, 12. maí 2011. http://www.land.is/index.php?option=com_content&view=article&id=622:land-graer-meira-en-tae-eyeist&catid=67:frettir&Itemid=88

Landgræðsla ríkisins, (2012). Landgræðsluplöntur. <http://land.is/index.php/frodhleikur-radhgjoef/landgraedhsluploentur> Skoðað apríl 2012.

Landssamband veiðifélaga (2010). Aska hamlar fiskgengd í Skógá. Frétt 25. ágúst 2010. Skoðað apríl 2012: <http://www.angling.is/is/frettir/nr/106221/>.

Larsen D. J., Miller G. H., Geirsdóttir Á., Thordarson Th. (2011). A 3000-year varved record of glacier activity and climate change from the proglacial lake Hvítárvatn, Iceland. Quaternary Science Reviews 30, 2715-2731.

Larsen G., Gudmundsson M. T., Björnsson H. (1998). Eight centuries of periodic volcanism at the centre of the Icelandic hotspot revealed by glacier tephrostratigraphy. Geology 26, 943–946.

Larsen G. & S. R. Gíslason (2012). Gjóska. Í: Júlíus Sólmes, Freysteinn Sigmundsson, Bjarni Bessason (ritstj.), Náttúruvá á Íslandi, 130-143.

Lin M., Katul G.G., & A. Khlystov (2012). A branch scale analytical model for predicting the vegetation collection efficiency of ultrafine particles. Atmospheric Environment 51, 293-302.

Longueville, F. d., P. Ozer, ofl. (2012). Desert dust impacts on human health: an alarming worldwide reality and a need for studies in West Africa. International Journal of Biometeorology. DOI 10.1007/s00484-012-0541-y

Major, J.J. (2003). Post-eruption hydrology and sediment transport in volcanic river systems. Water Resources Impact 5 (3), 10–15.

Mallone, S., M. Stafoggia, ofl. (2011). Saharan Dust and Associations between Particulate Matter and Daily Mortality in Rome, Italy. Environ Health Perspect 119, 1409–1414.

MAST, (2011). Ástand búfjár á öskufallssvæðum. Skoðað 29.3.2012, <http://www.mast.is/frettaflokkar/frett/?newsid=1b0dbc8d-b87f-4dd9-87c7-8b0f73fe89eb>

-
- MAST, (2012). Upplýsingar til bænda vegna eldgoss í Grímsvötnum. Skoðað 29.3.2012, <http://www.mast.is/upplýsingar/baendur/eldgosigrimsvotnum>.
- Maclennan, J., Jull, M., McKenzie, D. P., Slater, L. & Gronvold, K. (2002). The link between volcanism and deglaciation in Iceland. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 3, 1062. (doi:10.1029/2001GC000282)
- Magnússon, S. H. Magnússon, K. R. Guðjónsdóttir & Helgason (2004). Blöndulón. Vöktun á grunnvatni, gróðri og strönd. Áfangaskýrsla 2003. NÍ-04013.
- McBean, G., Alekseev, G., Chen, D., Førland, E., Fyfe, J., Groisman, P.Y. et al. (2005). Arctic climate: past and present. Í: *Arctic Climate Impact Assessment (ACIA)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, bls. 21–60.
- Medelytė, G. (2010). Influences of forests on invertebrate communities in Icelandic streams. 90 ECTS thesis submitted in partial fulfillment of a Magister Scientiarum degree in Biology. University of Iceland, bls. 126. <http://hdl.handle.net/1946/5507>
- Morgunblaðið, (2012). Enn ástæða til að varast öskufok. Skoðað 11. júní 2012: https://www.mbl.is/frettir/innlent/2012/06/11/astaeda_til_ad_varast_oskufok/.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2001). Gróðurfar á Íslandi á okkar tímum. Fyrst útgefið 1998: Guðmundur Guðjónsson og Einar Gíslason 1998. Gróðurkort af Íslandi 1:500.000. Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2011). Gervitungl greina verulega aukningu gróðurs á Íslandi. Frétt, 26.5.2011. Skoðað apríl 2012, <http://www.ni.is/frettir/nr/13534>
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2012). Flóra. Skoðað apríl 2012, <http://www.ni.is/grodur/Flora/>
- Newnham, R. M., Dirks, K. N., & D. Samaranyake (2010). An investigation into long-distance health impacts of the 1996 eruption of Mt Ruapehu, New Zealand. *Atmospheric Environment* 44, 1568-1578.
- Olgeirsson, Friðrik G. (2007). Sáðmenn sandanna : saga landgræðslu á Íslandi 1907-2007. Landgræðsla ríkisins, ISBN 9979929537, 250 síður.
- Orradottir, B., S. R. Archer, O. Arnalds, L. P. Wilding & T. L. Thurow (2008). Infiltration in Icelandic Andisols: The Role of Vegetation and Soil Frost. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 40 (2), 412-421.
- Óladóttir, B. A., G. Larsen, et al. (2011). "Holocene volcanic activity at Grímsvötn, Bárðarbunga and Kverkfjöll subglacial centres beneath Vatnajökull, Iceland." *Bulletin of Volcanology* 73, 1187–1208.
- Óskarsson, H. (2010). Öskufall á Þórsmörk og Goðaland. Ársrit Skógræktar ríkisins 2010, 56-59.
- Pagli, C. & Sigmundsson, F. (2008). Will present day glacier retreat increase volcanic activity? Stress induced by recent glacier retreat and its effect on magmatism at the Vatnajökull ice cap, Iceland. *Geophys. Res. Lett.* 35, L09304.
- Pálmadóttir, E. (2012). Ofanflóð í Kaldaklifsá í kjölfar goss í Eyjafjallajökli 2010. BS ritgerð, Jarðvísindadeild, Háskóli Íslands, 47 bls.
- Perez L., Tobias A., Querol X. et al. (2008). Coarse particles from Saharan dust and daily mortality. *Epidemiology*, 19, 800-807.
- Reynisson, L. (2010). „Hverjar voru meginástæður vesturferðanna?“. Vísindavefurinn 28.5.2010. Skoðað 27.3.2012, <http://visindavefur.is/?id=56117>.
- Runólfsson, S., Ásbjörnsson, G., Þorfinnsson, G., & S. Einarsson (2012). Afleiðingar eldgosa í Eyjafjallajökli og Grímsvötnum: Árangur aðgerða. *Lr* 2012/16, 29 bls.
- Samráðsnefnd um Hekluskóga (2005). Hekluskógar, endurheimt skóglenda í nágrenni Heklu. Forsendur og leiðir. Hekluskógar, 32 bls. Skoðað í apríl 2012, <http://hekluskogar.is/Skjol/hekluskog12okt.pdf>
-

Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J.A., Folke, C & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413, 591-596.

Schmidt, A., B. Ostro, et al. (2011). "Excess mortality in Europe following a future Laki-style Icelandic eruption." *PNAS* 108 (38): 15710–15715.

Searl, A., Nicholl A., & P. J. Baxter (2002). Assessment of the exposure of islanders to ash from the Soufriere Hills volcano, Montserrat, British West Indies. *Occup Environ Med*, 59, 523-531.

Self S. (2006). The effects and consequences of very large explosive volcanic eruptions. *Phil. Trans. R. Soc. A* 364, 2073–2097.

Shore JH, Tatum EL, Vollmer WM. (1986). Evaluation of mental effects of disaster, Mount St. Helens eruption. *Am J Public Health*. 76 (3 Suppl),76-83.

Sigfúsdóttir, Þorbjörg (2011). Ofanflóð í kjölfar goss í Eyjafjallajökli 2010, BS ritgerð, Jarðvísindadeild, Háskóli Íslands, 42 bls.

Sigmundsson, F., V. Pinel, et al. (2010). "Climate effects on volcanism: influence on magmatic systems of loading and unloading from ice mass variations, with examples from Iceland." *Phil. Trans. R. Soc. A* 368, 2519–2534.

