



Samantekt og kortlagning á stöðu landgræðslu, skógræktar og gróðurs á Þjórsár- og Tungnaáarsvæðinu

**Olga Kolbrún Vilmundardóttir,
Járngerður Grétarsdóttir og Sigmar Metúsalemsson**

Unnið fyrir Landsvirkjun (LV-2019-047)



**Samantekt og kortlagning á stöðu landgræðslu,
skógræktar og gróðurs á Þjórsár- og Tungnaársvæðinu**

**Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Járngerður Grétarsdóttir
og Sigmar Metúsalemsson**

Unnið fyrir Landsvirkjun (LV-2019-047)

NÍ-19012 Garðabær, desember 2019



NÁTTÚRUFRAÐISTOFNUN ÍSLANDS

Mynd á kápu: Birki og loðvíðir í mosaskán sem hefur myndast í uppgræðslum á vikurbreiðum úr Heklu. Ljós. Olga K. Vilmundardóttir.

ISSN 1670-0120

	Urriðaholtsstræti 6-8 Sími 590 0500 http://www.ni.is	212 Garðabæ Fax 590 0595 ni@ni.is	Borgum við Norðurslóð Sími 460 0500 http://www.ni.is	602 Akureyri Fax 460 0501 nia@ni.is
Skýrsla nr. NÍ-19012	Dags, Mán, Ár Desember 2019		Dreifing Opin	
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill Samantekt og kortlagning á stöðu landgræðslu, skógræktar og gróðurs á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu			Upplag 12	
			Fjöldi síðna 71	
			Kort / Mælikvarði	
Höfundar Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Járngerður Grétarsdóttir og Sigmar Metúsalemsson			Verknúmer 12444 Málsnúmer 2017100014	
Unnið fyrir Landsvirkjun (LV-2019-047)				
Útdráttur Í verkinu er gerð grein fyrir landgræðslu- og skógræktaraðgerðum Landsvirkjunar á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu og metnar breytingar á gróðri frá upphafi aðgerða árið 1968 til 2018. Spannar það 50 ára tímabil. Markmið verkefnisins er jafnframt að meta árangur aðgerða Landsvirkjunar í landgræðslu og skógrækt. Athugunarsvæðið afmarkast af vatnasviði Þjórsár og Tungnaár á miðhálandinu. Á láglendi var dregin afmörkun um aðgerðasvæði Landsvirkjunar í landgræðslu og skógrækt og til þess vísað sem áherslusvæði. Þrenns konar gögn voru greind til að kanna þróun gróðurs: 1) Ritaðar heimildir um aðgerðir í landgræðslu og skógrækt, 2) vistgerðakort og 3) gervitunglamyndir. Úr rituðum heimildum voru teknar saman upplýsingar um aðgerðasvæði, ástand þeirra við upphaf aðgerða, markmið, aðferðir og árangur. Gerð er grein fyrir samsetningu vistgerða á öllu athugunarsvæðinu með vistgerðakorti Náttúrufræðistofnunar Íslands, útg. 2018. Til að kanna breytingar á samsetningu vistgerða innan áherslusvæðisins fyrir tímabilið 1967–2018 var gróðurkortum Rannsóknastofnunar landbúnaðarins umbreytt í vistgerðakort og þau borin saman við vistgerðakort Náttúrufræðistofnunar Íslands. Leitnigreining var gerð á NDVI-gildum Landsat-mynda fyrir tímabilið 1986–2017. Í upphafi voru landgræðsluaðgerðir Landsvirkjunar í formi grassáninga og áburðargjafar en í seinni tíð hefur einkum verið beitt áburðargjöf og kjötmjölsdreifingu. Skógrækt hófst árið 1991 og hefur að mestu verið bundin við Búrfell og svæði innan Hekluskógaverkefnisins. Helstu aðgerðasvæði voru Þjórsárdalur og Búrfell, Hafíð, Sporðöldulón, Hrauneyjar, Sigalda, Árskógar, Landskógar í Merkurhrauni og Skarðsland. Alls teljast landgræðslu- og skógræktarsvæði Landsvirkjunar þekja 3645 ha eða 36,5 km ² . Þar af hefur skógrækt verið unnin á 986 ha eða 9,9 km ² . Niðurstöður leitnigreiningar benda til þess að að almennt sé náttúrulega gróið land á athugunarsvæðinu í framför yfir tímabilið 1986–2017. Hins vegar er lítil aukning í grósku á auðnum þar sem engar aðgerðir hafa átt sér stað. Þetta á við bæði á hálandum og láglendum svæðum. Samanburður vistgerðakorta á áherslusvæðinu bendir til þess að þekja vel gróinna vistgerða hafi aukist um 10 prósentustig frá 1967 til 2018. Tengist aukningin fyrst og fremst landgræðslu og skógræktaraðgerðum sem endurspeglast í auknu skóglendi, graslendi, melhólum og lúpínu. Á tímabilinu hefur gróska aukist mest á aðgerðasvæðum í landgræðslu og skógrækt (0,005 NDVI-gildi ár ⁻¹), minna á áherslusvæðinu (0,003 NDVI-gildi ár ⁻¹) en hægust er aukningin á hálandinu (0,001 NDVI-gildi ár ⁻¹). Niðurstöður verkefnisins benda til að með aðgerðum í landgræðslu og skógrækt þokist gróðurfar svæðanna nær settum markmiðum. Aukin gróðurþekja, gróska og gróðurhæð á landgræðslu- og skógræktarsvæðum leiðir af sér aukið þanþol vistkerfa gegn áföllum á borð við áfok eða gjóskufall, sem og búfjárbætur. Með því fylgja aðrir kostir eins og temprun vindhraða og hitasveiflna á yfirborði, bættur vatnsbúskapur, minna rof vatns og vinda, aukið jarðvegslíf og næringarefnabúskapur í jarðvegi að ótaldri kolefnisbindingu bæði í lífmassa plantna og jarðvegi.				
Lykilorð Landgræðsla, skógrækt, uppgræðslur, Þjórsá, Tungnaá, Landsat, gervitunglamynd, NDVI, gróðurstuðull, vistgerðakort, vistgerðir, gróðurbreytingar, leitnigreining, gróska, sáningar, Þjórsárdalur, Búrfell			Yfirfarið María Harðardóttir	

EFNISYFIRLIT

ÁGRIP	7
1 INNGANGUR	9
2 ATHUGUNARSVÆÐIÐ	9
2.1 Afmörkun	9
2.2 Svæðislýsing	10
2.2.1 Veðurfar	11
2.2.2 Gróðurfar	12
2.2.3 Landnotkun	13
3 AÐFERÐIR OG ÚRVINNSLA	14
3.1 Samantekt aðgerða úr rituðum heimildum	15
3.2 Landupplýsingagögn frá umsjónaraðilum aðgerða	15
3.3 Gróður- og vistgerðakort	16
3.4 Gervitunglamyndir og gróðurstuðull	17
4 LANDGRÆÐSLU- OG SKÓGRÆKTARAÐGERÐIR SAMKVÆMT BIRTUM HEIMILDUM	19
4.1 Landgræðsla með grassáningum og áburðargjöf, eða eingöngu áburðargjöf	19
4.1.1 Upphafsástand svæða og markmið aðgerða	20
4.1.2 Aðgerðir	21
4.1.3 Rannsóknir og mat á ástandi og þróun landgræðslusvæða	24
4.2 Skógrækt	26
4.2.1 Upphafsástand svæða og markmið aðgerða	27
4.2.2 Aðgerðir	27
4.2.3 Rannsóknir og mat á ástandi og þróun skógræktarsvæða	29
4.3 Hekluskógaverkefnið – landgræðsla og birkiskógrækt	30
4.3.1 Upphafsástand svæða og markmið aðgerða	30
4.3.2 Aðgerðir	30
4.3.3 Rannsóknir og mat á ástandi og þróun uppgræðslu- og skógræktarsvæða	31
4.4 Sáningar og útplöntun á alaskalúpínu	32
4.5 Samantekt úr heimildum um landgræðslu- og skógræktaraðgerðir	34
5 STAÐA OG ÞRÓUN GRÓÐURS Á ATHUGUNARSVÆÐINU	36
5.1 Stærð og dreifing landgræðslu- og skógræktarsvæða	36
5.2 Vistgerðir	41
5.2.1 Athugunarsvæði ofan áherslusvæðis	41
5.2.2 Áherslusvæði	41
5.2.3 Aðgerðasvæði	41
5.3 Gróður út frá gervitunglamyndum	47
5.3.1 Athugunarsvæði ofan áherslusvæðis	47
5.3.2 Áherslusvæði	47
5.3.3 Aðgerðasvæði	47

6 UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR	51
6.1 Gróðurfar og rof á athugunarsvæðinu	51
6.1.1 Gróðurbreytingar frá sjöunda áratug síðustu aldar til 2018	51
6.1.2 Um orsakir gróðurbreytinga	53
6.2 Árangur á landgræðslu- og skógræktarsvæðum	54
6.3 Vistfræðilegur ávinningur landgræðslu- og skógræktaraðgerða	56
6.3.1 Um val plöntutegunda og landsvæða í landgræðslu og skógrækt	57
7 SAMANTEKT OG ÁBENDINGAR	59
8 ÞAKKARORÐ	60
9 HEIMILDASKRÁ	61
10 VIÐAUKI	70
1. viðauki. Flatarmál vistgerða á athugunarsvæðinu	70

ÁGRIP

Í verkinu er gerð grein fyrir landgræðslu- og skógræktaraðgerðum Landsvirkjunar á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu og metnar breytingar á gróðri frá upphafi aðgerða, sem hófust árið 1968, til 2018. Spannar það um 50 ára tímabil. Markmið verkefnisins var jafnframt að meta ávinning aðgerða Landsvirkjunar í landgræðslu og skógrækt.

Athugunarsvæðið afmarkast af vatnasviði Þjórsár og Tungnaár á miðhálandinu. Á láglandi var dregin afmörkun um aðgerðasvæði Landsvirkjunar í landgræðslu og skógrækt og er vísað til þess sem áherslusvæði.

Þrenns konar gögn voru greind til að kanna þróun gróðurs:

1. Ritaðar heimildir um aðgerðir í landgræðslu og skógrækt. Gögnin spanna tímabilið frá fyrstu aðgerðum árið 1968 fram til 2018. Teknar voru saman upplýsingar sem greina frá aðgerðasvæðum og ástandi þeirra við upphaf aðgerða, markmiðum, aðferðum og árangri.
2. Vistgerðakort. Gerð er grein fyrir samsetningu vistgerða á öllu athugunarsvæðinu með vistgerðakorti Náttúrufræðistofnunar Íslands sem gefið var út árið 2018. Til að kanna breytingar á samsetningu vistgerða innan áherslusvæðisins fyrir tímabilið 1967–2018 var gróðurkortum Rannsóknastofnunar landbúnaðarins, sem gefin voru út á tímabilinu 1967–1982, umbreytt í vistgerðakort og þau borin saman við vistgerðakort Náttúrufræðistofnunar Íslands.
3. Gervitunglamyndir. Leitnigreining var gerð á NDVI-gildum fyrir tímabilið 1986–2017 með Landsat 5, 7 og 8 gervitunglamyndum. Auk þess var mynd úr Landsat 1 tunglinu frá 1973 notuð við sjónræna greiningu.

Afmörkun aðgerðasvæða Landsvirkjunar í landgræðslu og skógrækt fékkst í formi landupplýsingagagna frá Landgræðslunni, Skógræktinni, Hekluskógum og Skógræktarfélagi Íslands. Alls ná landgræðslu- og skógræktarsvæðin yfir um 3.645 ha eða 36,5 km². Þar af hefur verið unnið að skógrækt á 986 ha eða 9,9 km².

Uppgræðsluaðgerðir Landsvirkjunar hófust árið 1968 og voru fyrst í formi grassáninga og áburðargjafar. Í seinni tíð hefur einkum verið beitt áburðargjöf við uppgræðslur og hefur áburðarmagn minnkað með tíma. Skógrækt hófst árið 1991 og hefur að mestu verið bundin við nágrenni Búrfells auk svæða innan Hekluskóga. Uppgræðsla á landi með áburði, kjötmjöli (seinleystur áburður) eða grasfræi og áburði hefur aukist í seinni tíð sem undanfari skógræktar þar sem í langflestum tilfellum er gróðursett birki. Helstu aðgerðasvæði hafa verið Þjórsárdalur og Búrfell, Hafíð, Sporðöldulón, Hrauneyjar, Sigalda, Árskógar, Landskógar í Merkurhrauni og Skarðsland.

Markmið uppgræðslu- og skógræktaraðgerða Landsvirkjunar hafa verið margvísleg í gegnum tíðina. Markmið uppgræðslna var að hefta sandfok og bæta þannig umhverfi starfsfólks virkjana, auka beitarmöguleika og létta þannig á afréttum, og ekki síst að uppfylla skilyrði um mótvægisáðgerðir um nýja gróðurþekju í stað þeirrar sem færi undir vatn. Markmið með skógrækt hafa verið að sameina aðgerðir uppgræðslu og skógræktar til að klæða rýr og illa gróin svæði skógi, að endurheimta birkiskóga og víðikjarr í nágrenni Heklu og minnka líkur á vikurfoki í kjölfar gjóskugosa úr eldfjallinu. Nú leggur Landsvirkjun almennt áherslu á að tryggja sjálfbær vistkerfi, örva náttúrulega ferla og endurheimta eins og kostur er líffræðilega fjölbreytni.

Bæði leitnigreining og breytingar á samsetningu vistgerða á aðgerðasvæðum landgræðslu- og skógræktar sýna fram á aukna gróðurþekju og grósku á svæðunum. Þá er aukningin meiri en gerist í náttúrulegu grónu landi og langt umfram það sem á sér stað á auðnum utan landgræðslusvæða sem virðast standa í stað eða vera með mjög hæggar breytingar.

Heildarathugunarsvæðið nær yfir vatnasvið Þjórsár og Tungnaár, frá um 100–200 m h.y.s. í Þjórsárdal upp á víðáttumiklar auðnir á miðhálandi landsins. Á meirihluta svæðisins (76%) eru vistgerðir sem einkennast af lítilli gróðurþekju, einkum melavistgerðir, sanda- og vikravist og eyðihraunavist, en vel gróið land nær aðeins til um 18% svæðisins.

Ef lítið er til áherslusvæðisins voru 69% lítið gróið land og 28% vel gróin á sjöunda áratug síðustu aldar. Samanborið við vistgerðakort árið 2018 má áætla að hlutdeild vel gróinna vistgerða hafi aukist um 10 prósentustig yfir tímabilið. Teljast 38% svæðisins nú vera vel gróið land og 55% eru lítið gróin. Moslendis- og mólendisvistgerðir þekja um 10% hvorar fyrir sig. Þá telst stærð birkiskógavistgerða nú vera 1012 ha sem jafngildir 1,4% svæðisins. Skógrækt er á 1733 ha eða 2,4% svæðisins. Lúpína þekur 2.350 ha sem er rúmlega 3% svæðisins. Eyðimelavist, sanda- og vikravist og eyðihraunavist eru áfram fyrirferðamestu vistgerðir lítið gróins lands. Rúm 7% svæðisins eru nú ár og vötn en með miðlunarlónum Landsvirkjunar jókst hlutdeild ferskvatns um rúmlega helming.

Samsetning vistgerða á aðgerðasvæðum Landsvirkjunar sýnir að samanlögð þekja eyðihraunavistar, melavistgerða og sanda- og vikravistar hefur dregist saman um 30 prósentustig yfir tímabilið. Þess í stað þekja skógar (birkiskógar og skógrækt), graslendi, lúpína og landmelhólar 11% svæðanna. Moslendi og mólendi hafa aukist samanlagt um 10 prósentustig sem sýnir hugsanlega þróun gamalla grassána og svæða með áburðargjöf yfir í slík gróðurlendi.

Niðurstöður leitnigreiningar benda til þess að almennt hafi náttúrulega gróið land á athugunarsvæðinu verið í framför á tímabilinu 1986–2017. Hins vegar hefur gróska á auðnum, þar sem engar aðgerðir hafa farið fram, aukist lítið. Þetta á bæði við á hálendum og lágglendum svæðum. Á tímabilinu jókst gróska mest á aðgerðasvæðum í landgræðslu og skógrækt (0,005 NDVI-gildi ár⁻¹), minna á áherslusvæðinu (0,003 NDVI-gildi ár⁻¹) en hægst er aukningin á hálendinu (0,001 NDVI-gildi ár⁻¹).

Aukin þekja gróins lands og grósku má að líkindum rekja til nokkurra þátta. Gróður hefur hugsanlega brugðist við breyttum loftslagsskilyrðum og minna beitarálagi undanfarna áratugi. Þá hefur mannlegt inngríp á borð við landgræðslu- og skógræktaraðgerðir, sem og friðun lands, haft mikið að segja. Niðurstöður verkefnisins benda til að með aðgerðum í landgræðslu og skógrækt þokist gróðurfar svæðanna nær settum markmiðum. Almennt leiðir aukin gróðurþekja, gróðurfjölbreytni, gróska og gróðurhæð á landgræðslu- og skógræktarsvæðum af sér aukið þanþol vistkerfa gegn áföllum á borð við áfok og gjóskufall, sem og búfjárbætur. Með því fylgja aðrir kostir eins og temprun vindhraða og hitasveiflna á yfirborði, bættur vatnsbúskapur, minna rof vatns og vinda, aukið jarðvegslíf og næringarefnabúskapur í jarðvegi, að ótaldri kolefnisbindingu í lífmassa plantna og jarðvegi. Hins vegar er náttúruleg framvinda á auðnum afar hæg komi ekki til mannlegs inngríps. Vanda þarf aðferðafræðina við landgræðslu og skógrækt, bæði hvað varðar val á tegundum og svæðum sem græða á upp eða taka undir skógrækt. Aðgerðir sem örva náttúrulega gróðurframvindu á uppblásnum auðnum eru liður í vistheimt og endurheimt líffræðilegrar fjölbreytni svæðanna. Ljóst er að aðgerðir í landgræðslu og skógrækt eru afar mikilvægar til að byggja upp frjósöm vistkerfi sem þola þá síkviku ferla sem íslensk náttúra og landnýting felur í sér.

1 INNGANGUR

Undanfarin misseri hefur Landsvirkjun unnið að samantekt á umhverfis- og samfélagsmálum á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu til að meta þróun ákveðinna þátta frá upphafi virkjana til dagsins í dag. Þetta er gert í samræmi við þær kröfur sem gerðar eru í alþjóðlegum matslykli IHA um sjálfbærni vatnsaflsvirkjana (International Hydropower Association 2018, 2019). Í tengslum við þá vinnu óskaði Landsvirkjun eftir því að Náttúrufræðistofnun Íslands ynni úttekt á stöðu gróðurs innan vatnasviðs Þjórsár- og Tungnaár og tæki jafnframt saman heildaryfirlit yfir svæði þar sem farið hafa fram aðgerðir til landbóta í formi landgræðslu og skógræktar á vegum fyrirtækisins. Óskað var eftir að úttektin grundvallaðist á samantekt á fyrirbyggjandi gögnum og heimildum sem spanna tímabilið frá um 1967 til 2018, þar sem notast væri við útgefin gróðurkort, gervitunglamyndir, landupplýsingagögn og ritað efni um landgræðslu- og skógræktaraðgerðir, rannsóknir og úttektir á gróðri á svæðinu.

Markmið með skýrslunni er því að greina frá aðgerðum Landsvirkjunar í landgræðslu- og skógrækt á vatnasviði Þjórsár- og Tungnaár frá upphafi virkjana fram til dagsins í dag. Einnig að gera grein fyrir stöðu og þróun gróðurs á svæðinu og árangri af aðgerðum yfir tímabilið.

2 ATHUGUNARSVÆÐIÐ

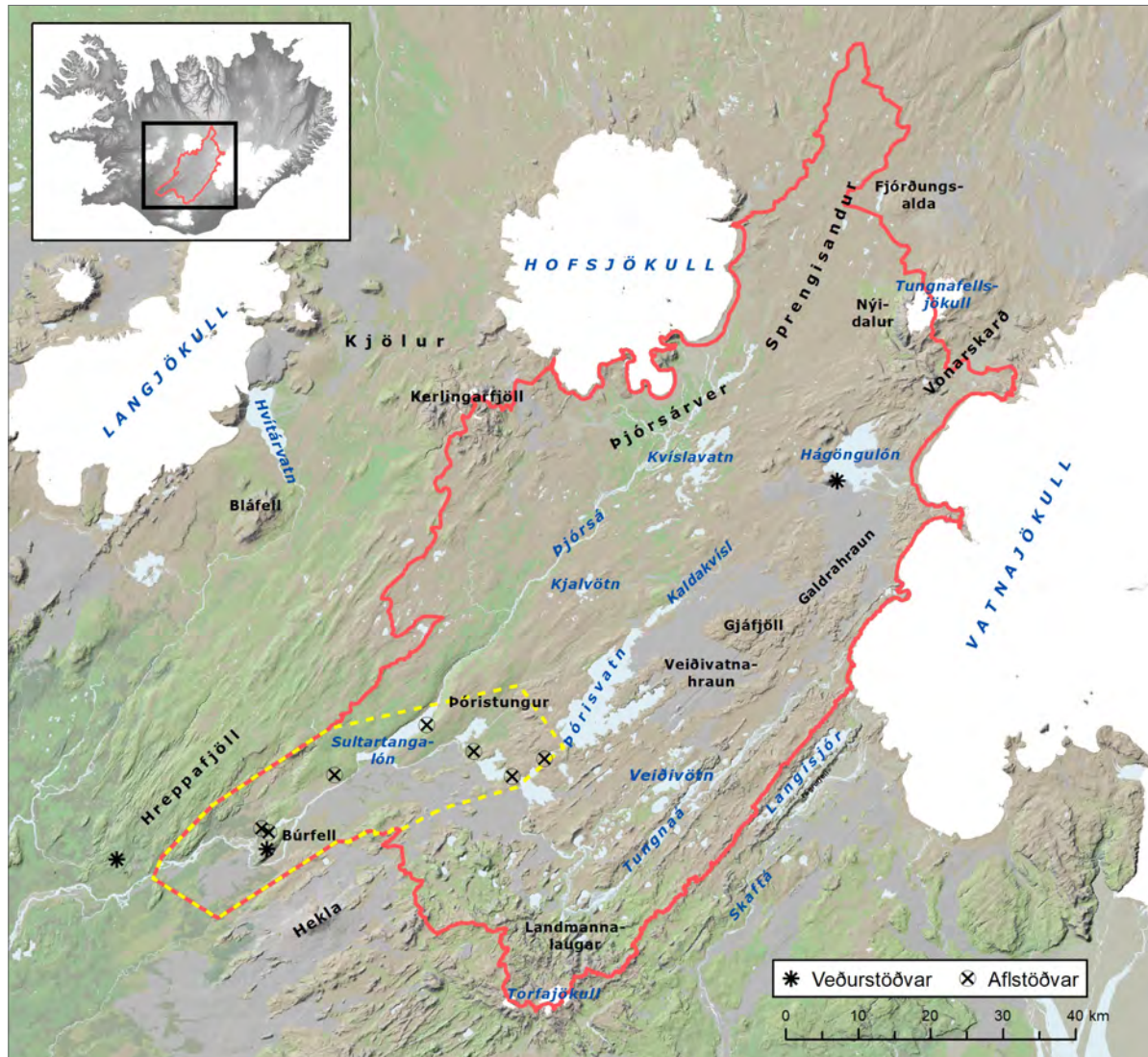
2.1 Afmörkun

Mörk athugunarsvæðis miðast við skilgreiningu Landsvirkjunar á vatnasviði Þjórsár, Köldukvíslar og Tungnaár (sjá t.d. Lovísa Ásbjörnsdóttir 2016 og Eydís Salóme Eiríksdóttir 2017). Svæðið nær yfir virkjanir Landsvirkjunar í Þjórsá og Tungnaá í suðvestri og norðaustur á Sprengisand milli Vatnajökuls og Hofsjökuls og fylgir að stærstum hluta afmörkun vatnasviðsins ef frá er talinn neðri hluti Þjórsár (1. mynd). Þar sem aðgerðir Landsvirkjunar í landgræðslu og skógrækt eru að stærstum hluta á láglendi, nálægt aflstöðvum og miðlunarlónum í Þjórsá og Tungnaá, var afmörkunin útvíkuð suður með Hreppafjöllum að Skarðslandi austan Þjórsár og aftur til norðausturs meðfram fjallabálki Heklu.

Þegar rætt er um athugunarsvæði í skýrslunni er átt við svæðið í heild, þ.e. vatnasvið og útvíkkað svæði (1. mynd, rauð afmörkun). Það er 5.900 km² að flatarmáli sem samsvarar til 5,7% landsins. Stærstur hluti er innan miðhálandisins en 400 m hæðarmörk liggja um Hreppafjöll upp með Þjórsá og Sultartangelóni, upp með Búðarhálsi, inn í Þóristungur og til suðvesturs meðfram fjallabálki Heklu.

Til að auðvelda umfjöllun um þróun gróðurs á svæðum þar sem Landsvirkjun hefur haft aðkomu að landgræðslu- og skógrækt var afmarkað sérstakt áherslusvæði utan um þau svæði. Það er um 767 km² að heildarflatarmáli (1. mynd, afmörkun með gulri brotalínu) en innan svæðisins eru þó einnig landgræðslu- og skógræktarsvæði sem aðrir aðilar hafa haft aðkomu að.

Aðgerðasvæði eru síðan þau svæði þar sem skógrækt og/eða landgræðsla hefur farið fram með aðkomu Landsvirkjunar. Þróun gróðurs innan þeirra var könnuð sérstaklega.



1. mynd. Athugunarsvæðið (rauð lína) afmarkast af vatnsviði Þjórsár, Köldukvíslar og Tungnaár á miðhálandinu. Gul brotalína afmarkar áherslusvæði verkefnisins þar sem aðgerðir Landsvirkjunar í landgræðslu og skógrækt hafa verið hvað mestar.

2.2 Svæðislýsing

Athugunarsvæðið er víðfeðmt og spannar mikinn breytileika í hæð og fjarlægð frá sjó, berg- og jarðgrunni og gróðurfari. Innan áherslusvæðisins eru láglend svæði, í Þjórsárdal og á flatlendi Merkurhrauns sunnan Þjórsár, sem liggja í 100–200 m hæð yfir sjávarmáli. Um Þjórsárdal falla árnar Fossá og Sandá sem sameinast Þjórsá við dalsmynnið. Búrfell rís bratt upp úr eldbrunnu sléttlendinu milli Hreppafjalla og Heklu í 700 m hæð. Það ásamt Sámstaðamúla, Skeljafelli og Stangarfelli afmarka Þjórsárdal til austurs en inn af dalnum eru heiðalönd Gnúpverjahrepps. Við Búrfell er fyrsta aflstöð Landsvirkjunar í Þjórsá en bygging stöðvarinnar fór fram á árunum 1966–1972. Búrfellvirkjun var jafnframt fyrsta verkefni Landsvirkjunar og fyrsta stórvirkjun á landinu (Hugrún Gunnarsdóttir 2016). Bjarnalón er lítið lón norðan Búrfells og norður af því er sléttlendið sem ber nafnið Haf. Austan Búrfells rís landið aflíðandi inn að miðhálandinu þar sem gjóskufylltar hraunsléttur einkenna Sölvahraun og Árskóga allt norður að Tungnaá. Milli Búðarháls og Skúmstungaheiðar fyllir Sultartangalón dalinn og farveg Þjórsár. Sultartangastöð er undir Sandafelli og Búðarhálsstöð er við lónið norðaustanvert. Austan Búðarháls er skammt á milli þriggja miðlunarlóna Landsvirkjunar, þ.e. Sporðöldulóns, Hrauneyjalóns og Krókslóns.

1. tafla. Veðurmælingar frá Hæli í Hreppum, Búrfelli og Hágöngum. Staðsetning veðurstöðva er sýnd á 1. mynd. Meðalhiti er gefinn fyrir tímabilið 2005–2018 (2011 á Hæl) en meðaltöl lengri mæliraða eru gefin fyrir Hæl og Búrfell. Byggt á óbirtum mánaðargildum frá Veðurstofu Íslands.

	H.y.s. (m)	Tímabil	Meðalhiti í júlí (°C)	Ársmeðalhiti (°C)	Tímabil	Meðalhiti í júlí (°C)	Ársmeðalhiti (°C)
Hæl	121	1958–2011	11,0	3,9	2005–2011	12,2	4,6
Búrfell	249	1970–2018	10,5	2,7	2005–2018	11,3	3,3
Hágöngur	819				2005–2018	8,2	-0,1
				Ársúrkoma (mm)			Ársúrkoma (mm)
Búrfell	249	1997–2018		893	2005–2018		887
Hágöngur	819				2005–2018		759

Hitagögn:

Hæl í Hreppum: gögn vantar í ársmeðaltal fyrir árin 1959, 1967, 1968, 1986;

Búrfell: gögn um meðalhita í júlí vantar fyrir árin 1985, 1986, 1987, 1989, auk þess vantar gögn í ársmeðaltal fyrir árin 1970, 1976, 1995, 2004, 2007, 2014 og 2018;

Hágöngur: gögn vantar í ársmeðaltal fyrir árin 2007, 2008, 2015 og 2017.

Úrkomugögn:

Búrfell: gögn vantar fyrir júlí og ágúst 1999, ágúst 2007, ágúst 2012, desember 2015 og nóvember 2018. Þessi ár eru ekki reiknuð með í ársmeðaltali.

Hágöngur: Að baki meðalársúrkomu liggja árin 2006, 2007, 2009, 2010, 2012 og 2014.

Aflstöðvarnar Hrauneyjafosstöð og Sultartangastöð liggja í nágrenni tveggja síðarnefndu lónanna. Þá er Vatnsfellsstöð norður undir Þórisvatni.

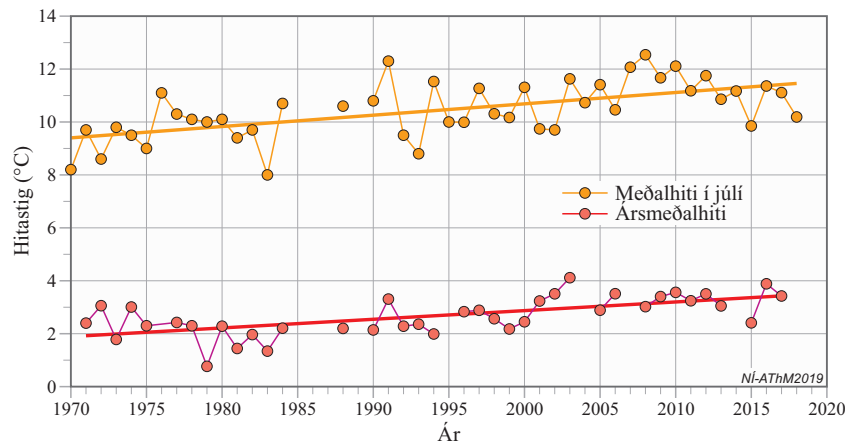
Ofan áherslusvæðisins, austan Þjórsár, ber landið mikil ummerki um eldvirkni þar sem móbergshryggir, gosgígar og hraun eru áberandi, t.d. á Torfajökulssvæðinu, í Veiðivötnum og allt norður undir Hágöngum. Þar er jafnframt nyrsta miðlunarlón Landsvirkjunar á vatnasviðinu en Hágöngulón er í um 800 m hæð yfir sjávarmáli. Norðan þess er Vonarskarð á vatnaskilum. Vestur af Köldukvísl og vestan Þjórsár er berggrunnur eldri og þéttari og landið einkennist heldur af ávöllum öldum þöktum jöklruðningi. Í lægðum eru grónari svæði, einkum votlendi og upp undir Hofsjökli er gróðurvinin Þjórsárver í um 600 m hæð. Eyðilendi Sprengisandsleiðar spanna nyrsta hluta vatnasviðsins milli Hofsjökuls og Tungafellsjökuls.

Á vatnasviði Þjórsár og Tungáa eru alls sjö aflstöðvar á vatnasviðinu: Búrfellsstöð I og II, Sigöldustöð, Hrauneyjafosstöð, Sultartangastöð, Vatnsfellsstöð og Búðarhálsstöð (1. mynd) og eru 14 lón og vötn tengd virkjanakerfi vatnasviðs Þjórsár og Tungnaár.

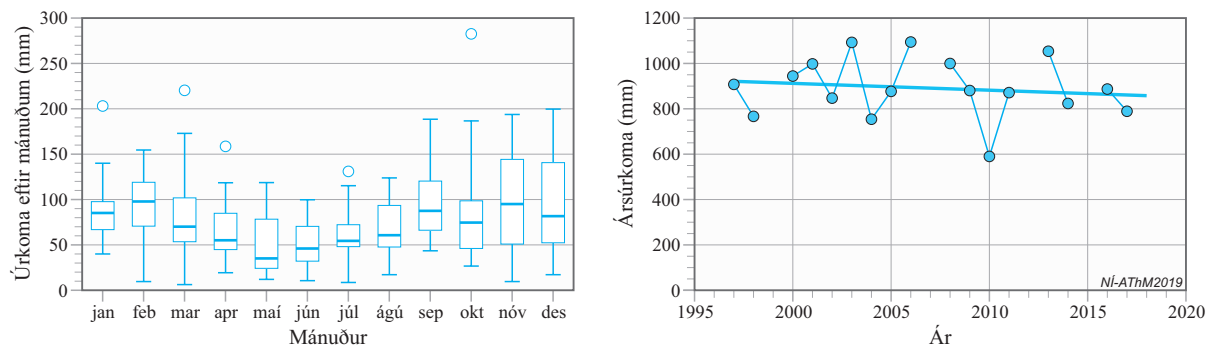
2.2.1 Veðurfar

Stór hluti svæðisins er á hálendi og talsverður munur er á ársmeðalhita og meðalsumarhita (júlí) á hálendi og láglendi. Á láglendi er ársmeðalhiti um 4°C, hann lækkar er nær dregur hálendinu og er rétt um frostmark við Hágöngum, þar sem komið er upp í rúmlega 800 m h.y.s. (1. tafla, byggt á óbirtum gögnum frá Veðurstofu Íslands). Meðalhiti í júlí er á bilinu 10–12°C á láglendi en um 8°C á hálendi.

Hitastig hefur sveiflast frá því um miðja síðustu öld og til dagsins í dag. Á heildina litið hefur hitastig farið hækkandi með greinilegum sveiflum, bæði í meðalhita í júlí og ársmeðalhita (2. mynd). Veðurgögn frá Búrfelli sýna að meðalhiti í júlí var lægstur á 8. áratugnum en fór hækkandi fram til ársins 2008 er hann náði hámarki og hefur lækkað aftur síðustu 10 ár. Hitagögn frá Hágöngum benda til þess sama, þ.e. að frá árinu 2005 hafi meðalhiti í júlí haldist nokkuð stöðugur eða farið lækkanði. Ársmeðalhiti við Búrfell var hins vegar lægstur í upphafi 9. áratugarins en hefur farið hækkandi upp frá því. Meðalhiti fyrir tímabilið 2005–2018 er tæpri gráðu hærri samanborið við meðalhita alls mælitímabilsins frá 1970 (1. tafla).



2. mynd. Meðaltal mánaðargilda í júlí og ársmeðalhiti við Búrfell fyrir tímabilið 1970–2018. Gögn vantar í júlí fyrir árin 1985, 1986, 1987, 1989, auk þess vantar ársmeðaltal fyrir árin 1970, 1976, 1995, 2004, 2007, 2014 og 2018. Byggt á óbirtum mánaðargildum frá Veðurstofu Íslands.



3. mynd. Úrkoma við Búrfell í Þjórárdal. Til vinstri er kassarit sem sýnir miðgildi (þverstrík), endamörk kassans sýna efri (75%) og neðri (25%) fjórðungsmörk í dreifingunni og línur marka hæsta og lægsta gildi án útlaga. Mæligildi utan lína eru útlagar. Ársúrkoma er sýnd á myndinni til hægri en gögn vantar fyrir árin 1999, 2007, 2012 og 2015. Byggt á óbirtum mánaðargildum frá Veðurstofu Íslands.

Meðalársúrkoma telst um 900 mm við Búrfell á hálendisbrúninni og er nokkru lægri inni við Hágöngur (1. tafla). Maí og júní eru öllu jöfnu þurrustu mánuðirnir og úrkoma meiri að hausti og vetri (3. mynd t.v.). Ekki er greinanleg þróun í heildarársúrkomu við Búrfell fyrir árin 1997–2018 þótt heildarúrkoma sveiflist milli ára (3. mynd t.h.).

