



Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 2014–2017

Starri Heiðmarsson og Rannveig Thoroddsen

**Unnið fyrir Elkem Ísland ehf.,
Norðurál Grundartanga ehf. og Kratus ehf.**



Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 2014–2017

Starri Heiðmarsson og Rannveig Thoroddsen

Unnið fyrir Elkem Ísland ehf., Norðurál Grundartanga ehf. og Kratus ehf.


NÍ-18001 Akureyri, febrúar 2018



NÁTTÚRUFRAEÐISTOFNUN ÍSLANDS

*Mynd á kápu: Útsýni yfir Hvalfjörð að Grundartanga séð úr hlíðinni ofan Hvalfjarðareyrar.
Ljósmynd. Starri Heiðmarsson, 10. júlí 2017.*

ISSN 1670-0120

	Urriðaholtsstræti 6–8 212 Garðabæ Sími 590 0500 Fax 590 0595 http://www.ni.is ni@ni.is	Borgum við Norðurslóð 602 Akureyri Sími 460 0500 Fax 460 0501 http://www.ni.is nia@ni.is
Skýrsla nr. NI-18001	Dags, Mán, Ár Febrúar 2018	Dreifing Lokuð til 1. maí 2018
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 2014–2017		Upplag 17 Fjöldi síðna 34 Verknúmer 4242 Málsnúmer 2013040006
Höfundar Starri Heiðmarsson og Rannveig Thoroddsen		
Unnið fyrir Elkem Ísland ehf., Norðurál Grundartanga ehf. og Kratus ehf.		
Samvinnuaðilar Tengiliður verkkaupa: Magnús Freyr Ólafsson.		
Útdráttur Klapparsamfélög mosa og fléttna hafa verið vöktuð í föstum reitum í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga frá 1976. Alls voru 52 reitir settir upp á 15 stöðvum árið 1976, árið 1999 var 10 reitum bætt við í stefnu á Akrafjall og árið 2014 var 15 reitum bætt við, einkum vestsuðvestur og austnorðaustur af iðnaðarsvæðinu, en svipaður fjöldi reita lagður af. Alls voru 60 reitir mældir árið 2017. Sérstaklega er fylgst með þekjubreytingum á mosum og blað- og runnfléttum þar sem þessir hópar eru taldir viðkvæmari fyrir loftmengun en æðplöntur og hrúðurfléttur. Meðalþekja allra hópa jókst að meðaltali. Breytileiki þekjubreytinga var allmikill, einkum hjá blað- og runnfléttum. Athygli vekur að þekja blað- og runnfléttna í reitum innan þyningarsvæðis flúors og brennisteinstvíoxíðs jókst að meðaltali og sömuleiðis hjá mosum þó í minni mæli. Magn flúors og brennisteinstvíoxíðs innan þyningarsvæðis jókst töluvert og hefur aldrei mælst jafnmikill flúor í snepaskóf á Stekkjaráasi eða tæplega 262 µg F/g þurrefnis. Ekki er sýnilegur skaði á fléttum sem rekja má beint til loftmengunar. Utan þyningarsvæðis mældist ívið minna magn af brennisteinstvíoxíði, breytileiki var meiri hvað varðar flúor sem ýmist minnkaði eða jókst lítilsháttar. Runnfléttan klettastrý, sem hefur hnignað svo lengi sem mælingar hafa staðið yfir, eykur þekju sína umtalsvert, bæði innan þyningarsvæðis fyrir flúor og brennisteinstvíoxíð.		
Lykilorð Hvalfjörður, vöktun, fléttur, mosar, fastir reitir, loftgæði	Yfirfarið MH	