Sigurdórsson, Sigurdór (1973). 150 hús brunnin, hálfsockin eða sokkin. Þjóðviljinn, 30. janúar 1973, 25. tölublað. Skoðað apríl 2012, http://timarit.is/view_page_init.jsp?pageId=2834613

Sigurðsson H., B. Houghton, H. Rymer, J. Stix, S. McNutt, ed. (1999). *Encyclopedia of Volcanoes*. San Diego, Academic Press, 1417 bls., ISBN 978-0126431407.

Sjávarútvegs- og landbúnaðarráðuneytið (2010). Landbúnaður og þróun dreifbýlis. Sótt mars 2012: http://www.sjavarutvegsraduneyti.is/media/Skyrslur/Landbunadur_og_troun_dreifbylis.pdf

Skipulagsstofnun (2011). Landsskipulagsstefna (National land management agenda) Sótt apríl 2012: <http://skipulagvefur.eplica.is/skipulagsmal/aaetlanir-alandsvisu/>

Skúlason, B. (1996). "Sambýli skógræktar og sauðfjárræktar." *Freyr* 1, 31.

Smith, Keith (2002). *Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster*, 3. Útg., Routledge, London,

Snæbjörnsson, A., D. Hjartardóttir, E. Blöndal, J. G. Pétursson, Ó. Eggertsson & Þ. Halldórsson, (2010). Skýrsla nefndar um landnotkun. Athugun á notkun og varðveislu ræktanlegs lands. Reykjavík: Sjávarútvegs- og landbúnaðarráðuneytið, 392 bls.

Stefánsdóttir, H.M. (2010). Transport and decomposition of allochthonous litter in Icelandic headwater streams: Effects of forest cover. MS-thesis. Agricultural University of Iceland, bls.106.

Steingrímsson, J. (1998). *Fires of the Earth: the Laki Eruption 1783–84*. University of Iceland Press, Reykjavík, 95 bls.

Svavarsdóttir, K. & Á. L. Aradóttir (2006). *Gulvíðir og loðvíðir - Eiga víða við-*, Landgræðsla ríkisins, 31 bls.

Swindles, G. T., I. T. Lawson, et al. (2011). A 7000 yr perspective on volcanic ash clouds affecting northern Europe. *Geology* 39 (9), 887–890.

Tesche, M., P. Glantz, C. Johansson, M. Norman, A. Hiebsch, A. Ansmann, D. Althausen, R. Engelmann, & P. Seifert (2012). Volcanic ash over Scandinavia originating from the Grímsvötn eruptions in May 2011, *J. Geophys. Res.* 117, D09201, doi:10.1029/2011JD017090

Thordarson, T., & S. Self (2003). Atmospheric and environmental effects of the 1783–1784 Laki eruption: A review and reassessment, *Journal of Geophysical Research* 108 (D1), 4011, doi:10.1029/2001JD002042.

-
- Thordarson, T. & G. Larsen, (2007). Volcanism in Iceland in historical time: Volcano types, eruption styles and eruptive history. *J. Geodynamics* 43, 118–152.
- Thorsteinsson T., Jóhannsson T., Stohl A., Kristiansen N. I. (2012). High levels of particulate matter in Iceland due to direct ash emissions by the Eyjafjallajökull eruption and re-suspension of deposited ash. *J Geophys Res.* doi:10.1029/2011JB008756
- Titus, J.H. & R. del Moral, (1998). Seedling establishment in different microsites on Mount St. Helens, Washington, USA. *Plant Ecology* 134, 13-26.
- Traustason, B. & Snorrason, A. (2008). Spatial distribution of forests and woodlands in Iceland in accordance with the CORINE land cover classification. *Icel. Agric. Sci.* 21, 39-47.
- Tuffen, H. (2010). How will melting of ice affect volcanic hazards in the twenty-first century? *Phil. Trans. R. Soc. A* 368, 2535-2558.
- Umhverfisstofnun, (2004). Umhverfisvísar Umhverfisstofnunar. UST-2004:11
- Umhverfisráðuneyti, (2007). Vernd og endurheimt íslenskra birkiskóga. Skýrsla og tillögur nefndar, 22 bls.
- Umhverfisráðuneyti, (2011). Náttúruvernd. Hvítbók um löggjöf til verndar náttúru Íslands. ISBN 978-9979-839-31-6
- Umhverfisráðuneyti, (2011b). Áform um aukna útbreiðslu birkiskóga (Plans for restoration of natural birch forests in Iceland). [Skoðað 8. september 2011]: <http://www.umhverfisraduneyti.is/frettir/nr/1772>.
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2011). "Disaster risk reduction". [Cited 8. September 2011]; Available from: <http://www.unisdr.org/who-we-are/what-is-drr>.
- US EPA (2009a). Integrated Science Assessment for Particulate Matter (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-08/139F, December 2009.
- Utanríkisráðuneytið (2008). Samantekt á kynningarefni um ESB og landbúnaðinn. Aðildarferli, styrkjakerfi ESB og Íslands, Norðurslóðastuðningur ESB. Lagt fyrir vinnuhópinn 17. desember 2008. Sótt maí 2012: <http://www.utanrikisraduneyti.is/verkefni/evropumal/vinnuhopar/vinnuhopur3/>
- USGS, (2010). "Volcanic ash ... what it can do and how to prevent damage". U.S. Geological Survey. Skoðað í maí 2010 frá: <http://volcanoes.usgs.gov/ash/>
- USGS, (2012). Volcanic ash: effects and mitigation strategies. U.S. Geological Survey. Skoðað í apríl 2012 frá: <http://volcanoes.usgs.gov/ash/agric/index.php#forestry>
- Viðskiptablaðið, (2011). Kostnaður vegna gossins í fyrra um 1,7 milljarðar. 28. Maí 2011 <http://www.vb.is/frettir/63700/>
- Vilmundardóttir, Elsa G. & Árni Hjartarson (1985). Vikurhlaup í Heklugosum. Náttúrufræðingurinn 54 (1), 17 - 30.
- Vilmundardóttir, Olga K., Borgþór Magnússon, Guðrún Gísladóttir & Þröstur Þorsteinsson (2010). Shoreline erosion and aeolian deposition along a recently formed hydro-electric reservoir, Blöndulón, Iceland. *Geomorphology* 114, 542-555.
- Vilmundardóttir O. K., B. Magnússon, G. Gísladóttir & S. H. Magnússon (2009). Áhrif sandfoks á mólendisgróður við Blöndulón. Náttúrufræðingurinn 78, 125-137.
- VSO ráðgjöf, (2009). Sandfok á hringveginn. Skýrsla til Vegagerðarinnar, 30 bls.
- Zobel D. B. & J. A. Antos (1997). A decade of recovery of understory vegetation buried by volcanic tephra from Mount St. Helens. *Ecological Monographs* 67 (3), 317-344.

Zóphóníasson, S. (2012). Rennsli í ám á Íslandi sumarið 2012. Rennsli sumarið 2012 borið saman við rennsli undanfarin ár. Skoðað 2012: <http://www.vedur.is/vatnafar/frodleikur/greinar/nr/2502>

Zóphóníasson, S. (2010). Rennsli í ám á vatnsárinu 2009/2010. Dags. 29.12.2010. Skoðað 2012: <http://www.vedur.is/vatnafar/frodleikur/greinar/nr/2076>

Wald, E.C. (2012). Land-use Development in South Iceland 1900 - 2010, Master's thesis, Faculty of Biology and Environmental Science, University of Iceland, bls. 95.

Weill, H., (1981). Risk Assessment in Volcano Ash Exposure. *Chest* 1981, 80, 87S-88S.

Whisenant, S. G. (1999). *Repairing Damaged Wildlands: A Process Oriented, Landscape-Scale Approach*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 328 bls.

Wilson, T. M., C. Stewart, et al. (2012). "Volcanic ash impacts on critical infrastructure." *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* **45-46**(0): 5-23.