2.2.2 Gróðurfar

Gróðurfar á athugunarsvæðinu ber merki um fjölbreytt náttúrufar innan svæðisins. Vegna nálægðar við virkar eldstöðvar er stór hluti svæðisins austan Þjórásar þakinn gropnum nútímahraunum auk þess sem gjóska og vikrar eru víða áberandi í landslagi. Í lýsingu Guðmundar Guðjónssonar og Rannveigar Thoroddsen (2016) á gróðurfari lónasvæða á Þjórásar- Tungnaárvæðinu segir að gróðurþekja vestan Þjórásar sé nokkuð samfelld og að ríkjandi gróðurlendi séu mosagróður, mýri, starmói og lyngmói. Undantekningar eru Þjórárdalur og Hafíð og Skál við Bjarnarlón, þar sem eru lítið gróin hraun og sandar. Landgræðsluaðgerðir hafa breytt gróðurfari svæðanna (Guðmundur Guðjónsson 1980, Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998, Eiður K. Eiðsson o.fl. 2007). Norðan og sunnan Tungnaár er stór hluti landsins lítt gróinn eða með gisna gróðurþekju. Helstu landgerðir eru melar, vikrar, sandar og hraun. Þá er og talsvert um uppgrætt land sem í sumum tilfellum er orðið að valllendi og gæti það verið vísbending um að

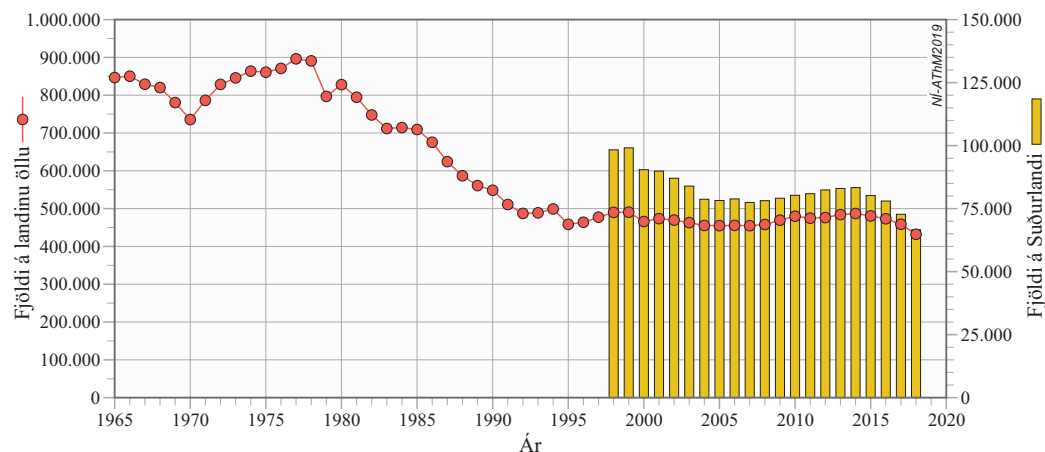
uppgæðslur séu að aðlagast náttúrulegum grenndargróðri (Guðmundur Guðjónsson og Rannveig Thoroddsen 2016). Hærra inn til landsins, við Þórisvatn og Sauðafellslón, telst gróðurþekja mjög lítil. Á þeim stöðum sem gróður vex er hann gisinn en betur gróna mosafláka má finna í rökum gildrögum. Melar og hraun sem að hluta til eru sandorpin einkenna landið. Enn lengra inn til landsins, upp í Þjórsárkvíslar, telst gróðurfur nokkuð fjölbreytt þótt enn sé land fremur lítið gróið. Gróður er helst við ár og í lægðum og dældum og hélumosagróður og freðmýrarústir bera vitni um lágt hitastig. Algengasta landgerðin er melar (Guðmundur Guðjónsson og Rannveig Thoroddsen 2016). Í gróðurathugun frá 1997 við Þjórsárkvíslar tilgreina höfundar gróðurfarslega athyglisverð svæði komin til af samspili gróðurs og landslags á borð við Þúfuver, Sóleyjarhöfða, Oddkelsdæld, Tjarnaver og Eyvafen (Kristbjörn Egilsson og Hörður Kristinsson 1997). Lengra inni á hálendinu taka við sandar og melar Sprengisands (Náttúrufræðistofnun Íslands a).

Eldstöðvakerfi Heklu hefur, auk annarra eldstöðva, haft mikil áhrif á vistkerfi innan athugunarsvæðisins. Eldgos í Heklu á 20. öld voru alltið og frá því að framkvæmdir hófust við virkjun Þjórsár hefur gosið fjórum sinnum: árin 1970, 1980–81, 1991 og 2000 (Thordarson og Larsen 2007). Í Heklugosinu 1970 barst gosaska norðvestur yfir Þjórsárdal en gjóska seinni gosa féll til norðurs (Guðrún Larsen og Sigurður R. Gíslason 2013). Gosin eru þó lítil í samanburði við forsöguleg og söguleg stórgos í Heklu sem myndað hafa þykka gjóskubunka í nágrenni fjallsins. Þekkt er að gróður- og jarðvegseyðing hafi hafist á svæðinu skömmu eftir landnám og gos í Heklu árið 1104 lagði bæi í Þjórsárdal og nágrenni í eyði (Thorarinsson 1967, Dugmore o.fl. 2007). Segja má að upp frá því hafi ekki linnt látum og er umfang jarðvegsrofs og gróðureyðingar í nágrenni við Þjórsá og Tungnaá með því mesta sem gerist hér á landi. Miklar sanduppsprettur eru á svæðinu í Þjórsárdal, austan Þjórsár og á Veiðivatnasvæðinu. Eru svæðin flokkuð sem óstöðug eða mjög óstöðug sandsvæði þar sem uppfok er títt (Ólafur Arnalds o.fl. 1997, Ólafur Arnalds 2010a, Ólafur Arnalds o.fl. 2019). Þurrir og strangir vindar úr norðri og norðaustri eru mikilvirkt rofafl, hvoru tveggja að sumri og vetri (Dagsson-Waldhauserova o.fl. 2014). Áfoksgeira er einkum að finna í Merkurhrauni og Skarðslandi en það eru sendin svæði þar sem fokefni færast undan vindi, kaffæra gróður og valda áframhaldandi uppfoki (Ólafur Arnalds 1998).

Þörf á landgræðsluáðgerðum í tengslum við virkjanaframkvæmdir Landsvirkjunar kom snemma í ljós, bæði til að bæta umhverfi starfsmanna við aflstöðvar og á framkvæmdasvæðum og til að bæta ástand lands á rofsvæðum (Hugrún Gunnarsdóttir 2009). Nánar er gerð grein fyrir þeim hluta í 4. kafla.

2.2.3 Landnotkun

Auk náttúruvarspáttá mótar landnotkun gróðurfur athugunarsvæðisins. Þar sem meirihluti svæðisins er á hálendinu og mörkum þess er fremur lítið um ræktað land, á borð við akurlendi, tún og land til nytjaskógræktar, en það er einungis að finna á suðvesturhluta svæðisins. Aðrir hlutar athugunarsvæðisins eru úthagar og afréttir en svæðið hefur verið nýtt sem beitiland við hefðbundna sauðfjárrækt. Á afréttum eru ákveðin svæði algjörlega án beitar, annað hvort því þau hafa verið friðuð gegn beit eða að sauðfé nær ekki á svæðin af náttúrulegum orsökum. Dæmi eru Þjórsárdalur og Búrfell, Veiðivötn og Vatnaöldur, Þjórsárver auk fleiri svæða (Landgræðslan 2019). Snemma á 20. öld voru landgræðslugirðingar strengdar við Skarðsfjall, Skarð, Stóra-Klofa, Skarðstanga og Merkihol (Andrés Arnalds 1988a). Þá hefur hluti Þjórsárdals verið friðaður fyrir beit um allnokkurt skeið (Guðmundur Guðjónsson 1980). Strengd var landgræðslugirðing frá Tröllkonuhlaupi í Þjórsá inn að Bjallavaði á Tungnaá árið 1970 sem friðaði framanverðan Landmannafrétt fyrir búfjárbreit (Andrés Arnalds 1988b). Eru margar girðinganna komnar til ára sinna og ekki vitað hvort þær séu enn fjárheldar.



4. mynd. Fjöldi vetrarfóðraðs sauðfjárs á landinu öllu frá 1965–2018 (rauð lína, vinstri y-ás) og fjöldi á Suðurlandi frá 1998–2018 (súlur, hægri y-ás). Gögn fengin af vef Hagstofu Íslands, sögulegar hagtölur.

Ekki eru til nákvæmar tölur um fjölda sauðfjár sem gengur á athugunarsvæðinu að sumri. Líklegt er að dregið hafi úr sauðfjárbætt undanfarnir ár ef miðað er við þróunina á landinu í heild. Í rannsókn frá 2003 er talið að dregið hafi úr beitarþunga sauðfjár á afréttum frá því að það var flest um 1980 (Björn H. Barkarson 2003). Sumarið 1999 er talið að alls hafi um 70 þúsund ær gengið á 25 afréttum á miðhálandinu. Frá 1977 til 1999 fækkaði sauðfé um 49%. Tekið er fram að beitarþungi hafi verið mestur á Flóa- og Skeiðamannaafretti miðað við algróið land en vegna misræmis í gögnum verði að taka tölum um beitarþunga á afréttum með varúð (Björn H. Barkarson 2003). Í tölum Hagstofunnar kemur fram að áætlaður heildarfjöldi vetrarfóðraðs sauðfjár á öllu landinu var um 850 þúsund árið 1965 og náði fjöldinn sögulegu hámarki árið 1977 (4. mynd). Síðan þá hefur dregið úr fjölda sauðfjár og hann haldist stöðugur í tæplega 500 þúsund á árunum milli 1991–2015 (Hagstofa Íslands) sem er tæplega 2/3 af þeim fjölda er mest lét. Hagstofan birtir jafnframt tölur yfir fjölda sauðfjár á Suðurlandi frá 1998 til 2018 (4. mynd). Á því tímabili fækkaði fé um tæplega þriðjung eða úr tæpum 100 þúsund fjár í 67 þúsund.

3 AÐFERÐIR OG ÚRVINNSLA

Verkefnið byggist fyrst og fremst á samantekt og greiningu fyrirliggjandi gagna. Rannsóknatímabilið spannar tímenn frá upphafi aðgerða árið 1968 til ársins 2018. Unnið er út frá athugunarsvæðinu í heild en einnig áherslusvæðinu sem innifelur aðgerðasvæði Landsvirkjunar í landgræðslu og skógrækt.

Markmið verkefnisins eru í stórum dráttum að:

- Gefa yfirlit yfir aðgerðir Landsvirkjunar í landgræðslu- og skógrækt á áherslusvæðinu
- Gera grein fyrir stöðu og þróun gróðurs á athugunarsvæðinu í heild
- Greina sérstaklega frá stöðu og þróun gróðurs innan áherslusvæðisins og á aðgerðasvæðum frá upphafi aðgerða til dagsins í dag
- Fara yfir stöðu, þróun og ávinning af aðgerðum frá upphafi virkjana til dagsins í dag

2. tafla. Landupplýsingaþekjur frá aðilum sem staðið hafa að landgræðslu og skógrækt innan vatnasviðs Þjórsár og Tungnaár með aðkomu Landsvirkjunar. Þær voru notaðar til að greina stærð aðgerðasvæða, staðsetningu og tímasetningu aðgerða.

Aðili	Tímabil aðgerða	Gerð aðgerða
Landgræðslan	1977–2000	Landgræðsla
	2001–2016	Landgræðsla
Hekluskógar	2006–2018	Skógrækt
	2008–2017	Landgræðsla
Skógræktarfélag Íslands	1990–2010	Skógrækt
	1991–2011	Skógrækt
	2013–2017	Skógrækt
	á.á.*	Skógrækt
	á.á.	Skógrækt (jarðvinnsla)
Skógræktin	á.á.	Skógrækt

á.á.: án ártals

Í skýrslunni er sett fram yfirlit yfir landgræðslu- og skógræktaraðgerðir auk þess sem aðgerðarsvæðin eru birt á kortum samkvæmt landupplýsingagögnum umsjónaraðila. Vistgerðakort voru notuð til að gera grein fyrir núverandi stöðu gróðurs á athugunarsvæðinu (Náttúrufræðistofnun Íslands 2018) en til að gera grein fyrir þróun gróðurs á áherslusvæði frá upphafi virkjana til dagsins í dag voru jafnframt notuð gróðurkort Rannsóknastofnunar landbúnaðarins sem gefin voru út á árunum 1967–1982. Breytingar á gróðri voru greindar með gervitunglamyndum fyrir athugunarsvæði, áherslusvæði og á aðgerðasvæðum yfir tímabilið 1986–2017.

3.1 Samantekt aðgerða úr rituðum heimildum

Farið var skipulega yfir ritaðar heimildir um landgræðslu- og skógræktaraðgerðir á athugunarsvæðinu. Teknar voru saman upplýsingar um aðgerðirnar sjálfar, s.s. á hvaða svæðum var unnið, á hvaða tíma og stærð svæða. Einnig hvaða tegundum var sáð eða plantað á svæðunum og í hvaða magni. Eftir föngum voru að auki teknar saman upplýsingar um upphafsástand svæða og markmið aðgerða. Þá voru teknar saman upplýsingar um mat á árangri, þar sem það hafði verið gert. Í sumum tilfellum var um að ræða skipulagðar úttektir á svæðum en í öðrum tilfellum almennar lýsingar á árangri aðgerða. Upplýsingar um svæðin og aðgerðir á þeim eru þó misítarlegar. Greint er frá þessum verkþætti í 4. kafla.

3.2 Landupplýsingagögn frá umsjónaraðilum aðgerða

Til að gera grein fyrir stærð og staðsetningu landgræðslu- og skógræktarsvæða á vegum Landsvirkjunar voru notaðar landupplýsingaþekjur frá umsjónaraðilum aðgerða. Gögn um landgræðslu komu frá Landgræðslunni og Hekluskógum en uppgræðslusvæði Hekluskóga eru hér talin til landgræðslu. Gögn um skógrækt komu frá Skógræktinni og Skógræktarfélagi Íslands og þá eru birkireitir Hekluskóga taldir til skógræktaraðgerða. Þekjurnar innihalda fláka sem á eru skráðar aðgerðir frá árinu 1977 til 2018, en í sumum tilfellum til 2016 eða 2017 (2. tafla).

Landupplýsingaþekjurnar eru unnar upp úr ólíkum gögnum. Eldri uppgræðsluaðgerðir Landgræðslunnar (1977–2006) eru teiknaðar eftir loftmyndum og/eða gervitunglamyndum eftir því sem þær urðu fyrst sýnilegar á myndum. Þannig voru aðgerðirnar skráðar á viðkomandi ár þó líklega hafi þær farið fram nokkrum árum fyrr (Guðný H. Indriðadóttir, símtal og tölvuskeyti,

3. tafla. Gróður- og vistgerðakort sem notuð voru í verkefninu.

Kortgögn	Heimild	Kortblað nr.	Útgáfuár	Heiti	Mælikvarði
Gróðurkort	Gróðurkort af Íslandi	193	1967	Fossalda	1:40:000
	Gróðurkort af Íslandi	194	1968	Búrfell	1:40:000
	Gróðurkort af Íslandi	195	1982	Hekla	1:40:000
	Gróðurkort af Íslandi	213	1967	Búðarháls	1:40:000
	Gróðurkort af Íslandi	214	1967	Löðmundur	1:40:000
	Gróðurkort af Íslandi	233	1967	Þórisvatn	1:40:000
	Gróðurkort af Íslandi				
Vistgerðakort	Vistgerðir á Íslandi		2018	2. útgáfa	1:25.000

6. ágúst 2019). Talsverð óvissa er um umfang aðgerða á tímabilinu og endurteknar aðgerðir eru ekki skráðar á svæðin, þ.e. flákabeikjan er einföld. Yngri aðgerðir Landgræðslunnar eru flestar hnitaðar eftir GPS-ferlum og þar liggja ferlar yfir eldri svæði. Hið sama gildir um uppgræðslusvæði Hekluskóga.

Aðgerðasvæði Skógræktarfélags Íslands og Skógræktarinnar eru að mestu þau sömu og var þekjum skeytt saman til að áætla heildarþekju skógræktarsvæða. Í sumum tilfellum liggja ekki fyrir upplýsingar um ár aðgerða. Í þeim tilvikum sem aldurssettir flákar aðgerðasvæða sköruðust við fláka þar sem ár aðgerða var óþekkt var aldurssetti flákinn látinn ráða.

Landupplýsingaþekjur umsjónaraðila voru notaðar til þess að greina staðsetningu og heildarflatarmál aðgerðasvæða og jafnframt var greint á milli landgræðslu og skógræktar. Tölur gefa því til kynna heildarflatarmál lands sem aðgerðir hafa farið fram á en ekki raunflatarmál endurtekinna aðgerða sem er gott að hafa í huga við samanburð flatarmálastalna birtar í rituðum heimildum við þær sem fást úr landupplýsingagögnum. Þá voru landupplýsingaþekjurnar notaðar til að skilgreina heildarafmörkun aðgerðasvæða fyrir greiningu á vistgerðum og leitnigreiningu á NDVI-gildum gervitunglamyndra (sjá kafla 3.3. og 3.4).

3.3 Gróður- og vistgerðakort

Gerð er grein fyrir samsetningu vistgerða á athugunarsvæðinu ofan áherslusvæðis með því að reikna út flatarmál vistgerða á vistgerðakorti Náttúrufræðistofnunar Íslands (2018).

Til að fá mynd af stöðu gróðurs innan áherslusvæðisins við upphaf virkjana voru skoðuð gróðurkort Rannsóknastofnunar landbúnaðarins frá árunum 1967–1982 (3. tafla). Þau eru byggð á gróður- og landgreiningu sem fór fram á árunum 1955–1964 (Guðmundur Guðjónsson og Rannveig Thoroddsen 2016) og því má gera ráð fyrir að þau endurspegli stöðu gróðurs við upphaf virkjana. Sá hluti gróðurkortanna sem fellur innan áherslusvæðisins var hnitaður og gróðurfélög skráð í eigindatöflu. Gróðurfélögum var umbreytt í vistgerðir með vörpunartöflu sem þróuð var hjá Náttúrufræðistofnun Íslands og er beitt í þessum tilgangi (Náttúrufræðistofnun Íslands, óutgefin gögn; sjá eldri útgáfu í Sigurður H. Magnússon o.fl. 2009, bls. 37). Þannig varpast t.d. gróðurfélagið mosapemba (A1) í hraungambravist en sé þekjan gisin (gróðurþekja ~25%) varpast gróðurfélagið A1þ í mosamelavist. Sé gróðurfélag blandað birki (C4 eða C5) verður það birkivistir o.s.frv. Ekki var unnt að aðgreina graslendi (H1) í graslendisvistir og skriðuvistir voru ekki aðgreindar.

Með því að bera flatarmál vistgerða af gróðurkortunum frá 1967–1982 saman við vistgerðakort Náttúrufræðistofnunar Íslands frá 2018, sem leiðrétt var lítillaga fyrir þetta verkefni, er hægt að

gera grein fyrir þróun vistgerða yfir tímabilið. Ekki eru algildar reglur um vörpun gróðurfélaga í vistgerðir og því þarf að hafa fyrirvara á við túlkun gagna. Jafnframt var reynt að meta breytingar á gróðurþekju með því að skipta vistgerðum í vel gróið land og lítið gróið land. Talsverður breytileiki er á gróðurþekju innan vistgerðar og því er matsatriði hvort tiltekin vistgerð skuli teljast vel eða lítið gróin. Var m.a. miðað við meðalþekju vistgerða til að ákvarða hvort vistgerðir teldust vel eða lítið grónar (Jón Gunnar Ottósson o.fl. 2016) og jafnframt var lítið til skiptingar gróðurkortagerðar í gróið og ógróið land (sjá t.d. Guðmund Guðjónsson og Rannveigu Thoroddsen 2016).

Ekki hefur verið gefið út gróðurkort fyrir þann hluta áherslusvæðisins sem er suðvestast og skeikar þar 54 km². Til að bera saman vistgerðir fyrir nákvæmlega sama svæðið milli mismunandi ára (1967–2018) er því birt flatarmál úr vistgerðakorti 2018 fyrir skert áherslusvæði. Að auki voru reiknaðar flatarmálstölur fyrir áherslusvæðið í heild til að fá upplýsingar um stöðu þess árið 2018.

Sérstaklega er gerð grein fyrir vistgerðum á því landi sem landgræðslu- og skógræktaraðgerðir Landsvirkjunar hafa farið fram á. Aðgerðasvæði voru klippt úr gróður- og vistgerðakortum frá 1967–1982 og 2018 með samlímdri þekju uppgræðslu- og skógræktarsvæða frá öllum umsjónaraðilum.

3.4 Gervitunglamyndir og gróðurstuðull

Til að meta þróun gróðurs voru notaðar Landsat-gervitunglamyndir teknar á árunum 1973–2017, fengnar í gegnum vefinn EarthExplorer á vegum Jarðfræðistofnunar Bandaríkjanna (U.S. Geological Survey). Notaðar voru myndir þar sem búið var að reikna NDVI-gróðurstuðul (Normalized Difference Vegetation Index). Stuðullinn er mælikvarði á blaðgrænu á yfirborði lands og endurspeglar því grænan gróður. Farið var að nota hann við túlkun gervitunglagagna fljótlega eftir að fyrsta Landsat-gervitunglið fór á loft árið 1972 (Rouse o.fl. 1974). Stuðullinn er reiknaður með því að skoða hlutföll milli endurvarps á innrauðu og rauðu ljósi frá yfirborði jarðar með formúlunni:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{innrautt} - \text{rautt}}{\text{innrautt} + \text{rautt}}$$

Gildin í gróðurstuðlinum geta verið á bilinu -1 til 1; snjór, vatn og lítt gróin svæði fá gildi undir 0 en gróskumikil svæði fá gildi nærri 1, þótt í raun séu gildin fullmettuð um 0,85. Með gróskumiklum svæðum er átt við land þar sem gróðurþekja er þétt og gróður grænn og uppskerumikill. Dæmi um slíkan gróður er blómrikt graslendi, birkiskógar og þéttar lúpínubreiður.

NDVI-gögnin sem voru notuð í greininguna voru reiknuð út úr myndum þar sem búið var að leiðrétta endurvarpsgildi fyrir áhrifum andrúmsloftsins sem gerir gögnin samanburðarhæf. Einnig var búið að margfalda gildin með 10.000 þannig að þau spanna frá -10.000 til 10.000. Skoðaðar voru 34 gervitunglamyndir af svæðinu og valdar myndir með lítilli skýjahulu og hentugum dagsetningum. Að lokum voru valdar 11 myndir af áherslusvæðinu frá Þjórsárdal og upp í Þóristungur og átta myndir af athugunarsvæðinu ofan áherslusvæðisins (4. tafla). Myndirnar eru frá árunum 1986 til 2017 og eru allar teknar í júlí og ágúst. Rannsóknir á framræstu landi í Borgarfirði sýna að gróðurstuðullinn er nálægt hámarki frá fyrrihluta júlímánaðar og fram í seinnihluta ágústmánaðar (Rannveig Ólafsdóttir og Hlynur Óskarsson 2014). Rannsóknir frá Alaska styðja einnig þessar dagsetningar (Raynolds o.fl. 2013). Myndirnar sem voru notaðar við greiningarnar eru úr Landsat-tunglum 5, 7 og 8 (4. tafla).

4. tafla. Dagsetningar og tungl gervitunglamynda sem notaðar voru við greiningar á þróun gróðurs á áherslusvæði og athugunarsvæði ofan þess.

NDVI-greining		
	Áherslusvæði	Vatnasvið Þjórsár ofan áherslusvæðis
Dagsetning	Tungl	Tungl
15.8.1986	Landsat 5	Landsat 5
16.8.1987	Landsat 5	
3.7.1988	Landsat 5	Landsat 5
17.8.1990		Landsat 5
19.7.1991	Landsat 5	
14.7.1992	Landsat 5	Landsat 5
28.8.1994	Landsat 5	Landsat 5
17.8.1996	Landsat 5	Landsat 5
26.7.2000	Landsat 7	
30.8.2009	Landsat 5	
12.8.2014	Landsat 8	Landsat 8
26.7.2017	Landsat 8	Landsat 8

Einnig voru reiknuð NDVI-gildi úr eldri mynd úr Landsat 1 frá árinu 1973. Þar sem eðli nemans í Landsat 1 gervitunglinu er frábrugðið nemum í seinni tunglum er sú mynd ekki samanburðarhæf við nýrri myndir nema með sjónrænu mati, auk þess sem hún er ekki leiðrétt fyrir áhrifum andrúmsloftsins. Því var einungis stuðst við sjónrænt mat á samanburði þeirrar myndar við leiðréttu gögnin. Stærð hvernar myndeiningar í gögnunum er 30×30 m utan myndarinnar frá 1973 sem er með 60×60 m myndeiningar.

Gagnaundirbúningur fyrir greininguna fól í sér að hylja svæði þar sem endurvarp gæti verið breytilegt milli mynda vegna annarra þátta en gróðurs. Ský og skuggar voru hulin út úr öllum myndunum með því að hnita inn útlínur þeirra. Þá var vatnafarsþekja notuð til

að hylja vatn og ár sem voru sýnileg á öllum myndunum vegna þess að NDVI-gildi vatns getur verið mjög breytilegt þar sem jökulaur litar vatnið. Snjóstuðull (NDSI, Normalized Difference Snow Index) var reiknaður til að hylja svæði þakin snjó þar sem snjóþekja er mismikil milli ára og svæði þakin snjó hafa áhrif á greininguna. Snjóstuðull er hlutfall milli græns endurvarps á bandi 2 og innrauðs endurvarps á bandi 5 í Landsat 5 og Landsat 7 gervitunglunum, en böndum 3 og 6 í Landsat 8 gervitunglinu. Hann er reiknaður með formúlunni:

$$NDSI = \frac{\text{Band 2(3)} - \text{Band 5(6)}}{\text{Band 2(3)} + \text{Band 5(6)}}$$

Þröskuldsgildi voru notuð til að skilgreina hvað væri snjór á NDSI-myndunum en gildin voru mismunandi eftir myndum.

Árið 2003 varð bilun í Landsat 7 gervitunglinu sem gerði það að verkum að rendur komu í myndirnar með 0 gildum (5. mynd). Ákveðið var að sleppa þeim gögnum úr greiningunni en af því leiðir að það vantar gögn yfir talsvert langt tímabil. Landsat 8 var skotið á loft árið 2013 og þar með var hægt að fá ógölluð gögn aftur. Hægt var að nota eina Landsat 5 mynd sem tekin var árið 2009 sem fyllir að einhverju leyti upp í eyðuna sem varð til við bilun Landsat 7.

Til að meta breytingar á tímabilinu var notuð aðhvarfsgreining þar sem reiknuð var aðhvarfslína fyrir hverja myndeiningu í tölfræðiforritinu R. Notaður var spatialEco tölfræðipakkinn (Evans 2018) og Theil-Sen-aðhvarfsgreining (Roser) sem lágmarkar gildi útlaga í gagnasettinu. Hallatala aðhvarfsgreiningarinnar segir til um breytingar á ári í NDVI-gildum.

Keyrðar voru tvær leitnigreiningar (e. trend analysis). Gerð var greining fyrir:

1. athugunarsvæðið ofan áherslusvæðis en sá hluti er utan áhrifa landgræðslu- og skógræktaraðgerða og
2. áherslusvæðið, þ.e. frá Þjórsárdal og upp í Þóristungur, þar sem landbótaaðgerðir hafa farið fram á stórum hluta svæðisins á vegum ýmissa aðila.



5. mynd. Galli í Landsat 7 gervitunglagögnum, myndin sýnir Hrauneyjalón, Krókslón og Þórisvatn.

Aðgerðasvæði á vegum Landsvirkjunar voru klippt út úr greiningunni á áherslusvæðinu og skoðuð sérstaklega til samanburðar við önnur svæði. Á athugunarsvæðinu ofan áherslusvæðisins náði greiningin einungis yfir þau svæði sem allar átta myndirnar náðu að þekja. Ef snjór, ský eða skuggar voru á einhverri mynd þá datt sá hluti svæðisins út.

4 LANDGRÆÐSLU- OG SKÓGRÆKTARADGERÐIR SAMKVÆMT BIRTUM HEIMILDUM

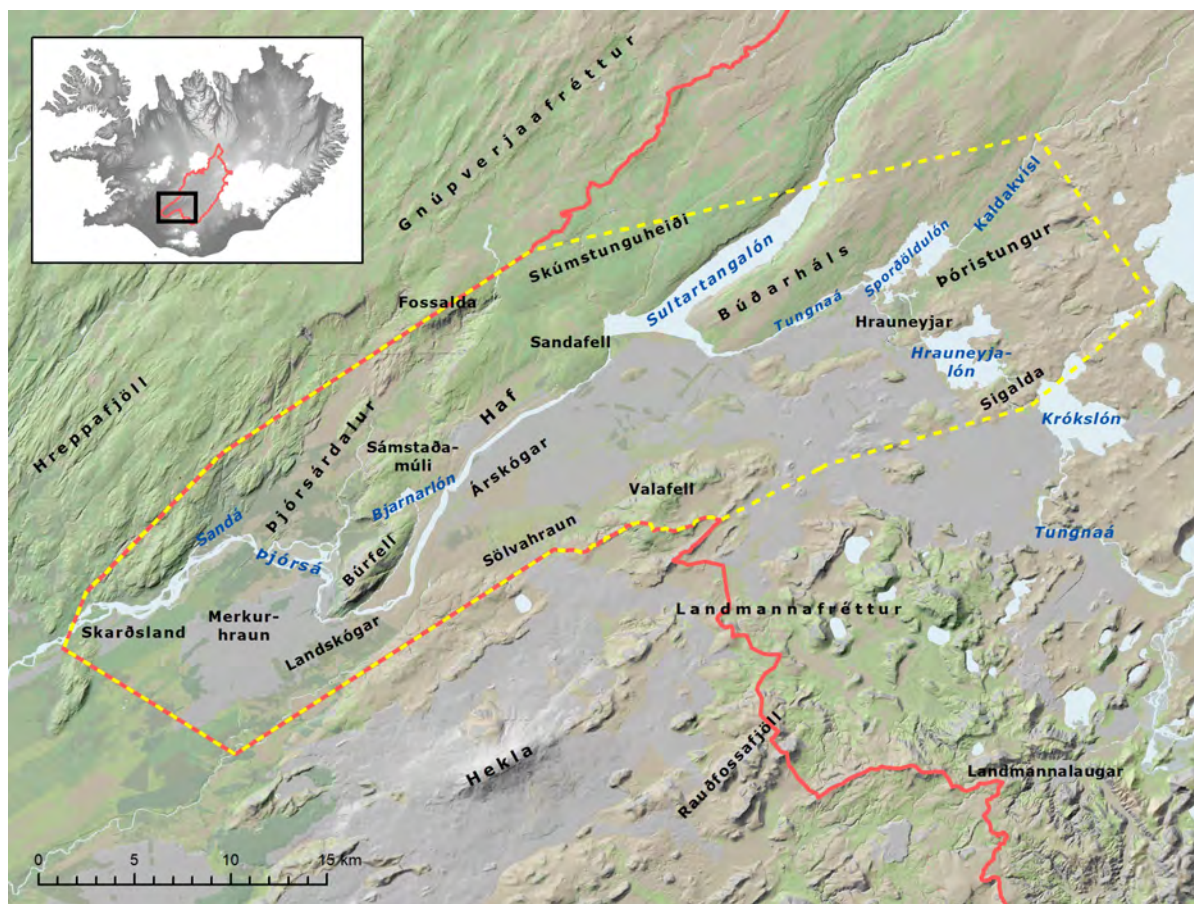
Heimildir um aðgerðir Landsvirkjunar í landgræðslu og skógrækt á aðgerðarsvæðum eru mismiklar og misítarlegar eftir svæðum. Umfjöllun um upplýsingar sem fengust um svæði úr birtum heimildum er hér í megindráttum skipt niður eftir aðgerðum. Fyrst er fjallað um landgræðslu með grassáningum og áburðargjöf, eða eingöngu áburðargjöf, næst er fjallað um skógrækt, því næst um Hekluskógaverkefnið, þar sem bæði er um að ræða landgræðsluaðgerðir og birkiskógrækt, og að lokum um dreifingu lúpínu. Eftir föngum er sagt frá upphafsástandi svæða, markmiðum aðgerða, stærð svæða, tíma aðgerða, hvaða plöntutegundum var sáð eða plantað og áburðarmagni. Greint er frá meginniðurstöðum úr skipulögðum rannsóknum (úttektum) eða almennum lýsingum sem gerðar hafa verið á ástandi svæða eftir aðgerðir.

4.1 Landgræðsla með grassáningum og áburðargjöf, eða eingöngu áburðargjöf

Aðgerðarsaga landgræðslu á vegum Landsvirkjunar er nátengd framkvæmdasögu virkjana en í stórum dráttum var byrjað á að vinna á svæðum tengdum Búrfellsvirkjun rétt fyrir 1970, þ.e. í Þjórsárdal, við Búrfell og á Hafinu ofan Búrfells. Þá var aðgerðahrina upp úr 1970 sem tengdist virkjunum við Hrauneyjafoss og Sigöldu. Umfangsmiklar landgræðsluaðgerðir hófust einnig árið 2009 við Sporðöldulón, á Búðarhálsi og í Þóristungum, vegna Búðarhálsvirkjunar og Búðarhálslínu. Á milli aðgerðahrina, þar sem stór ný svæði voru tekin til uppgræðslu, var eldri uppgræðslum viðhaldið og unnið á nýjum svæðum.

4.1.1 Upphafsástand svæða og markmið aðgerða

Fyrstu uppgræðsluaðgerðir með grasfræi og áburði tengdust framkvæmdum við Búrfellsvirkjun í kringum 1970 og voru landgræðslusvæðin einkum í Þjórsárdal, vestan Búrfells, við



6. mynd. Áherslusvæðið (gul brotalína) sem felur í sér helstu aðgerðasvæði í landgræðslu og skógrækt sem Landsvirkjun hefur haft aðkomu að á Þjórsár- og Tungnaársvæðinu. Rauð lína sýnir afmörkun athugunarsvæðis.

Sámstaðamúla og á Hafinu (6. mynd). Af þessum svæðum stendur Hafið hæst í 250 m h.y.s en hin eru í 100–200 m hæð yfir sjó (Hugrún Gunnarsdóttir 2009). Við upphaf aðgerða flokkuðust öll svæðin að langstærstum hluta sem gróðurlausir sandar og vikrar, samkvæmt gróðurkortu frá 1968 (Rannsóknarstofnun landbúnaðarins 1968) og var sandfok þar almennt mjög mikið (Hugrún Gunnarsdóttir 2009). Uppgræðsluáðgerðir við Hrauneyjafossvirkjun og Sigöldu hófust upp úr 1970 og liggja svæðin í um 300–450 m hæð yfir sjó (6. mynd). Samkvæmt gróðurkortu frá 1968 voru svæðin að stærstum hluta gróðurvana hraun og melar áður en aðgerðir hófust (Rannsóknarstofnun landbúnaðarins 1968) og í lýsingu Herðísar Friðriksdóttur (1999) á svæðinu segir að áður en byrjað var á uppgræðslu hafi svæðið að mestu verið hulið sandi og náttúrulegur gróður rýr. Undantekning voru Þóristungur en þar var töluverður gróður. Í stuttri lýsingu frá 1980 á aðstæðum í nágrenni Tungnaár, frá Sigöldulóni (Krókslóni) og niður fyrir vinnubúðir (líklega átt við Hrauneyjar), segir að á svæðinu sé ekki um samfelld gróðurlendi að ræða. Þess í stað séu fremur smáir gróðurblettir þar sem vel nýtur birtu, skjóls og jarðvatns en á milli auðir sandar (Jóhann Pálsson og Þórir Haraldsson 1981). Árið 2009 hófust uppgræðsluáðgerðir í nágrenni Köldukvíslar vegna Sporðöldulóns, sem er uppistöðulón Búðarhálsvirkjunar (6. mynd). Svæðið liggur í um 300–400 m hæð yfir sjó. Fyrir aðgerðir var landið á Búðarhálsi vestan Köldukvíslar að miklu leyti lítt grónir og sléttir melar en í Þóristungum austan Köldukvíslar voru einnig lítt grónir en hæðóttir og grýttir melar (Hugrún Gunnarsdóttir 2009). Stór hluti svæðisins var lítið gróið land, oft með innan við 5% gróðurþekju fyrir aðgerðir (Gústav M. Ásbjörnsson 2009).

Markmið landgræðsluaðgerða í Þjórsárdal og við Búrfell var að hefta sandfok, sem var mjög mikið þegar bygging Búrfellsvirkjunar stóð yfir, en einnig að auka beitarmöguleika og bæta umhverfi starfsfólks á svæðinu (Hugrún Gunnarsdóttir 2008). Á Hafinu var markmið með uppgræðslu að græða upp land fyrir síðsumarbeið á afréttinum og draga þannig úr beitarálagi á viðkvæmum afrétti (Hugrún Gunnarsdóttir 2009). Markmið uppgræðslu á svæðinu við Hrauneyjar og Sigöldu var að hefta sandfok og prýða umhverfi starfsfólks við virkjanirnar (Hugrún Gunnarsdóttir 2009). Tilgangur uppgræðslu á svæðinu við Sporðöldulón var að græða upp land í stað þess gróðurlendis sem tapaðist undir vatn vegna tilkomu Búðarhálsvirkjunar og Sporðöldulóns, samkvæmt skilyrðum um mótvægisáðgerðir í úrskurði Skipulagsstofnunar um mat á umhverfisáhrifum (Hugrún Gunnarsdóttir 2009). Vegna mótvægisáðgerðanna var gerður samningur fyrir tímabilið 2009–2011 milli Landsvirkjunar, Ásahrepps og Landgræðslu ríkisins um uppgræðslu á 300 ha landi beggja vegna Köldukvíslar og nýr samningur um 345 ha lands til viðbótar fyrir 2012–2016 (Gústav M. Ásbjörnsson 2010, Hugrún Gunnarsdóttir 2009, 2015). Í framhaldi var samið um enduráburðargjöf á fyrrnefnd svæði fyrir tímabilið 2017–2021 (Samningur nr. 1968 um Þjórsárvæði 2017, Garðar Þorfinnsson 2018a).