EFNISYFIRLIT

1 INNGANGUR	9
2 AÐFERÐIR	10
3 NIÐURSTÖÐUR	10
3.1 Almennar gróðurbreytingar	10
3.2 Gróðurbreytingar innan þynningarsvæðis iðnaðarsvæðisins við Grundartanga	12
3.2.1 Stekkjarás	13
3.2.2 Selás	15
3.2.3 Langholt	16
3.2.4 Akrafjall	16
3.3 Gróðurbreytingar suðvestur af Grundartanga utan þynningarsvæðis	18
3.3.1 Skvöp	18
3.3.2 Ofan við Gröf	18
3.3.3 Neðristallar	18
3.4 Gróðurbreytingar norðaustur af Grundartanga	20
3.4.1 Kalmansá	20
3.4.2 Kalastaðakot	21
3.4.3 Miðfells múli	21
3.5 Svæði utan þynningarsvæðis en innan 10 km radíuss frá iðnaðarsvæðinu	22
3.5.1 Bjarnarholt	22
3.5.2 Álfholt	23
3.5.3 Beitistaðaholt	24
3.5.4 Ofan Hvalfjarðareyrar	24
3.5.5 Hvammsnes	25
3.5.6 Tíðaskarð	26
3.5.7 Gimbrapallar	26
3.6 Fjarlæg svæði, í meira en 10 km fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu	27
3.6.1 Hafnarbæli	27
3.6.2 Þyrilsnes	28
3.6.3 Hvalfjarðarbotn	28
3.7 Þekjubreytingar einstakra tegunda	29
3.7.1 Klettastrý	29
3.7.2 Snepaskóf	29
3.8 Mælingar á brennisteini og flúor	30
4 UMRÆÐUR	33
5 HEIMILDASKRÁ	34

KORT

1. kort. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu klapparreita umhverfis iðnaðarsvæðið á Grundartanga. 9

MYNDASKRÁ

1. mynd. Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga (X-ás) og þekjubreytinga (Y-ás) blað- og runnfléttna 2014–2017. 11
2. mynd. Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga (X-ás) og þekjubreytinga (Y-ás) mosa 2014–2017. 11
3. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum sem metnir voru 2014 og 2017. 12
4. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum sem metnir hafa verið síðan 1997. 12
5. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í föstum reitum sem staðsettir eru innan þynningarsvæðis fyrir flúor, 1976–2017. 13
6. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í föstum reitum sem staðsettir eru innan þynningarsvæðis fyrir flúor og brennistein, 1997–2017. 13
7. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 3 og 33–35. 14
8. mynd. Stekkjarás, reitur 33. 14
9. mynd. Stekkjarás, reitur 34. 15
10. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 8 og 11. 15
11. mynd. Selás við Hólmavatn, reitur 8. 16
12. mynd. Þekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk heildarþekju og tegundafjölda í reit 27. 16
13. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 56, 57 og 60. 17
14. mynd. Akrafjall, reitur 60. 17
15. mynd. Meðalþekja mosa, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 24–26. 18
16. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 72–74. 19
17. mynd. Ofan við Gröf, reitur 74. 19
18. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 75–77. 19
19. mynd. Neðristallar, reitur 75. 20
20. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 36–38. 20
21. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 63–65. 21
22. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 66–68. 21
23. mynd. Miðfells múli, reitur 67. 22
24. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 12–15. 22
25. mynd. Bjarnarholt við Eiðisvatn, reitur 12. 23

26. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 30–32.	23
27. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 39–41.	24
28. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 19, 20, 51 og 52.	24
29. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 48–50.	25
30. mynd. Utan við Hvammsnes, reitur 48.	25
31. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 16–18.	26
32. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 69–71.	26
33. mynd. Gimbrapallar, reitur 71.	27
34. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 42–44.	27
35. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 45–47.	28
36. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 21–23.	28
37. mynd. Þekja klettastrýs (<i>Ramalina subfarinacea</i>) í fjórum reitum sem allir eru staðsettir innan þynningarsvæðis brennisteinstvíoxíðs og flúors.	29
38. mynd. Þekja snepaskófar (<i>Parmelia saxatilis</i>) í fjórum reitum sem allir eru staðsettir innan þynningarsvæðis brennisteinstvíoxíðs og flúors.	29
39. mynd. Þekja snepaskófar (<i>Parmelia saxatilis</i>) í 14 reitum sem allir eru staðsettir utan þynningarsvæðis brennisteinstvíoxíðs og flúors.	30
40. mynd. Magn brennisteins í tveimur fléttutegundum á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga árið 2017.	30
41. mynd. Magn flúors í tveimur fléttutegundum á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga árið 2017.	31
42. mynd. Samanburður á magni brennisteins í snepaskóf 1999, 2003, 2006, 2011, 2014 og 2017.	31
43. mynd. Samanburður á magni brennisteins í hraunbreyskju 1999, 2003, 2006, 2011, 2014 og 2017.	31
44. mynd. Samanburður á magni flúors í snepaskóf 1999, 2003, 2006, 2011, 2014 og 2017.	32
45. mynd. Samanburður á magni flúors í hraunbreyskju 1999, 2003, 2006, 2011, 2014 og 2017.	32