WMO (1999). *Comprehensive Risk Assessment for Natural Hazards WMO/TD No. 955, 92s*. World Meteorological Organization (WMO), endurprentun 2006.

WMO (2011). *The WMO Disaster Risk Reduction. A Framework for Disaster Risk Management Derived from the Hyogo Framework for Action 2005-2015 (HFA)*. World Meteorological Organization. Skoðað, 8. september 2011: http://www.wmo.int/pages/prog/drr/HfaFramework_en.htm#financialIRT.

Yan, Y., X. Xu, et al. (2011). Effect of vegetation coverage on aeolian dust accumulation in a semiarid steppe of northern China. *Catena* 87 (3), 351-356.

Þórarinnsson, S. (1961). Uppblástur á Íslandi í ljósi öskulagarannsóknna. *Ársrit Skógræktarfélagss Íslands* 1960-61, 17-54.

Þórarinnsson, S. (1979). On the damage caused by volcanic eruptions with special reference to tephra and gases. In: Payson P.D. & Grayson D.K. (Eds.), *Volcanic activity and human ecology*. Academic Press, New York NY, 125-159.

MYNDASKRÁ

- Mynd 1.** Eldstöðvakerfi á Íslandi, (Thordarson & Larsen 2007). Númer vísa til eldstöðva: (1) Reykjanes–Svartsengi, (2) Krýsuvík, (3) Brennisteinsfjöll; Vestur-gosbelti: (4) Hengill, (5) Hrómundartindur, (6) Grímsnes, (7) Geysir, (8) Prestahnjúkur, (9) Langjökull; Miðgosbelti: (10) Hofsjökull, (11) Tungnafellsjökull; Eystra gosbeltið: (12) Vestmannaeyjar, (13) Eyjafjallajökull, (14) Katla, (15) Tindfjöll, (16) Hekla–Vatnafjll, (17) Torfajökull, (18) Bárðarbunga–Veiðivötn, (19) Grímsvötn; Norðurgosbelti: (20) Kverkfjöll, (21) Askja, (22) Fremrinámur, (23) Krafla, (24) Þeistareykir; Örafajökuls gosbelti (25) Örafajökull, (26) Esjufjöll, (27) Snæfell; Snæfellsnes gosbelti: (28) Ljósufjöll, (29) Helgrindur, (30) Snæfellsjökull. Stór opinn hringur vísar til miðju möttulstróks undir Íslandi. Punktalína sýnir norðurmörk Eystra gosbeltisins, og strikalína merkir mörk hins virka og framsækna hluta rekbeltisins. 3
- Mynd 2.** Samspil þykktar gjóskulaga og áhrif þeirra á byggð manna, (Þórarinnsson, 1979; Ágústsdóttir, 2012). Í bakgrunni sést öskuþakin Skógaheiði árið 2010, og rofaborð sem bera við himin eru til vitnis um betri tíma í gróðursögu svæðisins. Ljósmynd Jóhann Þórsson..... 7
- Mynd 3.** Viðbrögð plantna til að lifa af kaffæringu jarðefna (Kent, 2001 og byggt á Antos & Zobel, 1987)..... 11
- Mynd 4.** Skýringarmynd af öndunarvegi og lungum og tengsl kornastærðar gjósku og möguleg áhrif á heilsu (Horwell ofl. 2006). Helstu sjúkdómar s. s. steinlungu (silicosis), krabbamein (cancer), astmi og langvinn lungnateppa (e. asthma & COPD), barkakýlis- og barkarbólga (tracheitis & bronchitis), nefslímubólga (rhinitis), og barkabólga (laryngitis)..... 14
- Mynd 5.** Viðlagahringrásin. Hringrás hamfara og almannavarna er oft skipt í fjóra fasa: Vátburður gerist; 1) Fyrstu neyðarviðbrögð; 2) Endurheimt og uppbyggingarfasir; 3) Mótvægisáðgerðir þar sem á kerfisbundinn hátt er reynt að læra af reynslunni, unnið er að áhættugreiningu, forvörnum og minnkun áhættu til að lágmarka tjón; 4) Undirbúningur fyrir næstu vá, viðbúnaður, söfnun upplýsinga, vöktun og stofnun aðvörunarkerfa (Barnier, 2006; Baas, 2008). Rauður litur og þykkt hringins endurspeglar þá röskun sem samfélag upplifir við áfallið og eins áhuga fjölmiðla á atburðinum, sem er mest í upphafi atburðar en síðan fjara bæði áhrifin út þegar frá líður (blái liturinn)..... 18
- Mynd 6.** Flæðirit fyrir hættumatsrammi sameinuðu þjóðanna (UN-ISDR- International Strategy for Disaster Reduction,(<http://www.unisdr.org/>); WMO, 1999). 20
- Mynd 7.** Flæðirit um gerð hættumats vegna eldvirkni og skipulag mótvægisáðgerða til lengra tíma (WMO, 1999)..... 21
- Mynd 8.** Gróðurfar á Íslandi á okkar tímum. Kortið er einfölduð útgáfa af gróðurkortum af Íslandi sem tekið var saman af Guðmundi Guðjónssyni og Einari Gíslasyni og gefið út af Náttúrufræðistofnun Íslands árið 1998 “Gróðurfar á Íslandi”, (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2001)..... 22
- Mynd 9.** Jarðvegsrof á Íslandi (Byggt á Arnalds o.fl. 1997). 25
- Mynd 10.** Fjöldi búfjár á Íslandi 1703-2007, (Bragason, 2012). 24

- Mynd 11.** Gróðurstuðull NDVI, mælikvarði á blaðgrænu og grósku gróðurs á yfirborði var metinn í 893 reitum, hver reitur var 154 km². Meðaltal hámarksgilda fyrir allt landið, sýnir aukningu á tímabilinu 1982-2010, Náttúrufræðistofnun Íslands (2011). 25
- Mynd 12.** Reiknuð meðalbreyting á lífmassa gróðurs á Íslandi 1982 – 2010. Útreikningar byggja á rannsóknum á heimskautasvæðum utan Íslands og ber því að taka með fyrirvara, Náttúrufræðistofnun Íslands (2011). 25
- Mynd 13.** Þanþol vistkerfa útskýrt: Mynd til vinstri sýnir þanþol (resilience) skilgreint sem hversu mikla röskun vistkerfi getur þolað áður en það nær nýrri stöðu eða jafnvægi. Mynd til hægri sýnir þanþol skilgreint útfrá hversu fljótt vistkerfi ná að jafna sig eftir áföll eða rask (þanþol+ viðnám= jafnvægi) (Adger, 2000). 26
- Mynd 14.** Breytingar á landnotkun á Suðurlandi á tímabilinu 1900-2010 sýndar á skematískan hátt. Landslag landnotkunar tekur breytingum, landnotkunin verður fjölbreyttari, og aukin samkeppni um land verður milli landnotenda (Wald, 2012). 28
- Mynd 15.** Mat á ástandi lands með tilliti til gróðurhulu, rofs og fleiri þátta (Arnalds et al., 1997). Strikalínur áætla gróflega útlínur gosbelta. Flest svæði innan þessara marka eru rauðlituð, sem merkir óbeitarhæft svæði. Skýringar: Rauð svæði óbeitarhæft; Bleik: Verulegar takmarkanir á beit; Ljósgræn: Sumstaðar takmarkanir á beit; Græn: Engar takmarkanir á beit. 29
- Mynd 17.** Yfirlitskort yfir þjóðlendur á svæðum 1-7, samkvæmt úrskurðum óbyggðanefndar og dómum Hæstaréttar. 30
- Mynd 18.** Greining landbúnaðar eftir landshlutum, A) Svæði sem sérstaklega eru háð sauðfjárrækt og hafa takmarkaða möguleika á annari tekjuöflun (byggt á mörkum sveitarfélaga), B) Svæði með viðvarandi fólksfækkun, C) Kjarnasvæði og jaðarsvæði landbúnaðar ((Júlíusdóttir ofl., 2009). 32
- Mynd 19.** Skipting búgreina eftir landshlutum (Júlíusdóttir o.fl., 2009). A) Framleiðsla og úrvinnsla mjólkur, B) Nautakjötsframleiðsla og slátrun nautgripa, C) Dreifing hrossa, D) Sauðfjárbúskapur og slátrun sauðfjár, E) Ferðaþjónusta, opinn landbúnaður, beint frá býli, E) Dreifing ylræktar og kartöfluræktar. 44
- Mynd 20.** Afréttarmörk og gjóskufall fyrri stórgosa. Svæði innan hringsins sýna hringferil um eldfjöll þar sem gjóskufall hefur orðið 20 cm eða meira í kjölfar mikilla sprengigosa. Geisli hvers hrings ákvarðast af mestu fjarlægð til 20 cm jafnþykktarlínu fyrir stærstu þekkt gos í hverri eldstöð á sögulegum og forsögulegum tíma. Á kortinu sjást einnig byggð svæði og þjóðvegur 1. (Gudmundsson et al., 2008). Á kortið vantar upplýsingar um stærsta þekkt gjóskugos eftir landnám sem varð árið 1477 í Veiðivötnum og er talið hafa verið stærra en Örafajökulsgosið 1362 (Magnús Tumi Guðmundsson pers. uppl.2011). 42
- Mynd 21.** Líkindi á stefnu gjósku úr megineldstöðvum á Íslandi, miðað við tíðni vinda í 500 mb þrýstifleti yfir Íslandi (eða í um 5400 m hæð). Miðja vindrósar er hér sýnd staðsett yfir Heklu (Jónsson, 1990). 42