Landgræðslan (áður Landgræðsla ríkisins) hefur frá upphafi haft umsjón með framkvæmd og eftirliti með uppgræðslusvæðunum í samstarfi við Landsvirkjun og heimamenn. Einnig hefur verið unnið að uppgræðslu í samstarfi við Vegagerðina og Skógræktina (áður Skógrækt ríkisins) (Hugrún Gunnarsdóttir 2009).

4.1.2 Aðgerðir

Í nágrenni Búrfells hófst landgræðsla á vegum Landsvirkjunar árið 1968 á Hesthúsaflöt og Sögualdarbæjarflöt í Þjórsárdal (5. tafla). Umfangsmestu aðgerðirnar voru þó á svæði meðfram Þjórsárdalsvegi frá Fossá að Sandá, sem var 239 ha að stærð árið 1999. Einnig voru víðáttumiklar aðgerðir á Hafinu, á svæði sem var alls 214 ha árið 1999. Önnur uppgræðslusvæði voru á bilinu 9–53 ha að stærð árið 1999 (Herdís Friðriksdóttir 2000). Misjafnt var hvort uppgræðslusvæðin í nágrenni við Búrfell voru notuð til beitar eða ekki (Herdís Friðriksdóttir 2000) (5. tafla). Við landgræðslu var algengast að sá túnvingli en einnig var sáð vallarsveifgrasi, snarrót, beringspunti, vallarfoxgrasi, höfrum og rýgresi. Sáðmagn var á bilinu 10–20 kg/ha. Algengasta áburðartegund var svokallaður Græðir 9 en einnig var notaður Móði I og áburðarmagn var á bilinu 200–400 kg/ha og var mest notað af áburði á fyrstu árum uppgræðslunnar (Herdís Friðriksdóttir 2000).

Árið 1999 hafði verið unnið með áburðargjöf og grassáningar á alls um 770 ha lands í nágrenni Búrfells og í Þjórsárdal (Herdís Friðriksdóttir 2000) (5. tafla). Samkvæmt samantekt Hugrúnar Gunnarsdóttur (2008) var um 40–50 tonnum af áburði dreift árlega í Þjórsárdal og á Gnúpverjaafrétti á árunum 1990–1993 en eftir 1993 og fram til 1999 dró úr áburðargjöf á svæðinu niður í 6–12 tonn á ári. Á þessum tíma var algengt að bera á um 200 kg/ha (um 50 kg N/ha) (Gústav Ásbjörnsson, tölvuskeyti, 11. júní 2019) og því má áætla að borið hefur verið á í kringum 200–250 ha svæði á ári þegar mest var. Ekki er ljóst að hversu miklu leyti um áburðargjöf á ný svæði eða enduráburðargjöf á eldri svæði var að ræða. Uppgræðslu með grasfræi og áburði í nágrenni Búrfellsvirkjunar var hætt á vegum Landsvirkjunar árið 2000 en Landgræðslan og heimamenn héldu áburðargjöf áfram (Hugrún Gunnarsdóttir 2015). Eftir tilkomu Hekluskögaverkefnisins 2008 var byrjað aftur á uppgræðslu á svæðinu með þátttöku Landsvirkjunar (sjá kafla 4.3 um Heklusköga).

Saga uppgræðslu á Hafinu er betur þekkt en margra annarra svæða en hún hófst árið 1960 með flugvélasáningu á túnvingli og 20 tonnum af áburði á vegum Landgræðslu ríkisins (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998). Landgræðsluflug yfir Hafinu hófst aftur árið 1973

5. tafla. Uppgræðsluaðgerðir með þátttöku Landsvirkjunar 1968–1999 fyrir meginaðgerðarsvæðið Þjórsárdalur–Búrfell samkvæmt heimildum. Aðgerðir fólust í grassáningum og áburðargjöf. Stærð aðgerðarsvæðanna miðast við stöðuna árið 1999. Uppgræðsluaðilar voru LV: Landsvirkjun, LR: Landgræðslan, VG: Vegagerðin, SR: Skógræktin, Ásahr.: Ásahreppur, Gnúpv.hr.: Gnúpverjahreppur. (Heimildir: Herdís Friðriksdóttir 2000 (H.F.(2000)), Húgrún Gunnarsdóttir 2008 (H.G. (2008)), Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998 (Á.E. og B.M. (1998)).

Svæði	Upphafsár aðgerða	Nánar um þátttöku LV í aðgerðum	Stærð svæðis (ha)	Beit	Uppgræðslu- aðilar	Heimild
Þjórsárdalur – Hesthúsflöt	1968	Hætt 2000	53	Já	LV, LR	H.F. (2000) og H.G. (2008)
Þjórsárdalur – Sögualdarbæjarflöt	1968	Hætt 2000	32	Nei	LV, LR	H.F. (2000) og H.G. (2008)
Vegarflöt	1969	Hætt 2000	49	Já	LV, LR	H.F. (2000) og H.G. (2008)
Þjórsárdalur – Fossártangi	1970	Hætt 2000	20	Já	LV, LR	H.F. (2000) og H.G. (2008)
Þjórsárdalur – við Þjóðveginn	1973	Hætt 1995	239	Já	LV, LR, SR, VG, Gnúpv.hr.	H.F. (2000)
Sámstaðarmúli	1973	Hætt 1990	12	Já	LV, LR	H.F. (2000)
Hafið	1973	Hætt 2000	214	Já	LV, LR, Gnúpv. hr.	H.F. (2000) og H.G. (2008), Á.E. og B.M. (1998)
Þjórsárdalur – sundlaug	1974	Hætt 2000	10	Nei		H.F. (2000) og H.G. (2008)
Dælusandur	1978	Hætt 1995	39	Nei	LV, LR	H.F. (2000)
Undir hlíðum Búrfells	1980	Hætt 1988	42	Nei	LV, LR	H.F. (2000)
Í hlíðum Búrfells	1986	Hætt 1992	50	Nei	LV, LR	H.F. (2000)
Þjórsárdalur – 1) Víkurflöt, 2) Fossár- tangi	1999	Hætt 2000	9	Nei	LV, LR	H.F. (2000) og H.G. (2008)
Stærð uppgræðslusvæða alls (árið 1999):			769			

með aðkomu Landsvirkjunar og var þá sáð húðuðum túnvingli (Herdís Friðriksdóttir 2000). Áfram var húðuðum túnvingli sáð í svæðið eftir gos í Heklu 1980–81. Áburði var dreift á svæðið nær árlega og túnvingli og vallarsveifgrasi sáð í ný svæði (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998). Með tilkomu Sultartangalóns 1983 fór nokkurt land á Gnúpverjafrétti undir vatn og var gerður samningur milli Landsvirkjunar og Gnúpverjahrepps um uppgræðslu 80 ha lands á Hafinu í staðinn (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998). Á árunum 1960–1996 var var alls dreift ríflega 700 tonnum af áburði á Hafinu, mest eftir Heklugosið 1980 (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998).

Uppgræðsluaðgerðir umhverfis virkjanir við Hrauneyjafoss og Sigöldu hófust árið 1972 (6. tafla). Uppgræðslusvæðin voru sex talsins og lágu þau umhverfis lónin, Hrauneyjafossstöð og inn að Þóristungum. Svæðið við Hrauneyjafossstöð var friðað fyrir búfenaði um leið og virkjunarframkvæmdir hófust um 1980 (Kolbrún Björnsdóttir 1995). Árið 1999 hafði verið unnið á alls 341 ha lands (Herdís Friðriksdóttir 1999) (6. tafla) en átta árum síðar, árið 2007, á alls 1027 ha lands (Húgrún Gunnarsdóttir 2008). Í þeirri tölu er líklega um enduráburðargjöf að ræða í mörgum tilvikum. Sáningu og áburðargjöf var að hluta til hætt á svæðunum árið 2000 og var alveg lokið á árinu 2008 (Húgrún Gunnarsdóttir 2015). Aðallega var sáð túnvingli í svæðin og lengst af var borið á svæðin umhverfis virkjanirnar. Á véltækum svæðum var notuð dráttarvél og kastdreifari til sáningar og áburðardreifingar en einnig var handsáð (Herdís Friðriksdóttir 1999, Landsvirkjun 1995). Í Þóristungum var sáð og borið á svæðið úr flugvél. Á svæðum umhverfis Hrauneyja- og Krókslón og í Þóristungum var uppgræðslum yfirleitt þannig háttað að sáð var um 15–20 kg /ha af grasfræi og um leið borin á um 300–400 kg/ha af áburði. Algengast var að bera á áburðinn Græði 9 (Herdís Friðriksdóttir 1999, 2000). Oftast var sáningin endurtekin árið eftir og sama magn af áburði borið á. Á nokkrum svæðum var áburðargjöf hins vegar í nokkur ár eftir að sáningu lauk. Örlítið var um að melgresi væri sáð í sandbala (Herdís Friðriksdóttir 1999).

6. tafla. Uppgræðsluaðgerðir með þátttöku Landsvirkjunar 1968–1999 við meginaðgerðasvæðið við Hrauneyjafoss- og Sigölduvirkjun samkvæmt heimildum. Uppgræðsluaðferð var grassáning og áburðargjöf og borið á 350 kg/ha. Uppgræðsluaðilar voru Landsvirkjun og Landgræðslan. Stærð svæðanna miðast við stöðuna árið 1999. (Heimild: Herdís Friðriksdóttir 2000).

Svæði	Upphafsár aðgerða	Nánar um þátttöku LV í aðgerðum	Stærð svæðis (ha)	Beit
Sigalda B	1972	Hætt 1978	16	Nei
Sigalda fremri	1973	Hætt 1978	115	Nei
Sigalda A	1973	Hætt 1978	55	Nei
Þóristungur	1976	Hætt 1983	50	Já
Við Hrauneyjarvirkjun	1979	Að mestu hætt 1994	75	Nei
Sigalda C	1995	Virkt 1999	30	Nei
Stærð uppgræðslusvæða alls (árið 1999):			341	

7. tafla. Uppgræðsluaðgerðir með þátttöku Landsvirkjunar 1968–2018 í Þóristungum og á Búðarhálsi vegna Sporðöldulóns samkvæmt heimildum. Uppgræðsluaðferð var eingöngu áburðargjöf og svæðið var ekki friðað fyrir beit. Uppgræðsluaðilar voru Landsvirkjun, Landgræðslan og Ásahreppur (Heimildir: G.Á. 2009–2016: Gústav M. Ásbjörnsson 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 og 2016, G.Þ. 2018 a,b: Garðar Þorfinnsson 2018 a,b).

Ár aðgerða	Stærð nýrra svæða (ha)	Enduráburðargjöf (ha)	Heildarstærð svæðis á ári (ha)	Áburðarmagn (ca.) (kg/ha)	Heimild
2009	60	0	60	150/250	G.Á. 2009
2010	125	70	195	200	G.Á. 2010
2011	125	200	325	200	G.Á. 2011
2012	115	230	345	200	G.Á. 2012
2013	172	138	310	200	G.Á. 2013
2014	0	370	370	120	G.Á. 2014
2015	10	205	215	160	G.Á. 2015
2016	0	120	120	200	G.Á. 2016
2017	27	118	145	150	G.Þ. 2018a
2018	0	177	177	150	G.Þ. 2018b
Alls (ha):	634	1.628	2.262		

Saga landgræðsluaðgerða við Sporðöldulón er vel skráð. Þar hófust aðgerðir árið 2009 (7. tafla). Árið 2013, fjórum árum síðar, var búið að styrkja gróður með áburðargjöf (án grassáninga) á 625 ha af nýjum svæðum (Hugrún Gunnarsdóttir 2015) og alls 685 ha níu árum síðar eða 2018. Inn í þeirri tölu eru 50 ha af námusvæðum (Gústav M. Ásbjörnsson 2016, Garðar Þorfinnsson 2018a, 2018b) (7. tafla). Auk þess var áburðargjöf endurtekin á uppgræðslurnar í nokkur ár og samtals hafði enduráburðargjöf farið fram á um 1630 ha árið 2018 (Elín F. Þórarinsdóttir o.fl. 2014, Garðar Þorfinnsson 2018a, 2018b). Áburðarmagn var yfirleitt um 150–200 kg/ha og dreift með kastdreifara (7. tafla). Uppgræðslusvæðið er í heildina ógirt, fyrir utan 100 m² reiti hvoru megin Köldukvísla, sem girtir voru af árið 2009 til að leggja mat á áhrif beitarfriðunar, en lítið var af búfé á svæðinu við upphaf uppgræðsluframkvæmda og beitarálag ekki talið mikið (Hugrún Gunnarsdóttir 2009).

8. tafla. Rannsóknir (gróðurúttektir með mælireitum, almennar lýsingar eða gróðurkort) á ástandi landgræðslu- og skógræktarsvæða á áherslusvæði, raðað eftir gerð og tímaröð heimilda.

Meginsvæði	Svæði	Gerð rannsóknar	Heiti rannsóknar (heimildir)	Ár rannsóknar	Nánar um rannsókn	Nöfn höfunda og útgáfuár
Landgræðsla						
Þjórsárdalur – Búrfell	Þjórsárdalur	Gróðurkort	Gróðurbreytingar í Þjórsárdal	1960 og 1977	Gróðurkort frá 1960 og 1977 borin saman.	Guðmundur Guðjónsson 1980
Þjórsárdalur – Búrfell	Við Búrfell. Suðvestan við stöðvarhús, við Sögualdarbæinn og Dælusandur	Almenn lýsing	Uppgræðsla við Búrfell í Þjórsárdal	1996	Svæði sem verið er að græða upp (grasfræ og áburður)	Sigurður H. Magnússon 1996
Þjórsárdalur – Búrfell	Hafið	Gróðurúttekt	Uppgræðsla á Hafinu á Gnúpverjaafrétti.	1996	Uppgræðslurákir (grasfræ og áburður) frá því um nokkrum árum fyrir úttekt til 1996 teknar út	Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998
Hrauneyjarfoss – Sigalda	Hrauneyjarvirkjun, Sigalda, Þóristungur	Gróðurúttekt	Mat á árangri uppgræðslu umhverfis Sigöldu Hrauneyjalón og í Þóristungum	1998	Uppgræðslur (grasfræ og áburður) frá 1973–1978, 1976–1982 og 1995–1999 teknar út.	Herdís Friðriksdóttir 1999
Þjórsárdalur – Búrfell	Þjórsárdalur	Gróðurkort	Þróun gróðurþekju í Þjórsárdal	1987, 2003 og 2007	Gróðurkort frá 1987, 2003 og 2007 borin saman.	Eiður K. Eiðsson o.fl. 2007
Sporðöldulón	Búðarháls og Þóristungur	Gróðurkort	Úttekt á gróðurfari og jarðvegsrofi	2009 og 2014	Gróðurkort frá 2009 og 2014 borin saman.	Elín F. Þórarinsdóttir o.fl. 2014
Skógrækt						
Þjórsárdalur – Búrfell	Skógræktargirðing vestan við Búrfell	Almenn lýsing og gróft mat	Skógræktarstarf við Búrfell, 1991–2008	2008	Lýsing á stöðu gróðursetninga og gróft mat, t.d. á meðalhæð trjáa í skógarteigum	Einar Gunnarsson 2008
Hrauneyjarfoss – Sigalda	Hrauneyjar	Almenn lýsing	Uppgræðsla við Hrauneyjar	1995	Námsritgerð, lýsing á trjárækt og lifun.	Kolbrún Björnsdóttir 1995
Landgræðsla og skógrækt						
Hekluskógar	Hekluskógasvæðið	Trjásmælingar	Vefur Heklu-skógaverkefnisins www.hekluskogar.is	2013 og 2018	Birkiplöntur mældar í Hekluskógaverkefni	Hekluskógar 2019b

4.1.3 Rannsóknir og mat á ástandi og þróun landgræðslusvæða

Skipulegar rannsóknir (úttektir) og almennar lýsingar á ástandi og þróun uppgræðslusvæða á áherslusvæðinu hafa verið nokkrar (8. tafla). Guðmundur Guðjónsson (1980) kannaði breytingar á gróðurfari á um 6.750 ha svæði í Þjórsárdal með því að bera saman gróðurkort frá 1960 og 1977. Athugun hans leiddi í ljós að gróðri í dalnum fór mjög mikið fram á þessu 17 ára tímabili. Við samanburð gróðurkortanna kom fram að gróið land (>10% gróðurþekja) á láglendi (<200 m y.s.) hafði aukist úr 431 ha í 1.776 ha, þ.e. nær fjórfaldast. Gróðurbreytingar ofan 200 m hæðar voru minni, en þar hafði flatarmál gróins lands aukist úr 1.449 ha í 1.908 ha. Breytingarnar voru, að mati höfundar, aðallega tilkomnar vegna sjálfgræðslu landsins vegna friðunar fyrir ágangi búfjár en einnig að hluta til vegna nýrra sáninga Landgræðslu ríkisins á vegum Landvirkjunar. Flatarmál ræktaðs lands (merkt grassáningar á korti) á láglendi var nánast ekkert árið 1960 en var skráð um 190 ha árið 1977 og 8 ha ofan 200 m (Guðmundur Guðjónsson 1980). Fram kom að uppgræðsla Landsvirkjunar hafi verið mun meiri en því sem nam gróðureyðingu vegna framkvæmda við Búrfellsvirkjun. Töluverðar gróðurskemmdir höfðu þó orðið á tímabilinu. Sérstaklega höfðu mosapembur á efri hluta svæðisins rýrnað sem höfundur rakti til öskufalls frá Heklu árið 1970 en stór svæði í dalnum fóru þá undir þykk lög af svörtum basaltvikri. Því miður eru ekki til mælingar á því hve mikið flatarmál gróðurlendis eyddist af völdum gossins (Guðmundur Guðjónsson 1980).

Á árinu 1996 var gerð stutt almenn úttekt á gróðri á nokkrum svæðum í næsta nágrenni við Búrfellsvirkjun og settar fram tillögur að frekari uppgræðsluaðgerðum (8. tafla) (Sigurður H. Magnússon 1996). Á Dælusandi austan Bjarnarlóns hafði grasfræi verið sáð og borið á og samkvæmt lýsingu höfundar var þar að mestu samfelld gróðurþekja með stöku víði og

birkiplöntum. Á undirlendi vestan við Búrfell var landið nokkuð breytilegt en hluti þess hafði verið græddur upp með áburði og grasfræi. Í brekkurótum var víða töluverð gróðurþekja (Sigurður H. Magnússon 1996). Við úttektina kom fram að í uppgræðslustarfi væri mikilvægt að setja fram markmið varðandi framtíðarsýn á gróðurfur svæðanna. Í því sambandi mælti höfundur með að nota aðgerðir sem ýtt gætu undir myndun birkiskóga og víðiflesja og endurheimta þannig gróðurlendi sem voru ríkjandi á svæðinu fyrr á öldum (Sigurður H. Magnússon 1996).

Árangur uppgræðslu á Hafinu var metinn með skipulegum gróðurmælingum árið 1996 (8. tafla) (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998). Fyrstu flugsáningarnar fóru fram árið 1960 og voru þær endurteknar árið 1973 og myndaðist við aðgerðirnar þétt gróðurbreiða. Við gosið í Heklu 1980 varð gróður á svæðinu fyrir miklum skakkaföllum vegna gjósku. Víða myndaðist nokkuð þykkt gjóskulag sem f auk til og olli stöðugri svörfun, erfitt var að sá í það og átti gróður erfitt uppdráttar í kjölfarið. Þekja gróðurs og æðplöntutegunda var mæld á tíu sniðum í misgömlum áburðarrákum 1996. Í gróðurmælingum kom fram að meðalþekja æðplantna var 53% (á bilinu 20–90%), meðalþekja mosa 23% (0–60%) og ógróið yfirborð var að meðaltali 27% (5–40%) (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998). Grastegundir voru ríkjandi í uppgræðslurákunum og nutu sáðgrösin (danskur túnvingull, vallarsveifgras og snarrótarpunktur) og sjálfssáð skriðlíngresi góðs af áburðargjöfnni. Að öðru leyti voru melaplöntur áberandi, s.s. klóelfting, holurt, geldingahnappur, hundasúra og melablóm en einnig voru nýjar tegundir í uppgræðslunum, s.s. stinnastör, axhæra og mosategundir (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998). Að mati höfunda virtist munur á gróðurþekju og gróðursamsetningu í rákunum fyrst og fremst stafa af mislöngum tíma frá síðustu áburðargjöf, en gróður var þéttari þar sem skemmra var frá síðustu áburðargjöf en meira um náttúrulegar tegundir þar sem lengra var liðið frá áburðargjöfnni. Ályktað var að hægt væri að græða upp land á svæðinu með grassáningu og áburðargjöf en að viðhald gróðurs væri háð áburðargjöf og landnám náttúrulegs gróðurs væri hægfara (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998).

Sumarið 1998 voru gerðar skipulegar gróðurmælingar til að meta árangur uppgræðslu umhverfis Sigöldu, Hrauneyjarlón og í Þóristungum og voru uppgræðslusvæðin borin saman við óuppgrædd viðmiðunarsvæði (Herdís Friðriksdóttir 1999) (8. tafla). Á 115 ha uppgræðslusvæði sem kallast Sigalda fremri (450 m h.y.s.) hófust aðgerðir 1973 og stóðu yfir til 1978 og því voru liðin 20 ár frá aðgerðum þegar gróðurúttektin var gerð. Þar sýndu niðurstöður að æðplöntuþekja var 5–25%, mosaskán var algeng eða um 50% að meðaltali og ógróið land um 5–25% (Herdís Friðriksdóttir 1999). Grastegundirnar túnvingull, blávingull og skriðlíngresi voru mest áberandi af æðplöntum og einnig melategundir eins og melablóm, geldingahnappur, holurt, lambagras og músareyra. Algengustu mosarnir voru melagambri og jarphaddur (Herdís Friðriksdóttir 1999). Á öðrum svæðum við Sigöldu sem hafa svipaða uppgræðslusögu (6. tafla) var ámóta sögu að segja nema gróðurþekja var heldur meiri. Á enn einu svæði við Sigöldu (Sigalda C), þar sem uppgræðsla hófst 1995 eða þremur árum fyrir gróðurúttekt, var áburðargjöf ennþá í gangi þegar úttekt fór fram. Þar var æðplöntuþekja mun meiri en á öðrum svæðum eða 50–75% og voru grös með langmesta þekju. Mosapekja var minni en 1% og ógróið land 5–25% (Herdís Friðriksdóttir 1999). Í Þóristungum (50 ha) áttu uppgræðsluáðgerðir sér stað á árunum 1976–1983 (6. tafla) og þegar gróðurmælingar voru gerðar voru því liðin 15–22 ár frá aðgerðum. Niðurstöður voru svipaðar og við Sigöldu fremri; þekja æðplantna var 5–25%, mosapekja 50–75% og ógróið land 1–5%. Á óuppgræddum svæðum (viðmiðunarsvæðum) var æðplöntuþekja hins vegar aðeins 1–5%, mosapekja minni en 1% og hlutfall ógróins yfirborðs 75–100% (Herdís Friðriksdóttir 1999). Jarðvegsmælingar sýndu að jarðvegsþróun var þó hæg og jarðvegur mjög næringarsnauður, hvort sem var á uppgræðslusvæðum eða viðmiðunarsvæðum (Herdís Friðriksdóttir 1999). Ályktað var að því markmiði uppgræðslu, að mynda gróðurhulu

og stöðva uppblástur, hefði verið náð og að ástand uppgræðslusvæða við Hrauneyjafoss og Sigöldu væri ágætt. Jafnframt var komist að þeirri niðurstöðu að þegar áburðargjöf er hætt á svæðunum breytist þétt graslendi smám saman í fremur þunna mosaþekju. Þannig væri viss hætt á að gróðurinn myndi ganga til baka og hverfa undir áfök þegar fram liðu stundir (Herdís Friðriksdóttir 1999).

Herdís Friðriksdóttir (2000) tók saman upplýsingar um uppgræðslu Landsvirkjunar á svæðinu á árunum 1968–1999 og er þar að finna stutta almenna lýsingu á árangri uppgræðslu við Búrfell. Þar segir að sú regla sé að þau svæði sem fái áburð árlega séu mjög vel gróin en þau sem fengu einungis áburð meðfram sáningu og ekki hafi verið borið á í mörg ár séu mjög rýr. Átti þetta sérstaklega við um svæðið við Þjóðveginn í Þjórsárdal og undir norðvesturhlíðum Búrfells.

Sumarið 2007 var unnið námsverkefni um gróðurfarsbreytingar í Þjórsárdal. Gróðurframvinda var metin út frá gróðurkortum sem höfundar unnu fyrir árin 1987, 2003 og 2007 með myndflokkan gervitunglamynd (Eiður K. Eiðsson o.fl. 2007) (8. tafla). Í ljós kom að gróðurþekja jókst verulega og flatarmál lítt gróinna svæða minnkaði á þessu tuttugu ára tímabili. Heildarflatarmál kortlagðs svæði var um 7.340 ha og hafði flatarmál skóglendis aukist um 175 ha, blómlendis um 174 ha, rýrs mólendis um 122 ha og nýgræðslur orðið til á 416 ha. Á móti kom að lítt gróið land minnkaði að flatarmáli um 832 ha og hálfgróið land um 70 ha (Eiður K. Eiðsson o.fl. 2007). Breytingar voru taldar hafa haldist í hendur við breytta aðferðafræði við uppgræðslu sem tekin var upp í dalnum af Skógræktinni á Suðurlandi, þar sem blöndu af rýgresi, melgresi, lúpínu og birki var sáð (sjá kafla 4.4 um sáningar og útplöntun á alaskalúpínu).

Skipulega hefur verið fylgst með ástandi og árangri uppgræðslna á Búðarhálsi og í Þóristungum vegna Sporðöldulóns. Árið 2014 var gerð úttekt á gróðri og jarðvegsrofi þar með fjarkönnun og landupplýsingum (8. tafla) (Elín F. Þórarinsdóttir o.fl. 2014). Í heild var kortlagt 1834 ha landsvæði en hluti af því, eða 785 ha, hafði einnig verið kortlagt árið 2009, áður en landgræðsluáðgerðir hófust. Þetta er það svæði þar sem einna mest var unnið að uppgræðslum og árið 2014 var búið að vinna að nýuppgræðslum á um 600 ha og enduráburðargjöf á um 1.000 ha lands (7. tafla). Þegar bornar voru saman niðurstöður kortlagningar 2009 og 2014 kom í ljós að gróðurþekja hafði aukist mikið á tímabilinu. Um 70% lands var lítt gróin eða ógróin (með minna en 10% gróðurþekju) árið 2009 en það hlutfall var komið niður í 14% árið 2014 (Elín F. Þórarinsdóttir o.fl. 2014). Að sama skapi jókst þekja lítið gróins lands (með 11–33% gróðurþekju) úr 16% í 45% og þekja hálfgróins og vel gróins lands (með 34–90% gróðurþekju) úr 13,4 % í 34% milli úttektanna. Einnig hafði jarðvegsrof minnkað mjög mikið á svæðinu. Þannig var töluvert, mikið eða mjög mikið jarðvegsrof á rúmum 90% svæðisins árið 2009 en hafði minnkað niður í tæplega 45% árið 2014 (Elín F. Þórarinsdóttir o.fl. 2014). Einnig voru víðitegundir (gulvíðir, loðvíðir og fjallavíðir) kortlagðar árið 2014 sem gefur upplýsingar um hugsanlega þróun svæðisins til lengri tíma. Víðir fannst á meginhluta kortlagða svæðisins nema á sendnum melum vestan við Öldur og á hluta mela norðan við Sporðöldulón (7. mynd). Útbreiðsla lífrænnar jarðvegsskánar var orðin umtalsverð árið 2014, einkum á elstu uppgræðslusvæðunum, en hún getur haft jákvæð áhrif á sjálfgæðslu svæðisins (Elín F. Þórarinsdóttir o.fl. 2014).

4.2 Skógrækt

Landsvirkjun hefur unnið að skógrækt og annarri umfangsminni ræktun trjáa á tveimur svæðum innan áherslusvæðis. Gróðursetning og umhirða trjáplantna hefur verið í samstarfi við Skógræktarfélag Íslands, Skógræktina og skógræktarfélag heimamanna (Hugrún Gunnarsdóttir 2015).

4.2.1 Upphafsstand svæða og markmið aðgerða

Hefðbundin skógrækt hefur átt sér stað á tveimur svæðum í námunda við Búrfell. Annað svæðið er innan skógræktargirðingar vestan undir Búrfelli sem nær frá Búrfellsskógi að Búrfellsstöð, 143 ha að stærð (Einar Gunnarsson 2008). Fyrir aðgerðir var svæðið örfoka land, mjög rýrt og gróðurvana (Hugrún Gunnarsdóttir 2009). Aðgerðir á þessu svæði voru hluti af svokölluðu landgræðsluskógaverkefni en markmið þess var að sameina aðgerðir uppgræðslu og skógræktar til að klæða rýr og illa gróin svæði skógi (Hugrún Gunnarsdóttir 2009).

Hitt svæðið sem unnið hefur verið á í nágrenni Búrfells er innan skógræktargirðingar vestan við Bjarnarlón, í 250–300 m hæð norðan Búrfells (6. mynd), 126 ha að stærð. Í ræktunaráætlun sem gerð var árið 2012 var gert ráð fyrir að gróðursetja í 117 ha. Í tengslum við hana var landinu við Bjarnarlón lýst og þar kemur fram að gróðurfur svæðisins sé rýrt þurrlandi en þó séu nokkur vot- og deiglendisvæði inn á milli. Á svæðinu vex sjálfsprottið birki sem breiðist hægt út. Jarðvegur er dæmigerður fokjarðvegur með þykkum gjóskulögum (Rúnar Ísleifsson 2012). Markmið aðgerða við Bjarnarlón var að rækta upp skóg á svæðinu. Mun umfangsminni trjárækt var einnig við Hrauneyjafossvirkjun í þeim tilgangi að mynda skjólbelti og til þrýðis.

4.2.2 Aðgerðir

Árið 1991 hófu Landsvirkjun, Skógræktarfélag Íslands og Skógræktarfélag Árnesinga samstarf um ræktun landgræðsluskóga í Þjórsárdal á afrétti Gnúpverjahrepps og árið 1993 var gengið frá formlegum samningi þar um (Einar Gunnarsson 2008). Skógræktarfélag Íslands skipulagði og hafði umsjón með skógræktarstarfinu og lagði til trjáplöntur en sumarstarfsfólk Landsvirkjunar vann að gróðursetningum (Hugrún Gunnarsdóttir 2008). Auk þess kom Skógræktin að utanumhaldi aðgerða í byrjun (Einar Gunnarsson 2008).

Gróðursetningar hófust á svæðinu vestan við Búrfell árið 1991 en þá voru settar niður um 10.000 birkiplöntur og 5.000 lerkiplöntur. Þar voru alls gróðursettar um 71.000 trjáplöntur á um 49 ha á árunum 1991–2002 (Einar Gunnarsson 2008) (9. tafla). Á tímabilinu 2003–2007 voru á sama svæði gróðursettar um 176 þúsund trjáplöntur á 74 ha svæði (Hugrún Gunnarsdóttir 2008). Heildarstærð svæðisins sem plantað var í árin 1991–2007 var 123 ha og heildarfjöldi planta rúmlega 238.400 (Hugrún Gunnarsdóttir 2008). Þá voru um 10.000 plöntur frá árinu 2001 ótaldar (Skógræktarfélags Íslands, óbirt gögn) þannig að heildarfjöldi plantna var um 247 þúsund (9. tafla). Um 95% trjáplantanna voru innlendar tegundir og þar af voru um 90% birki (Hugrún Gunnarsdóttir 2009). Á tímabilinu 2008–2016 voru síðan gróðursettar um 330 þúsund plöntur til viðbótar, nær eingöngu birkiplöntur, og voru nýgróðursetningar á 66 ha lands frá 2008–2014 (Skógræktarfélags Íslands, óbirt gögn) (9. tafla). Á þessum árum var farið að planta í svæðið vestan við Bjarnarlón. Heildarfjöldi gróðursettra plantna í skógræktargirðinginni vestan við Búrfell (frá 1991–2012) var því samkvæmt heimildum í kringum 430 þúsund plöntur og gróðursett hafði verið í um 156 ha (9. tafla). Skógræktargirðingin er um 140 ha samkvæmt framansögðu og því hefur verið endurgróðursett í hluta svæðisins.

Allar gróðursetningar á svæðinu fóru fram með handverkfærum. Sumarið 2003 var tekin upp sú aðferðafræði vestan við Búrfell að gróðursett var í rásir eftir svokallað TTS-herfi (Einar Gunnarsson 2008). Kostir jarðvinnslunnar fólust í að trjáplönturnar fengu meiri raka og skjól ofan í rásunum fyrstu árin og eftirfylgni með áburðargjöf var auðveldari (Einar Gunnarsson 2008). Víða var mikil þörf á áburðargjöf á svæðinu vestan við Búrfell vegna næringarsnauds jarðvegs og fengu nýgróðursetningar áburðargjöf á hverju sumri fyrstu árin. Sumarið 2007 voru t.d. um 700 kg af tilbúnum áburði borin á nýgróðursettar plöntur og alls um 3.500 kg á gróðursetningar frá árunum 2004–2006 (Einar Gunnarsson 2008). Sumarið 2003 var gert átak í áburðargjöf og borið á alla skógarteiga þar sem tré voru lægri en 1 m að hæð (Einar Gunnarsson 2008).

9. tafla. Árleg gróðursetning trjáplantna í skógræktarsvæði við Búrfell og Bjarnarlón á tímabilinu 1991–2016. Endurtekning er táknuð (") en þar sem upplýsingar vantar er táknið (-). Upplýsingar eru bæði úr birtum heimildum þ.e. Einar Gunnarsson 2008 (EG 2008) og Hugrún Gunnarsdóttir 2008 (HG 2008), og úr óbirtum gögnum frá Skógræktarfélagi Íslands (SÍ).

Skógræktarsvæði	Ár	Trjátegund	Fj. plantna	Flatarmál svæðis (ha)	Heimild
Vestan við Búrfell	1991	Birki	10.000	-	EG 2008
"	"	Lerki	5.000	-	"
"	1992	-	-	-	"
"	1993	-	-	-	"
"	1994	Birki	8.660	-	"
"	"	Rússalerki	1.407	-	"
"	1995	-	-	-	"
"	1996	Birki	5.025	-	"
"	"	Sitkaelri	536	-	"
"	"	Rússalerki	4.489	-	"
"	1997	Birki	8.000	-	"
"	"	Elri	500	-	"
"	1998	Birki	6.432	-	"
"	1999	Birki, Sitkaelri	1.000	-	"
"	2000	Birki	10.000	-	"
"	2001	-	10.000	-	SÍ, óbirt gögn
"	2002		0		"
Tímabilið 1991–2002 alls:			71.049	49 ha	EG 2008
Vestan við Búrfell	2003	Birki	3.350	4,2	HG 2008
"	"	Rússalerki	2.000		"
"	2004	Birki	35.108	13,0	"
"	2005	Birki	35.108	10,3	"
"	2006	Birki	65.552	20,5	"
"	2007	Birki	33.031	25,8	"
"	"	Alaskavíðir	1.120		"
"	"	Jörvavíðir	1.120		"
"	"	Ilmreynir	35		"
Tímabilið 2003–2007 alls:			176.424	74 ha	"
Tímabilið 1991–2007 alls:			247.473	123 ha	"
Vestan við Búrfell	2008	Birki	35.000	sama svæði og 2007	SÍ, óbirt gögn
"	2009	Birki	50.116	sama svæði og 2007	"
"	2010	Birki	46.900	20	"
"	2011	Birki	44.220	10	"
"	2012	Birki	10.050	3,35	"
Við Bjarnarlón	2013	Birki	29.760	17,4	"
"	2014	Birki	33.516	15	"
"	2015	Birki	54.270	-	"
"	2016	Birki	25.125	-	"
"	"	BF (?)	670		"
Tímabilið 2008–2016 alls:			329.627	Árin 2008–2014 var gróðursett í 66 ha	
Allt tímabilið 1991–2016 var heildarfjöldi plantna alls:			577.100	Árin 1991–2014 var gróðursett í 189 ha	

Gróðursetningar við Bjarnarlón hófust árið 2013 (9. tafla) og það ár voru gróðursettar tæplega 30.000 birkiplöntur á um 17 ha svæði. Svipaður fjöldi af birki var gróðursettur árin 2014 og 2016 en um 54.000 birkiplöntur árið 2015. Heildarfjöldi gróðursettra plantna við Bjarnarlón var því um 143.300 plöntur á tímabilinu 2013–2016 og voru það nær eingöngu birkiplöntur (9. tafla). Í ræktunaráætlun fyrir svæðið var gert ráð fyrir áburðargjöf á nýgróðursetningar. Ennfremur að undirbúa land fyrir gróðursetningar með áburðargjöf og í sumum tilfellum gróðursetja víði (einkum loðvíði og gulvíði) á erfiðum stöðum til að skapa lágskjól (Rúnar Ísleifsson 2012).