1 INNGANGUR

Í tengslum við opnun kísilmálmverksmiðju Járblendifélagsins að Grundartanga árið 1979 (nú Elkem Ísland ehf.) var gróðurfar í nágrenni hennar rannsakað allítarlega. Einkum var litið til útbreiðslu mosa og blað- og runnfléttna þar sem líklegt var talið að tegundir af þessum hópum væru viðkvæmastar fyrir loftmengun. Einnig voru hrúðurfléttur rannsakaðar að nokkru marki sem og æðplöntur. Gróðurfar svæðisins var kannað fyrir opnun verksmiðjunnar og voru þá lagðir út 52 fastir 40×50 cm reitir. Þessar rannsóknir voru unnar af Herði Kristinssyni, Bergþóri Jóhannssyni og Eyþóri Einarssyni og er greint frá þeim í Fjölríti Líffræðistofnunar (Hörður Kristinsson o.fl. 1983). Árið 1999 var samningur um vöktunina endurnýjaður um leið og Norðurál Grundartanga (hér eftir Norðurál) fékk aðild að honum. Var þá bætt við 10 föstum reitum með stefnu frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga á Akrafjall (Hörður Kristinsson 2000). Áður en mælingar voru gerðar árið 2014 var bætt við 15 nýjum reitum á fimm svæðum sem allir eru utan þynningarsvæðis flúors og brennisteins og reitum fækkað til samræmis þannig að svipaður fjöldi reita er mældur og myndaður. Einkum voru aflagðir reitir innan þynningarsvæðis fyrir flúor og brennistein. Sjá má kort þar sem gerð er grein fyrir staðsetningu reita sem bætt var við árið 2014 sem og hvaða reitir voru aflagðir í skýrslu Starra Heiðmarsson og Lára Guðmundsdóttur 2015 (1. kort). Yfirlitskort er sýnir staðsetningu klapparreitanna miðað við aðra vöktunarstaði má sjá í Umhverfissvöktunarskýrslu fyrir árið 2014 á mynd 3.1 (Eva Yngvadóttir o. fl. 2015).

Grunngögn úr fyrra gróðurmati voru birt í skýrslu árið 1999 (Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999), gróðurmat þeirra tíu reita sem lagðir voru út 1999 í skýrslu árið 2000 (Hörður Kristinsson 2000) og gróðurmat þeirra 15 reita sem lagðir voru út 2014 í skýrslu árið 2015 (Starri Heiðmarsson og Lára Guðmundsdóttir 2015). Framvinduskýrsla þar sem ljósmyndir frá árinu 2003 eru bornar saman við eldri myndir kom út árið 2004 (Hörður Kristinsson 2004). Árið 2007 var gerð grein fyrir breytingum á þekju einstakra tegundahópa milli árana 1997 og 2006 (Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson 2007). Árið 2012 voru breytingar milli árana



1. kort. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu klapparreitanna umhverfis iðnaðarsvæðið á Grundartanga.

2006 og 2011 ígrundaðar (Starri Heiðmarsson 2012) og árið 2015 er breytingum milli árána 2011 og 2014 gerð skil (Starri Heiðmarsson og Lára Guðmundsdóttir 2015). Í skýrslu Harðar og Kristbjörns (1999) voru birtar ljósmyndir af nokkrum völdum reitum og fjallað sérstaklega um gróðurbreytingar í þeim. Ljósmyndir af sömu reitum, sem teknar voru árið 2006, voru birtar í skýrslu Starra og Harðar (2007), myndir, teknar haustið 2011, í skýrslu Starra (2012) og myndir, teknar árið 2014 í skýrslu Starra og Lára (2015). Myndir af umræddum reitum frá sumrinu 2014 eru birtar í þessari skýrslu til samanburðar.