VIÐAUKI - YFIRLIT PÁLS KOLKA JÓNSSONAR YFIR RANNSÓKNIR OG SKÝRSLUR Á SVIÐI LANDGRÆÐSLU, SKÓGRÆKTAR OG LANDBÚNAÐAR Í TENGLUM VIÐ ELDGOS.

ALMENNAR SKÝRINGAR

Í tengslum við gerð heildarhættumats fyrir allt landið með tilliti til eldfjallavár var safnað saman upplýsingum um rannsóknir og skýrslur á sviði landgræðslu, skógræktar og landbúnaðar í tengslum við eldgos. Stefnt var á að taka saman þá þekkingu sem er til staðar og meta hvar þarf helst að fylla inní. Verkefnið er unnið af Landgræðslu ríkisins í samstarfi við Veðurstofu Íslands, Háskóla Íslands, Landbúnaðarháskóla Íslands, Skógrækt ríkisins og fleiri aðila. Samantektin verður aðgengileg á heimasíðum þessara aðila.

VISTFRÆÐIRANNSÓKNIR

KORTLAGNING Á ÚTHAGA OG RANNSÓKNIR Á ÁSTANDI HANS

<i>Hófst</i>	<i>Viðvarandi</i>
<i>Lok</i>	<i>Lok verkefnis</i>
<i>Styrktaraðili</i>	<i>Ýmsir.</i>
<i>Stofnun</i>	<i>Landbúnaðarháskóli Íslands, Landgræðsla ríkisins, Náttúrufræðistofnun o.fl.</i>
<i>Umsjón</i>	<i>Ingví Þorsteinsson, Ólafur Arnalds, Borgþór Magnússon, Guðmundur Guðjónsson, Jóhann Þórsson o.fl.</i>

LÝSING VERKEFNIS

Gróðurkortagerð Rala náði að kortleggja gróður á veflestum afréttum landsins. Verkefnið var síðan flutt til Náttúrufræðistofnunar, sem hýsir gögnin og á þau með Landbúnaðarháskóla Íslands. Þau gefa ómetanlegar upplýsingar um ástand gróðurs og samsetningu við kortlagningu (meginátak frá 1970-1980 gróflega). Síðan voru þróaðar aðferðir til að ástandsmeta afrétti út frá upplýsingum gróðurkorta að viðbættum upplýsingum um jarðvegsrof.

Kortlagning á jarðvegsrofi sýndi síðan ástand jarðvegsauðlinda og niðurstöðurnar voru notaðar til að flokka land allra hreppa landsins og afrétti þeirra eftir ástandi þeirra með tilliti til jarðvegsrofs.

Nytjalandsverkefnið studdist við einfaldari flokkun en náði til meira lands í betri upplausn, en það nær þó ekki heldur til landsins alls. Nytjalandsgögn eru sömuleiðis undirstaða fyrir CORINE verkefni LMÍ.

Jafnframt hafa farið fram nokkrar rannsóknir til að meta ástand lands sem hafa birst í skýrsluformi, m.a. á Blöndusvæðinu, en síðasta slíka rannsóknin fór fram á Almenninum norðan Þórsmerkur við rætur Eyjafjallajökuls, m.a. til að meta áhrif gossins á gróður á Almenninum.

BIRTINGAR

Gróðurkort Rala / N.Í. Flest í 1:40 000. Til fyrir marga afrétti á eldfjallasvæðum.

Jarðvegsrof á Íslandi. Gagnagrunnur. 1:100 000. Lbhí.

Nytjaland. Landupplýsingar í 1:10 000 – 1:20 000. Til fyrir stærstan hluta landsins (sjá [www.lbhi – vefsja](http://www.lbhi-vefsja.is)).

Lbhí – Jarðvegskort af landinu (1:250 000, stafrænt). Sjá [www.lbhi – vefsja](http://www.lbhi-vefsja.is).

Ingvi Þorsteinsson. (1980). Gróðurkortagerð og rannsóknir á beitolöndum. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir* 12 (2).

Thorsteinsson, I., Olafsson, G., and Dyne, G. M. (1971). Range Resources of Iceland. *Journal of Range Management* 24, 86-93.

Ingvi Þorsteinsson, Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir. 1984. Rannsóknir á ástandi og beitarpoli gróðurlenda á Auðkúlu- og Eyvindarstaðaheiði. RALA, Reykjavík. 40 bls.

Ólafur Arnalds, Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemsson, Ásgeir Jónsson, Einar Grétarsson og Arnór Árnason. 1997. Jarðvegsrof á Íslandi. Landgræðsla ríkisins og Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Reykjavík, 157 bls. Á ensku 2001.

Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir. 2011. Almenningar. Ástand jarðvegs og gróðurs. Landbúnaðarháskóli Íslands, Reykjavík. Rannsókn og greinargerð unnin fyrir Umhverfisráðuneytið og Landgræðslu ríkisins.

EYJAFJALLAGOS, ÁHRIF Á GRÓÐUR OG VISTKERFI

Hófst	2010
Lok	Langtímaverkefni
Styrktaraðili	Orkusjóður Landsvirkjunar, samstarfsstofnanir
Stofnun	Lr, Lbhí
Umsjón	Jóhann Þórsson/Anna María Ágústsdóttir

LÝSING VERKEFNIS

Að mæla öskufok til að sjá magn þess, við hvaða aðstæður það verður og hvernig eðli þess er með tilliti til tíma frá goslokum.

Að fylgjast með áhrifum gjósku frá Eyjafjallajökulsgosinu 2010 á gróður og land.

Vorið 2010 voru sett upp sjálfvirk mælitæki á Skógaheiði og víðar til að mæla öskufok. Einnig voru lagðir út fastir mælireitir til að mæla öskuþykkt og fylgjast með áhrifum gjósku á gróður.

Svipaðar mælingar voru gerðar í Fljótshlíð og í Þórsmörk. Einnig voru lagðir út tilraunareitir í Gunnarsholti þar sem metin eru áhrif öskubykktar á gróður.