Frá því að skógrækt hófst á áherslusvæðinu árið 1991 og fram til ársins 2016 voru í heild gróðursettar um 577 þúsund trjáplöntur á skógræktarsvæðunum tveimur við Búrfell á vegum Landsvirkjunar og samstarfsaðila (Einar Gunnarsson 2008, Hugrún Gunnarsdóttir 2008, Skógræktarfélag Íslands, óbirt gögn) (9. tafla). Langmest var plantað af birki eða um 97% á mótí 3% af öðrum trjategundum, þar sem upplýsingar um trjategund voru fyrir hendi. Mjög breytilegt var milli ára hversu mikið var gróðursett eða á bilinu 1.000–65.500 plöntur. Mest var gróðursett seinni hluta tímabilsins eða eftir 2003. Gróðursett hafði verið í 189 ha á tímabilinu 1991–2014 samkvæmt heimildum og óbirtum gögnum Skógræktarfélag Íslands (9. tafla).

Við Hrauneyjafosstöð hófst gróðursetning trjáplantna árið 1983 er settar voru niður nokkrar plöntur af birki, furu og víði umhverfis stöðvarhúsið og á næstu árum voru gróðursettar fleiri trjáplöntur (Kolbrún Björnsdóttir 1995). Sumarið 1986 var 690 víðiplöntum plantað í skjólbelti, mest grænum alaskavíði. Þegar svæðið var friðað fyrir beit uxu upp villtar gulvíðiplöntur í mosapembu neðan við stöðvarhúsið í Hrauneyjum. Af þeim voru klipptir græðlingar, þeim fjölgað í gróðrarstöð og síðan plantað á svæðinu og komu þeir vel út (Kolbrún Björnsdóttir 1995). Árið 1994 voru um 1000 víðiplöntur gróðursettar við Sigöldu, þ.e. í Sigöldukvos, við Hraunbúð og á brún við fótboltavöll (Landsvirkjun 1995).

4.2.3 Rannsóknir og mat á ástandi og þróun skógræktarsvæða

Í skýrslu Einars Gunnarssonar (2008) er lagt mat á árangur af skógræktarstarfinu 1991–2008 vestan undir Búrfelli með því að skrá ýmsar upplýsingar um skógarteiga. Stærð skógarteigana var frá 0,1–9,2 ha og innan þeirra var m.a. „metin meðalhæð trjáanna“ (líklega framkvæmdar stöku mælingar) og sú þekja lands sem myndi „að óbreyttu verða þakinn skógi“ (Einar Gunnarsson 2008). Þannig var meðalhæð trjáplantna í skógarteigunum metin 0,2–4,0 m og væntanleg þekja skógar frá 20–100%.

Í almennri lýsingu í skýrslu Einars (2008) segir einnig að góður árangur af gróðursetningunum hafi náðst, sérstaklega í hlíðum Sámstaðamúla, og að því beri að þakka vandvirkni við útplöntun og endurteknum áburðargjöfum. Einnig að birkiskógurinn muni að öllum líkindum sá sér út í framtíðinni (Einar Gunnarsson 2008). Svæði norðvestan undir Búrfelli var þó erfiðara til trjáræktar en þar eru annars vegar gróðurlitlar skriður og hins vegar flatlendir vikrar og sandar (Hugrún Gunnarsdóttir 2009).

Árangur af gróðursetningu trjáplantna við Hrauneyjafosstöð var dræmur og afföll voru mikil. Græni alaskavíðirinn lifði þó ágætlega í skjólbeltum (Kolbrún Björnsdóttir 1995). Gulvíðiplönturnar sem áttu uppruna í villtum gulvíði neðan við stöðvarhúsið við Hrauneyjar komu mjög vel út á svæðinu. Við ræktun græðlinganna í gróðrarstöð kom í ljós að þeir vöknudú seinna á vorin en annar víðir sem hentar vel við aðstæður þar sem þær uxu náttúrulega og voru síðan gróðursettar (Kolbrún Björnsdóttir 1995) en gróðursetningasvæðið kringum Hrauneyjafossvirkjun er í rúmlega 400 m h.y.s.

4.3 Hekluskógaverkefnið – landgræðsla og birkiskógrækt

Landsvirkjun hefur unnið að landgræðslu og skógrækt í samstarfi við Hekluskógaverkefnið og er hluti verkefnisins unninn á áherslusvæðinu sem hér er fjallað um. Hekluskógaverkefnið er sjálfstætt samstarfsverkefni með það höfuðmarkmið að endurheimta birkiskóga og víðikjarr í nágrenni Heklu til að verjast afleiðingum öskugosa (Hreinn Óskarsson 2009). Samninginn um verkefnið undirrituðu Landgræðslan, Skógræktin og Ríkissjóður árið 2007, en um er að ræða samstarf ýmissa aðila, m.a. landeigenda á Hekluskógasvæðinu, Landgræðslunnar, Skógræktarinnar, skógræktarfélagi og Landsvirkjunar (Hreinn Óskarsson 2009, Hugrún Gunnarsdóttir 2015). Verkefnið er unnið þannig að birki er gróðursett í trjálundum vítt og breitt um svæðið þaðan sem gert er ráð fyrir að það muni sá sér út um svæðið. Þannig miða aðgerðir fyrst og fremst að því að örva gróðurframvindu fremur en að um samfellda ræktun sé að ræða (Ása L. Aradóttir o.fl. 2006). Áður en gróðursett er þarf að vinna að uppgræðslu á illa grónum svæðum til að gera þau hentugri fyrir útplöntun og sjálfsáningu. Við uppgræðsluna er notaður tilbúin áburður eða kjötmjölsdreifing sem er seinleystari áburður. Einnig var gert ráð fyrir í áætlun að sá melgresi í land með miklu sandfoki en grassáningar þar sem var lítt gróið land en minna sandfok (Arna Björk Þorsteinsdóttir o.fl. 2006).

4.3.1 Upphafsástand svæða og markmið aðgerða

Helstu aðgerðarsvæði Landsvirkjunar í Hekluskógaverkefninu hafa verið á neðri hluta áherslusvæðisins, í Þjórsárdal, við Búrfell, á Hafinu, Landskógum og Árskógum (6. mynd). Við upphaf aðgerða skilgreindust um 70% Hekluskógasvæðisins í heild sinni sem lítið gróið land og á helmingi þess var sandfok og mikið rof (Arna Björk Þorsteinsdóttir o.fl. 2006). Stór hluti landsins sem svo er lýst er innan áherslusvæðis sem fjallað er um hér í skýrslunni. Markmið ræktunar í samstarfi við Hekluskóga er að endurheimta birkiskóga og víðikjarr í nágrenni Heklu og minnka líkur á vikurfoki í kjölfar gjóskugosa úr eldfjallinu (Hekluskógar 2019a).

4.3.2 Aðgerðir

Landsvirkjun hóf þátttöku í undirbúningi á Hekluskógaverkefninu sumarið 2006 með því að útvega starfsfólk til að gróðursetja birki og víði í tilraunareiti (Hekluskógar 2006). Verkefnið hófst formlega árið 2007 og 2008 var byrjað að gróðursetja í verkefninu fyrir alvöru. Það ár unnu sumarvinnuhópar Landsvirkjunar m.a. að því að dreifa grasfræi og áburði og gróðursetja birki í nágrenni Búrfellsskógar (Hekluskógar 2008). Landsvirkjun hefur stutt Hekluskógaverkefnið með áburði, tækjum, mannskap og beinum fjárframlögum frá upphafi verkefnisins (Hreinn Óskarsson 2011, Hugrún Gunnarsdóttir 2015, Hekluskógar 2016). Fyrirtækið hefur um áratuga skeið starfrækt sumarvinnuflokka ungs fólk undir heitinu „Margar hendur vinna létt verk“ og á þeirra vegum var árlega unnið að gróðursetningum vegna Hekluskógaverkefnisins, a.m.k. frá 2007–2011 (Landsvirkjun 2008, 2009, 2010, 2011a, 2012).

Unnið hefur verið að kjötmjölsdreifingu í Hekluskógum frá árinu 2009 í samstarfi við Landsvirkjun og Landgræðsluna (Hrönn Guðmundsdóttir 2018). Árið 2012 var t.d. 175 tonnum af kjötmjöli dreift á skógræktarsvæði Hekluskóga syðst í Búrfellsskógi og sunnan við Fossá (Landsvirkjun 2013). Í 10. töflu má sjá yfirlit yfir kjötmjölsdreifingu sem Landsvirkjun hefur tekið þátt í á árunum 2009–2016 (Hekluskógar, óbirt gögn). Á tímabilinu var 85–417 tonnum dreift árlega á 17–200 ha svæði. Samkvæmt þessu hafði alls verið dreift um 1.930 tonnum af kjötmjöli á um 940 ha árið 2016. Tölurnar eiga við um allt Hekluskógasvæðið, bæði innan og utan athugunarsvæðis sem fjallað er um í samantektinni.

10. tafla. Árleg kjötmjölsdreifing á árunum 2009–2018 á vegum Hekluskóga, með þátttöku Landsvirkjunar. Upplýsingar um magn kjötmjöls og stærð svæða eru úr óbirtum gögnum frá Hekluskógaverkefninu og Samningi nr. 1968 um Þjórsárvæði (2017). Upplýsingar um svæði eru úr óbirtum landupplýsingagögnum Hekluskóga. Tölurnar eiga við um allt Hekluskógasvæðið, bæði innan og utan athugunarsvæðis sem fjallað er um í skýrslunni. Þar sem upplýsingar vantar er táknið (-).

Ár aðgerða	Svæði	Heildarmagn kjötmjöls (t)	Stærð svæðis (ha)	Magn kjötmjöls (kg/ha)
2009	-	85	17	5.167
2010	Búrfell	106	43	2.267
2011	-	157	97	1.619
2012	Búrfell, Þjórsárdalur	350	184	2.251
2013	Búrfell, Þjórsárdalur	400	200	2.365
2014	-	175	99	1.768
2015	Hafið	244	104	2.896
2016	Hafið, Árskógar	417	196	2.444
	Alls árið 2016	1.934	940	
Áætlun 2017	Árskógar	300	150	-
Áætlun 2018	-	300	150	-

Árið 2017 var gerður formlegur samningur milli Landsvirkjunar og Hekluskóga fyrir árin 2017–2020 um áframhaldandi gróðurstyrkingu á starfssvæði Hekluskóga innan virkjanasvæðis á Þjórsárvæði (Samningur nr. 1968 um Þjórsárvæði). Í samningnum var áætlað að dreifa um 300 tonnum af kjötmjöli yfir 150 ha lands árið 2017; inn með Stangarvegi og austan við Þjórsá við Sultartanga að vori og austan Þjórsár á svæðið milli gamla Tungnaárfarvegjar við Sultartanga og Vaðöldu að hausti. Ennfremur var gert ráð fyrir að dreifa svipuðu magni kjötmjöls árin 2018–2020. Gert var ráð fyrir að ekki þyrfti að vinna meira í uppgræðslu á viðkomandi svæði í framtíðinni og stefnt að því að gróðursetja birki í lundi á svæðunum (Samningur nr. 1968 um Þjórsárvæði). Ef áætlun fyrir árið 2017 og 2018 stóðst hefur heildarmagn kjötmjöls, sem dreift hefur verið í Hekluskógaverkefninu, verið komið í um 2.500 tonn og stærð heildarsvæðis í um 1.240 ha árið 2017 (10. tafla). Eiga þessar tölur við um allt Hekluskógasvæðið, sem er bæði innan og utan áherslusvæðisins í samantektinni.

Árið 2011 höfðu alls 1,6 milljónir birkitrjáa verið gróðursettar í um 600–700 ha lands í nágrenni Heklu á vegum Hekluskógaverkefnisins. Einnig hafði tilbúnum áburði verið dreift yfir 1.600–1.700 ha svæði ásamt nokkru af kjötmjöli og grasfræjum (Hreinn Óskarsson 2011). Fjórum árum síðar (2015) höfðu um 2,3 milljónir birkitrjáa og um 50 þúsund reyniviðarplöntur verið gróðursettar á svæðinu í heild á um 1.200 ha lands (Hugrún Gunnarsdóttir 2015). Árið 2018 voru 236 landeigendur með samning við Hekluskóga (Hrönn Guðmundsdóttir 2018). Haustið 2019 var fjöldi gróðursettra plantna orðin um 3,7 milljónir og gróðursetningarsvæðið um 2.000 ha að stærð (Hrönn Guðmundsdóttir, tölvuskeyti, 12. september 2019). Tölurnar eiga við um allt Hekluskógasvæðið, bæði innan og utan athugunarsvæðisins í samantektinni.

4.3.3 Rannsóknir og mat á ástandi og þróun uppgræðslu- og skógræktarsvæða

Í grein Hreins Óskarssonar (2016) kemur fram að síðan 2009 hafi markvisst verið unnið að uppgræðslu lands með kjötmjöli í Hekluskógaverkefninu, sérstaklega á rýrum vikrum Þjórsárdals. Þar segir að árangur verkefnisins hafi verið framar björtustu vonum og að um 700 ha hafi verið græddir varanlega upp með kjötmjöli á heildarsvæði Hekluskóga síðan verkefnið hófst.

Á vef Hekluskóga eru ýmsar upplýsingar um verkefnið og afrakstur þess. Þar kemur fram að til að fylgjast með árangri af gróðursetningunum og meta lifun og vöxt trjáplantanna voru lagðir út 12 fastir mælifletir (reitir) í birki gróðursetningarnar árið 2013. Sömu reitir voru endurmældir árið 2018 og mælireitum fjölgað í 60 (Hekluskógar 2019b). Niðurstöður sýndu að afföll af gróðursettum birkiplöntum voru minni en gert var ráð fyrir og að töluvert var farið að bera á sjálfsáningu birkis. Birkiplöntum hafði fjölgað í 7 af 12 mælireitum vegna sjálfsáningar. Afföll af birkiplöntum voru aðeins um 6% að meðaltali þegar tekið var tillit til aukningar vegna sjálfsáningar (Hekluskógar 2019b). Meðalhæð birkis í reitum var 21,1 cm árið 2013 en 62,2 cm árið 2018. Birkið hafði því vaxið að meðaltali um rúma 40 cm á fimm árum og meðalársvöxtur því um 8 cm sem telst mjög gott á þessu erfiða svæði (Hekluskógar 2019b). Þessar upplýsingar eiga við um Hekluskógasvæðið almennt en ekki kemur fram á vefnum hvar mælireitirnir voru staðsettir.

Almennar lýsingar á þróun Hekluskógasvæðanna eru einnig á vef verkefnisins. Þar kemur m.a. fram að í byrjun verkefnisins árið 2006 voru birki og víðir gróðursett í tilraunareiti. Í vetrarlok (apríl 2007) litu birkiplöntur almennt vel úr þrátt fyrir sandbylji vetrarins. Aðeins í einum reit sáust áberandi skemmdir en sá reitur var á illa grónu svæði og þar hafði sandfok náð sér á strik. Sýndi þetta nauðsyn þess að binda sanda með uppgræðsluadgerðum áður en gróðursett væri í landið (Hekluskógar 2007). Jafnframt segir að árangur af Hekluskógaverkefninu sé orðin mjög sýnilegur og að góður árangur skýri aukinn áhuga sem verkefninu er sýndur. Einnig að á öllum eldri svæðum verkefnisins vaxi upp trjálundir og að stór svæði séu að breytast úr svartri auðn í vel gróin svæði með gróskumiklum ungskógi (Hrönn Guðmundsdóttir 2018).

4.4 Sáningar og útplöntun á alaskalúpínu

Upplýsingar um sáningar og gróðursetningar á lúpínu á áherslusvæðinu eru mun takmarkaðri en um aðrar aðgerðir. Einnig er misjafnt eftir svæðum hversu mikið hefur verið ritað um aðgerðir og ekki er alltaf ljóst hvort og að hve miklu leyti Landsvirkjun tók þátt í aðgerðum.

Nokkuð hefur verið skrifað um dreifingu lúpínu í Þjórsárdal. Þar var mjög lítil lúpínuþekja í byrjun tímabilsins sem samantektin nær yfir. Gróðurkort af dalnum frá árunum 1960 og 1977 sýna að þar var ekkert blómlendi árið 1960 og árið 1977 þakti blómlendi með alaskalúpínu aðeins um 1 ha, en heildarflatarmál kortlagða landsins var 6.750 ha (Guðmundur Guðjónsson 1980). Í ritgerð Eiðs K. Eiðssonar o.fl. (2007) var safnað saman upplýsingum um uppgræðslusögu Þjórsárdals. Þar var m.a. unnið úr starfsskýrslum og ársskýrslum skógarvarða Skógræktar ríkisins á Suðurlandi, þeirra Garðars Jónssonar (starfsskýrslur frá 1947–1982), Böðvars Guðmundssonar (ársskýrslur frá 1986–1996) og Hreins Óskarssonar (ársskýrslur 2002–2005). Í ritgerðinni kemur fram að Skógræktin hóf að dreifa lúpínu í dalnum árið 1962 þegar settir voru niður lúpínuhnausar á fjórum stöðum í dalnum. Næstu ár á eftir var lúpínu sáð og plantað en þær aðgerðir skiluðu litlum árangri (Eiður K. Eiðsson o.fl. 2007). Eftir gjóskufall úr Heklu 1970, sem ollu talsverðum gróðurskemmdum, voru ýmsar aðgerðir prófaðar til að græða upp sanda og vikra dalsins. Meðal annars var lúpínu sáð í Vikrana í Þjórsárdal árið 1986 og næstu ár eftir það. Þegar landgræðsluskógaátak hófst árið 1990 var ákveðið að planta skógi í uppgrædda sanda Þjórsárdals og var lúpínu sáð á ýmsum stöðum í dalnum, s.s. á Vikrunum (Eiður K. Eiðsson o.fl. 2007). Sumarið 1994 var t.d. gengið skipulega um dalinn, alls um 2000 ha, og lúpínufræi sáð. Lúpínan spíraði sum staðar illa, líklega vegna þurrka eða lélegs fræs, en þó var komin skriður á úrbreiðslu hennar við Hjalparfoss sumarið 1996. Lúpínusáningum á Vikrana var haldið áfram næstu árin (Eiður K. Eiðsson o.fl. 2007).

Árið 2002 var breytt um uppgræðsluaðferð í Þjórsárdal og var nú blöndu af rýgresi, melgresi, lúpínu og birki sáð og auk þess voru stærri svæði tekin fyrir í einu og sáð skipulega í þau. Næstu ár á eftir, 2003–2005, var síðan haldið áfram á sömu braut (Eiður K. Eiðsson o.fl. 2007, sem vitna í ársskýrslur frá 2003–2005 frá Hreini Óskarssyni). Samkvæmt upplýsingum um Þjórsárdal á vef Skógræktarinnar kemur fram að á síðari stigum uppgræðslu í Þjórsárdal hafi lúpínu- og grassáningar verið í samvinnu Skógræktarinnar og Landgræðslunnar (Hreinn Óskarsson 2015). Það er þó ekki ljóst í heimildum hvenær sú samvinna hófst og hver hlutur Landsvirkjunar var í þeim efnum. Hugrún Gunnarsdóttir (2015) segir frá því að árið 2000 hætti Landsvirkjun aðkomu að aðgerðum í nágrenni Búrfellsvirkjunar. Frá þeim tíma hafi Landgræðslan, í samvinnu við heimamenn á svæðinu, borið á áburð, sáð grasfræi og dreift lúpínufræi á hluta svæðanna við Búrfell og á Gnúpverjafrétti. Þau svæði falla nú undir starfssvæði Hekluskógaverkefnisins (Hugrún Gunnarsdóttir 2015).

Í skýrslu Herdísar Friðriksdóttur (2000) um uppgræðslu á vegum Landsvirkjunar segir að sumrin fyrir árið 2000 hafi verið gerðar nýstárlegar uppgræðslutilraunir með rotmassa, lúpínu og sáningu trjáplantna umhverfis Búrfellsvirkjun, sem virðist gefa góða raun. Þar segir einnig að yfir 1000 lúpínuplöntur hafi verið gróðursettar í vesturhlíðum Búrfells á vegum Landsvirkjunar, líklega á árabílinu 1992–1999. Lengra niður á sandinum, undir vesturhlíðum Búrfells, var lúpínu einnig plantað, líklega árið 1980, en óvíst í hve miklum mæli (Herdís Friðriksdóttir 2000).

Minnst er á breiður af lúpínu í Þjórsárdal árið 1986 (Kolbrún Björnsdóttir 1995) og í rannsókn á gróðurframvindu í lúpínubreiðum árið 1988 kom einnig fram að breiður voru af lúpínu í sandorpnu hrauni milli Þjórsár og Þjórsárdalsvegar í landi Skógræktar ríkisins á Ásólfstöðum. Samkvæmt heimildum hafði lúpínan dreift sér um sandinn út frá tveimur litlum flekkjum skammt austan Sandár upp úr 1960 (Borgþór Magnússon o.fl. 2001). Við upphaf Hekluskógaverkefnis árið 2006 var heildarsvæðið kortlagt. Á kortinu má sjá að gamlar lúpínusáningar þekja stór svæði í Þjórsárdal, við Sandá og á Vikrunum og einnig norðaustast og suðaustast í dalnum, næst Búrfelli og einnig á uppgræðslusvæðinu Landskógum í Merkurhrauni austan Þjórsár (Arna Björk Þorsteinsdóttir o.fl. 2006). Landskógar er eitt Hekluskógasvæðanna og jafnframt eitt af stærstu friðuðu uppgræðslusvæðum Landgræðslunnar (Landgræðsla ríkisins 2001) og þar er mikil útbreiðsla lúpínu (sjá vistgerðarkort í kafla 5.2.1). Í Hekluskógaverkefninu var tekin sú ákvörðun að sá ekki meiri lúpínu í Þjórsárdal (Eiður K. Eiðsson o.fl. 2007, sem vitnar í Samráðsnefnd um Hekluskóga 2005). Í verkefninu var gert ráð fyrir að nýta markvisst sjálfssáningu birkis og víðis en rannsóknir hafa sýnt að erfitt er fyrir birki að sá sér út í þéttar lúpínubreiður (Ása L. Aradóttir o.fl. 2006).

Við Hrauneyjafossvirkjun var lúpínufræi sáð og plöntur gróðursettar árið 1985 á vegum Landsvirkjunar. Gróðursettu plönturnar lifðu og þær fóru að sá sér út en útkoman úr fræsáningunni var ekki góð (Kolbrún Björnsdóttir 1995). Þá var prófað að safna fræi í lúpínubreiðum í Þjórsárdal árið 1986 og sá við Hrauneyjarfossvirkjun og Sigölduvirkjun en útkoman úr því var misjöfn, m.a. vegna frostlyftingar. Lúpína var byrjuð að sá sér þó útbreiðslan væri ekki mikil því flestir staðir sem henni var sáð voru í upp undir 450 m h.y.s. (Kolbrún Björnsdóttir 1995).

4.5 Samantekt úr heimildum um landgræðslu- og skógræktaraðgerðir

Samkvæmt heimildum hófust landgræðsluaðgerðir sem Landsvirkjun tók þátt í á vatnasviði Þjórsár og Tungnaár í Þjórsárdal árið 1968. Aðgerðirnar fólust í grassáningu og áburðargjöf. Á svæðinu Þjórsárdalur–Búrfell stóðu þær yfir frá 1968–2000 og við Hrauneyjafossvirkjun og Sigölduvirkjun hófust þær 1972 og var að mestu hætt 1994 og alveg lokið á árinu 2008. Umhverfis Sporðöldulón hófust aðgerðir árið 2009 og stóðu ennþá yfir árið 2018.

Hekluskógaverkefnið, sem felst í bæði landgræðsluaðgerðum og gróðursetningum á birki, hófst formlega árið 2007, í stórum stíl árið 2008 og stóð enn yfir árið 2018. Helstu aðgerðarsvæði Landsvirkjunar í verkefninu eru á neðri hluta áherslusvæðisins, í Þjórsárdal og austan og vestan Þjórsár í nágrenni Búrfells. Aðgerðir á Hekluskógasvæðunum felast í uppgræðslu með tilbúnum áburði eða kjötmjöli, og síðan birkiskógrækt í sömu svæði. Landsvirkjun hefur stutt verkefnið með áburði, tækjum, mannskap og beinum fjárframlögum.

Skógræktaraðgerðir á svæðum Landsvirkjunar við Búrfell hófust árið 1991, fyrst í skógræktargirðingu vestan Búrfells til ársins 2012 en frá 2013 til a.m.k. 2016 vestan við Bjarnarlón ofan Búrfells. Mun umfangsminni trjárækt fyrir skjólbelti hófst við Hrauneyjar og Sigöldu árið 1983. Lúpínu hefur verið sáð og plantað innan áherslusvæðisins en ekki er alltaf skýrt á hvers vegum þær aðgerðir hafa verið.

Markmið landgræðslustarfs á eldri svæðum var í megindráttum að hefta sandfok og bæta umhverfi starfsfólks virkjana, en einnig að auka beitarmöguleika og létta þannig á afréttum. Uppgræðsla við Sporðöldulón vegna Búðarhálsvirkjunar kom til vegna skilyrða um mótvægisáðgerðir í úrskurði Skipulagsstofnunar, um uppgræðslu lands í stað þess sem færi undir vatn. Markmið landgræðsluskógræktar við Búrfell var að sameina aðgerðir uppgræðslu og skógræktar til að klæða rýr og illa gróin svæði skógi. Markmið ræktunar í samstarfi við Hekluskóga var og er að endurheimta birkiskóga og víðikjarr í nágrenni Heklu og minnka líkurnar á vikurfoki í kjölfar gjóskugosa úr eldfjallinu. Upphafsaðstæður á svæðunum fyrir landgræðsluaðgerðir voru þannig að land var mjög rýrt og gróðurvana og einnig var sandfok vandamál við vinnustaði Landsvirkjunar.

Helstu aðferðir við landgræðslu með þátttöku Landsvirkjunar voru grassáningar með áburðargjöf eða eingöngu áburðargjöf og dreifing kjötmjöls. Í byrjun uppgræðslustarfs var aðallega um að ræða sáningu á grasfræi og áburðargjöf, síðan tóku við aðgerðir með áburðargjöf eingöngu og seinustu ár hefur dreifing á kjötmjöli komið mikið í stað áburðardreifingar í Hekluskógaverkefninu. Við uppgræðslur með grasfræi og áburði var algengast að sá túnvingli en einnig var sáð vallarsveifgrasi, snarrót, beringspunti, vallarfoxgrasi, höfrum og rýgresi. Sáningar á grasfræi og áburðargjöf í eldri uppgræðslum fóru að mestu fram með flugvélum eða dráttarvélum og magn og tegund áburðar var mismunandi. Við nýjustu uppgræðslurnar við Sporðöldulón voru dráttarvélar notaðar við dreifingu áburðar. Áburðarmagn við uppgræðslu lands hefur minnkað með tíma en fyrstu árin var borið á upp undir 400 kg/ha af tilbúnum áburði við Búrfell en í nýjustu uppgræðslunum við Sporðöldulón er áburðarmagnið komið niður í 150–200 kg/ha (5.–7. tafla).

Í skógrækt var fyrst unnið á svæði suðvestan undir Búrfelli, frá Búrfellsskógi að Búrfellsstöð, síðan á svæði vestan við Bjarnarlón ofan Búrfells. Langmest var gróðursett af birki. Það var mismikið gróðursett á ári en á áratugnum 1991–2000 voru settar niður um 1.000–15.000 plöntur árlega. Eftir 2003 fór gróðursetningin sjaldan undir 30.000 plöntur á ári, mest 65.000 plöntur árið 2006.

Í samstarfi Hekluskóga og Landsvirkjunar hefur um 1.934 tonnum af kjötmjöli verið dreift á um 940 hektara lands á tímabilinu frá 2009–2016 samkvæmt upplýsingum frá Hekluskógum. Ennfremur hefur birki verið gróðursett í trjálundi á svæðinu. Á öllu Hekluskógasvæðinu, sem er bæði innan og utan áherslusvæðisins í samantektinni, höfðu í heildina verið gróðursettar 3,7 milljónir birkitrjáa á um 2.000 ha árið 2019. Birkið hefur vaxið vel samkvæmt mælingum í föstum reitum á Hekluskógasvæðinu í heild sinni.

Nokkrar rannsóknir og almennar lýsingar hafa verið gerðar á ástandi uppgræðslusvæða og hvernig til tókst með gróðursetningar trjáplantna (8. tafla). Í Þjórsárdal og við Sporðöldulón voru gerðar skipulegar úttektir þar sem notuð voru fjarkönnunargögn til að skoða þróun gróðurfars. Á Hafinu voru settir út mælireitir og skoðuð samsetning gróðurs í misgömlum uppgræðslum. Svipaðar gróðurmælingar voru gerðar við Hrauneyjar og Sigöldu og þar voru einnig gerðar mælingar á óuppgræddum svæðum til samanburðar. Stutt úttekt var gerð á skógræktarsvæði vestan Búrfells þar sem ræktun hafði staðið yfir frá 1991–2008 en þar var meðalhæð skógarlunda gróflega metin og væntanleg þekja trjágróðurs. Úttekt var gerð á vexti birkiplantna í Hekluskógaverkefninu yfir fimm ára tímabil (2013–2018). Einnig voru dæmi um almennt orðaðar lýsingar á ástandi svæðanna.

Samkvæmt úttektum og almennum lýsingum er greinileg aukning á gróðurþekju á uppgræðslusvæðum á sama tíma og land með lítilli eða engri gróðurþekju hefur minnkað. Samanburður á gróðurkortum og fjarkönnunargögn sýndu breytingar á gróðurlendum úr lítið grónu landi í land með mun meiri gróðurþekju á hundruðum hektara. Úttektir á gróðurfari á uppgræðslusvæðum eða uppgræðslurákum, sem lýstu ástandi svæða nokkrum árum eða áratugum eftir aðgerðir, sýndu aukna gróðurþekju æðplantna og mosa og aukningu á náttúrulegum gróðri sem nam land í uppgræðslunum með tíma. Í úttekt á um 20 ára gömlum aðgerðum við Hrauneyjar og Sigöldu var lýst mögulegu bakslagi í gróðurþekju vegna áfoks inn á uppgræðslusvæðin. Úttekt á skógræktarsvæði vestan Búrfells greindi frá 0,2–4 m meðalhæð skógarteiga (mestmegnis birki) og væntanlegri þekju skóga frá 20–100%. Í Hekluskógaverkefninu sýndi úttekt að gróðursett birki hafði vaxið að meðaltali um 40 cm á fimm ára tímabili, 2013–2018, sem þykir gott miðað við aðstæður á Hekluskógasvæðinu. Í almennum lýsingum á árangri uppgræðslu með kjötmjöli í Hekluskógaverkefninu kemur fram að árangur sé framar vonum og að myndun varanlegrar gróðurþekju sé skjót.

5 STAÐA OG ÞRÓUN GRÓÐURS Á ATHUGUNARSVÆÐINU

5.1 Stærð og dreifing landgræðslu- og skógræktarsvæða

Staðsetning og stærð landgræðslu- og skógræktarsvæða er samkvæmt landupplýsingagögnum frá umsjónaraðilum aðgerða og eru aðgerðasvæði birt á korti fyrir ákveðin tímabil (7. mynd). Fyrsta tímabilið er 1977–1986 en aðgerðir á því tímabili eru allar eldri en fyrsta gervitunglamynd sem notuð er í leitnigreiningunni á þróun gróðurs innan áherslusvæðis. Niðurstöður leitnigreiningar eru birtar í kafla 5.3. Hafa þarf í huga að tölur um flatarmál aðgerðasvæða miða við heildarsvæði og eru svæði með endurteknum aðgerðum því ekki margtalin.

Til að byrja með voru landgræðsluáðgerðir á vegum Landsvirkjunar fyrst og fremst uppgræðslur unnar í samvinnu við Landgræðsluna. Í landupplýsingagögnum eru elstu aðgerðasvæði Landgræðslunnar skráð árin 1977–1986 en vitað er að aðgerðir hófust nokkrum árum fyrir (sjá umfjöllun í kafla 3.2) eða árið 1968 samkvæmt heimildum (sjá kafla 4.1 og 5. töflu). Svæðin eru í kringum Búrfell, þar með talið við Búrfellsstöð og Trjáviðarlæk, Sámstaðamúla og Skeljafell. Þá fóru uppgræðslur fram í Þjórsárdal, annars vegar á Vikrunum þar sem vegurinn liggur um dalinn og við sundlaugina hins vegar. Uppgræðslur fóru einnig fram við Bjarnarlón, á Hafinu, á Búðarhálsi, við Vaðfit austan Þjórsár, í Þóristungum og við Sigöldu (7. mynd a, 11. tafla). Uppgræðsluvinna Landgræðslunnar hélt áfram næsta áratug á flestum svæðunum auk Hrauneyja (7. mynd b). Á tímabilinu 1997–2006 virðist hafa verið minna um uppgræðsluáðgerðir en þær héldu þó áfram í Þjórsárdal, við Trjáviðarlæk, á Hafinu og í Hrauneyjum (7. mynd c). Talsverð óvissa ríkir um umfang aðgerða, þ.e. flatarmál. Á tímabilinu 2007–2018 fóru uppgræðsluáðgerðir fyrst og fremst fram við Sporðöldulón, við Hrauneyjar og í Þóristungum, einnig við Sultartangalón í tengslum við Búðarhálsvirkjun og í Skarðslandi við Neðri-Þjórsá (7. mynd d, 11. tafla). Samkvæmt landupplýsingagögnum fóru uppgræðslur í Skarðslandi fram til að græða upp áfoksgeira sem bætur fyrir land en engar birtar heimildir fundust um uppgræðsluvinnu í Skarðslandi. Samkvæmt sömu gögnum er heildarflatarmál lands sem Landgræðslan sinnti uppgræðslum á með aðkomu Landsvirkjunar á árunum 1977–2016 samtals 2.547 ha (25,5 km²).

11. tafla. Landgræðslusvæði og skógræktarsvæði á vegum Landsvirkjunar á tímabilinu 1977–2018 samkvæmt landupplýsingaþekjum umsjónaraðila.

Tímabil	Umsjónaraðili	Svæði
1977–1986	Landgræðsla – Landgræðslan	Búrfell við Trjáviðarlæk, Sámstaðamúl og Skeljafell, Þjórsárdalur á Vikrum og við sundlaug, Bjarnarlón, Hafid, við Vaðfit austan Þjórsár, Búðarháls, Þóristungur, Sigalda
1987–1996	Landgræðsla – Landgræðslan	Búrfell við Trjáviðarlæk, Þjórsárdalur, Hafid, við Vaðfit austan Þjórsár, Hrauneyjar, Sigalda
	Skógrækt – Skógræktarfélag Íslands	Í hlíðum Búrfells
1997–2006	Landgræðsla – Landgræðslan	Þjórsárdalur, Búrfell, Hafid, Hrauneyjar
	Skógrækt – Skógræktarfélag Íslands	Búrfell
	Skógrækt – Hekluskógar	Þjórsárdalur, Árskógar, Landskógar
2007–2018*	Landgræðsla – Landgræðslan	Skarðsland, Sporðöldulón, Búðarháls, Hrauneyjar
	Landgræðsla – Hekluskógar	Búrfell, Þjórsárdalur, Hafid, Árskógar austan Þjórsár
	Skógrækt–Skógræktarfélag Íslands	Búrfell, Bjarnarlón
	Skógrækt–Hekluskógar	Þjórsárdalur, Hafid, við Sandafell, Árskógar, Landskógar

* Landupplýsingaþekja landgræðsluáðgerða Landgræðslunnar inniheldur aðgerðir skráðar til og með árinu 2016, uppgræðsluþekja Hekluskóga inniheldur aðgerðir skráðar til og með árinu 2017 og skógræktarþekja Skógræktarfélags Íslands endar 2017.