2 AÐFERÐIR

Föstu reitirnir eru 40×50 cm að stærð og horn þeirra merkt varanlega með gulri málningu sem hefur verið endurnýjuð nokkrum sinnum síðan reitirnir voru lagðir út upphaflega. Við matið er 40×50 cm stálrammi, sem skipt hefur verið í tuttugu 10×10 cm reiti með snúru, lagður yfir reitinn og þekja einstakra tegunda metin sjónrænt. Tegundir voru greindar á staðnum eftir því sem tók voru á en ef þurfti að safna sýnum af mosum og hrúðurfléttum var það gert utan reitsins.

Árin 1975–1976 voru settir upp 52 fastir reitir (1–52) og þeir gróðurmetnir og ljósmyndaðir um leið. Síðan þá hafa reitir verið ljósmyndaðir og gróður metinn með mislöngu árabili, 1977, 1978, 1980, 1982, 1992 og 1997, en á þriggja ára fresti síðan árið 2000. Reitum hefur stundum fækkað eða fjölgað á milli ára. Þannig var reitur 7 horfinn árið 1997 vegna framkvæmda við álver Norðuráls. Reitum var fjölgað um tíu árið 1999 og voru þeir þá orðnir 61 talsins. Sumarið 2006 fundust ekki nema 58 reitir; þrír virtust horfnir vegna stækkunar verksmiðju Norðuráls og á einum stað höfðu æðplöntur fært klöppina á kaf og því ógerlegt að finna merkingu reitsins. Haustið 2011 fundust aftur reitirnir sem áður voru taldir glataðir og var því 61 reitur rannsakaður það árið. Síðsumars 2014 voru settir upp 15 nýir reitir á fimm svæðum en aflagður var svipaður fjöldi reita. Alls voru 60 reitir metnir og ljósmyndaðir árið 2017.

Vettvangsvinna var unnin af Starra Heiðmarssyni og Rannveigu Thoroddsen 11.–13. júlí 2017. Sýni til efnagreininga voru tekin á fjórum stöðum í nágrenni iðjuveranna: á Stekkjarási (reitir 1–4 og 33–35) í um 1 km fjarlægð frá Grundartanga, í norðaustur hlíð Akrafjalls (reitir 56–57) í um 2,5 km fjarlægð, á Miðfellsmúla ofan Kalastaðakots (reitir 66–68) í um 5 km fjarlægð og í um 4 km fjarlægð, ofan við Gröf (reitir 72–74). Viðmiðunarsýni voru tekin við Bifröst í Borgarfirði, nærri Hreðavatni. Sýni voru tekin af tveimur tegundum: snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) og hraunbreyskju (*Stereocaulon vesuvianum*). Mælingarnar voru unnar á Nýsköpunarmiðstöð Íslands í umsjón dr. Kristmanns Gíslasonar. Jarðvegshluti var skilinn frá fyrir mölun sýnis með 2 mm sigti. Flúor var dreginn úr sýni með örsveimsaðferð trímetylsílfíflúoríðs og hann síðan mældur með jónvísu rafskauti. Brennisteinn var mældur í sýni eftir upplausn í saltþéturssýru.