BIRTINGAR:

Arnalds, Ó., E. F. Þórarinsdóttir, J. Þórsson, and A. M. Ágústsdóttir. 2011. Hvað varð um öskuna frá Eyjafjallajökli? (erindi). Pages 43-49 in Á. Kristinsdóttir, editor. Fræðaging landbúnaðarins. Bændasamtök Íslands, Landbúnaðarháskóli Íslands, Landgræðsla ríkisins, Skógrækt ríkisins, Hólaskóli, Veiðimálastofnun, Matvælastofnun, Hagbjónusta landbúnaðarins og Matís, Reykjavík

Arnalds, Ó., E. F. Thorarinsdottir, J. Thorsson, P. Dagsson Waldhauserova, and A. M. Ágústsdóttir (2013), An extreme wind erosion event of the fresh Eyjafjallajökull 2010 volcanic ash, Scientific Reports, 3, 1257, doi:DOI: 10.1038/srep01257.

ÁHRIF ELDGOSS Í EYJAFJALLAJÖKLI Á FERSKVATNSFISKA

<i>Hófst</i>	2010
<i>Lok</i>	2011
<i>Styrktaraðili</i>	
<i>Stofnun</i>	Veiðimálastofnun
<i>Umsjón</i>	Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson

LÝSING VERKEFNIS

Fylgst var með áhrifum eldgossins í Eyjafjallajökli á seiðaafkomu og fisk í ám nærri eldstöðinni. Eðjuflóð í upphafi eldgoss ollu fiskidauða en höfðu minni áhrif á afkomu seiða. Grefstur búsvæða sökum aukins aurframbúðar olli seiðadauða í flestum ám á áhrifasvæðinu. Aukinn aur hafði einnig áhrif á gengd fisks uppí ár úr sjó og olli það veiðitapi í ám.

SKÓGVATN – ÁHRIF SKÓGRÆKTAR OG LANDGRÆÐSLU Á VATNSGÆÐI, VATNSHAGI OG LÍFRÍKI

<i>Hófst</i>	2007
<i>Lok</i>	2009
<i>Styrktaraðili</i>	Umhverfis og Orkusjóður OR, Þáttökustofnanir
<i>Stofnun</i>	Lbhí, Veiðimálastofnun, HÍ, MATÍS, Hekluskógar
<i>Umsjón</i>	Bjarni Diðrik Sigurðsson/Guðmundur Halldórsson

LÝSING VERKEFNIS

- Að mæla áhrif landgræðslu og skógræktar á vistkerfi straumvatna.
- Valdir lækir sem renna í gegn um; a) óuppgrætt land, b) land vaxið birkiskógi og c) land sem er vaxið barrskógi

Uppskera mæld, ákoma og niðurbrot lífrænna efna í vatni, smádýr í vatni, fiskistofnar, magainnihald fiska, efnasamsetning vatns, vatnsjöfnuður. o.fl.

BIRTINGAR

Raftoyannis, Y., M. Bredemeier, R. Buozyte, N. Lamersdorf, A. Mavrogiakoumos, E. Oddsdóttir, I. Velichkov, 2011. Afforestation strategies with respect to forest-water interactions. In: Forest management and the water cycle. An ecosystem-based approach (Eds. M. Bredemeier et al.). Springer, Heidelberg, London, New York, pp 225-246.

Gundersen P, Laurén A, Finér L, Ring E, Koivusalo H, Sætersdal M, Weslien J-O, Sigurdsson BD, Högbom L, Laine J, Hansen K., 2010. Environmental Services Provided from Riparian Forests in the Nordic Countries. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 39(8), 555-566.

Bjarni Diðrik Sigurðsson, 2010. Áhrif gróðurs á vatnasviðum á efnasamsetningu straumvatns og aðra eðlisþætti: fyrstu niðurstöður SkógVatns. *Fræðaping landbúnaðarins*, 7, 176-181

Gintaré Medelyte, 2010. Influences of forests on invertebrate communities in Icelandic streams. MS – thesis. University of Iceland, pp. 126.

Helena Marta Stefánsdóttir, 2010. Transport and decomposition of allochthonous litter in Icelandic headwater streams: Effects of forest cover. MS – thesis. Agricultural University of Iceland, pp. 106.

Gintare Medelyte, Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson. 2010. Effects of afforestation on stream ecosystem structure. *Rit Fræðapings landbúnaðarins* 7, 192-193

Helena Marta Stefánsdóttir, Bjarni D. Sigurðsson, Brynhildur Bjarnadóttir, Edda S. Oddsdóttir, Jón S. Ólafsson 2010. Áhrif gróðurs á vatnasviðum á magn lífræns efnis sem berst út í læk. *Fræðaping landbúnaðarins*, 7, 182-191.

Jan Weslien, Leena Finér, Jon A. Jonsson, Harri Koivusalo, Ari Laurén, Thomas Ranius, Bjarni D. Sigurdsson, 2009. Effects of increased forest productivity and warmer climates on carbon sequestration, runoff water quality and accumulation of dead wood in a Boreal landscape: a modeling study. *Scandinavian Journal of Forest Research* 24: 333-347.

Helena Marta Stefánsdóttir, Karólína Einarsdóttir, Berglind Orradóttir, Brynhildur Bjarnadóttir, Edda S. Oddsdóttir, Franklín Georgsson, Freysteinn Sigurðsson, Gintare Medelyte, Gísli Már Gíslason, Guðmundur Halldórsson, Hlynur Óskarsson, Hreinn Óskarsson, Jón S. Ólafsson, Julia Broska, Nikolai Friberg, Sigurður Guðjónsson, and Bjarni Diðrik Sigurðsson. 2008. SkógVatn - Kynning á rannsóknarverkefni um áhrif skógræktar og landgræðslu á vatnavistkerfi. *Rit Fræðapings landbúnaðarins* 5: 515-519.

UM GRÓÐUR OG ELDGOSAVÁ, ÁHRIF ÖSKU Á GRÓÐUR OG GILDI FORVARNA

Hófst	2000
Lok	Í gangi
Stofnun	Landgræðsla ríkisins
Umsjón	Anna María Ágústsdóttir

LÝSING VERKEFNIS

Ýmislegt um hættumat, gildi forvarna og mótun mótvægisáðgerða varðandi samspil ösku og gróðurs.

BIRTINGAR

Nancy Marie Brown 2000. "A Force Against Nature." Interview Magnús Jóhannsson og Anna María Ágústsdóttir. *The Penn Stater*, "November/December 2000, Vol. 88, no. 2, 42-47.

Magnús Jóhannsson og Anna María Ágústsdóttir 2004. Landgræðsla í kjölfar náttúruhamfara. Fyrirlestur á ráðstefnunni „Ógnir eldfjallanna“, haldin á vegum Landgræðslu ríkisins, 24. mars 2004 í Hvoli á Hvolsvelli um áhrif eldgosa og jökulhlaupa á gróður og landgæði.

Anna María Ágústsdóttir 2010. Aska og Eyjafjallajökull. Áhrif ösku á gróður. Birt á vef Landgræðslu ríkisins og Almanna- og Landgræðslu ríkisins. http://www.almannavarnir.is/display.asp?cat_id=433 og http://www.land.is/images/stories/PDF_skjol/PDF_2010/Aska_og_Eyjafjallajokull.pdf

Anna María Ágústsdóttir et al. 2011. Natural hazard and disaster risk reduction in Iceland. Regarding volcanic tephra, vegetation and soil conservation Soil Conservation Service of Iceland . Restoring the North – Challenges and opportunities. International Restoration Conference, Iceland, October 20-22, 2011. Book of abstracts. <http://www.reno.is/lislib/getfile.aspx?itemid=5040>

Anna María Ágústsdóttir 2011. Dreifing eldfjallaösku og áhrif hennar á umhverfi og samfélag - Eldgosavá í Rangárþingi. Forvarnir – afleiðingar- framtíðarsýn. Fyrirlestur á ráðstefnu í Gunnarsholti 1. desember 2011.

Anna María Ágústsdóttir 2012. Natural hazard and disaster risk reduction in Iceland. Regarding volcanic tephra, vegetation and soil conservation. The 30th Nordic Geological Winter Meeting in Reykjavík in 2012. Session I: GA 2 - Risk assessment and management of geohazards. http://www.congress.is/reg_logos/NGWM_2012_Abstract_vol.pdf

Anna María Ágústsdóttir 2010. Nýjar eyðimerkur á Íslandi vegna eldgoss í Eyjafjallajökli? Morgunblaðið 16. júní 2010.