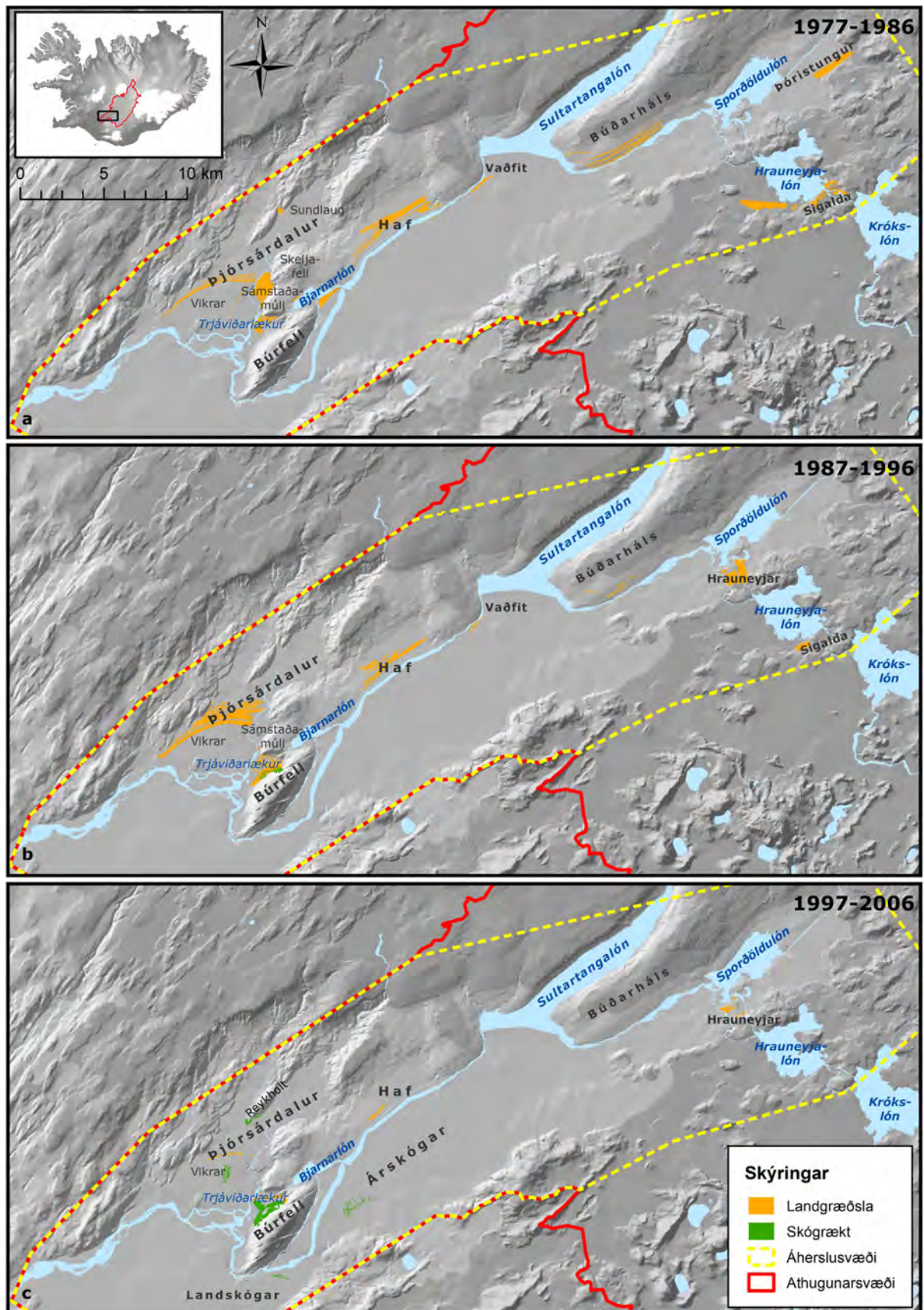
Vinna við uppgræðslur Hekluskóga með aðkomu Landsvirkjunar hófst með dreifingu tilbúins áburðar árið 2008 og fór dreifing fram við Búrfell suðvestanvert. Dreifing kjötmjöls er fyrst skráð árið 2009 en því hefur verið dreift í Þjórsárdal, við Búrfell og Trjáviðarlæk, við Skeljafell, á Hafinu og við Vaðfit austan Þjórsár (7. mynd d, 11. tafla). Heildarflatarmál uppgræðslusvæða Hekluskóga á vegum Landsvirkjunar er 434 ha (4,3 km²) lands miðað við stöðuna árið 2017.

Fyrstu skógræktaraðgerðir á vegum Skógræktarfélags Íslands/Skógræktarinnar eru skráðar í landupplýsingagögnum árið 1990. Skógræktarsvæði eru fyrst og fremst í hlíðum Búrfells að vestanverðu og við Trjáviðarlæk, sem og í kringum Búrfellsstöð við Sámstaðarmúla (7. mynd b-e, 11. tafla). Gróðursetning við Bjarnarlón hófst árið 2013. Heildarstærð skógræktarsvæða Skógræktarfélags Íslands er 382 ha (3,8 km²).

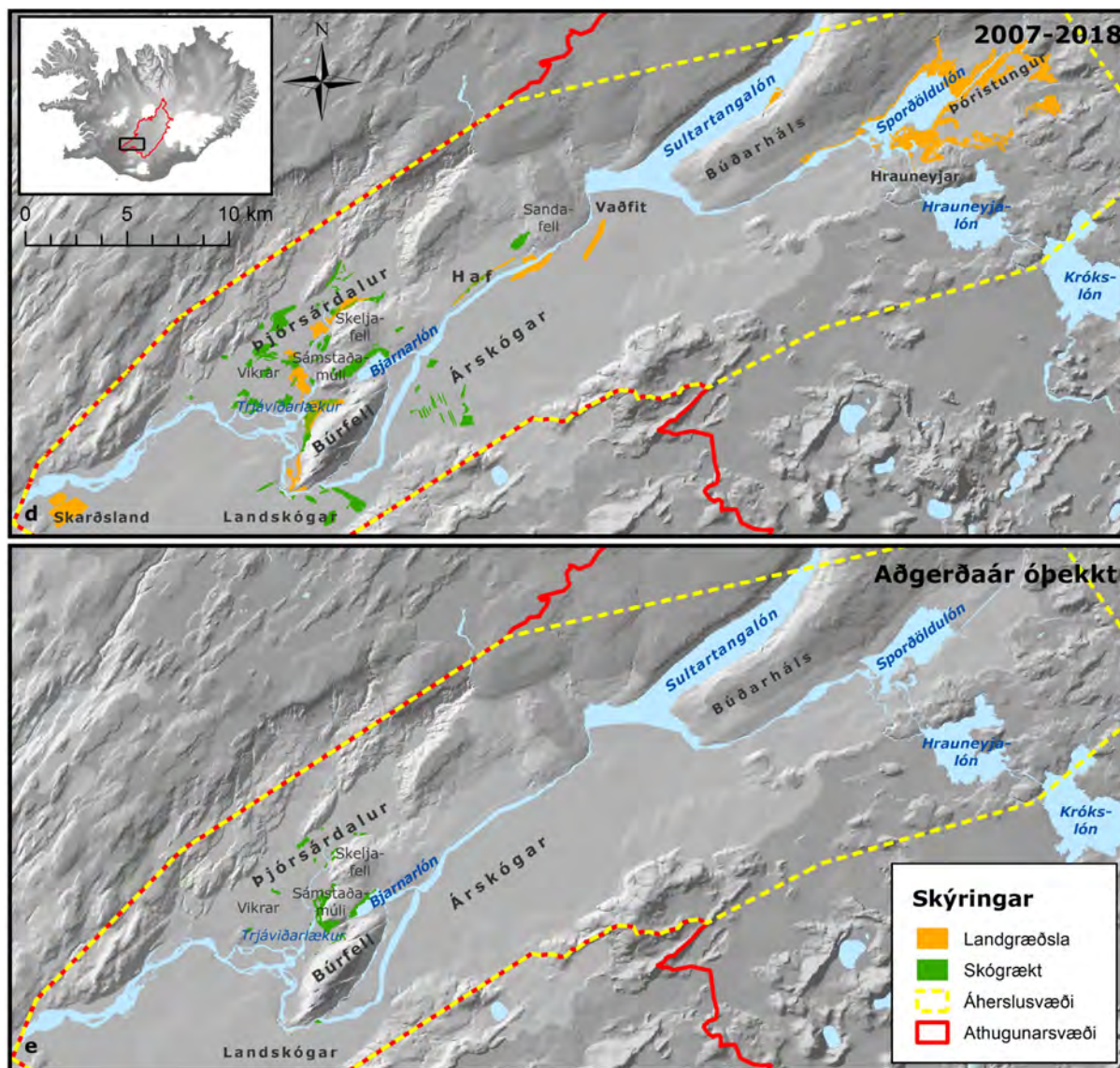
Birkiplöntun Hekluskóga með aðkomu Landsvirkjunar hófst árið 2006 þegar m.a. var plantað í „trjálundi“ á Vikrunum í Þjórsárdal, í Árskógum á svæði sem kennt er við „Milljónina hans Nonna“ og í Landskógum í Merkurhrauni (7. mynd c-e, 11. tafla). Birkiskógasvæði Hekluskóga eru fyrst og fremst í Þjórsárdal, á Vikrunum, við Skeljafell og Reykholt, á Hafinu, við Sandafell, í Árskógum og Landskógum. Hekluskógar unnu að plöntun birkis fyrir Landsvirkjun árin 2006–2018 og er heildarflatarmál skógræktar Hekluskóga áætlað 604 ha (6,0 km²).

Þegar öllum landupplýsingaþekjum var skeytt saman í eina þekju og þær límdar saman þannig að engin skörun var til staðar reyndist heildarstærð svæða sem á einhverjum tíma hafa verið aðgerðasvæði landgræðslu og/eða skógræktar vera 3.645 ha (36,5 km²). Almenn tala við stöðuna árið 2018 en skráningar á uppgræðslum Landgræðslunnar miðast við 2016 og uppgræðslur Hekluskóga og skógrækt Skógræktarfélags Íslands miðast við 2017 (11. tafla). Þá eru meðtaldir flákar sem engar aðgerðir eða tegundir eru skráðar á. Flatarmál þeirra er fremur lítið þegar á heildina er litið og skarast að mjög miklu leyti við staðfest aðgerðasvæði.

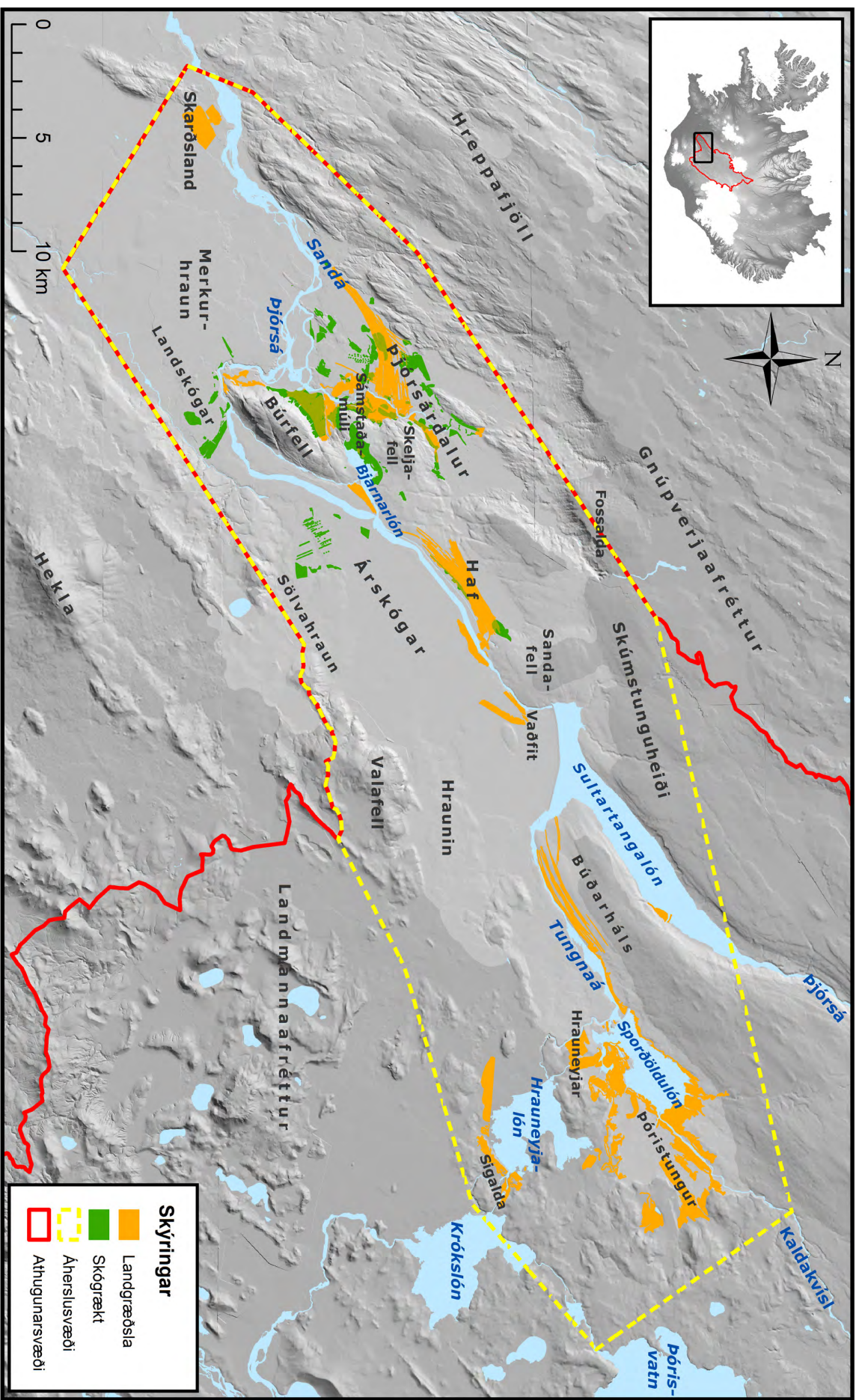
Flatarmál skógræktarsvæða samkvæmt landupplýsingaþekjum, að birkireitum Hekluskóga meðtöldum, reyndist vera 986 ha (9,9 km²). Stærð landgræðslusvæða taldist vera 2.929 ha (29,3 km²) og eru þá meðtalin svæði þar sem líka er stunduð skógrækt. Þegar skógræktarsvæði sem lágu yfir landgræðslusvæði voru dregin frá reyndist heildarflatarmál landgræðslusvæða vera 2.663 ha (26,6 km²). Öll landgræðslu- og skógræktarsvæði á vegum Landsvirkjunar eru tekin saman á 8. mynd.



7. mynd (a–c). Aðgerðasvæði sem Landsvirkjun hefur haft aðkomu að í landgræðslu og skógrækt. Aðgerðasvæði eru sýnd fyrir tímabilin: 1977–1986, 1987–1996, 1997–2006 og 2007–2018 auk svæða hverra ár er óþekkt. Skógræktarsvæði eru grænlituð og landgræðslusvæði gulbrún. Birkireitir Hekluskóga eru flokkuð með skógræktarsvæðum. Skógræktarsvæði eru gegnsæ svo að sjá má skörun við landgræðslusvæði.



7. mynd (d–e). Sjá myndatexta bls. 38.



8. mynd. Aðgerðasvæði í landgræðslu og skógrækt á vegum Landsvirkjunar og skráð eru yfir tímabilið 1977–2018 auk svæða hvernna ár er óþekkt. Skógræktarsvæði eru grænlitúð og landgræðslusvæði gulbrún. Birtureitir Heklu skóga eru flokkuð með skógræktarsvæðum. Sjá má skörun skógræktarsvæða við landgræðslusvæði þar sem litir blandast saman.

5.2 Vistgerðir

5.2.1 Athugunarsvæði ofan áherslusvæðis

Á athugunarsvæðinu ofan áherslusvæðis er land fremur lítið gróið og melavistgerðir einkennandi miðað við vistgerðarkort frá 2018 (9. mynd). Í heild er hlutfall lítið gróinna vistgerða 78% (1. viðauki). Þar af er eyðimelavist umfangsmesta vistgerðin og þekur 37%. Samtals telst hlutfallsleg þekja vel gróins lands um 15% og ferskvatns 7%. Moslendi og mólendi eru þau vistlendi sem hæst hlutfall hafa af vel grónum vistgerðum. Hélumosavist, melagambrovist og hraungambrovist þekja samtals 7% svæðisins. Votlendi þekur um 3% svæðisins og mólendi 2,5%. Ekki eru skráðar vistgerðir birkiskóga, skógrækt né lúpína á athugunarsvæðinu ofan áherslusvæðisins. Flatarmál og hlutfall vistgerða má finna í 1. viðauka þar sem bæði er talið fram þekja innan athugunarsvæðis ofan áherslusvæðis sem og athugunarsvæðis í heild að áherslusvæði meðtöldu.

5.2.2 Áherslusvæði

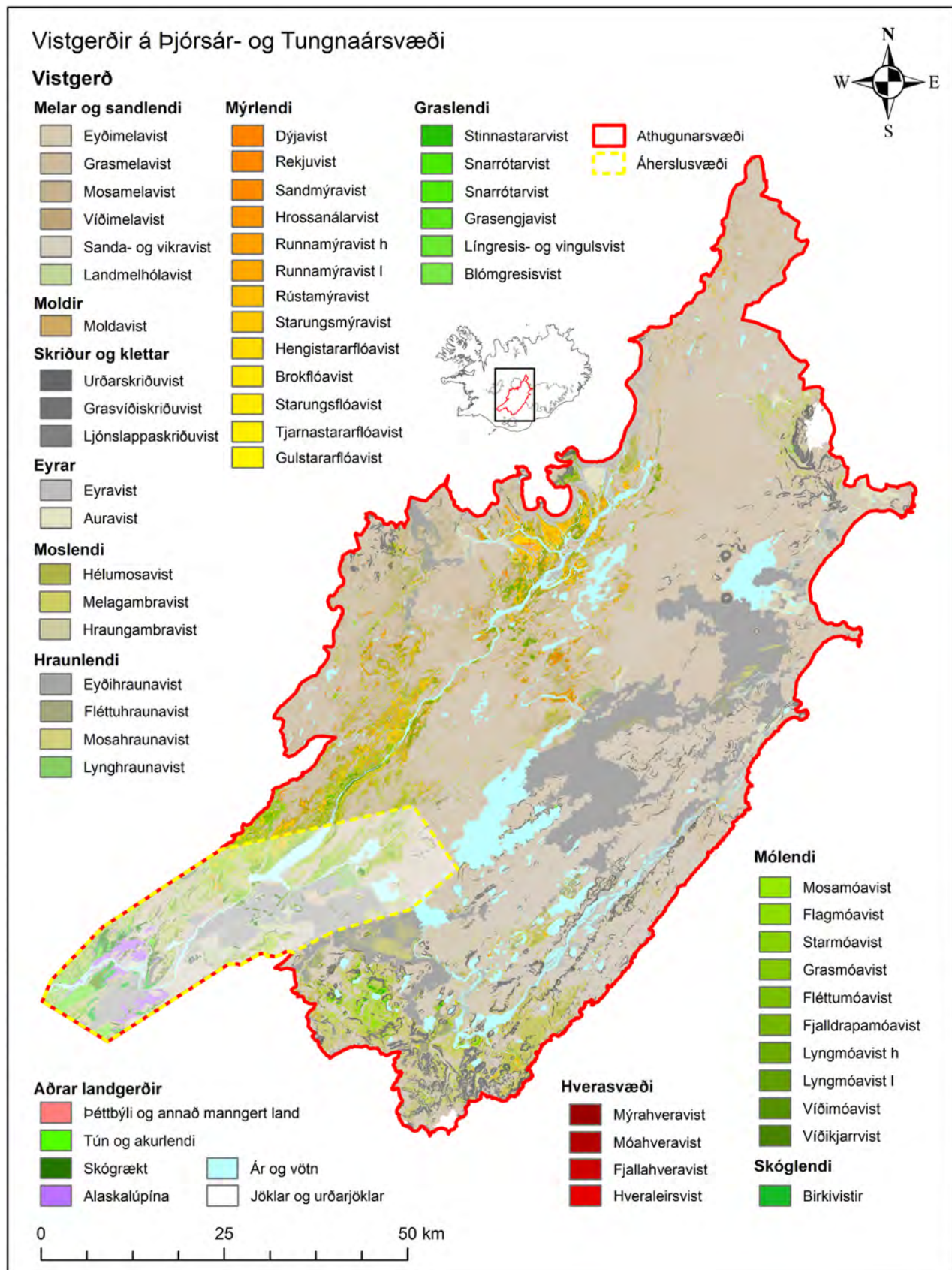
Við upphaf virkjana um 1970 einkenndist gróðurfar á áherslusvæðinu af lítið grónum vistgerðum. Fór þar mest fyrir eyðimelavist, sanda- og vikravist og eyðihraunavist. Jafnframt var nokkuð um lítið gróinnar skriður, eyrar og moldir (10. mynd). Alls taldist yfirborð 69% áherslusvæðisins til lítið gróinna vistgerða (12. tafla). Vel gróinnar vistgerðir þöktu 28% yfirborðs og taldist meirihluti þeirra til mosamóavistar. Líklegt er að flatarmál moslendis sé vanmetið en við vörpun gróðurfélaga í vistgerðir falla mörg mosapembugróðurfélög í mólendi. Því má gera ráð fyrir að hluti mosamóavistar hafi í raun verið hraun- og eða melagambrovistgerðir. Flatarmál birkivista var 515 ha lands sem jafngildir um tæpu 1% svæðisins (12. tafla). Engin lúpína var kortlögð innan áherslusvæðisins á þessum tíma.

Til að umfjöllun um gróðurbreytingar milli ára sé byggð á gögnum fyrir sama svæði er hér miðað við skert áherslusvæði, þ.e. sá hluti áherslusvæðisins sem er lengst í suðvestri og hefur ekki verið gróðurkortlagður er undanskilinn (54 km²). Flatarmál og hlutfallslegt flatarmál vistgerða fyrir skert áherslusvæði sem og áherslusvæðið í heild koma fram í 13. töflu. Þegar skoðuð er samsetning vel gróinna og lítið gróinna vistgerða innan áherslusvæðis samkvæmt vistgerðakorti Náttúrufræðistofnunar Íslands frá 2018 (11. mynd) teljast 38% svæðisins nú vera vel gróið land og 55% er lítið gróið land. Rúm 7% svæðisins eru ár og vötn. Bendir þetta til að gróið land innan áherslusvæðisins hafi aukist yfir tímabilið. Moslendisvistgerðir þekja um 10% og mólendisvistir svipað hlutfall. Þá telst stærð birkivistgerða nú vera 1012 ha sem jafngildir 1,4% svæðisins. Skógrækt er á 1733 ha eða 2,4% svæðisins. Lúpína þekur 2350 ha sem er rúmlega 3% áherslusvæðisins. Jafnframt hefur flatarmál ferskvatnsvistgerða aukist yfir tímabilið en ár og vötn ná yfir tæplega 7% áherslusvæðisins. Eyðimelavist, sanda- og vikravist og eyðihraunavist eru áfram fyrirferðamestu vistgerðir lítið gróins lands.

5.2.3 Aðgerðasvæði

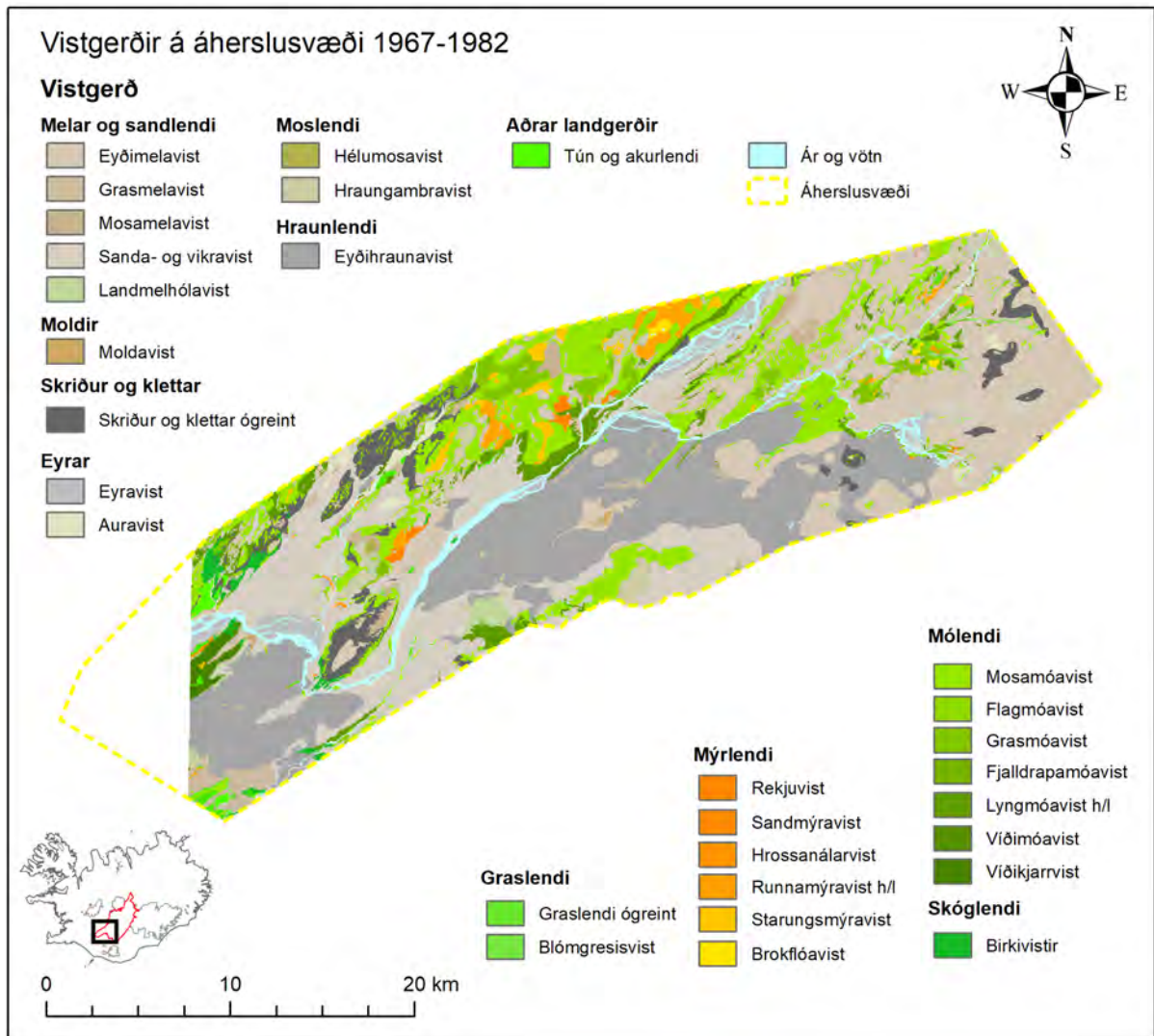
Þegar skoðað er nánar hvaða vistgerðir voru innan aðgerðasvæða (landgræðslu- og skógræktarsvæða) við upphaf aðgerða um 1967 sést að þar var fyrst og fremst um að ræða melavistir, sanda- og vikravist og eyðihraunavist en saman þöktu þessar vistgerðir 79% (12. mynd). Við upphaf aðgerða voru 84% aðgerðasvæða lítið gróið land og 16% vel gróið land. Þá þakti mólendi 12%, moslendi 2%, landmelhólavist 1% og birkiskógur <1%.

Samsetning vistgerða á aðgerðasvæðum samkvæmt vistgerðakorti útgefnu árið 2018 sýnir að hlutfall vel gróins lands er um 40% en 52% lands teljast lítið gróinn. Um 8% teljast til ferskvatns enda hafa sum svæðin farið undir ný miðlunarlón á tímabilinu. Enn eru fyrirferðarmestu



9. mynd. Vistgerðir á athugunarsvæðinu ofan áherslusvæðis samkvæmt vistgerðakorti Náttúrufræðistofnunar Íslands (2018) með leiðréttingum. Áherslusvæði er sýnt ljósskyggt.

vistgerðirnar eyðihraunavist, eyðimelavist og sanda- og vikravist en samanlagt er hlutfall þeirra 49%. Lúpína þekur 3% svæðanna og birkiskógur, skógrækt, landmelhólavist og graslendi 2% hvert fyrir sig. Annars telst gróið land að meginhluta til moslendis og mólendis sem samanlagt þekja 24% en hinar ýmsu vistgerðir teljast til þeirra. Hafa ber í huga að almennt er erfitt að flokka landgræðsluvæði með fjarkönnunaraðferðum vegna þess að þar er gróður á mismunandi stigum framvindu og endurkast breytilegt eftir styrkleika áburðaráhrifa. Tölurnar miða við skert áherslusvæði sem gerir það að verkum að uppgræðslur í Skarðslandi detta út.



10. mynd. Vistgerðakort af skertu áherslusvæði unnið upp úr gróðurkortum Rannsóknastofnunar landbúnaðarins sem gefin voru út á árunum 1967–1982

12. tafla. Flatarmál vistgerða innan skerts áherslusvæðis unnið upp úr gróðurkortum Rannsóknastofnunar landbúnaðarins sem gefin voru út á árunum 1967–1982.

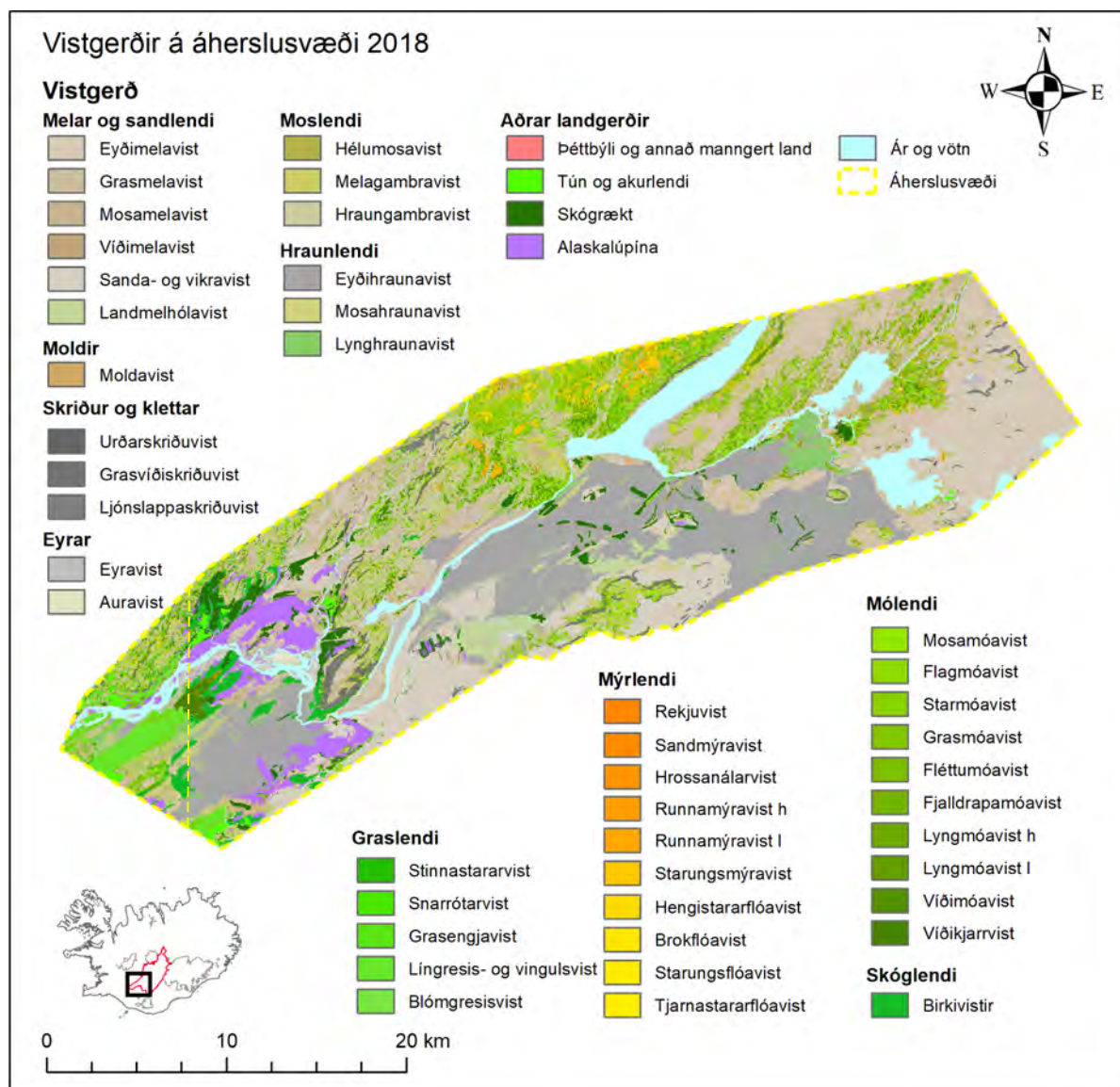
Vistlendi	Vistgerð	Áherslusvæði – skert		
		ha	km ²	%
	<i>Vel grónar vistgerðir</i>			
Melar og sandlendi	Landmelhólavist*	551	5,5	0,8
Eyrar	Auravist*	685	6,8	1,0
Moslendi	Hélumosavist	39	0,4	0,1
	Hraungambravist	1.182	11,8	1,6
Mýrlendi	Rekjuvist	257	2,6	0,4
	Sandmýravist	4	<0,1	<0,1
	Hrossanálarvist	65	0,7	0,1
	Runnamýravist (h/l)*	827	8,3	1,2
	Starungsmýravist	591	5,9	0,8
	Brokflóavist	111	1,1	0,2
Graslendi	Blómgresivist	100	1,0	0,1
	Graslendi ógreint	340	3,4	0,5
Mólendi	Mosamóavist	9.659	96,6	13,4
	Flagmóavist	1	<0,1	<0,1
	Grasmóavist	2.081	20,8	2,9
	Fjalldrapamóavist	54	0,5	0,1
	Lyngmóavist (h/l)*	1.985	19,8	2,8
	Víðimóavist	250	2,5	0,3
	Víðikjarrvist	378	3,8	0,5
Skóglendi	Birkivistir*	515	5,1	0,7
Aðrar landgerðir	Tún og akurlendi	173	1,7	0,2
	Samtals vel gróið land	19.848	198,3	28
	<i>Lítið grónar vistgerðir</i>			
Melar og sandlendi	Eyðimelavist	15.865	158,7	22,1
	Grasmelavist	1.236	12,4	1,7
	Mosamelavist	836	8,4	1,2
	Sanda- og vikravist	11.664	116,5	16,2
Moldir	Moldavist	74	0,7	0,1
Skriður og klettur	Skriður og klettur*	2.772	27,7	3,9
Eyrar	Eyravist	1.449	14,5	2,0
Hraunlendi	Eyðihraunavist	15.903	159,0	22,1
	Samtals lítið gróið land	48.799	498	69
	<i>Ferskvatn</i>			
	Stöðuvötn	16	0,2	<0,1
	Straumvötn	2.204	22,0	3,1
	Samtals ferskvatn	2.220	22	3
	Samtals	71.866	718	100

* Skriðu- og klettavistgerðir eru sýndar sem vistlendi. Einnig runnamýravist og lyngmóavist á hálendi og láglandi. Landmelhólavist og auravist eru hér talðar sem vel grónar vistgerðir. Vistgerðir birkiskóga eru þrjár, kjarrskógavist, lyngskógavist og blómskógavist, en þær eru ekki aðgreindar í vistgerðakorti.

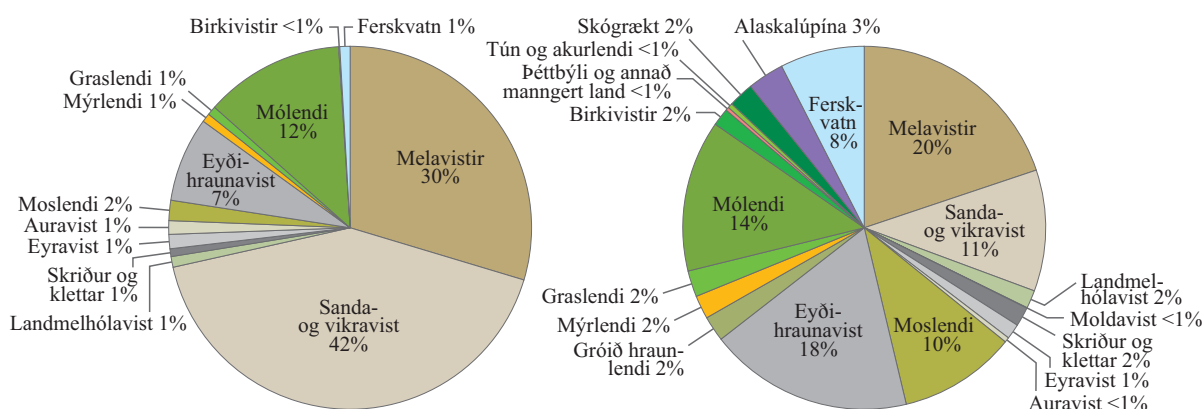
13. tafla. Flatarmál vistgerða innan áherslusvæðis samkvæmt vistgerðakorti Náttúrufræðistofnunar Íslands sem gefið var út árið 2018 með leiðréttingum. Bæði er greint frá flatarmáli vistgerða innan skerts áherslusvæðis sem og áherslusvæðisins í heild.