3 NIÐURSTÖÐUR

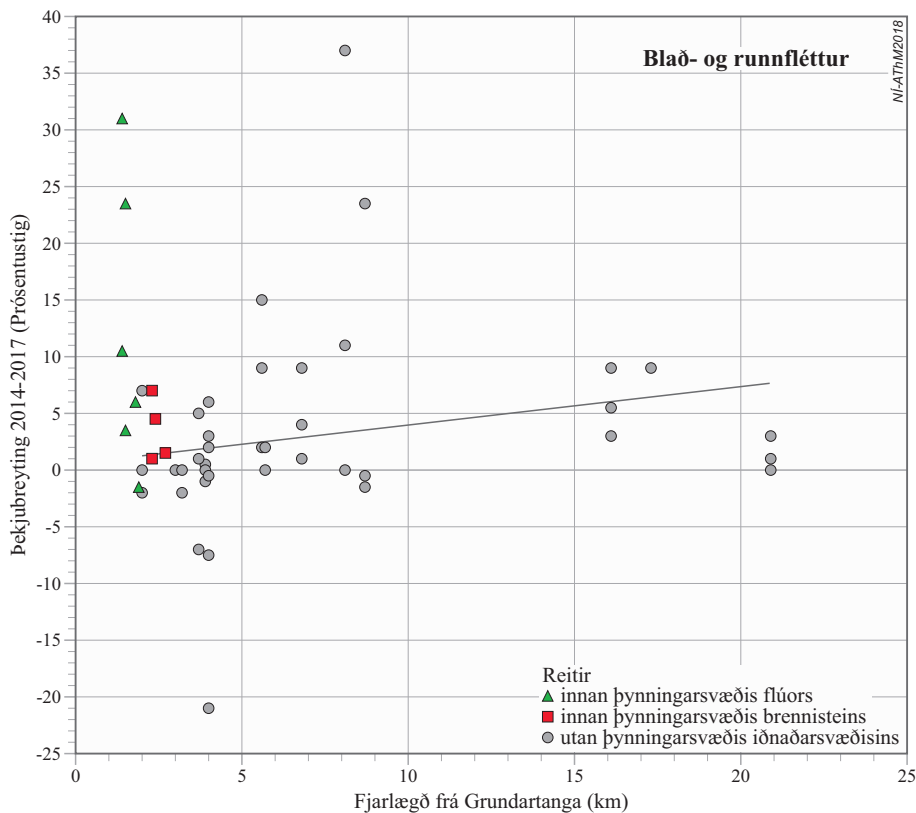
Hér á eftir er gerð grein fyrir sjáanlegum breytingum á þekju einstakra tegundahópa sem og heildarþekju. Einnig er greint frá magni brennisteins og flúors í tveimur fléttutegundum með samanburði við fyrri ár.

3.1 Almennar gróðurbreytingar

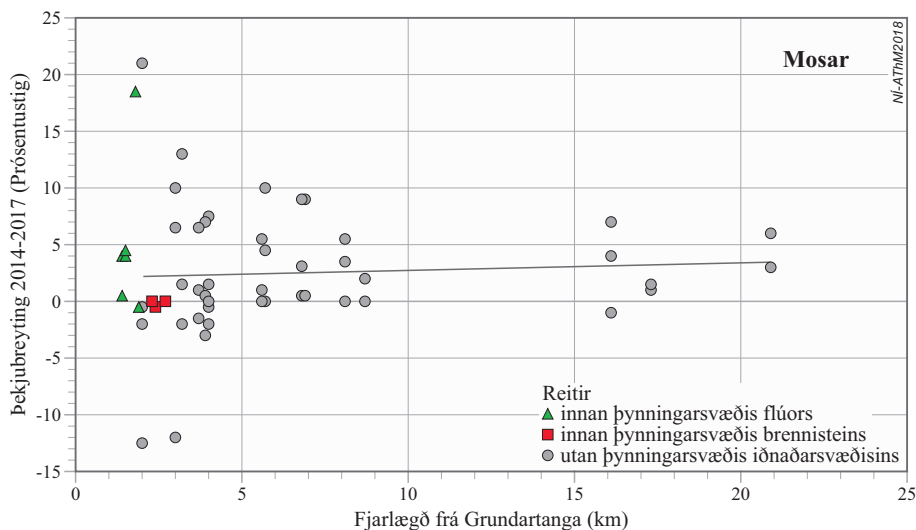
Talið er að áhrif loftmengunar gæti fyrst og fremst hjá mosum og blað- og runnfléttum og því er einkum gerð grein fyrir breytingum á þekju hjá þessum hópum síðan árið 2014 (1. og 2. mynd).

Það virðast neikvæð tengsl milli nálægðar við iðnaðarsvæðið og þekjubreytinga hjá blað- og runnfléttum, svipuð tengsl má merkja hvað varðar mosa en þar er halli aðhvarfslínunnar minni. Aðhvarfslínan er byggð á breytingum innan reita sem staðsettir eru utan þýnningarsvæðisins en breytileikinn er allmikill innan þýnningarsvæðisins líkt og bent hefur verið áður á (Starri Heiðmarsson 2012, Starri Heiðmarsson og Lára Guðmundsdóttir 2015).

Að meðaltali hefur þekja allra tegundahópa aukist, líkt og sést á 3. mynd er sýnir meðaltal þekjubreytinga auk tegundafjölda í öllum reitum sem metnir voru árin 2014 og 2017.