Anna María Ágústsdóttir 2010. Vefur Landgræðslu ríkisins. Nýjar eyðimerkur á Íslandi vegna eldgoss í Eyjafjallajökli? Miðvikudagur, 16. júní 2010. <http://www.land.is/>

Anna María Ágústsdóttir 2010. Carbon Neutrality through Sequestration in Iceland. Encyclopedia of Soil Science. Second Edition. Ritstjóri Rattan Lal. Publisher Taylor & Francis. ISBN: 978-0-8493-3830-4 (hardback) 978-0-8493-5051-1 (electronic).

RANNSÓKNIR Á FOKI JARÐVEGSEFNA

Anna María Ágústsdóttir 2010. Agnir í andrúmslofti. Sandfok-Hnatræn áhrif - Loftslag. Fræðabing landbúnaðarins 2010, 266-271.

RANNSÓKNIR Á VIRKNI FOKGIRÐINGA OG STÆRSTI MÆLDI SANDSTORMUR Á ÍSLANDI

<i>Hófst</i>	2003
<i>Lok</i>	2008
<i>Styrktaraðili</i>	<i>Landsvirkjun</i>
<i>Stofnun</i>	<i>Landgræðsla ríkisins</i>
<i>Umsjón</i>	<i>Anna María Ágústsdóttir</i>

LÝSING VERKEFNIS

Rannsóknir sem gerðar voru af Landgræðslu ríkisins fyrir Landsvirkjun með því markmiði að kanna virkni fockgirðinga og meta getu mismunanda tegunda girðinga til að safna í sig áfoksefnum og hefta þannig sandskrið og fok jarðvegsefna.

Rofhætta getur myndast við tilkomu Háslóns sunnan Kárahnjúka vegna virkjunarframkvæmda Landsvirkjunar. Mikil hætta er talin á auknu rofi og áfoki frá jarðvegi á því svæði sem lendir undir breytilegri lónhæð. Gróður á bökkum Háslóns sem lendir undir vatni drepst, og hættir þar með að binda jarðveginn. Jarðvegsefnin skolast ofan í lónið með vatnsrofi eða fjúka upp á nærliggjandi landssvæði. Kanna þarf mögulegar mótvægisáðgerðir gegn rofhættu við lónið, og var þetta verkefni einn þáttur í því starfi. Landgræðsla ríkisins tók saman heimildir og reynslu um notkun fockgirðinga og gerði tilraunir með virkni nokkurra mismunandi tegunda fockgirðinga til að hefta sandskrið og rannsakaði fok jarðvegsefna með beinum tilraunum. Fyrri hluti verkefnisins fór á Landeyjasandi, sem er mjög virkt sandfokssvæði á Suðurlandi, og mældist þá m.a. einn stærsti sandfoksstormur sem mældur hefur verið á Íslandi. Síðari hluti rannsóknar fór síðan fram á bökkum Háslóns.

BIRTINGAR:

Anna María Ágústsdóttir, 2007. Háslón. Rannsóknir á virkni fockgirðinga. Lokaskýrsla til Landsvirkjunar. (In Icelandic) (Research on the effects of wind barriers- Fences for wind erosion control at Háslón, the water storage reservoir for the Kárahnjúkar Hydropower Project, in Eastern Iceland. Final Report), 63 bls., Landsvirkjun, LV-2007/111, Reykjavík.

Anna María Ágústsdóttir, 2005. Rannsóknir á virkni fockgirðinga. - Áfangaskýrsla til Landsvirkjunar, 56 bls. Landsvirkjun LV-2005/005, Reykjavík.

JARÐVEGSROF, SETFLUTNINGUR OG VISTHEIMT

RANNSÓKNIR Á SANDFOKI

<i>Hófst</i>	1994
<i>Lok</i>	<i>Viðvarandi verkefni; samanstendur af mörgum undirverkefnum</i>
<i>Styrktaraðili</i>	<i>Ýmsir í gegnum tíðina: Rannsóknasjóður, Tækjasjóður, Landsvirkjun, o.fl.</i>
<i>Stofnun</i>	<i>Landbúnaðarháskóli Íslands; samvinna við Landgræðslu ríkisins um flest verkefnanna.</i>
<i>Umsjón</i>	<i>Ólafur Arnalds</i>

LÝSING VERKEFNIS

Verkefnið samanstendur af mörgum undirverkefnum, svo sem mælingum á jörðu niðri, fjarkönnun og notkun MODIS mynda, flokkun og kortlagningu á sendnum svæðum, rannsóknum áhrif áfoks á gróður, efna- og eðliseiginleikar jarðvegs á auðnum o.fl.

Verkefnið fól í upphafi í sér flokkun á jarðvegsrofi og sandyfirborði á Íslandi (gerð og hættu á foki). Kortlagning á jarðvegsrofi gaf ítarlegan gagnagrunn um auðnir og sendin svæði á landinu. Síðan hafa farið víðtækar mælingar á magni foks á hinum ýmsu gerðum yfirborða og tengsl við vindhraða og fleiri umhverfisþætti, en í ljós kemur að sandfok mælist hér meira en annars staðar almennt. Rannsóknirnar ná til flestra landshluta og eru enn í gangi. Aðferðafræðin var einnig notuð til mælinga á foki á öskunni sem féll í Eyjafjallagösinu (Lr og Lbhí).

Helstu uppfokssvæði (strókasvæði/ plume areas) hafa verið ákvörðuð og í ljós kemur að uppfok / áfok á Íslandi er meðal þess mesta sem þekkt á jörðinni. Unnið er að frekari rannsóknum á eðli uppfokssvæða og rykframléiðslu á landinu (m.a. doktorsverkefni með VÍ/HÍ).

Rannsóknirnar tengjast síða öðrum rannsóknum á áhrifum foks á vistkerfi, einkum jarðveg, en áfok er önnur meginstoðin undir flokkun jarðvegsins á Íslandi. Rannsóknir á áhrif áfoks á gróður sýnir lítið þol sem er háð styrkleika gróðurhulu.

Þá hafa ýmis önnur einkenni umhverfis sandsvæða (jarðvegur, vatnsheldni, næring, ísig o.fl.) verið rannsökuð, en þessir þættir hafa mikil áhrif á fok, vatnsbúskap o.fl.

BIRTINGAR

Bækur, tímaritsgreinar og bókarkaflar

Ólafur Arnalds, Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemsson, Ásgeir Jónsson, Einar Grétarsson og Arnór Árnason. 1997. Jarðvegsrof á Íslandi. Landgræðsla ríkisins og Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Reykjavík, 157 bls. Á ensku 2001.

Ólafur Arnalds, Ása L. Aradóttir og Kristín Svavarsdóttir. 2010. Gróðurrannsóknir vegna hættu á áfoki frá Háslóni. Rit Lbhí nr. 27, 113 bls.

Elin Fjola Thorarinsdóttir og Ólafur Arnalds. 2012. Wind erosion of volcanic materials in the Hekla area, South Iceland. *Aeolian Research* 4:39-50.

Ólafur Arnalds, Fanney Osk Gísladóttir and Berglind Orradóttir. 2012. Determination of aeolian transport rates of volcanic soils in Iceland. *Geomorphology*, Accepted, in press.
DOI:10.1016/j.geomorph.2011.10.039.

N.Mangold, D. Baratoux, O.Arnalds, J.-M. Bardintzeff, B. Platevoet, M. Grégoire, and P. Pinet. 2011. Segregation of olivine grains in volcanic sands in Iceland and implications for Mars. *Earth and Planetary Science Letters* 310 (3-4): 233-243.

D.Baratoux, N. Mangold, O. Arnalds, J.-M. Bardintzeff, B. Platevoet, M. Grégoire, and P. Pinet. 2011. Volcanic sands of Iceland – Diverse origins of aeolian sand deposits revealed at Dyngjusandur and Lambahraun. *Earth Surface Process and Landforms*, DOI:10.1002/esp.2201.