Vistlendi	Vistgerð	Áherslusvæði – skert			Áherslusvæði – heild		
		ha	km ²	%	ha	km ²	%
	<i>Vel grónar vistgerðir</i>						
Melar og sandlendi	Landmelhólavist*	1.236	12,4	1,7	1.236	12,4	1,6
Eyrar	Auravist*	324	3,2	0,5	343	3,4	0,4
Moslendi	Hélumosavist	<1	<0,1	<0,1	<1	<0,1	<0,1
	Melagambrovist	2.912	29,1	4,1	3.171	31,7	4,1
	Hraungambrovist	4.280	42,8	6,0	4.866	48,7	6,3
Hraunlendi	Mosahraunavist	431	4,3	0,6	568	5,7	0,7
	Lynghraunavist	935	9,4	1,3	1.169	11,7	1,5
Mýrlendi	Rekjuvist	309	3,1	0,4	309	3,1	0,4
	Sandmýravist	12	0,1	<0,1	12	0,1	<0,1
	Hrossanálarvist	1	<0,1	<0,1	1	<0,1	<0,1
	Runnamýravist (h/l)*	124	1	0,2	132	1	0,2
	Starungsmýravist	208	2,1	0,3	210	2,1	0,3
	Hengistarrflóavist	891	8,9	1,2	938	9,4	1,2
	Brokflóavist	7	0,1	<0,1	7	0,1	<0,1
	Starungsflóavist	<1	<0,1	<0,1	<1	<0,1	<0,1
	Tjarnastarrflóavist	1	<0,1	<0,1	1	<0,1	<0,1
Graslendi	Stinnastarrvist	13	0,1	<0,1	14	0,1	<0,1
	Snarrótarvist	22	0,2	<0,1	39	0,4	0,1
	Grasengjavist	228	2,3	0,3	402	4,0	0,5
	Língresis- og vingulsvist	282	2,8	0,4	1.236	12,4	1,6
	Blómgresisvist	31	0,3	<0,1	103	1,0	0,1
Mólendi	Mosamóavist	2.413	24,1	3,4	2.586	25,9	3,4
	Flagmóavist	79	0,8	0,1	128	1,3	0,2
	Starmóavist	2.549	25,5	3,6	2.687	26,9	3,5
	Grasmóavist	352	3,5	0,5	548	5,5	0,7
	Fléttumóavist	19	0,2	<0,1	19	0,2	<0,1
	Fjalldrapamóavist	343	3,4	0,5	387	3,9	0,5
	Lyngmóavist (h/l)*	2.021	20,0	2,8	2.233	22,0	2,9
	Víðimóavist	246	2,5	0,3	304	3,0	0,4
	Víðikjarrvist	1.289	12,9	1,8	1.514	15,1	2,0
Skóglendi	Birkivistir*	1.012	10,1	1,4	1.204	12,0	1,6
Aðrar landgerðir	Þéttbýli og annað manngert land	214	2,1	0,3	233	2,3	0,3
	Tún og akurlendi	191	1,9	0,3	317	3,2	0,4
	Skógrækt	1.733	17,3	2,4	1.747	17,5	2,3
	Alaskalúpína	2.350	23,5	3,3	2.505	25,0	3,3
	Samtals vel gróið land	27.057	271	38	31.169	312	41
	<i>Lítið grónar vistgerðir</i>						
Melar og sandlendi	Eyðimelavist	8.067	80,7	11,2	8.201	82,0	10,7
	Grasmelavist	5.559	55,6	7,7	5.678	56,8	7,4
	Mosamelavist	394	3,9	0,5	409	4,1	0,5
	Víðimelavist	941	9,4	1,3	980	9,8	1,3
Sanda- og vikravist	Sanda- og vikravist	8.305	83,0	11,6	8.305	83,1	10,8
Moldir	Moldavist	36	0,4	<0,1	36	0,4	<0,1
Skriður og klettur	Skriður og klettur*	1.249	12,5	1,7	1.319	13,2	1,7
Eyrar	Eyravist	942	9,4	1,3	1.041	10,4	1,4
Hraunlendi	Eyðihraunavist	13.830	138,3	19,3	14.001	140,0	18,2
	Samtals lítið gróið land	39.321	393	55	39.970	400	52
	<i>Ferskvatn</i>						
	Stöðuvötn	3.796	38,0	5,3	3.801	38,0	4,9
	Straumvötn	1.569	15,7	2,2	1.982	19,8	2,6
	Samtals ferskvatn	5.365	54	7	5.783	58	8
	Samtals	71.800	718	100	76.922	769	100

* Skriðu- og klettavistgerðir eru sýndar sem vistlendi. Einnig runnamýravist og lyngmóavist á hálendi og láglandi. Landmelhólavist og auravist eru hér taldar sem vel grónar vistgerðir. Vistgerðir birkiskóga eru þrjár, kjarrskógavist, lyngskógavist og blómskógavist, en þær eru ekki aðgreindar í vistgerðakorti.



11. mynd. Vistgerðakort Náttúrufræðistofnunar Íslands (2018) af áherslusvæðinu með leiðréttingum. Brotalína sýnir hvar mörk skerta áherslusvæðsins liggja.



12. mynd. Hlutfall vistgerða á aðgerðasvæðum Landsvirkjunar við upphaf aðgerða miðað við gróðurkort Rannsóknastofnunar landbúnaðarins (1967–1982) (t.v.) og staðan nú samkvæmt vistgerðakorti Náttúrufræðistofnunar Íslands (2018) (t.h.). Tölurnar miða við skert áherslusvæði. Melavistgerðir hafa verið sameinaðar, eins skriðuvistgerðir og vistgerðir gróins hraunlendis, mýrlendis, graslendis, mólendis og birkiskóga.

5.3 Gróður út frá gervitunglamyndum

Á 13. mynd má sjá NDVI-meðaltöl fyrir svæðisskiptingarnar þrjár, þ.e. athugunarsvæðið ofan áherslusvæðis, áherslusvæðið og aðgerðasvæði í landgræðslu og skógrækt. Þar sést greinilegur munur á NDVI-gildum annars vegar á áherslusvæðinu og hins vegar á hálendari og minna grónum svæðum athugunarsvæðisins ofan áherslusvæðis. Bröttust er aðhvarfslínan á aðgerðasvæðum sem bendir til hraðari hækkunar NDVI-gilda yfir tímabilið.

5.3.1 Athugunarsvæði ofan áherslusvæðis

Leitnigreining NDVI-gilda á Landsat-gervitunglamyndum fyrir tímabilið 1986–2017 bendir til að á athugunarsvæðinu ofan áherslusvæðisins sé jákvæð leitni, þ.e. aukin gróska, nær eingöngu bundin við svæði sem þegar eru vel gróin. Meðaltalsleitni þessa svæðis er 0,001 NDVI-gildi á ári.

Nokkur gróðurframvinda virðist vera í Galdrahrauni norðan Gjáfjalla á Tungnaáröræfum (14. mynd). Staðbundnar neikvæðar breytingarnar skýrast af því að vatnagrunnurinn sem notast var við nær ekki yfir alla árfarvegi á svæðinu. Því koma þeir farvegir út sem neikvæð breyting. Einnig virðist sem útlínur Þórisvatns nái ekki alveg utan um lónið þegar það er í hæstu stöðu. Hágöngulón var ekki til staðar í byrjun tímabilsins sem hér er til skoðunar en aðeins lítill hluti þess er með í greiningunni, þar sem stærstur hluti þess hefur verið hulinn skýjum eða skuggum á einhverjum tímamarki.

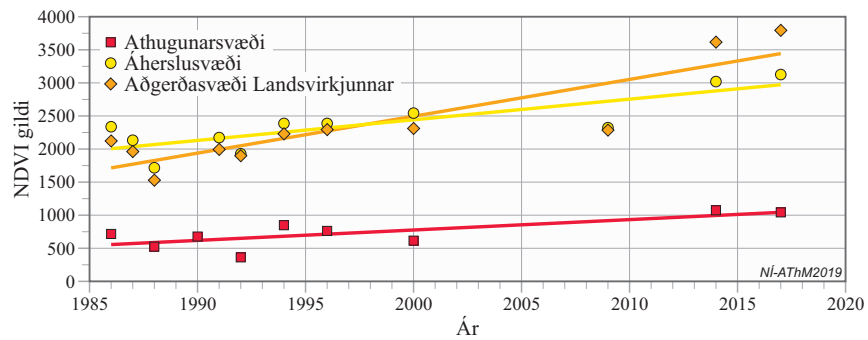
5.3.2 Áherslusvæði

Leitnigreining sýnir að almennt er gróður í framför á áherslusvæðinu og nemur hækkunin 0,003 NDVI-gildum að meðaltali á ári (13. mynd). Hækkunin er því nokkuð meiri en á athugunarsvæðinu ofan áherslusvæðisins. Almennt er greinileg hækkun á NDVI-gildum á grónu landi á meðan lítið gróin svæði standa í stað (15. mynd). Sérstaklega er aukningin mikil á landgræðslusvæðum í Árskógum og Sölvahrauni, sunnan Þjórsár í Landskógum í Merkurhrauni, í Þjórsárdal og við Búrfell.

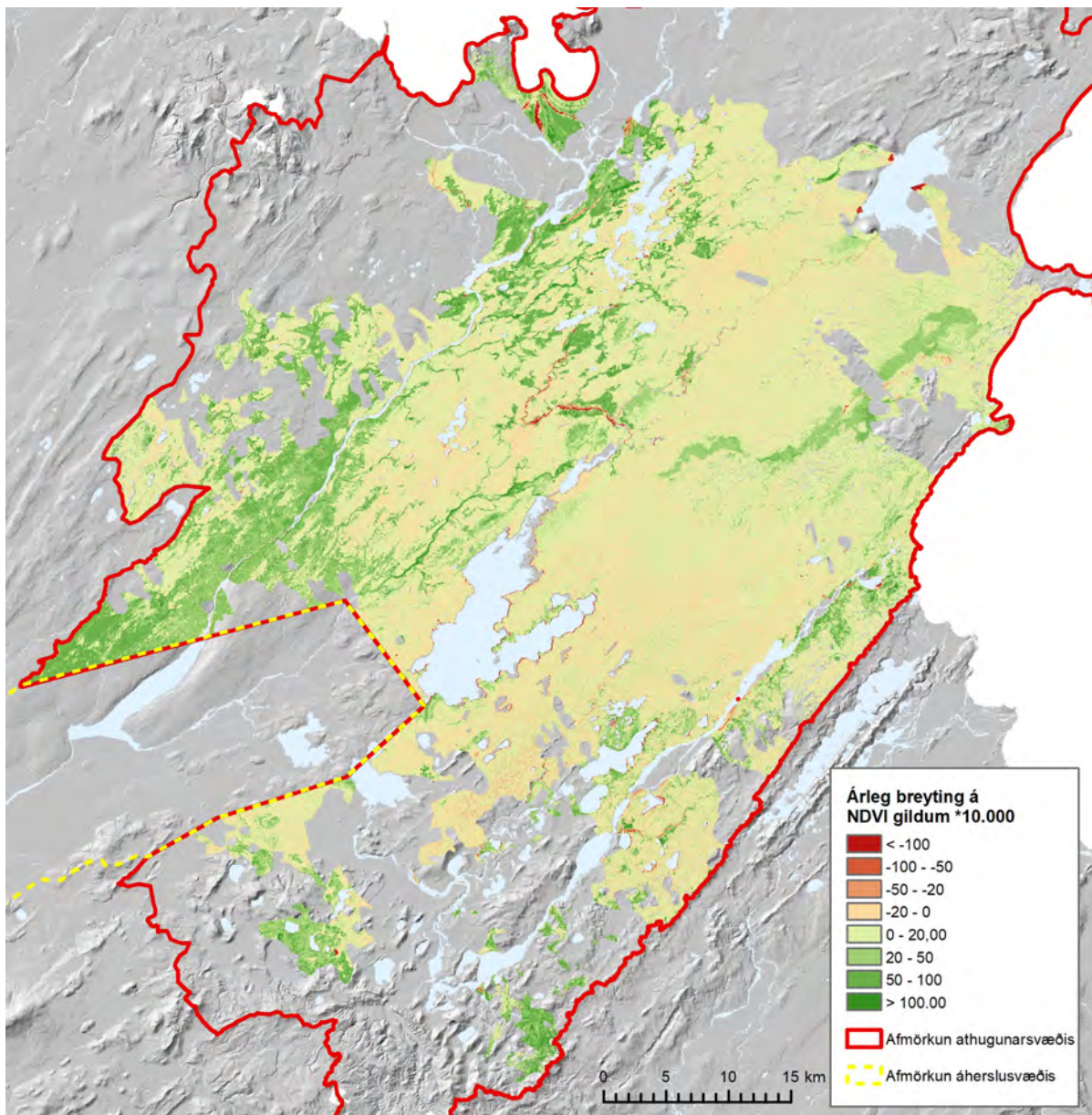
Athygli vekur að nokkur svæði skera sig út varðandi neikvæða leitni. Í fyrsta lagi er það Sporðöldulón sem hefur kaffært nokkuð af gróðurlendum og inntökulón við Vatnsfell. Síðan eru það aðallega gamlar uppgræðslur sem líklega hafa verið gróskumeiri á fyrri hluta tímabilsins 1986–2017 en síðan breyst í land með mosasverði sem gefur lægra endurvarp. Þó svæðin sýni neikvæða leitni á tímabilinu væri niðurstaðan væntanlega önnur ef hægt væri að skoða þróunina lengra aftur í tíman, þ.e. fyrir þessar uppgræðsluáðgerðir. Ef bornar eru saman NDVI-myndir frá Landsat 1 gervitunglinu síðan 1973 (16. mynd) og Landsat 5 frá 1987 (17. mynd) sést að greinilegur munur er á grósku á svæðunum sem um ræðir. Þar sem gögn úr Landsat 1 eru ekki sambærileg við nýrri Landsat-gögn er ekki unnt að bera þau tölfræðilega saman. Þó má bera gögnin saman sjónrænt og þá fer ekki á milli mála að stór svæði hafa grænkað á 14 ára tímabili vegna landgræðslu. Er þá í sumum tilfellum um að ræða elstu landgræðslusvæðin, sem svo hefur farið aftur í grósku í greiningunni fyrir tímabilið 1986–2017. Sérstaklega á þetta við um svæði í Þjórsárdal, á Hafinu, í Sölvahrauni og Árskógum og við Sigöldu sunnan Hrauneyjalóns. Svæðin fara að mörgu leyti saman við uppgræðslur á vegum Landsvirkjunar á tímabilinu 1977–1986 (7. mynd a).

5.3.3 Aðgerðasvæði

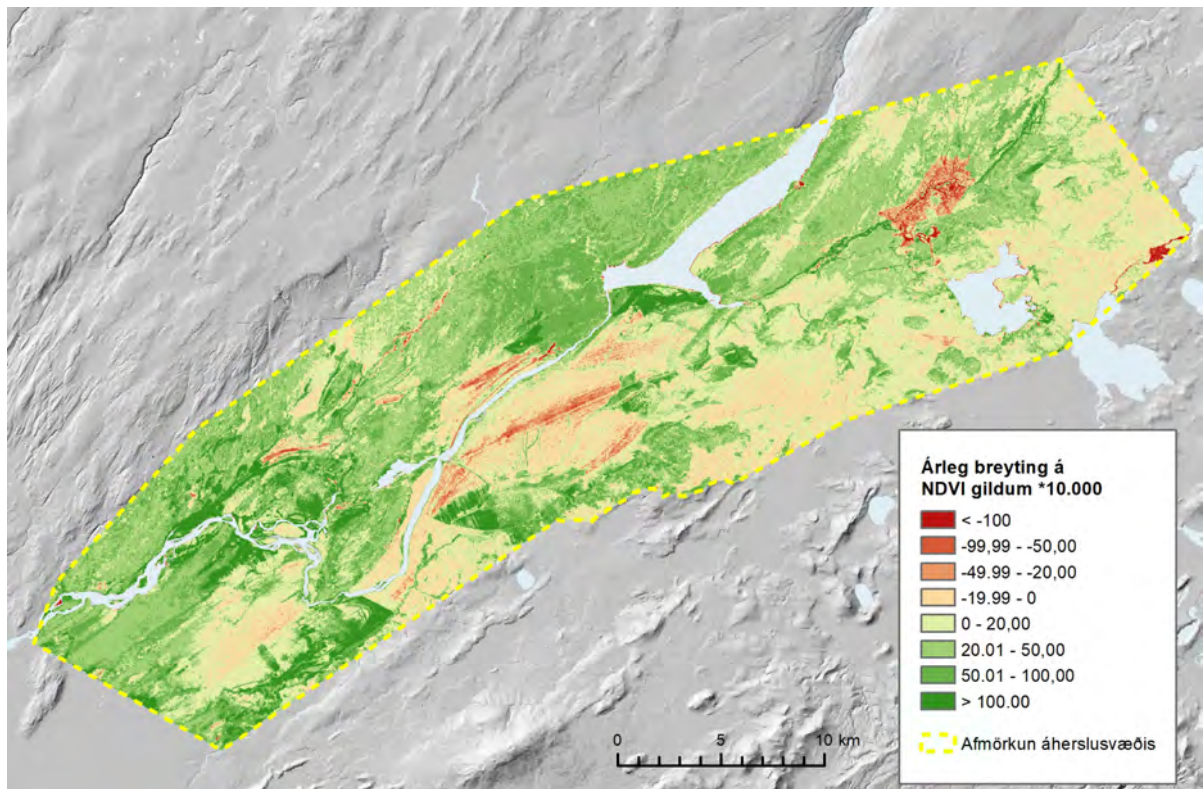
Séu eingöngu skoðuð aðgerðasvæði í landgræðslu og skógrækt þar sem Landsvirkjun hefur haft aðkomu kemur í ljós að þar er árleg aukning á NDVI-gildum heldur meiri en fyrir svæðið í heild (13. mynd). Nemur hækkunin 0,005 NDVI-gildum á ári. Það eru eingöngu gömlu landgræðslusvæðin sem sýna neikvæða leitni en nýrri uppgræðslur virðast vera í jákvæðri framför (18. mynd). Á sumum svæðanna er útbreiðsla lúpínu mikil, s.s. í Þjórsárdal og Merkurhrauni, sem eykur gróskuna enn meira en ef eingöngu væri um að ræða hefðbundnar grassáningar.



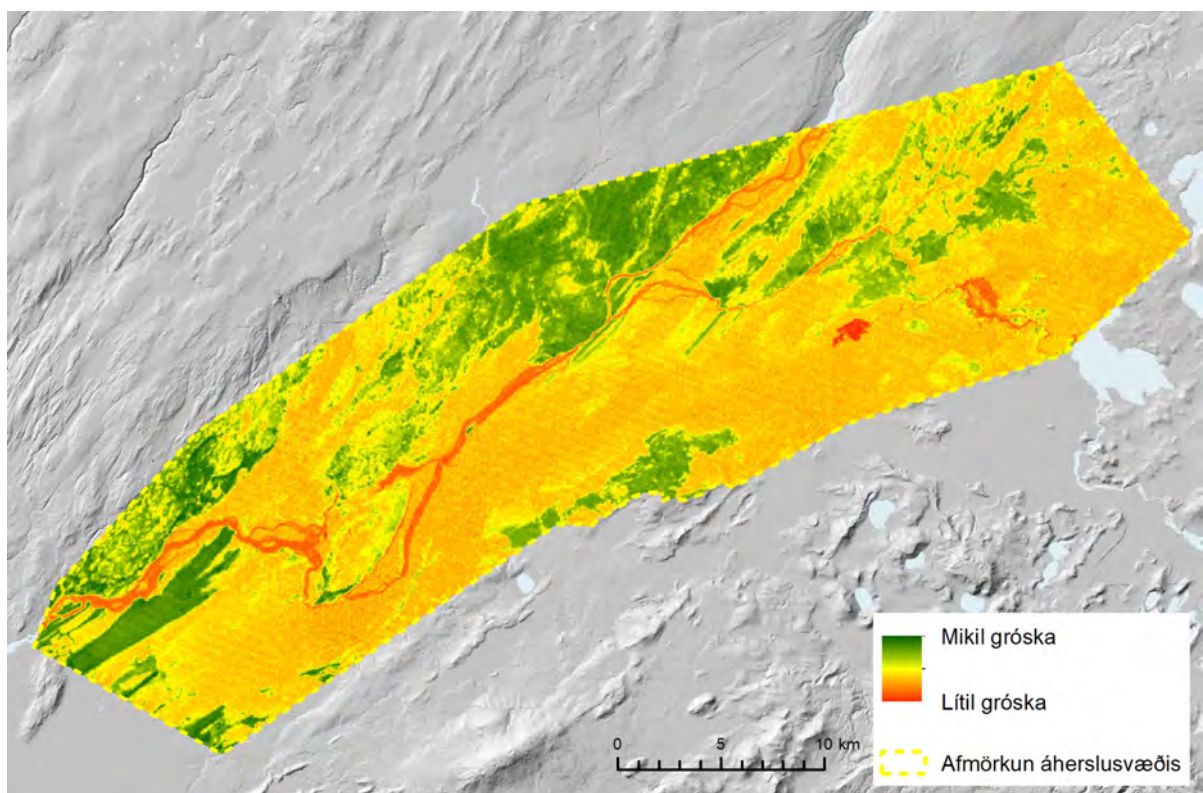
13. mynd. NDVI-meðaltöl eftir árum fyrir athugunarsvæðið ofan áherslusvæðis, áherslusvæðið og aðgerðasvæði í landgræðslu og skógrækt með aðkomu Landsvirkjunar.



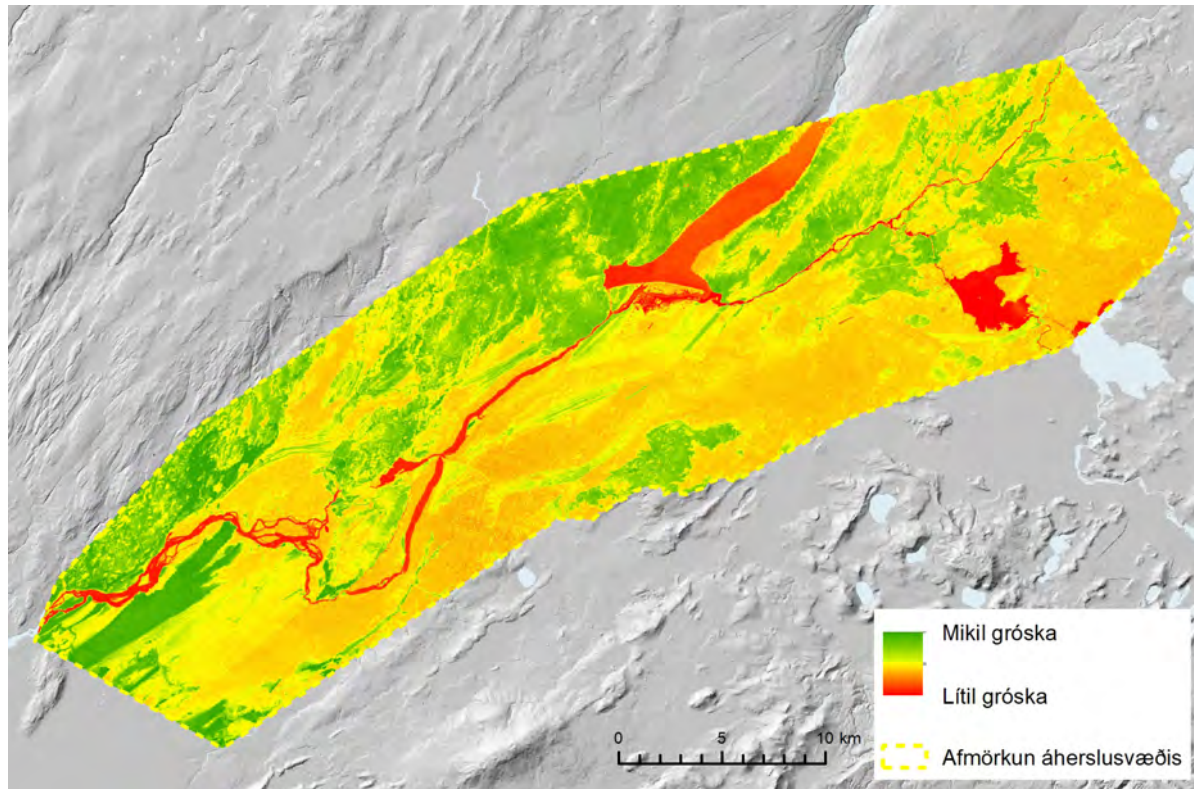
14. mynd. Leitnikort er sýnir breytingar á NDVI-gildum á athugunarsvæðinu ofan áherslusvæðis fyrir tímabilið 1986–2017.



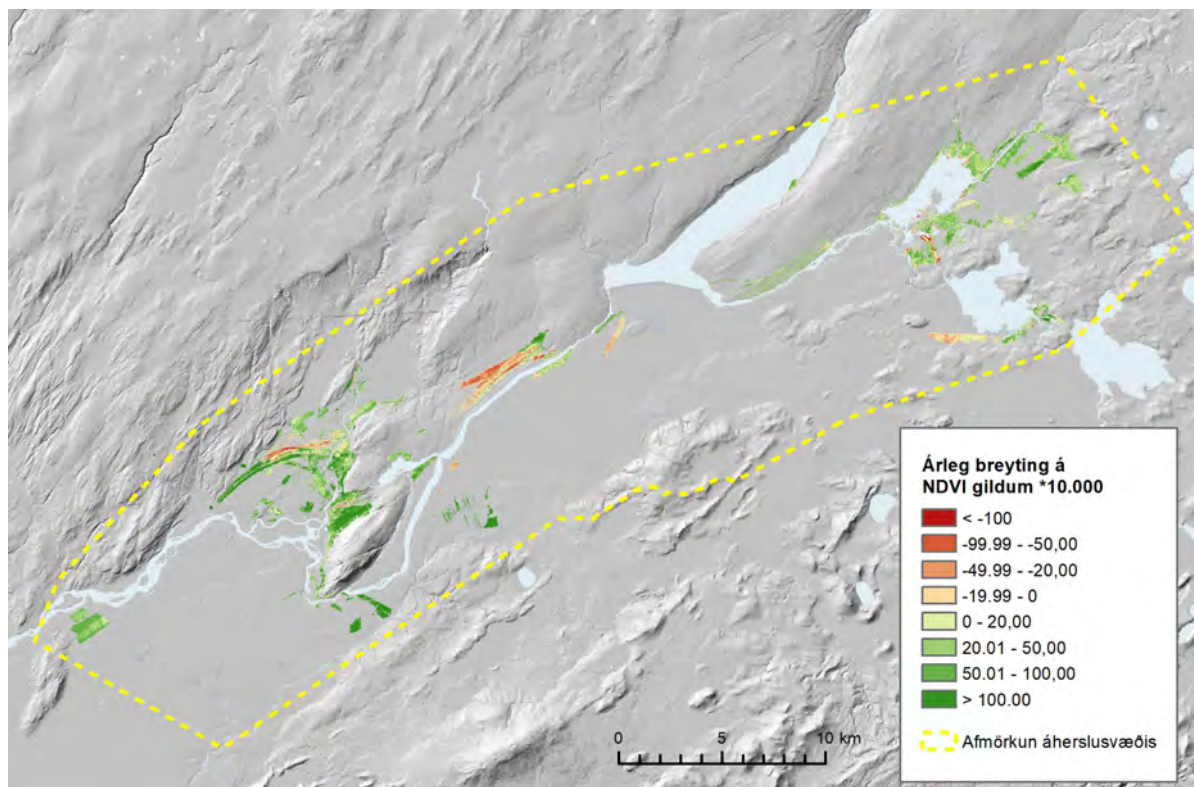
15. mynd. Leitnikort er sýnir breytingar á NDVI-gildum á áherslusvæðinu á árunum 1986 til 2017.



16. mynd. NDVI-gildi á Landsat 1 gervitunglamynd frá 19. ágúst 1973. Grænn litur gefur til kynna gróið land en gulur og rauður lítið gróið land, þar á meðal ár og vötn.



17. mynd. NDVI-gildi á Landsat 5 gervitunglamynd frá 16. ágúst 1987. Grænn litur gefur til kynna gróð land en gulur og rauður lítið gróð land, þar á meðal ár og vötn.



18. mynd. Leitnikort er sýnir breytingar á NDVI-gildum á aðgerðasvæðum í landgræðslu og skógrækt með aðkomu Landsvirkjunar á áherslusvæðinu fyrir tímabilið 1986–2017.

6 UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR

Saga landgræðslu og skógræktaraðgerða Landsvirkjunar á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu nær nú yfir um 50 ár. Hér hafa ritaðar heimildir, vistgerðakort og Landsat gervitunglamyndir verið greindar til að kanna þróun gróðurs á svæðinu. Spanna þessar greiningar áþekk tímabil, þó sú síðastnefnda nái yfir nokkuð styttri tíma eða um 30 ár. Að auki voru notuð landupplýsingagögn til að fá upplýsingar um staðsetningu og umfang aðgerða yfir tímabilið. Hér á eftir er greint frá því hvort gögnin eru samhljóða, dregið saman hvaða breytingar hafa orðið á gróðri á tímabilinu og mögulegar orsakir ræddar. Einnig er tekið saman hvaða árangur hefur hlotist af landgræðslu- og skógræktaraðgerðum á tímabilinu.

6.1 Gróðurfar og rof á athugunarsvæðinu

Ástand og þróun gróðurs þarf að skoða með hliðsjón af því gróðurfari og umhverfisaðstæðum sem ríkja innan athugunarsvæðisins. Heildarsvæðið nær yfir vatnasvið Þjórsár og Tungnaár frá um 100–200 m h.y.s. í Þjórsárdal og upp á víðáttumiklar auðnir Sprengisands á miðhálandi landsins. Svæðið er víðfeðmt og fjölbreytt og er markað af gróðureyðingu og jarðvegsrofi fyrri alda og fram til dagsins í dag. Stór hluti svæðisins er ofan hálendisbrúnar (> 400 m h.y.s.) þar sem gróðurskilyrði eru almennt erfiðari en á láglendari svæðum. Samantektin sýnir að miðað við vistgerðarkort Náttúrufræðistofnunar Íslands frá 2018 þekja lítið grónar vistgerðir, þ.e. melavistgerðir, sanda- og vikravist og eyðihraunavist, um 76% athugunarsvæðisins, að áherslusvæðinu meðtöldu. Annað lítt gróið land, s.s. skriður, ná til um 6% lands, en vel gróið land er aðeins um 18% (1. viðauki). Þar af er drjúgur hluti þess lítið gróna lands sendnar auðnir sem tengjast sprengigosvirkni, leysingasvæðum jökla og farvegum jökuláa. Auðnirnar eru metnar sem óstöðug eða nokkuð óstöðug sandsvæði sem gefur vísbendingu um efnisflutning og álag á nálægar vistgerðir vegna áfoks (Ólafur Arnalds 2010a, Thorarinsdóttir og Arnalds 2012).

Á afmörkuðu áherslusvæði hefur gróður- og jarðvegseyðing einkum verið mikil, sandfok er viðvarandi og áfoksgeirar virkir þar sem sandur berst inn á gróið land. Svæðin sunnan Tungnaár og Þjórsárdalur og nágrenni bera merki nálægðar við Heklu og aðrar virkar eldstöðvar og eru flokkuð sem mjög óstöðug sandsvæði. Úttekt á jarðvegsrofi frá árinu 1997 sýndi fram á að þar var mjög mikið eða mikið rof (Ólafur Arnalds o.fl. 1997).

Samsetning gróinna vistgerða á athugunar- og áherslusvæðinu sýnir að oft er um rýrar vistgerðir að ræða með lágvöxnum gróðri. Moslendi eru tæplega helmingur gróins lands á athugunarsvæðinu og þekja 7,5% þess (1. viðauki) en gróður í moslendi hefur lágt þanþol gegn áfoki. Almennt gildir að hávaxnari gróður, s.s. runnar, grös og smárunnar, hefur meira þol gegn raski á borð við áfok (Maun 1998, Olga Kolbrún Vilmundardóttir o.fl. 2009). Hávaxinn gróður eykur hrjúfleika yfirborðs og veldur því að hann safnar í sig fokefnum (Ólafur Arnalds 2010b). Lyngmóavist, starmóavist og víðikjarrvist eru dæmi um vistgerðir sem betur þola áfok en samanlagt hlutfall þeirra innan svæðisins er 2,6%. Umfang sandauðna, samsetning gróinna vistgerða og stutt vaxtartímabil á hálendari svæðum veldur því að aðstæður fyrir náttúrulegt landnám plantna og framvindu eru afar erfiðar á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu.

6.1.1 Gróðurbreytingar frá sjöunda áratug síðustu aldar til 2018

Þrátt fyrir erfiðar aðstæður bendir ýmislegt til þess að gróið land sé almennt í framför innan athugunarsvæðisins. Niðurstöður leitnigreiningar á NDVI-gildum gervitunglamynda sýna greinanlega gróskaukningu á vel grónu landi fyrir tímabilið 1986–2017, sem spannar rúm 30 ár, sem bendir til aukinnar gróðurþekju og lífmassa. Á þetta við um bæði hálendan og láglendan hluta

svæðisins (14.mynd). Gerður var lauslegur samanburður á innrauðum loftmyndum frá 1985 og loftmyndum frá 2014 nærri Sóleyjarhöfða í Þjórsárverum. Samkvæmt myndunum lítur út fyrir að gróið land sé að loka sér og gróðurjaðrar að færast út. Sé sú raunin virðist sem framvinda sé meiri á grónum svæðum á hálendinu en þeim lítt grónu. Rannsóknir á Auðkúluheiði styðja þetta en samkvæmt þeim virðist sem gróið land þar sé í framför, en lítt gróin svæði sýna litla framför (Borgþór Magnússon og Sigmar Metúsalemsson 2017).

Aftur á móti bendir jákvæð þróun gróðurs í Galdrahrauni, norðan Gjáfjalla, til þess að þar sé frumframvinda virk (1. og 14. mynd). Hraunið er fremur ungt og talið hafa myndast á árunum 1862–1864 í gosi á Bárðarbungukerfinu (Sigurður Þórarinnsson og Guðmundur E. Sigvaldason 1972). Mosar og fléttur eru yfirleitt fyrstu landnemar á hrjúfu yfirborði hrauna og geta myndað þetta gróðurþekju á tiltölulega skömmum tíma. Sambærilegt dæmi er Nýjahraun, sem rann til norðurs frá gosstöðvum í Heklu árið 1878 á miðhálendinu, en það sýnir að 137 árum frá gosi var hraunið að meðaltali 69% gróið þar sem helstu plöntutegundir voru breyskjufléttur (50%) og gamburmosar (18%) (Vilmundardóttir o.fl. 2018). Í lýsingu Sigurðar frá 1971 á Galdrahrauni segir að það sé mjög gráleitt og vaxið breyskjufléttum. Eldri lýsingar frá 1925 benda til þess að hraunið hafi verið mjög svart og þá líklega mjög lítið gróið (Sigurður Þórarinnsson og Guðmundur E. Sigvaldason 1972). Aukin gróska í Galdrahrauni á tímabilinu gæti því verið sambærilegri þeirri þróun og er á Nýjahrauni. Niðurstöður leitnigreiningarinnar sýnir að gróskuaukning nær áfram vestur af Galdrahrauni og bendir til þess að hraunið sé nokkuð stærra en afmörkun Sigurðar frá 1972. Á jarðfræðikorti Íslenskra orkurannsókna (Ingibjörg Kaldal o.fl. 2018) nær hraunið, þar nefnt Tröllahraun sem er yngra heiti, lengra til vesturs og kemur það vel heim og saman við þessar niðurstöður.

Niðurstöðurnar eru að sumu leyti í samræmi við aðrar rannsóknir þar sem NDVI-gróðurstuðull hefur verið notaður til að meta þróun gróðurs. Gerð var leitnigreining á GIMMS gögnum, sem eru NDVI-gögn unnin af bandarísku geimferðarstofnuninni (NASA) úr myndum sem safnað er af bandarísku veðurstofnunni (NOAA), á grósku á öllu Íslandi fyrir tímabilið 1982–2010. Hún sýnir reyndar heldur meiri aukningu eða 0,0082 NDVI gildi ár^{-1} , í samanburði við 0,001–0,005 NDVI-gildi ár^{-1} í þessari rannsókn. GIMMS gögnin hafa litla upplausn en hver myndeining sem unnið er með er $12,4 \times 12,4$ km sem gerir að verkum að ekki er unnt að greina hvers konar landgerðir eru að taka mestum breytingum. Aukningin er talin vera að mestu til komin af hlýnandi loftslagi og minnkandi beitarálagi (Raynolds o.fl. 2015). Meiri aukning á grósku í GIMMS gögnunum getur skýrst af mörgum þáttum, meðal annars því að allt láglendi landsins er tekið með í GIMMS gögnunum. Þess mætti vænta að gróðurstuðullinn hafi hækkað meira á láglendi en á hálendari svæðum. Einnig kemur fram að mesta aukningin er á fyrstu árunum frá 1982 til 1987 (Raynolds o.fl. 2015), en okkar samantekt nær eingöngu aftur til ársins 1986. Þá er bandvídd gagnanna önnur en Landsat myndanna, en rautt ljós er numið á bylgjulengdunum 0,5–0,68 μm , og innrautt ljós á bylgjulengdunum 0,725–1,1 μm samanborið við 0,63–0,69 μm og 0,76–0,90 μm í Landsat 5, 0,63–0,69 μm og 0,77–0,90 μm í Landsat 7 og 0,64–0,67 μm og 0,85–0,88 μm í Landsat 8.

Raynolds o.fl. (2015) greindu einnig þróun gróðurs á landinu öllu með NDVI-gögnum frá gervitunglinu MODIS Aqua sem er með 250×250 m myndeiningar fyrir allt landið yfir tímabilið 2002–2013. Niðurstöður sýna meðaltalslækkun um 0,003 NDVI gildi á ári. Er lækkunin meðal annars skýrð af staðbundnum áhrifum gjóskufalls frá gosinu í Eyjafjallajökli árið 2010 og Grímsvötnum árið 2011 og myndun Háslóns við virkjun Jökulsár á Dal. Þar kom þó einnig fram að gróska á uppgræðslusvæðum jókst á tímabilinu (Raynolds o.fl. 2015), sem á m.a. við um áherslusvæði þessarar samantektar. Þá hefur þróun gróðurs í Hekluhraunum verið skoðuð með

Landsat-gervitunglamyndum frá tímabilinu 1984–2017. Niðurstöður sýna að gróska þar jókst á tímabilinu og er aukningin meiri á láglendari svæðum en þeim hálendari (Merrington 2019).

Innan áherslusvæðisins er gróskaukning greinanleg á náttúrulega grónum svæðum. Þótt um láglendari svæði sé að ræða er framför þó áfram hæg á auðnum þar sem engar landbótaaðgerðir hafa farið fram. Rannsókn á Hekluhraunum, sem teygja sig niður á láglendi að Heklubæjum, sýnir að gróska hefur aukist á vel grónum hraunum þar sem háplöntur eða birkikjarr er ríkjandi en hins vegar er ekki greinanleg aukning á grósku í áfoksgeirum og öðrum rofsvæðum innan þeirra (Merrington 2019). Niðurstöður verkefnanna tveggja sýna því hve náttúruleg framvinda gróðurs er hæg á auðnum og þröskuldar virðast háir sem tefja landnám.

Ef horft er á vistgerðir innan áherslusvæðis samantektarinnar, sem nær frá Þjórsárdal upp fyrir Sporðöldulón og Krókslón, þöktu lítið grónar vistgerðir alls um 69% landsins, ferskvatn 3% en vel grónar vistgerðir um 28% á svæðinu í byrjun tímabilsins miðað við gróðurkortagögn frá sjöunda áratugnum (12. tafla). Í dag er hlutfall lítið gróinna vistgerða 55%, ferskvatns 7% og vel gróinna vistgerða 38%, samkvæmt vistgerðarkorti Náttúrufræðistofnunar Íslands (13. tafla). Það sýnir að hlutfall vel gróins lands á áherslusvæðinu jókst um 10 prósentustig yfir tímabilið. Hlutfall melavistgerða hefur dregist saman um 6 prósentustig og er nú metið um 19% svæðisins. Hlutfall sanda- og vikravistar sem og eyðihraunavistar hefur sömuleiðis dregist saman um 3–4 prósentustig. Samanlagt hlutfall moslendis og mólendis jókst einungis lítillega yfir tímabilið og það sama á við um graslendi. Þó ber að hafa í huga að viss alhæfing fylgir vörpun gróðurfélaga í vistgerðir sem hefur áhrif á þennan samanburð. Svo virðist sem skýringuna á aukningu á grónu landi sé að finna í vistgerðum sem tengjast landgræðslu og skógrækt, s.s. landmelhólum, birkivistum, skógrækt og lúpínu. Yfir tímabilið hefur orðið tvöföldun á þekju náttúrulegra birkiskóga úr 0,7% í 1,4% svæðisins. Þá þöktu skógræktarsvæði 2,4% svæðisins árið 2018 en skógrækt er ekki skráð á korti frá 1967. Lúpína hefur talsvert verið nýtt til landgræðslu á svæðinu en hún er ekki skráð á gróðurkortinu frá 1967. Náttúrufræðistofnun Íslands kortlagði nýverið útbreiðslu lúpínu á landinu öllu (Sigurður Kristinn Guðjohnsen og Borgþór Magnússon 2019) og því eru til áreiðanlegar upplýsingar um þekju hennar. Lúpína þekur nú rúmlega 3% áherslusvæðisins og er kortlögð upp undir hálendismörk á virkjunarsvæðum Landsvirkjunar. Þótt skipulegri dreifingu lúpínu sé nú mestmegnis hætt á vegum Landgræðslunnar má búast við að hún muni áfram dreifa sér með náttúrulegum hætti (Sigurður Kristinn Guðjohnsen og Borgþór Magnússon 2019). Samanlagt þekja þessar fjórar vistgerðir og landgerðir um 9% áherslusvæðisins sem fer langt með að skýra hlutfallslega aukningu gróins lands innan svæðisins.

6.1.2 Um orsakir gróðurbreytinga

Jákvæð framvinda gróðurs á sér líklega orsakir af ýmsum toga. Fyrst má nefna breytt loftslagsskilyrði. Meðalhitastig í júlí fór hækkandi frá níunda áratug síðustu aldar og náði hámarki árið 2008 (2. mynd). Er þetta í samræmi við þróun meðalhita á Íslandi sem birt er í skýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar (Halldór Björnsson o.fl. 2018). Hærri meðalhiti að sumri eykur vaxtargetu gróðurs þar sem lágt hitastig er takmarkandi þáttur. Þá hefur beitarálag minnkað þar sem fjöldi sauðfjár á landinu hefur dregist saman um tæplega helming frá því er mest var um 1980 (Hagstofa Íslands á.á., Björn H. Barkarson 2003). Friðun lands fyrir ágangi búfjár hefur og haft staðbundin áhrif. Hlýrra veðurfar, fækkun búfjár og beitarfriðun t.d. í Þjórsárdal, hafa að öllum líkindum haft jákvæð áhrif á gróðurframvindu þar sem gróðurþekja þéttist og gróska eykst.

Með Búrfellsvirkjun árið 1969 og öðrum virkjunum sem komu í kjölfarið, var Þjórsá beisluð og rennsli hennar miðlað til aflstöðva. Við það dró úr rennissveiflum og flóð hafa farið minnkandi. Auk þess hefur dregið úr vetrarflóðum og flóðum af völdum snjóleysinga á vorin

með tilheyrandi árframburði sem sat eftir í leysingafarvegum og varð uppspretta áfoksefna (Páll Jónsson o.fl. 1999). Er mál manna að með beislun Þjórsár og Tungnaár hafi loks skapast aðstæður til uppgræðslu á söndunum við árnar (Oddgeir Guðjónsson o.fl. 1980, Sveinn Sigurjónsson á Galtalæk, samtal á vinnustofu EMMIRS verkefnisins, 3. nóvember 2016).

Landgræðslu- og skógræktaraðgerðir hafa umbreytt umtalsverðum hluta áherslusvæðisins yfir tímabilið. Þer aðgerðasvæðum Landsvirkjunar, sem og annarra uppgræðsluaðila, vel saman við svæði sem voru flokkuð sem óstöðug sandsvæði í rofúttektinni sem gerð var undir lok síðustu aldar (Ólafur Arnalds o.fl. 1997, Ólafur Arnalds 2010a) sem þýðir að aðgerðir hafi mikið til farið fram á sandsvæðum.

6.2 Árangur á landgræðslu- og skógræktarsvæðum

Aðkoma Landsvirkjunar að landgræðslu og skógrækt er umtalsverð innan áherslusvæðisins sem afmarkað var í verkefninu. Samkvæmt landupplýsingaþekjum er heildarstærð aðgerðasvæða 3.645 ha (36,5 km²) sem jafngildir um 5,5 % áherslusvæðisins miðað við þurrlendi (8. mynd). Alls var flatarmál landgræðslulands metið upp á 2.929 ha (29,3 km²) og skógræktarsvæði 986 ha (9,9 km²) en nokkur skörun var á svæðunum.

Markmið uppgræðslu- og skógræktaraðgerða Landsvirkjunar voru í fyrstu að hefta sandfok og bæta umhverfi starfsfólks virkjana. Einnig var tilgangurinn að auka beitarmöguleika og létta þannig á afréttum heimamanna. Uppgræðsla við Sporðöldulón vegna Búðarhálsvirkjunar var tilkomin vegna skilyrða frá Skipulagsstofnun um mótvægisáðgerðir um myndun gróðurþekju í stað þess sem hyrfi undir lón. Markmið landgræðsluskógræktar við Búrfell var að sameina aðgerðir uppgræðslu og skógræktar til að klæða rýr og illa gróin svæði skógi. Markmið ræktunar í samstarfi við Hekluskóga var og er að endurheimta birkiskóga og víðikjarr í nágrenni Heklu og minnka líkurnar á vikurfoki í kjölfar gjóskugosa úr eldfjallinu. Nú leggur Landsvirkjun aukna áherslu á að tryggja sjálfbær vistkerfi, örva náttúrulega ferla og endurheimta eins og kostur er líffræðilega fjölbreytni (Hugrún Gunnarsdóttir 2009).

Samantekt okkar sýnir að land á langstærstum hluta aðgerðasvæðisins (81%) var rýrt og gróðurvana við upphaf aðgerða um 1967 (12. mynd). Í slíkum vistkerfum er framvinda mjög hægt og er það vegna samverkunar margra þátta. Þar sem gróðurþekja er rýr er yfirborð óstöðugt, oft miklar hitasveiflur á yfirborði, uppgufun mikil á sumrin og rofafl vinda og vatns óheft (Ólafur Arnalds 2015). Með gróðurþekju dregur úr vindhraða við yfirborð, gróður safnar í sig fokefnum og snjó en snjóhula að vetri hefur einangrandi áhrif og dregur úr myndun ísnála og holklaka (Berglind Orradóttir og Ólafur Arnalds 2006, Ólafur Arnalds 2010b).

Bæði leitnigreining og breytingar á samsetningu vistgerða á aðgerðasvæðum Landsvirkjunar í landgræðslu og skógrækt sýna fram á aukna gróðurþekju og grósku á svæðunum. Þá virðist aukningin í NDVI-gildum vera meiri en gerist í náttúrulegu grónu landi og talsvert umfram það sem á sér stað á auðnum utan landgræðslusvæða, þar sem hann virðist standa í stað eða breytast hægt. Samsetning vistgerða á aðgerðasvæðum Landsvirkjunar sýnir að samanlögð þekja lítt gróinna vistgerða, þ.e. eyðihraunavistar, melavistgerða og sanda- og vikravistar, hefur dregist saman um 30 prósentustig yfir tímabilið eða frá tæplega 80% niður í tæp 50% (12. mynd). Þess í stað þekja skógar (birkiskógar og skógrækt), lúpína og landmelhólar nú samanlagt um 9% svæðanna samkvæmt vistgerðarkorti frá 2018. Lúpínu er að finna á 3% aðgerðasvæða Landsvirkjunar. Graslendi á aðgerðarsvæðum þekur nú 2%, sem er ekki mikið miðað við umfang grassánainga og áburðardreifingar á svæðinu, en grassánaingar ganga gjarnan til baka sé þeim

ekki viðhaldið (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998, Herdís Friðriksdóttir 1999). Hins vegar jókst samanlögð þekja moslendis og mólendis um 10 prósentustig, úr 14% í 24% á aðgerðarsvæðinu á tímabilinu 1967–2018 (12. mynd) og er hugsanlegt er að aukningin sýni þróun gamalla grassáninga yfir í moslendi eða mólendi.

Sáningar á grastegundum og áburðargjöf hófust á stórum svæðum í Þjórsárdal og við Búrfell frá 1968–1986, og við Hrauneyjar og Sigöldu um 1975. Aðgerðir stóðu mislengi yfir á svæðunum en var alls staðar lokið árið 2000, að einu undanskildu, og því hefur gróðurframvinda átt sér stað í kjölfarið eða í um tuttugu ár eða meira. Rannsóknir á svæðinu hafa sýnt að á meðan áburðargjöf stóð var land grasgefið og uppskerumikið en eftir því sem lengra leið frá aðgerðum jókst hlutdeild staðargróðurs, bæði æðplantna og mosa (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998, Herdís Friðriksdóttir 1999). Aðgerðir eins og grassáningar og áburðargjöf, eða áburðargjöf eingöngu, ýta gjarnan náttúrulegri framvindu gróðurs af stað, sérstaklega þegar til lengri tíma er lítið. Við sáningar verður yfirborðið stöðugra vegna gróðurþekjunnar og aukinnar rótarfestu. Einnig stöðvast fræ og aðrar fjölgunareiningar í gróðrinum. Þegar lífræna efnið brotnar niður verður meira um næringarefni, auk þess sem vatn helst betur í rótarumhverfi plantnanna í stað þess að hripa fljótt niður gegnum jarðveg með litlu lífrænu efni. Rannsóknir á þróun gróðurfars í gömlum grassáningum á Rangárvöllum og á Ássandi í Kelduhverfi, þar sem um 20–45 ár voru frá aðgerðum, sýndu mikla aukningu í landnámi staðargróðurs í samanburði við óuppgrædd viðmiðunarsvæði (Gretarsdóttir o.fl. 2004). Svipað hefur sést í yngri grassáningum (<20 ár frá aðgerðum) (Áslaug Helgadóttir og Sigurður H. Magnússon 1992, Ása L. Aradóttir 2009, Ólafur Arnalds o.fl. 2011), þó einnig séu dæmi um að mikil sinuþekja tefji landnám náttúrulegs gróðurs (Elín Gunnlaugsdóttir 1982). Áburðargjöf ein og sér, til styrkingar þeim gróðri sem fyrir er á uppgræðslusvæðum, hefur einnig aukið landnám gróðurs miðað við ómeðhöndluð viðmiðunarsvæði (Elmarsdóttir o.fl. 2003).

Framvinda gróðurs á uppgræðslusvæðum virðist koma vel fram í leitnigreiningu gervitunglagagna, þar sem svæði rísa og hníga í grósku. Þannig sýna elstu uppgræðslurnar, sem unnið var í nokkru fyrir 1986, neikvæða þróun í grósku sem bendir til þess að gróður þróist úr því að vera að meginhluta sáðgrös yfir í mosaskán með æðplöntum. Greiningin nær þó ekki aftur fyrir elstu sáningar en væntanlega hefði leitnin ekki orðið neikvæð ef upphafspunkturinn væri ógrónar auðnir. Þetta bendir þó til þess að áfram þurfi að veita gömlum uppgræðslusvæðum athygli. Herdís Friðriksdóttir (1999) bendir á að viss hættu sé á að gróður gangi til baka og hverfi undir áfok á áfokssvæðum sé áburðargjöf ekki endurtekin þegar fram líða stundir.

Hvað varðar skógræktarsvæði hefur orðið umtalsverð aukning í grósku á eldri svæðum við Búrfell. Skógrækt hófst á svæðinu árið 1991 en á tímabilinu 1991–2012 var plantað um 430 þúsund plöntum í 156 ha lands. Góður árangur var talinn af gróðursetningum og meðalhæð trjáa í skógarteigum var orðin allt að 4 m hæð árið 2008.

Við skógrækt á vegum Hekluskóga er notast við uppgræðslur og önnur landgræðslusvæði við gróðursetningar á birkitrjám og kjötmjöl nýtt sem áburður. Lifun og vöxtur birkis á Hekluskógasvæðum eru talin góð og varanleg gróðurþekja hefur myndast á stórum svæðum. Í verkefninu er birki gróðursett í trjálundi þaðan sem ætlunin er að það sái sér út og sýna nýlegar mælingar dæmi þess (Hekluskógar 2019b). Árangur trjáræktar á hálendismörkum hefur verið dræmari (Kolbrún Björnsdóttir 1995).

Leitnigreining sýnir að jákvæðar, árlegar breytingar á NDVI-gildum eru nokkuð háar við Búrfell og í Landskógum svo að dæmi séu tekin og fer þeim saman við aðgerðasvæði Skógræktarfélags

Íslands og Hekluslóga. Almennu eru hæstu gildin sem koma fram á gervitunglamyndum frá gróðurlendi með mikinn lífmassa, s.s. skóglendi (Lillesand og Kiefer 2000). Við vöxt þéttist krónuþekja og því mætti ætla að smám saman hækki NDVI-gildi á skógræktarsvæðum. Ætti sú þróun að vara um þó nokkurn tíma uns þéttari krónuþekju er náð. Úttektin býður þó ekki upp á þann möguleika að tengja þróun NDVI-gilda við hæga aukningu krónuþekju trjáplantna, því líklegt er að gildin sýni blönduð merki frá gras- og lúpínuþekju sem tengist eldri landgræðsluaðgerðum.

6.3 Vistfræðilegur ávinningur landgræðslu- og skógræktaraðgerða

Niðurstöður okkar benda til að aukning hafi orðið í gróðurþekju og grósku, sérstaklega á landgræðslu og skógræktarsvæðum. Samanburður vistgerðakorta frá 1967–1982 og 2018 sýnir að hlutdeild vistgerða með óstöðugt yfirborð hefur dregist saman en þekja gróinna vistgerða aukist. Leitni NDVI-gilda er mestmegnis jákvæð milli 1986 og 2017 sem bendir til að gróðurþekja og lífmassi gróðurs sé að aukast. Af þessu, ásamt fyrrgreindum niðurstöðum rannsókna og úttekta af vettvangi, má álykta að margvíslegur vistfræðilegur ávinningur hafi hlotist af aðgerðum. Í samanburði við auðnir eru gróin vistkerfi auðugri af lífríki, frumframleiðni gróðurs er mun meiri, líffræðilegur fjölbreytileiki er yfirleitt meiri og næringarefnabúskapur, vatnsmiðlun og kolefnisbúskapur er betri. Hvernig hermir það við upphafleg markmið Landsvirkjunar með aðgerðunum?

Í mörgum tilvikum var upphaflegt markmið aðgerða að hefta sandfok og bæta skilyrði starfsfólks. Gera má ráð fyrir því að með því að auka í gróðurþekju hafi með aðgerðum verið bundið óstöðugt og sendið yfirborð og því dregið úr sandfoki á þekktum rofsvæðum. Ætti það að skila sér í minna magni loftborinna jarðvegsagna á sandfoksdögum og draga úr söfnunarhraða áfoksefna á gróid land. Með aukinni gróðurþekju dregur úr endurteknu rofi þar sem gróður virkar sem fokefnagildra. Hlutfallsleg aukning í þekju vistgerða með hávaxnar og/eða áfoksþolnar plöntutegundir eykur viðnám gróðurs gegn gjóskufalli og áfoki. Á þetta einkum við skóg- og kjarrlendi, graslendi, melhóla og einnig lúpínu, þótt eiginleikar hennar í íslenskri náttúru séu umdeilanlegir. Aukin gróðurþekja og hávaxnari gróður draga jafnframt úr hitasveiflum og vindhraða á yfirborði, fanga fokefni og binda snjó sem einangrar jarðveg og dregur úr myndun holklaka í jörðu.

Með uppgræðslum átti að auka beitarmöguleika sauðfjár og léttu beitarálagi á afréttum þó líklegt megi telja að sauðfé sækir í nýgræðing í uppgræðslum. Hvort aðgerðir hafi raunverulega létt á afréttum og beitarmöguleikar aukist verður ekki skorið úr um hér. Hins vegar hefur beitarálag minnkað undanfarna áratugi vegna fækkunar sauðfjár.

Margar auðnir landsins eru alvarlega röskuð vistkerfi þar sem mikilvæg ferli eru skert. Á þetta við um þætti eins og frumframleiðni, tegundasamsetningu, vatnsmiðlun, næringarefnahringrás og frjósemi lands (Ólafur Arnalds 2015, Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir 2015). Því er mannlegt inngríp mikilvægt til að örva landnám staðargróðurs og gróðurframvindu og hefur það m.a. verið gert með grassáningum, áburðargjöf, kjötmjölsdreifingu og gróðursetningu birkis á vegum Landsvirkjunar og samstarfsaðila. Uppgræðsluaðgerðir eru jafnframt í vaxandi mæli undirbúningur skógræktar og auka þær lifun og vöxt trjáplantna. Aðgerðir sem örva náttúrulega gróðurframvindu á uppblásnum auðnum eru liður í vistheimt og endurheimt líffræðilegrar fjölbreytni svæðanna. Með uppgræðslu binst kolefni bæði í jarðvegi og gróðri. Í skýrslu Umhverfissráðuneytisins um aðgerðir gegn loftslagsbreytingum er gert ráð fyrir að landgræðsluaðgerðir bindi að meðaltali um 2,75 t CO₂ ha⁻¹ ár⁻¹ (Brynhildur Davíðsdóttir o.fl. 2009). Endurskoðað mat gefur til kynna nokkuð lægri meðaltalsbindingu eða 2,1 t CO₂ ha⁻¹ ár⁻¹ (Jóhann Þórsson 2017). Gera má ráð fyrir að uppsöfnun kolefnis í jarðvegi viðhaldist um mjög langan tíma vegna eiginleika eldfjallajarðar og aðstæðna hér á landi (Arnalds o.fl. 2013).

Landgræðsluskógrækt, eins og hún er nefnd, hefur staðið yfir í kringum Búrfell í hartnær þrjá áratugi og í því verkefni hefur langmest verið gróðursett af birki (9.tafla). Þar er árangri lýst þannig að „örfoka vikrum hefur verið breytt í gróðurvin sem skapar bæði skjól, bindur jarðveg og myndar lífrænan svörð sem skapar aðstæður fyrir botngróður“ (Landsvirkjun 2011b). Þykir árangur landgræðsluskógræktar við Búrfell góður og líklegt að skógur muni sá sér út í framtíðinni. Þá stýttist í að skógræktarsvæðið tengist hinum upprunalega Búrfellsskógi sem staðist hefur gróðureyðingu og landnotkun fyrri alda. Lagt hefur verið mat á kolefnisbindingu skóganna á svæðinu við Búrfell. Kolefnisbinding skóga á svæðinu við Búrfell var áætluð alls 1.004 t CO₂ fyrir árið 2016. Metið hefur verið að eldri skógar á svæðinu bindi að meðaltali um 13,5 t ha⁻¹ ár⁻¹ af koldíoxíði og eldri landgræðsluskógar um 5 t ha⁻¹ ár⁻¹. Yngri skógar binda hins vegar að meðaltali um 4 t CO₂ ha⁻¹ ár⁻¹ og yngri landgræðsluskógar um 3 t ha⁻¹ ár⁻¹ (Arnór Snorrason, Björn Traustason og Bjarki Þór Kjartansson 2017).

Í skýrslu um vistheimt (Hugrún Gunnarsdóttir 2009) kemur fram að Landsvirkjun leggur aukna áherslu á að tryggja sjálfbærni vistkerfa, örva náttúrulega ferla og endurheimta líffræðilega fjölbreytni. Við landgræðslu- og skógræktaraðgerðir í Hekluskógaverkefninu er þetta m.a. haft að leiðarljósi. Þar er markmiðið að rækta birkiskóga innan áhrifasvæðis Heklugosa og vinna þar með að endurheimt náttúrulegra gróðurlenda á svæðinu. Birki er sú trjátegund sem myndar náttúrulega skóga hér á landi og hefur jafnframt mikið þol gegn gjóskufalli. Með því að endurheimta birkiskóga mun þanþol vistkerfa gegn áföllum aukast. Birkiskógar þekja um 1.500 km² á landinu öllu (Skógræktin 2017) og víða hefur þeim verið raskað, þar með talið á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu. Endurheimt birkiskóga mun að líkindum hafa jákvæð áhrif á líffræðilega fjölbreytni svæðisins. Í samstarfi Hekluskógaverkefnisins og Landsvirkjunar hefur verið unnið að gróðursetningu birkis í trjálundi á 604 ha lands innan athugunarsvæðisins og dreifingu kjötmjòls sem áburðar á hundruð hektara, bæði innan og utan athugunarsvæðisins. Birkið hefur vaxið vel samkvæmt mælingum á Hekluskógasvæðinu í heild, eða að meðaltali um 40 cm á fimm árum, sem þykir góður árangur á erfiðum rofsvæðum og hefur það jafnframt byrjað að sá sér út í svæðin. Í samvinnu Landsvirkjunar og Skógræktarinnar hefur einnig verið plantað um 580 þúsund trjáplöntum í skógræktarsvæði við Búrfell og var langmestur hluti þess birkis.

Með gróðurhulu eykst lífræn virkni á yfirborði, gróðurleifar skila lífrænu efni í jarðveg sem eykur jarðvegslíf og kolefnisuppsöfnun. Þótt jarðvegsmýndun og kolefnisuppsöfnun í jarðvegi á uppgæðslusvæðum sé hæg er hún hraðari en á sambærilegum auðnasvæðum þar sem náttúruleg framvinda er afar hæg (Arnalds o.fl. 2013, Vilmundardóttir, Gísladóttir og Lal 2017). Áratugi og jafnvel aldir tekur fyrir frjóan jarðveg að myndast á auðnum. Því er mikilvægt að koma í veg fyrir frekara tap á moldarjarðvegi, binda rofjaðra í rofabörðum og hefta áfoksgeira sem ganga inn á gróð land. Gróðurtorfur þjóna mikilvægu hlutverki sem fræuppsprettur og gróður dreifist þaðan út á nálæg svæði. Dæmi eru um að gróðurtorfur hafi eyðst á skömmum tíma eins og gerðist í kjölfar Heklugossins árið 1970 (Sveinn Sigurjónsson, bóndi á Galtalæk, samtal á vinnustofu EMMIRS verkefnisins, 3. nóvember 2016). Í leitnigreiningu á NDVI-gildum var ekki greinanleg breyting á rofjöðrum rofabarða og áfoksgeira innan athugunarsvæðisins. Þar sem upplausn greiningarinnar er bundin við stærð myndeiningar sem er 30×30 m er ólíklegt að hún nemi slíkar breytingar hafi þær átt sér stað yfir rannsóknatímabilið.

6.3.1 Um val plöntutegunda og landsvæða í landgræðslu og skógrækt

Í undanfarinni umfjöllun hefur þéttari gróðurþekja, aukin gróska og gróðurhæð að mestu verið rædd óháð vali á plöntutegundum og landsvæðum og almennt túlkuð sem jákvæð þróun vistkerfis. Þessir eiginleikar eru taldir auka viðnám vistkerfis gegn áföllum á borð við áfok og vikurfall úr eldgosum sem og viðnám gegn miklu beitarálagi. Hins vegar eru áhrif landgræðslu

og skógræktaraðgerða margvísleg á náttúrulegan gróður, vistkerfi og landslag. Því er þörf á nokkrum orðum um val plöntutegunda og landsvæða við landgræðslu og skógrækt.

Í landgræðslu almennt var fyrst farið að nýta melgresi, sem er innlend tegund, til að græða upp foksanda. Síðar voru fræ grastegunda, eins og beringspunts, túnvinguls, rauðvinguls, vallarsveifgras og rýgresis, flutt inn til landsins til að græða upp lítið gróið land þar sem ekki var mikið um foksand (Magnús H. Jóhannsson og Ása L. Aradóttir 2004). Flestar þessara tegunda hafa verið notaðar innan athugunarsvæðisins sem hér er fjallað um og oftast var notaður túnvingull í grassáningum. Rannsóknir hafa síðan sýnt að þekja sáðgrasa minnkar með tímanum þegar áburðargjöf er hætt og gróðurinn úr umhverfinu tekur við og nemur land í uppgræðslunum (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998, Herdís Friðriksdóttir 1999, Gretarsdóttir o.fl. 2004). Í landgræðslustarfi almennt er nú lögð aukin áhersla á innlenda fræframleiðslu og að auka fjölbreytileika innlendra tegunda í landgræðslufloðunni (Magnús H. Jóhannsson og Ása L. Aradóttir 2004).

Þá hefur alaskalúpína, sem flokkast sem framandi og ágeng tegund (Náttúrufræðisstofnun Íslands 2019), verið notuð í landgræðslu og skógrækt. Aðkoma Landsvirkjunar að dreifingu lúpínu á svæðinu er fremur óljós en henni var m.a. dreift í og við Búrfell á árabílinu 1992–1999 (Herdís Friðriksdóttir 2000), og við virkjanir ofan hálendismarka um 1986 (Kolbrún Björnsdóttir 1995). Í Hekluskógaverkefninu var tekin sú ákvörðun að sá ekki meiri lúpínu í Þjórsárdal (Eiður K. Eirísson o.fl. 2017 sem vitnar í Samráðsnefnd um Hekluskóga 2005).

Algengustu tegundir sem notaðar eru í skógrækt á Íslandi eru birki, sitkagreni, stafafura, rússalerki og alaskaösp (Skógrækt ríkisins 2011). Þar af gæti stafafura talist ágeng tegund miðað við hegðun hennar í öðrum löndum (NOBANIS 2019). Á aðgerðasvæðum Landsvirkjunar hefur íslenskt birki fyrst og fremst verið notað til skógræktar eða í 97% tilvika og örlítið af ilmreyni, ásamt innfluttum tegundum á borð við lerki, rússalerki, sitkælri, elri, jörvaviði og grænan alaskaviði (9. tafla).

Við val á tegundum í landgræðslu og skógrækt þurfa markmið að vera skýr en taka þarf tillit til ýmissa þátta, s.s. ástands landsins sem verið er að græða upp, hvers konar vistkerfi á að stuðla að og hver á starfsemi þess að vera, hvaða tegundir eru æskilegar og hvernig falla aðgerðir að landslaginu (Magnús H. Jóhannsson og Ása L. Aradóttir 2004). Jafnframt eru landgræðslu og skógrækt settar ýmsar hömlur í lögum og reglugerðum, t.d. sem snerta val tegunda og aðgerðasvæða. Í reglugerð nr. 583/2000, sem snýr að innflutningi, ræktun og dreifingu útlendra plöntutegunda, er ræktun útlendra tegunda óheimil á friðlýstum svæðum, á landslagsgerðum er njóta sérstakrar verndar og allstaðar ofar 400 m h.y.s. (Reglugerð um innflutning, ræktun og dreifingu útlendra plöntutegunda nr. 583/2000 ásamt síðari tíma breytingum).

Meginhluti athugunarsvæðisins sem hér er til umfjöllunar er ofan skilgreindra hálendismarka ef frá er talinn Þjórsárdalur, Hafið, Búrfell og svæðið austan Þjórsár sunnan Landmannaleiðar. Hluti áherslusvæðisins, þar sem aðgerðir Landsvirkjunar í landgræðslu og skógrækt hafa farið fram, er á náttúruuminjaskrá undir flokknum aðrar náttúruuminjar. Það eru „Þjórsárdalur – Gjáin og fossar í Fossá“, nr. 731, sem allt fellur innan áherslusvæðisins og hluti svæðisins við „Heklu“, nr. 730, (Umhverfisstofnun 2019). Þjórsárdalur er jafnframt í friðlýsingarferli þar sem hluti dalsins verður friðlýstur (Hildur Vésteinsdóttir 2019). Innan þess eru birkiskógar og jarðmyndanir á borð við nútímahraun og gervígíga sem njóta sérstakrar verndar (Lög um náttúruvernd nr. 60/2013, 61. gr.). Í friðlýsingartillögum Þjórsárdals er tekið fram að áfram verði stuðlað að endurheimt raskaðra vistkerfa og birkiskóga en áhersla verður á notkun innlendra tegunda og landslagsvernd (Hildur Vésteinsdóttir 2019).

Sú þróun sem orðið hefur í landgræðslu- og skógræktaraðgerðum Landsvirkjunar á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu og rakin hefur verið í skýrslunni endurspeglar í stórum dráttum þær breytingar sem orðið hafa í stefnu stjórnvalda hvað varðar landgræðslu, skógrækt og náttúruvernd. Í nýjustu landgræðsluaðgerðum á vegum Landsvirkjunar á athugunarsvæðinu er nú mestmegnis eingöngu borin á áburður, sem styrkir þann náttúrulega gróður sem fyrir er í landinu (7. tafla) og sama gerir dreifing kjötmjöls í Hekluskógaverkefninu. Frá árinu 2007 hefur svo gott sem einungis verið plantað birki í skógræktarreiti. Almennt hefur dregið mjög úr skipulagðri dreifingu lúpínu á landinu. Hún mun þó dreifast áfram um landið af sjálfsdáðum, út frá núverandi vaxtarstöðum, þar sem hún þrífst vel á auðnum á Suðurlandi og hagnast af hlýnandi loftslagi og minnkandi beitarálagi (Sigurður Kristinn Guðjohnsen og Borgþór Magnússon 2019).

7 SAMANTEKT OG ÁBENDINGAR

Hér hefur verið gerð grein fyrir landgræðslu- og skógræktaraðgerðum Landsvirkjunar á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu og metnar breytingar á gróðri frá upphafi virkjana á sjöunda áratugnum til 2018. Byggir úttektin á þrenns konar gögnum, rituðum heimildum um aðgerðir (aðferðir, upphafsástand og mat á árangri), vistgerðakortum og gervitunglamyndum. Spanna gögnin 30 til 50 ára tímabil. Landupplýsingagögn umsjónaraðila veittu upplýsingar um staðsetningu og umfang aðgerða yfir tímabilið.

Samantekt okkar sýnir greinilega aukningu í gróðri á landgræðslu- og skógræktarsvæðum, bæði í grósku (NDVI-gildum) og hærra hlutfalli vel gróinna vistgerða. Út frá því má álykta að aðgerðir stuðli að auknu þanþoli vistkerfa gegn áföllum. Jafnframt þykir árangur aðgerða að mörgu leyti góður eins og m.a. hefur komið fram í samantekt um birtar heimildir frá landgræðslu- og skógræktarsvæðum. Stór svæði hafa verið tekin til uppgræðslu og gróið land að myndast í stað uppblásinna auðna. Við viljum hér taka undir ályktun Sigurðar H. Magnússonar (1996) frá gróðurathugunum í uppgræðslum við Búrfell þess efnis, að mikilvægt er að setja markmið í uppgræðslustarfi varðandi framtíðarsýn á gróðurfar svæðanna og beita aðferðum við vistheimt sem hjálpa til við að ná því markmiði. Vistheimt hefur verið skilgreind sem ferli er miðar að bata vistkerfis sem hefur hnignað, skemmst eða eyðilagst (Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir 2015). Núverandi markmið Landsvirkjunar frá 2009 í uppgræðslu og skógræktaraðgerðum taka mið af þessu. Rannsóknir á vettvangi og úttektir á aðgerðasvæðum verða síðan áfram afar mikilvægar við að meta hvort aðgerðir stuðli að því að vistkerfi þokist nær þessum markmiðum.

Margar auðnir landsins, m.a. á athugunarsvæðinu, eru alvarlega röskuð vistkerfi þar sem mikilvæg ferli eru skert. Því er mannlegt inngríp mikilvægt til að örva landnám staðargróðurs og gróðurframvindu. Uppgræðsluaðgerðir eru jafnframt í vaxandi mæli undirbúningur skógræktar og eykur lifun og vöxt trjáplantna. Vanda þarf aðferðafræðina við landgræðslu og skógrækt, bæði hvað varðar val á tegundum, aðferðum t.d. við gróðursetningar og svæðum sem græða á upp eða taka undir skógrækt. Aðgerðir sem örva náttúrulega gróðurframvindu á uppblásnum auðnum eru liður í vistheimt og endurheimt líffræðilegrar fjölbreytni svæðanna. Landgræðslusaga svæðisins segir frá ákveðinni þróun úr því að beita aðgerðum sem byggðu á þaulrækt með grassáningum og mikilli áburðargjöf yfir í að styrkja gróðurinn á staðnum og ýta undir sjálfgræðslu. Jafnframt eru birkigróðursetningar og áburðargjöf til styrktar náttúrulegum gróðri í Hekluskógaverkefninu dæmi um aðgerð sem miðast að því að endurheimta ákveðið vistkerfi með birki sem megintegund. Ef svæði þróast í þá átt að um sé að ræða vistheimt (ferli) sem mjakar vistkerfinu í áttina að horfnum gróðurlendum s.s. birkiskógum eða kjarri, víðimóa, lyngmóavist eða moslendi, þá er um að ræða mjög jákvæða þróun lands.

NDVI-gróðurstuðullinn þykir almennt hentugur til að greina grænan lífmassa á landi. Hins vegar eru gervitunglamyndir á borð við Landsat-myndir fremur grófar (30 m stórar myndeiningar) sem takmarkar greinihæfni þeirra á ákveðnum ferlum, t.d. samsetningu flóru, jarðvegseiginleikum og -rofi. Úttektir og rannsóknir á vettvangi eru því afar mikilvægar til að meta árangur aðgerða og greina hin finni atriði í þróun vistkerfisþátta. Þá eru upplýsingar um stöðu aðgerðasvæða áður en aðgerðir hefjast mikilvægar til samanburðar þegar árangur þeirra er metinn.