Ása L. Aradóttir, Ólafur Arnalds og Harpa K. Einarsdóttir. 2010. Áfokstílaunir. Í: Ólafur Arnalds, Ása L. Aradóttir og Kristín Svavarsdóttir 2010 (ritstj.): Gróðurannsóknir vegna hættu á áfoki frá Háslóni. Rit Lbhí nr. 27. bls. 89-110.

Ólafur Arnalds. 2010. Dust sources and deposition of aeolian materials in Iceland. *Icelandic Agricultural Sciences* 23:3-21.

Ólafur Arnalds and Hlynur Óskarsson. 2009. Íslenskt jarðvegskort (Soil map of Iceland). *Náttúrufræðingurinn* 78:107-121. English summary.

Berglind Orradóttir, S.R. Archer, Ólafur Arnalds, L.P. Wilding and T.L. Thurow. 2008. Infiltration in Icelandic Andisols: The role of vegetation and soil frost. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 40:412-421.

Fanney Osk Gísladóttir, Ólafur Arnalds and Guðrún Gísladóttir. 2005. The effect of landscape and retreating glaciers on wind erosion in South Iceland. *Land Degradation & Development* 16:177-187. 2004.

Ólafur Arnalds og Sigmar Metúsalemsson. Sandfok á Suðurlandi 5. október 2004. *Náttúrufræðingurinn* 72:90-92.

Ólafur Arnalds and John Kimble. 2001. Andisols of Deserts in Iceland. *Soil Science Society of America Journal* 65:1778-1786.

Ólafur Arnalds, Fanney Ó. Gísladóttir og Hjalti Sigurjónsson. 2001. Sandy Deserts of Iceland. An overview. *Journal of Arid Environments* 47:359-371.

Skýrslur

Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir. 2011. Almenningar. Ástand jarðvegs og gróðurs. Landbúnaðarháskóli Íslands, Reykjavík. Rannsókn og greinargerð unnin fyrir Umhverfisstofnun og Landgræðslu ríkisins.

Ólafur Arnalds og Fanney Ósk Gísladóttir. 2009. Mælingar á vindrofi á Hólsfjöllum. Rit Lbhí nr. 25. 43 bls.

Ólafur Arnalds and Fanney Gísladóttir. 2001. Háslón. Jarðvegur og jarðvegsrof. The Halslón-reservoir. Soils and soil erosion. Rala, 66 pages.

Hjalti Sigurjónsson, Fanney Gísladóttir and Ólafur Arnalds. 1999. Measurement of eolian processes on sandy surfaces in Iceland. Rala Report no. 201. Agricultural Research Institute. 27 p.

Greinar í ráðstefnubókum o.fl.

Ólafur Arnalds, Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Jóhann Þórsson og Anna María Ágústsdóttir. 2011. Hvað varð um öskuna frá Eyjafjallajökli? Fræðingur landbúnaðarins 8:43-49.

Olafur Arnalds. 2011. Dust plume sources in Iceland. Proceedings of CRAICC Annual Meeting 2011, Report Series in Aerosol Science 128:25-28.

Pavla Dagsson-Walderhauserova, Olafur Arnalds, Jóhann Þórsson og Elín Fjóra Þórarinsdóttir. 2011. The in-situ observations of particle transport processes near Eyjafjallajökull volcano after the 2010 eruption. Proceedings of CRAICC Annual Meeting 2011. Report Series in Aerosol Science 128:47-50.

Ólafur Arnalds. 2011. Áfok og rykmengun á Íslandi: helstu uppsprettur, magn og áhrif. Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands – Ágrip erinda og veggspjalda, Öskju 15. apríl 2011. Jarðfræðafélagið. Bls.50-51.

Ólafur Arnalds. 2010. Íslensk sandfokssvæði og áfok. Fræðaging landbúnaðarins 2010:272-278.

MS ritgerðir

Elín Fjóra Þórarinsdóttir. 2011. Landscape scale measurements of wind erosion of volcanic materials in the Hekla area. MS ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Umhverfiseild.

Hjalti Sigurjónsson. 2002. Development of a modeling system for the calculation of wind erosion, and its employment on Icelandic soils. MS ritgerð, Háskóli Íslands, raunvísindadeild.

Faney Ósk Gísladóttir. 2000. Umhverfisbreytingar og vindrof sunnan langjökuls. MS ritgerð, Háskóli Íslands, Raunvísindadeild.

LANDGRÆÐSLA OG VISTHEIMT Á ELDVIRKUM SVÆÐUM

<i>Hófst</i>	<i>Viðvarandi</i>
<i>Lok</i>	
<i>Styrktaraðili</i>	<i>Landgræðsla ríkisins, Landsvirkjun, Orkuveitan, UOOR, Vegagerðin, Rannsóknasjóður, Tækjasjóður, og ýmsir aðrir</i>
<i>Stofnun</i>	<i>Landbúnaðarháskóli Íslands og Landgræðsla ríkisins o.fl.</i>
<i>Umsjón</i>	<i>Ása L. Aradóttir, Guðmundur Halldórsson o.fl</i>
<i>Birtingar</i>	<i>Sjá lista í bókinni „Vistheimt á Íslandi“ http://pdfvef.odd.is/landgraedslan/vistheimt_a_islandi/</i>

LÝSING VERKEFNIS

Landbúnaðarháskóli Íslands (áður Rala) og Landgræðslan hafa staðið að viðamiklum rannsóknum í uppgræðslu og landgræðslu um langt árabil. Rannsóknirnar hafa m.a. falist í að kanna hvernig stöðva á hraðfara eyðingu og sandfok, en ekki síður rannsóknir á sviði uppgræðslu og vistheimt. Rannsóknirnar byggja m.a. á tilraunareitum víða um landið. Rannsóknirnar taka til einstakra verkefna sem styrkt hafa verið af Landsvirkjun (Blöndusvæðið, Háslón), Rannsóknasjóði (t.d. Landbót, Vistland), UOOR (Kolbjörk), auk margra annarra verkefna.

Niðurstöðunum hefur verið skilað í greinum í ritrýndum tímaritum, námsritgerðum og ýmsum öðrum vettvangi. Hið gríðarlega gagnamagn sem felst í rannsóknum og birtingu á þessu sviði er aðgengilegt í bókinni „Vistheimt á Íslandi“ http://pdfvef.odd.is/landgraedslan/vistheimt_a_islandi/

Rannsóknirnar sýna hve mikið innslag er nauðsynlegt til að loka landinu, þróun gróðurfars, kolefnisuppsöfnun o.fl. Þær sýna einnig nauðsyn gróðurhulu til að minnka fok í kjölfar gjóskufalls.

Rannsóknirnar ná m.a. verkunar fræja, stofnatilrauna, til víðtegunda sérstaklega og umtalsverðar rannsóknir hafa verið gerðar á birki til landgræðslu.

Miklar áherslubreytingar hafa átt sér stað á umliðnum árum í landgræðslu, þar sem stöðvun rofs og framleiðsla fóðurs voru áður helstu áherslur í landgræðslustarfi, en nú miða verkefni, og þar með á sviði rannsókna, einkum að vistheimt og að byggja upp vistkerfi sem hafa þanþol og geta m.a. staðist áföll á borð við eldgos. Vistfræði uppgræddra svæða er afar mikilvægt viðfangsefni á sviði vatnafars, sem einnig hefur hlotið skoðun.

EFNISFLÆÐI MEÐ VINDUM Á HEKLUSLÓÐUM

<i>Hófst</i>	<i>2008</i>
<i>Lok</i>	<i>2010</i>
<i>Styrktaraðili</i>	<i>Orkusjóður Landsvirkjunar, samstarfsstofnanir</i>
<i>Stofnun</i>	<i>Lr, Lbhí</i>
<i>Umsjón</i>	<i>Elín Fjóra Þórarinsdóttir/Ólafur Arnalds</i>

LÝSING VERKEFNIS

Ákvarða magn og eðli sandfoks á Hekluskógasvæðinu og tengja það við aðra þætti í umhverfinu s.s. kornastærð og hrjúfleika yfirborðs. Notaðar voru tvær mæliaðferðir á vettvangi, annars vegar með því að setja upp svokallaðar gripgildirur til að mæla efnismagn og hins vegar með Sensit mælitækjum sem er rafeindabúnaður sem gefur til kynna fok.

BIRTINGAR:

Elín Fjóra Þórarinsdóttir & Ólafur Arnalds, 2009. Vindrof á Hekluskógasvæðinu. Fræðaging landbúnaðarins 6: 528-531.

Elín Fjóra Þórarinsdóttir & Ólafur Arnalds, 2010. Efnisflæði með vindum á Hekluslóðum. Fræðaging landbúnaðarins 7: 279-285.

Elín Fjóra Þórarinsdóttir 2010. Landscape scale measurements of wind erosion of volcanic materials in the Hekla area. MS-thesis, Landbúnaðarháskóli Íslands, pp. 129. 2011/2012.

Elin Fjola Thorarinsdottir & Olafur Arnalds. Wind erosion of volcanic materials in the Hekla area, South Iceland. Aeolian Research, 39-50.

ÁHRIF STÓRRA GJÓSKUGOSA Á JARÐVEGSMYNDUN Í AUSTUR SKAFTAFELLSSÝSLU

Hófst	2008
Lok	Viðvarandi
Styrktaraðili	RANNÍS, Vinir Vatnajökuls
Stofnun	HÍ, LBHÍ
Umsjón	Páll Kolka/Guðrún Gísladóttir

Meta á áhrif stórra gjóskugosa á jarðvegsmyndun í Austur Skaftafellssýslumeð áherslu á Örafajökulsgosið 1362 og Veiðivötn 1477. Notuð verður blanda efnafræðilegra greininga og þunnarneiða til að meta áhrif gosana á steindafylki og efnaferla í jarðvegnum.

LANDBÚNAÐUR OG ÁHRIF Á BÚFÉ

BIRTINGAR:

Guðni Þorvaldsson, Hólmgeir Björnsson, Grétar Hrafn Harðarson og Jónatan Hermannsson, 2011. Áburðargildi ösku úr Eyjafjallajökli og áhrif hennar á gæði fóðurs. Fræðaping landbúnaðarins, 34-42.

Í greininni er sagt frá efnagreiningum á ösku úr Eyjafjallajökli og lítilli tilraun sem gerð var til að meta áburðargildi öskunnar. Samkvæmt efnagreiningum voru 322 kg/ha af auðleystu kalsíum, 21 kg af kalíum, 12 kg af magnesíum og 11 kg af fosfór í hverjum cm af ösku. Næringarefnin virtust skila sér til gróðurs sem ræktaður var í öskunni. Einnig er sagt frá athugun þar sem bygg var ræktað í ösku og eðju eða blöndu af þessum eignum og mold. Það gekk ágætlega nema hvað eðjan óblönduð myndaði harða skel á yfirborðinu sem torvelaði spírun. Þá er sagt frá tilraun þar sem skoðað var hvort aska í heyi hamlaði eðlilegri verkun en ekki komu fram skýrar vísbendingar um það. Þá var lystugleiki öskuheys metinn í átathugun en ekki var með vissu hægt að sjá hvort askan hafði áhrif á lystugleikan. Þurrefnisinnihald heysins hafði meiri áhrif á átið en askan.

FLÚORMENGUN Í GOSUM

Hófst	Í upphafi hvers goss
Lok	Þegar ljóst er að hætta er liðin hjá
Styrktaraðili	
Stofnun	Bændasamtökin, búnaðarsambönd, o.fl.
Umsjón	Rannveig Guicharnaud (síðast)

LÝSING VERKEFNIS

Ljóst er að flúormengun getur valdið miklum skaða í búfénaði. Mikill munur er á milli gosa í flúorinnihaldi, sem einnig tengist kornastærð. Farið er um sveitir og safnað sýnum og þau greind í hverju gosi fyrir sig. Niðurstöður eru fyrst og fremst birtar sem tölur sem sendast á viðkomandi bæi.

BIRTINGAR

Rannveig Anna Guicharnaud, Bergur Sigfússon og Páll Kolka. 2011. Flúorstyrkur og hegðun í jarðvegi undir Eyjafjallajökli. Fræðaging landbúnaðarins 2011:56-61.

FLÚOR Í GRÓÐRI

Guðni Þorvaldsson, Rannveig Guicharnaud og Margrét Ingjaldsdóttir 2011. Flúor í gróðri á öskufallssvæðum sumarið 2010. Fræðaging landbúnaðarins, 346-349.

Í greininni er sagt frá niðurstöðum flúormælinga í gróðri. Strax og gróður kom upp úr öskunni var farið að safna gróðursýnum á nokkrum bæjum. Sýnatökusvæðið stækkaði svo eftir því sem öskufallssvæðið varð stærra. Þann 20. maí voru sýnin á öllum bæjum komin undir viðmiðunarmörk fyrir sauðfé. Í byrjun júní var flúorinn kominn niður fyrir viðmiðunarmörk nautgripa og hrossa á flestum bæjum. Það var þó ekki fyrr en eftir miðjan júlí sem innihald flúors var alls staðar orðið verulega lágt.

FLÚOREITRUN I BÚFÉ

Hófst	1980
Lok	1981
Styrktaraðili	
Stofnun	Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði, Keldum
Umsjón	Guðmundur Georgsson

LÝSING VERKEFNIS

Rakin er saga rannsókna á flúoreitrunum í búfé í kjölfar eldgosa. Flúormagn í grasi fór niður fyrir hættumörk á 4-6 vikum eftir að gosum lauk. Flúrmagnið lækkaði mun hraðar í pollum og rennandi vatni, eða fór undir hættumörk á 2-3 vikum. Fyrir utan nokkur tilfelli bráðaflúoreitrunar í sauðfé á meðan og skömmu eftir gos, þá sýndu krufningar á sláturfé árin á eftir að áhrif flúorsins gætti nær eingöngu hjá fé sem var yngra en 2ja ára þegar gos átti sér stað sem styður að áhrifin séu mest á fé sem er á vaxtarskeiði þegar það verður fyrir menguninni. Sömu sögu var að segja af hrossum, langvarandi áhrif (gaddur og holótt bein) fundust aðeins hjá hrossum sem voru en á vaxtarskeiði meðan á gosi stóð. Engin langvarandi áhrif fundust hjá nautgripum og er það líklega sökum þess að meðan á gosi stóð þá voru þær inni og á fóðrum þar til flúormagn í gróðri var komið niður fyrir hættumörk.

AÐSTOÐ BÚNAÐARSAMBANDS SUÐURLANDS TIL BÆNDA VEGNA ELDGOSSINS Í EYJAFJALLAJÖKLI

<i>Hófst</i>	<i>2010</i>
<i>Lok</i>	<i>2011</i>
<i>Styrktaraðili</i>	
<i>Stofnun</i>	<i>Búnaðarsamband Suðurlands</i>
<i>Umsjón</i>	<i>Sveinn Sigurmundsson</i>
<i>Birtingar</i>	<i>Áhrif Búnaðarsambands Suðurlands við búfjárflutninga og tjónmat vegna eldgossins í Eyjafjallajökli. 2011. Fræðaðing landbúnaðarins 8.</i>

LÝSING VERKEFNIS

Rakin er framvinda búfjárflutninga af svæðinu undir Eyjafjallajökli sem verst varð úti sökum öskufalls auk aðstoða við hefynga. Tjónamat sökum beinna afleiðinga gossins er lögð fram með tölum frá Bjargráðasjóði. Vinna ráðunauta Búnaðarsambandsins er talin upp en framlag þeirra voru 2700 tímar árið 2010.