Fjarkönnunargögn, þá einkum gervitunglamyndir sem hafa háa endurkomutíðni og sýna sömu svæði, eru afar nytsamlegt vöktunartæki. Stakar myndir ná yfir stór svæði og tímabilið sem gögnin ná yfir lengist stöðugt. Með leitnigreiningu NDVI-gilda má greina hvort gróður sé í sókn eða láti undan síga, auk þess sem sjá má aðrar umhverfisbreytingar sem kunna að eiga sér stað. Vettvangsrannsóknir á svæðum með mismunandi upphafstíma aðgerða eru jafnframt gagnlegar til stuðnings við leitnigreiningu og til að meta tímann sem það tekur fyrir ákveðna þætti vistkerfis að þróast. Í þeim gögnum sem hér eru notuð til að kanna þróun gróðurs, þ.e. gervitunglamyndir og landupplýsingaþekjur sem afmarka aðgerðir í landgræðslu og skógrækt, felast að líkindum enn fleiri möguleikar en við sýnum fram á í niðurstöðum skýrslunnar. Leitnigreiningu mætti til dæmis nota til að bera saman árangur landbótaaðgerða eftir því um hvers konar aðgerðir ræðir og hvers kyns aðferðum beitt hefur verið á vettvangi. Slíkar hnitmiðaðri greiningar þyrftu að byggja á góðum landupplýsingagögnum sem sýna staðsetningu aðgerða, tímasetningu og hvað var gert á vettvangi.

8 ÞAKKARORÐ

Ásrún Elmarsdóttir, Trausti Baldursson og María Harðardóttir lásu yfir handrit og færðu til betri vegar. Anette Th. Meier teiknaði myndir í skýrsluna. Guðný H. Indriðadóttir og Gústav M. Ásbjörnsson á Landgræðslunni veittu upplýsingar um landupplýsingagögn. Veðurstofa Íslands veitti aðgang að veðurfarsgögnum frá athugunarsvæðinu. Hreinn Óskarsson hjá Skógræktinni og Hrönn Guðmundsdóttir hjá Hekluskógum veittu upplýsingar um starfsemi Hekluskóga. Allir þessir aðilar hljóta bestu þakkir fyrir aðkomuna að verkefninu.

9 HEIMILDASKRÁ

- Andrés Arnalds 1988a. Landgræðsluframkvæmdir í Rangárvallasýslu. Í: Andrés Arnalds ritstj. *Græðum Ísland: árbók Landgræðslunnar*, bls. 157–173. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Andrés Arnalds 1988b. Friðuð landgræðslusvæði. Í Andrés Arnalds ritstj. *Græðum Ísland: árbók Landgræðslunnar*, bls. 139–155. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Arna Björk Þorsteinsdóttir, Björgvin Ö. Eggertsson, Böðvar Guðmundsson, Garðar Þorfinnsson, Hreinn Óskarsson, Magnús H. Jóhannsson og Ása L. Aradóttir 2006. Hekluskógar: flokkun lands og tillögur um aðgerðir. Í *Fræðaging landbúnaðarins 2006*, bls. 241–244. Reykjavík: Bændasamtök Íslands.
- Arnalds, Ó., B. Orradóttir og Á.L. Aradóttir 2013. Carbon accumulation in Icelandic desert Andosols during early stages of restoration. *Geoderma* 193–194: 172–189. DOI: 10.1016/j.geoderma.2012.10.018
- Arnór Snorrason, Björn Traustason og Bjarki Þór Kjartansson 2017. Önnur úttekt á kolefnisbindingu skógræktar á vegum Landsvirkjunar. Landsvirkjun, LV-2017-040. Reykjavík: Landsvirkjun. <http://gogn.lv.is/files/2017/2017-040.pdf> [skoðað 29.10.2019]
- Ása L. Aradóttir 2009. Landgræðsla, líffræðileg fjölbreytni og náttúruvernd. *Náttúrufræðingurinn* 78 (1–2): 21–28.
- Ása L. Aradóttir, Hreinn Óskarsson og Björgvin Ö. Eggertsson 2006. Hekluskógar: forsendur og leiðir. Í *Fræðaging landbúnaðarins 2006*, bls. 253–256. Reykjavík: Bændasamtök Íslands.
- Áslaug Helgadóttir og Sigurður H. Magnússon 1992. *Uppgræðsla vegkanta: stofnaprófanir og rannsóknir á gróðurframvindu*. Fjölrit Rala 158. Reykjavík: Rannsóknarstofnun landbúnaðarins.
- Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1998. *Uppgræðsla á Hafinu á Gnúpverjafrétti*. Skýrsla til Landsvirkjunar. Reykjavík: Rannsóknarstofnun landbúnaðarins.
- Berglind Orradóttir og Ólafur Arnalds 2006. Áhrif gróðurs á yfirborðsstöðugleika. Í *Fræðaging landbúnaðarins 2006*, bls. 264–267. Reykjavík: Bændasamtök Íslands.
- Björn H. Barkarson 2003. Nýting af rétta á miðhálandi Íslands. Í *Ráðunautafundur 2003*, bls. 67–73. Reykjavík: Bændasamtök Íslands, Landbúnaðarháskólinn á Hvanneyri, Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Borgþór Magnússon og Sigmar Metúsalemsson 2017. *Vöktun á gróðri og strönd við Blöndulón: áfangaskýrsla 2016*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-17001. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2017-042. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands. <http://utgafa.ni.is/skyrslur/2017/NI-17001.pdf> [skoðað 29.10.2019]
- Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon og Bjarni Diðrik Sigurðsson 2001. *Gróðurframvinda í lúpínubreiðum*. Fjölrit Rala 207. Reykjavík: Rannsóknarstofnun landbúnaðarins.

- Brynhildur Davíðsdóttir, Ágústa Loftsdóttir, Birna Hallsdóttir, Bryndís Skúladóttir, Daði Már Kristófersson, Guðbergur Rúnarsson, Hreinn Haraldsson, Pétur Reimarsson, Stefán Einarsson, Þorsteinn Ingi Sigfússon 2009. *Möguleikar til að draga úr nettóútstreymi gróðurhúslofttegunda á Íslandi*. Skýrsla Sérfræðinganeftdar. Reykjavík: Umhverfisstofnun.
- Dagsson-Waldhauserova, P., O. Arnalds og H. Olafsson 2014. Long-term variability of dust events in Iceland (1949–2011). *Atmospheric Chemistry and Physics* 14: 13411–13422. DOI: 10.5194/acp-14-13411-2014
- Dugmore, A.J., M.J. Church, K.-A. Mairs, T.H. McGovern, S. Perdikaris og O. Vésteinsson 2007. Abandoned farms, volcanic impacts, and woodland management: Revisiting Þjórsárdalur, the "Pompeii of Iceland". *Arctic Anthropology* 44(1): 1–11. DOI: 10.1353/arc.2011.0021
- Eiður K. Eiðsson, Friðþór S. Sigurmundsson, Ingunn Ó. Árnadóttir og Írena B. Ásgeirsdóttir 2007. *Þróun gróðurþekju í Þjórsárdal*. Námsferð innanlands. Reykjavík: Háskóli Íslands.
- Einar Gunnarsson 2008. *Skógræktarstarf við Búrfell 1991–2008*. Reykjavík: Skógræktarfélag Íslands.
- Elín Gunnlaugsdóttir 1982. Vegetation development during restoration of eroded areas managed by the Icelandic State Soil Conservation. Studies in permanent plots in and near fenced areas 1974–1980. *Meddelanden från Växtbiologiska Institutionen*, Uppsala, 1982:4.
- Elín F. Þórarinsdóttir, Guðný H. Indriðadóttir og Gústav M. Ásbjörnsson 2014. *Búðarháls og Þóristungur: úttekt á gróðurfari og jarðvegsrofi*. Landvirkjun, LV-2014-142. Reykjavík: Landsvirkjun. <http://gogn.lv.is/files/2014/2014-142.pdf> [skoðað 29.10.2019]
- Elmarsdóttir, Á., A.L. Aradóttir og M.J. Trlica 2003. Microsite availability and establishment of native species on degraded and reclaimed sites. *Journal of Applied Ecology* 40: 815–823. DOI: 10.1046/j.1365-2664.2003.00848.x
- Evans, J.S. 2018. spatialEco: Spatial Analysis and Modelling Utilities. R package, version 0.1.1–1. <https://CRAN.R-project.org/package=spatialEco> [skoðað 23.6.2019]
- Eydís Salóme Eiríksdóttir 2017. *Áhrif virkjana á rennsli og vatnalíf á vatnasviði Þjórsár og Tungnaár*. Landsvirkjun, LV-2017-122. Reykjavík: Landsvirkjun. <http://gogn.lv.is/files/2017/2017-122.pdf> [skoðað 29.10.2019]
- Garðar Þorfinnsson 2018a. *Mótvægisáðgerðir vegna Sporðöldulóns: áðgerðir 2017*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun. LR-2018/07. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Garðar Þorfinnsson 2018b. *Mótvægisáðgerðir vegna Sporðöldulóns: áðgerðir 2018*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun. LR-2018/36. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Gretardóttir J., A. Aradóttir, V. Vandvik, E. Heegaard og H.J.B. Briks 2004. Long-term effects of reclamation treatments on plant succession in Iceland. *Restoration Ecology* 12 (2): 268–278. DOI: 10.1111/j.1061-2971.2004.00371.x

- Guðmundur Guðjónsson 1980. Gróðurbreytingar í Þjórsárdal. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir* 12(1): 27–59.
- Guðmundur Guðjónsson og Rannveig Thoroddsen 2016. *Úttekt á gróðurfari á þremur lónasvæðum Þjórsár og Tungnaár ofan Búrfells*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-16003. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2016-088. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Guðrún Larsen og Sigurður R. Gíslason 2013. Gjóska. Í Júlíus Sólmes, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason, ritstj. *Náttúruvæðing á Íslandi: eldgos og jarðskjálftar*, bls. 130–143. Reykjavík: Viðlagatryggingar Íslands, Háskólaútgáfan.
- Gústav M. Ásbjörnsson 2009. *Mótvægisáðgerðir vegna Sporðöldulóns: áðgerðir 2009*. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Gústav M. Ásbjörnsson 2010. *Mótvægisáðgerðir vegna Sporðöldulóns: áðgerðir 2010*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun. LR-2010/13. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Gústav M. Ásbjörnsson 2011. *Mótvægisáðgerðir vegna Sporðöldulóns: áðgerðir 2011*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun. LR-2011/11. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Gústav M. Ásbjörnsson 2012. *Mótvægisáðgerðir vegna Sporðöldulóns: áðgerðir 2012*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun. LR-2012/32. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Gústav M. Ásbjörnsson 2013. *Mótvægisáðgerðir vegna Sporðöldulóns: áðgerðir 2013*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun. LR-2013/27. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Gústav M. Ásbjörnsson 2014. *Mótvægisáðgerðir vegna Sporðöldulóns: áðgerðir 2014*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun. LR-2014/26. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Gústav M. Ásbjörnsson 2015. *Mótvægisáðgerðir vegna Sporðöldulóns: áðgerðir 2015*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun. LR-2015/27. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Gústav M. Ásbjörnsson 2016. *Mótvægisáðgerðir vegna Sporðöldulóns: áðgerðir 2016*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun. LR-2016/37. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Hagstofa Íslands. *Sauðfé skipt eftir tegundum 1703–2015*. http://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Sogulegar/Sogulegar__sogul_landbunadur/SOG04003.px [skoðað 24.7.2019]
- Halldór Björnsson, Bjarni D. Sigurðsson, Brynhildur Davíðsdóttir, Jón Ólafsson, Ólafur S. Ástþórsson, Snjólaug Ólafsdóttir, Trausti Baldursson og Trausti Jónsson 2018. *Loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi: skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar 2018*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands. <https://www.vedur.is/media/loftslag/Skyrsla-loftslagsbreytingar-2018-Vefur-NY.pdf> [skoðað 29.10.2019]
- Hekluskógar 2006. *Fréttir frá 2006*. <https://hekluskogar.is/frettir-2006> [skoðað 2.7.2019]
- Hekluskógar 2007. *Fréttir frá 2007: Plöntur líta vel út í vetrarlok*. Frétt dags. 18.4.2007. <https://hekluskogar.is/frettir-2007> [skoðað 2.7.2019]

Hekluskógar 2008. *Fréttir frá 2008: Margar hendur vinna létt verk*. Frétt dags. 10.7.2008. <https://hekluskogar.is/frettir-2008> [skoðað 2.7.2019]

Hekluskógar 2016. *Hekluskógar: starf ársins 2015*. Frétt dags. 1.1.2016. <https://hekluskogar.is/2016/01/01/hekluskogar-starf-arsins-2015> [skoðað 8.8.2019]

Hekluskógar 2019a. *Um Hekluskóga*. <https://hekluskogar.is> [skoðað 2.7.2019]

Hekluskógar 2019b. *Niðurstöður af árangursmati*. Frétt dags. 25.2.2019. <https://hekluskogar.is/2019/02/25/nidurstodur-af-arangursmati> [skoðað 8.8.2019]

Herdís Friðriksdóttir 1999. *Mat á árangri uppgræðslu umhverfis Sigöldu Hrauneyjalón og í Þóristungum*. Reykjavík: Landsvirkjun.

Herdís Friðriksdóttir 2000. *Uppgræðsla Landsvirkjunar 1968–1999: Þjórsár- og Tungnársvæði, Auðkúlu- og Eyvindarstaðaheiði, Krakárbotnar*. Reykjavík: Landsvirkjun.

Hildur Vésteinsdóttir 2019. *Friðlýsing svæðis í Þjórsárdal*. Kynningarfundur Umhverfisstofnunar í Árneshreppi 20. júní 2019. <https://www.ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Nattura/Fridlysingar-i-vinnslu/thjorsardalur/Kynningarfundur%C3%81rnes%2020.6.2019.pdf> [skoðað 11.10.19]

Hreinn Óskarsson 2009. *Hekluskógar: endurheimt birkiskóga í nágrenni Heklu. Fræðaping Landbúnaðarins* 6: 286–290. Reykjavík: Bændasamtök Íslands.

Hreinn Óskarsson 2011. *Hekluskógar: samantekt á starfi síðustu ára. Í Umhverfisskýrsla Landsvirkjunar 2011*, bls. 39. Reykjavík: Landsvirkjun.

Hreinn Óskarsson 2015. *Þjórsárdalur. Skógræktin*. Frétt dags. 28.12.2015. <https://www.skogur.is/is/um-skograektina/frettir-og-vidburdir/frettir-og-pistlar/thjorsardalur> [skoðað 1.7.2019]

Hreinn Óskarsson 2016. *Kjötmjöl: yfirburða áburðarefni til uppgræðslu lands. Bændablaðið* 22. árg., 6. tbl., 23. mars.

Hrönn Guðmundsdóttir 2018. *Fréttir af starfi sumarsins 2018. Hekluskógar*. Frétt dags. 9.10.2018. <https://hekluskogar.is/2018/10/09/frettir-af-starfi-sumarsins-2018> [skoðað 2.7.2019]

Hugrún Gunnarsdóttir 2008. *Uppgræðsla og trjárækt Landsvirkjunar: samantekt og stefna til framtíðar*. Landsvirkjun, LV-2008-032. Reykjavík: Landsvirkjun.

Hugrún Gunnarsdóttir 2009. *Vistheimt Landsvirkjunar og umhverfislegur ávinningur í kjölfar virkjana*. Landsvirkjun, LV-2009-109. Reykjavík: Landsvirkjun.

Hugrún Gunnarsdóttir 2015. *Samantekt á umhverfis- og samfélagsmálum á Þjórsársvæði. Minnisblöð efnisflokka*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun af Verkís, LV-2017-071. Reykjavík: Landsvirkjun

Hugrún Gunnarsdóttir 2016. *Virkjanir og veitur á Þjórsár- og Tungnársvæði: framkvæmdasaga 1965–2015*. Landsvirkjun, LV-2016-003. Reykjavík: Landsvirkjun.

- Ingibjörg Kaldal, Árni Hjartarson, Kristján Sæmundsson, Magnús Á. Sigurgeirsson og Skúli Víkingsson 2018. *Jarðfræðikort af Austurgosbelti – Tungnaáröræfi. 1:100.000*. Reykjavík: Íslenskar orkurannsóknir, Landsvirkjun og Umhverfis- og auðlindaráðuneytið.
- International Hydropower Association 2018. *Hydropower Sustainability Assessment Protocol*. London: International Hydropower Association. https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/hydropower_sustainability_assessment_protocol_-_july_2018.pdf [skoðað 18.9.19]
- International Hydropower Association 2019. *International Hydropower Association*. <https://www.hydropower.org> [skoðað 21.9.19]
- Jóhann Pálsson og Þórir Haraldsson 1981. *Athugun á gróðurfari á fyrirhuguðum virkjunarstöðum á vatnasvæði Tungnaár*. Reykjavík: Orkustofnun.
- Jóhann Þórsson 2017. *Kolefnisbinding með landgræðslu*. Erindi flutt á ráðstefnu um kolefnisbindingu þ. 5. desember 2017. http://www.lbhi.is/radstefna_um_kolefnisbindingu_5_desember [skoðað 30.10.19]
- Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir og María Harðardóttir, ritstj. 2016. *Vistgerðir á Íslandi*. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands. http://utgafa.ni.is/fjolrit/Fjolrit_54.pdf [skoðað 27.09.2019]
- Kolbrún Björnsdóttir 1995. *Uppgræðsla við Hrauneyjar*. Námsritgerð við Garðyrkjakóla ríkisins, Hveragerði.
- Kristbjörn Egilsson og Hörður Kristinsson 1997. *Gróðurfari á áhrifasvæði Norðlingaöldumiðlunar í Þjórsárverum*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-97027. Unnið fyrir Landsvirkjun. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Landgræðsla ríkisins 2001. *Ársskýrsla 2001*. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins. <https://www.land.is/wp-content/uploads/2018/02/Ársskýrsla-Landgræðslan-2001.pdf> [skoðað 29.10.2019]
- Landgræðslan 2019. *Kortlagning beitolanda á Íslandi*. <https://grolind.land.is/2019/02/21/kortlagning-beitolanda-a-island/> [skoðað 24.7.2019]
- Landsvirkjun 1995. *Skýrsla um uppgræðslu 16 ha lands við Sigöldu og ræktunarstörf við Hrauneyjafoss sumarið 1994*. Reykjavík: Landsvirkjun.
- Landsvirkjun 2008. *Umhverfisskýrsla raforkuvinnslu Landsvirkjunar 2007*. Landsvirkjun, LV-2008-068. Reykjavík: Landsvirkjun. https://www.landsvirkjun.is/Media/Umhverfisskyrsla_Landsvirkjunar_2007.pdf [skoðað 30.10.2019]
- Landsvirkjun 2009. *Umhverfisskýrsla Landsvirkjunar 2008*. Landsvirkjun, LV-2009-064. Reykjavík: Landsvirkjun. https://www.landsvirkjun.is/Media/Umhverfisskyrsla_Landsvirkjunar_2008.pdf [skoðað 30.10.2019]
- Landsvirkjun 2010. *Umhverfisskýrsla og kolefnisspor Landsvirkjunar 2009*. Landsvirkjun, LV-2010-063. Reykjavík: Landsvirkjun. https://www.landsvirkjun.is/Media/Umhverfisskyrsla_Landsvirkjunar_2009.pdf [skoðað 30.10.2019]

- Landsvirkjun 2011a. *Umhverfisskýrsla 2010*. Reykjavík: Landsvirkjun. https://www.landsvirkjun.is/Media/Umhverfisskyrsla_Landsvirkjunar_2010.pdf [skoðað 30.10.2019]
- Landsvirkjun 2011b. *Loftslagsáhrif Landsvirkjunar: samantekt og tillögur að aðgerðum*. Landsvirkjun, LV-2011-016. Reykjavík: Landsvirkjun.
- Landsvirkjun 2012. *Umhverfisskýrsla 2011*. Reykjavík: Landsvirkjun. https://www.landsvirkjun.is/Media/Umhverfisskyrsla_Landsvirkjunar_2011.pdf [skoðað 30.10.2019]
- Landsvirkjun 2013. *Umhverfisskýrsla 2012*. Reykjavík: Landsvirkjun. https://www.landsvirkjun.is/Media/LV_umhverfisskyrsla_2012_150p_web_OK.pdf [skoðað 8.8.2019]
- Lillesand, T.M. og R.W. Kiefer 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley & Sons.
- Lovísa Ásbjörnsdóttir 2017. *Áhugaverðar jarðminjar á Tungnaár- og Þjórsvæðinu*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-16004. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2017-052. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Lög um náttúruvernd 60/2013. <https://www.althingi.is/lagas/nuna/2013060.html> [skoðað 11.10.19]
- Magnús H. Jóhannsson og Ása L. Aradóttir 2004. Innlendar tegundir til landgræðslu og landbóta. *Fræðaging landbúnaðarins*: 103–107.
- Maun, M.A. 1998. Adaptions of plants to burial in coastal sand dunes. *Canadian Journal of Botany* 76: 713–738. DOI: 10.1139/b98-058
- Merrington, A.T. 2019. *A Time Series Analysis of Vegetation Succession on Lava Flow Fields at Hekla Volcano: Assessing the Utility of Landsat Data*. Meistaraprófsritgerð við Líf- og umhverfisvísindadeild Háskóla Íslands, Reykjavík. <http://hdl.handle.net/1946/33203> [skoðað 30.10.2019]
- Náttúrufræðistofnun Íslands 2014. *Gróðurkort af miðhálandi Íslands. 1:25.000*. <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/%7BB7648DF4-FCCD-4E99-80F4-1C9FB3F83E78%7D> [skoðað 4.11.2019]
- Náttúrufræðistofnun Íslands 2018. *Vistgerðakort af Íslandi. 1:25.000*. <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/5c5138ae-b21c-4288-832f-e1c1d0733f3e> [skoðað 4.11.2019]
- Náttúrufræðistofnun Íslands 2019. *Ágengar plöntur*. <https://www.ni.is/grodur/agengar-plontur> [skoðað 11.10.19]
- NOBANIS 2019. *Pinus contorta in Iceland. European Network on Invasive Alien Species*. <https://www.nobanis.org/national-species-info/?taxaid=2531&countryID=IS> [skoðað 21.10.19]
- Oddgeir Guðjónsson, Jón Guðmundsson og Júlíus Jónsson, ritstj. 1980. *Sunnlenskar byggðir I. Tungur, Hreppar, Skeið*. Selfoss: Búnaðarsamband Suðurlands.

- Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Borgþór Magnússon, Guðrún Gísladóttir og Sigurður H. Magnússon, 2009. Áhrif sandfoks á mólendisgróður við Blöndulón. *Náttúrufræðingurinn* 78 (3–4): 125–137.
- Ólafur Arnalds 1998. Sandur – sandfok. Í Úlfur Björnsson og Andrés Arnalds, ritstj. *Græðum Ísland: Landgræðslan 1995–1997. Árbók VI*, bls. 69–82. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Ólafur Arnalds 2010a. Dust sources and deposition of aeolian materials in Iceland. *Icelandic Agricultural Sciences* 23: 3–21.
- Ólafur Arnalds 2010b. *Kulferli frost og mold*. Rit LbhÍ nr. 26. Reykjavík: Landbúnaðarháskóli Íslands.
- Ólafur Arnalds 2015. *The Soils of Iceland*. World Soils Book Series. Springer.
- Ólafur Arnalds og Ása L. Aradóttir 2015. *Að lesa og lækna landið*. Reykjavík: Landvernd, Landgræðsla ríkisins, Landbúnaðarháskóli Íslands.
- Ólafur Arnalds, Elín Fjóla Þórarinsdóttir og Fanney Ósk Gísladóttir 2019. Sandauðnir, sandfok og ryk á Íslandi – I. Sandar og fok. *Náttúrufræðingurinn* 89 (1–2): 34–47.
- Ólafur Arnalds, Guðmundur Halldórsson, Ása L. Aradóttir, Kristín Svavarsdóttir og Berglind Orradóttir 2011. Landbót-Vistland. Í Ása L. Aradóttir og Guðmundur Halldórsson, ritstj. *Vistheimt á Íslandi*, bls. 128–132. Hvanneyri: Landbúnaðarháskóli Íslands, Landgræðsla ríkisins.
- Ólafur Arnalds, Elín Fjóla Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemsson, Ásgeir Jónsson, Einar Grétarsson og Arnór Árnason 1997. *Jarðvegsrof á Íslandi*. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins, Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Páll Jónsson, Eva Bourgault, Kristinn Guðmundsson, Heiðrún Guðmundsdóttir og Svanur Pálsson 1999. *Flóð íslenskra vatnsfalla: flóðagreining rennslisraða*. Orkustofnun, OS-99100. Unnið fyrir Vegagerðina. Reykjavík: Orkustofnun, Vatnamælingar.
- Rannsóknastofnun landbúnaðarins 1967a. *Gróðurkort af Íslandi, 193 Fossalda. 1:40.000*. Reykjavík; Menningarsjóður.
- Rannsóknastofnun landbúnaðarins 1967b. *Gróðurkort af Íslandi, 213 Búðarháls. 1:40.000*. Reykjavík; Menningarsjóður.
- Rannsóknastofnun landbúnaðarins 1967c. *Gróðurkort af Íslandi, 214 Löðmundur. 1:40.000*. Reykjavík; Menningarsjóður.
- Rannsóknastofnun landbúnaðarins 1967d. *Gróðurkort af Íslandi, 233 Þórisvatn. 1:40.000*. Reykjavík; Menningarsjóður.
- Rannsóknastofnun landbúnaðarins 1968. *Gróðurkort af Íslandi, 194 Búrfell. 1:40.000*. Reykjavík; Menningarsjóður.

- Rannsóknastofnun landbúnaðarins 1982. *Gróðurkort af Íslandi, 195 Hekla. 1:40.000*. Reykjavík; Menningarsjóður.
- Rannveig Ólafsdóttir og Hlynur Óskarsson 2014. Use of NDVI-adjusted PAR for predicting gross primary production in a temperate grassland in Iceland. *Icelandic Agricultural Sciences* 27: 17–24.
- Raynolds, M.K., D.A. Walker, D. Verbyla og C.A. Munger 2013. Patterns of change within a tundra landscape: 22-year Landsat NDVI trends in an area of the northern foothills of the Brooks Range, Alaska. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 45(2): 249–260. DOI: 10.1657/1938-4246-45.2.249
- Raynolds, M., B. Magnússon, S. Metúsalemsson og S.H. Magnússon 2015. Warming, sheep and volcanoes: land cover changes in Iceland evident in satellite NDVI trends. *Remote Sensing* 7(8): 9492–9506. DOI: 10.3390/rs70809492
- Reglugerð um innflutning ræktun og dreifingu útlendra plöntutegunda nr. 583/2000*. Auk breytingareglugerða 651/2010, 398/2011 og 505/2011. <https://www.reglugerd.is/reglugerdir/allar/nr/583-2000> [skoðað 11.10.19]
- Roser, L. *eco.theilsen: Theil-sen regression for a raster time series*. <https://rdrr.io/cran/EcoGenetics/man/eco.theilsen.html#heading-5> [skoðað 23.6.2019]
- Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell og D.W. Deering 1974. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Í *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Volume 1: Technical Presentations, section A*. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19740022614.pdf> [skoðað 30.10.2019]
- Rúnar Ísleifsson 2012. *Ræktunaráætlun fyrir skógræktarsvæði við Bjarnarlón*. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2012-108. Reykjavík: Skógrækt ríkisins.
- Samningur nr. 1968 um Þjórarsvæði 2017*. Þjónusta vegna uppgræðslu á Þjórarsvæði 2017–2020. Undirritaður 14. ágúst 2017
- Sigurður Kristinn Guðjohnsen og Borgþór Magnússon 2019. *Útbreiðsla og flatarmál lúpínubreiða á Íslandi 2017*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-19001. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands. <http://utgafa.ni.is/skyrslur/2019/NI-19001.pdf> [skoðað 30.10.2019]
- Sigurður H. Magnússon 1996. *Uppgræðsla við Búrfell í Þjórárdal*. Greinargerð til Landsvirkjunar. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Sigurður H. Magnússon, Borgþór Magnússon, Erling Ólafsson, Guðmundur Guðjónsson, Guðmundur A. Guðmundsson, Hörður Kristinsson, Kristbjörn Egilsson, Kristinn H. Skarphéðinsson, Starri Heiðmarsson og Jón Gunnar Ottósson, 2009. *Vistgerðir á miðhálandi Íslands: flokkun, lýsing og verndargildi*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-09008. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands. <http://utgafa.ni.is/skyrslur/2009/NI-09008.pdf> [skoðað 30.10.2019]

- Sigurður Þórarinnsson og Guðmundur E. Sigvaldason 1972. „Tröllagígur og Tröllahraun“. *Jökull* (22): 13–26.
- Skógrækt ríkisins 2011. *Umsögn Skógræktar ríkisins um skýrslu nefndar um endurskoðun náttúruverndarlaga („Náttúruvernd – Hvítbók um löggjöf til verndar náttúru Íslands“)*. Reykjavík: Skógrækt ríkisins, Mógilsá.
- Skógræktin 2017. *Náttúrulegt birki á Íslandi 2017*. https://www.skogur.is/static/files/landupplýsingar/Birki_Island_2017_strandlina_A2_haf.pdf [skoðað 1.8.2019]
- Thorarinsdóttir, E.F. og O. Arnalds 2012. Wind erosion of volcanic materials in the Hekla area, South Iceland. *Aeolian Research* 4: 39–50. DOI: 10.1016/j.aeolia.2011.12.006
- Thorarinnsson, S. 1967. The eruptions of Hekla in historical times: A tephrochronological study. Í Einarsson, T., G. Kjartansson og S. Thorarinnsson, ristj. *The Eruption of Hekla 1947–1948, Volume 1*, bls. 1–177. Reykjavík: Vísindafélag Íslands.
- Thordarson, T. og G. Larsen 2007. Volcanism in Iceland in historical time: Volcano types, eruption styles and eruptive history. *Journal of Geodynamics* 43(1): 118–152. DOI: 10.1016/j.jog.2006.09.005
- Umhverfisstofnun 2019. *Náttúruminjaskrá. Svæði 730. Hekla, Rangárvallasýslu. Svæði 731. Þjórsárdalur, Gjáin og fossar í Fossá, Gnúpverjahreppi, Árnessýslu. Suðurland*. <https://www.ust.is/nattura/natturuverndarsvaedi/natturuminjaskra/sudurland/> [skoðað 11.10.19]
- U.S. Geological Survey. *EarthExplorer*. <https://earthexplorer.usgs.gov> [skoðað 3.10.2019]
- Vilmundardóttir, O.K., G. Gísladóttir og R. Lal 2017. A chronosequence approach to estimate the regional soil organic carbon stock on moraines of two glacial fore-fields in SE-Iceland. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography* 99(3): 207–221. DOI: 10.1080/04353676.2017.1318280
- Vilmundardóttir, O.K., Sigurmundsson, F.S., Pedersen, G.B.M., Belart, J.M.C., Kizel, F., Falco, N., Benediktsson, J.A., Gísladóttir, G. 2018. Of mosses and men: Plant succession, soil development and soil carbon accretion in the sub-Arctic volcanic landscape of Hekla, Iceland. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 42(6), 765–791. DOI: 10.1177/0309133318798754

10 VIÐAUKI

1. viðauki. Flatarmál vistgerða á athugunarsvæðinu miðað við vistgerðakort Náttúrufræðistofnunar Íslands (2018) með leiðréttingum; ofan áherslusvæðis og á athugunarsvæðinu í heild.

Vistlendi	Vistgerð	Athugunarsvæði ofan áherslusv.			Athugunarsvæði í heild		
		ha	km ²	%	ha	km ²	%
	<i>Vel grónar vistgerðir</i>						
Melar og sandlendi	Landmelhólavist	4	<0,1	<0,1	1.241	12,4	0,2
Eyrar	Auravist	5.860	58,6	1,1	6.203	62,0	1,1
Moslendi	Hélumosavist	8.298	83,0	1,6	8.298	83,0	1,4
	Melagambravist	19.942	199,4	3,9	23.113	231,1	4,0
	Hraungambravist	7.668	76,7	1,5	12.534	125,3	2,1
Hraunlendi	Fléttuhraunavist	1.938	19,4	0,4	1.938	19,4	0,3
	Mosahraunavist	2.811	28,1	0,5	3.379	33,8	0,6
	Lynghraunavist	344	3,4	0,1	1.513	15,1	0,3
Mýrlendi	Dýjavist	19	0,2	<0,1	19	0,2	<0,1
	Rekjuvist	5.843	58,4	1,1	6.152	61,5	1,1
	Sandmýravist	536	5,4	0,1	548	5,5	0,1
	Hrossanálarvist	492	4,9	0,1	493	4,9	0,1
	Runnamýravist (h/l)	157	1,6	<0,1	289	2,9	<0,1
	Rústamýravist	1.281	12,8	0,2	1.281	12,8	0,2
	Starungsmýravist	2.213	22,1	0,4	2.423	24,2	0,4
	Hengistarráflóavist	4.751	47,5	0,9	5.690	56,9	1,0
	Brokflóavist	6	0,1	<0,1	13	0,1	<0,1
	Starungsflóavist	-	-	-	<1	<0,1	<0,1
	Tjarnastarráflóavist	5	0,1	<0,1	6	<0,1	<0,1
	Gulstarráflóavist	25	0,3	<0,1	25	0,3	<0,1
Graslendi	Stinnastarravist	240	2,4	<0,1	254	2,5	<0,1
	Snarrótarvist	8	0,1	<0,1	47	0,5	<0,1
	Grasengjavist	416	4,2	0,1	819	8,2	0,1
	Língresis- og vingulsvist	52	0,5	<0,1	1.289	12,9	0,2
	Blómgresisvist	3	<0,1	<0,1	107	1,1	<0,1
Mólendi	Mosamóavist	2.993	29,9	0,6	5.579	55,8	1,0
	Flagmóavist	47	0,5	<0,1	175	1,8	<0,1
	Starmóavist	2.470	24,7	0,5	5.157	51,6	0,9
	Grasmóavist	183	1,8	<0,1	731	7,3	0,1
	Fléttumóavist	508	5,1	0,1	527	5,3	0,1
	Fjalldrapamóavist	59	0,6	<0,1	445	4,5	0,1
	Lyngmóavist (h/l)	6.125	61,2	1,2	8.357	83,6	1,4
	Víðimóavist	215	2,2	<0,1	519	5,2	0,1
	Víðikjarrvist	469	4,7	0,1	1.983	19,8	0,3
Skóglendi	Birkisvistir	-	-	-	1.204	12,0	0,2
Hverasvæði	Mýrahveravist	1	<0,1	<0,1	1	<0,1	<0,1
	Móahveravist	1	<0,1	<0,1	1	<0,1	<0,1
	Fjallahveravist	3	<0,1	<0,1	3	<0,1	<0,1
Aðrar landgerðir	Þéttbýli og annað manngert land	117	1,2	<0,1	350	3,5	0,1
	Tún og akurlendi	8	0,1	<0,1	325	3,3	0,1
	Skógrækt	1	<0,1	<0,1	1.748	17,5	0,3
	Alaskalúpína	-	-	-	2.505	25,0	0,4
	Samtals vel gróið land	76.115	761	15	107.284	1.073	18

Framhald á bls. 71

1. viðauki. Framh.

Vistlendi	Vistgerð	Athugunarsvæði ofan áherslusv.			Athugunarsvæði í heild		
		ha	km ²	%	ha	km ²	%
	<i>Lítið grónar vistgerðir</i>						
Melar og sandlendi	Eyðimelavist	191.810	1.918,1	37,4	200.011	2.000,1	34,2
	Grasmelavist	24.763	247,6	4,8	30.441	304,4	5,2
	Mosamelavist	1.719	17,2	0,3	2.129	21,3	0,4
	Víðimelavist	7.653	76,5	1,5	8.632	86,3	1,5
	Sanda- og vikravist	91.507	915,1	17,8	99.812	998,1	17,1
Moldir	Moldavist	240	2,4	<0,1	276	2,8	<0,1
Skriður og klettur	Urðarskriðuvist	5.025	50,2	1,0	6.344	63,4	1,1
	Grasvíðiskriðuvist	135	1,3	<0,1	135	1,3	<0,1
	Ljónslappaskriðuvist	16.418	164,2	3,2	16.418	164,2	2,8
Eyrar	Eyravist	11.696	117,0	2,3	12.737	127,4	2,2
Hraunlendi	Eyðihraunavist	48.862	488,6	9,5	62.863	628,6	10,7
Hverasvæði	Hveraleirsvist	3	<0,1	<0,1	3	<0,1	<0,1
Jöklar	Jöklar og urðarjöklar	2.300	23,0	0,4	2.300	23,0	0,4
	Samtals lítið gróið land	402.130	4.021	78	442.101	4.421	76
	<i>Ferskvatn</i>						
Vötn	Vötn	24.887	248,9	4,8	28.688	286,9	4,9
Ár	Ár	10.082	100,8	2,0	12.064	120,6	2,1
	Samtals ferskvatn	34.969	350	7	40.752	407,5	7,0
	Samtals	513.214	5.132	100	590.137	5.901	100