1. mynd. Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga (X-ás) og þekjubreytinga (Y-ás) blað- og runnfléttna 2014–2017. Aðhvarfslínan á við um reiti utan þýnningarsvæðisins.

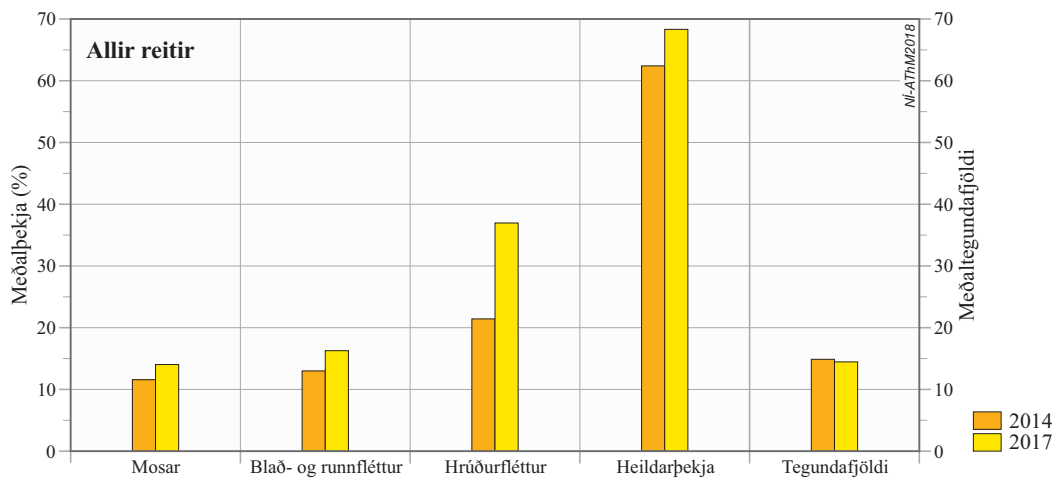


2. mynd. Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga (X-ás) og þekjubreytinga (Y-ás) mosa 2014–2017. Aðhvarfslínan á við um reiti utan þýnningarsvæðisins.

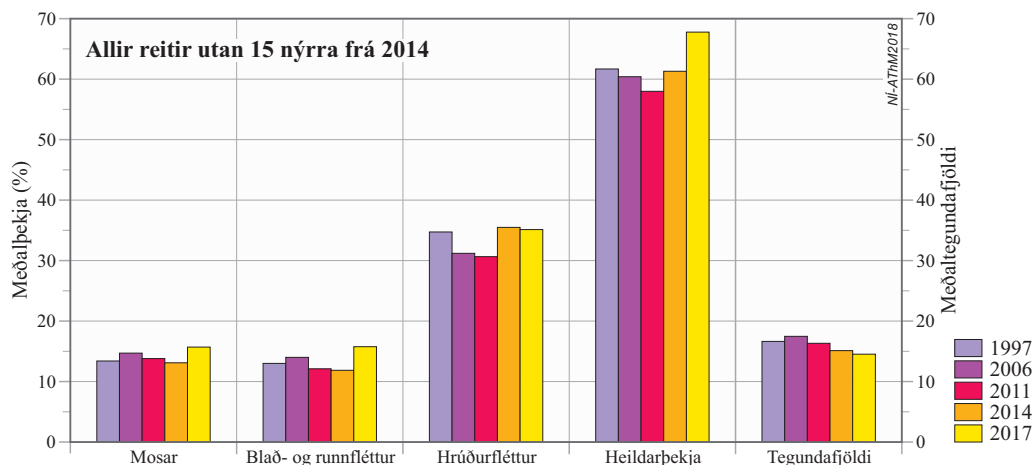
Samanburður til lengri tíma er erfiður þar sem 15 reitanna voru fyrst metnir árið 2014 en til að auðvelda langtímasamanburð er á 4. mynd einungis teknir með þeir 45 reitir sem metnir hafa verið síðan 1997. Þar sjást svipaðar breytingar og á 3. mynd nema hvað litlar breytingar eru í þekju hjá hrúðurfléttum en bent skal á að mat á þekju hrúðurfléttna er meiri óvissu háð en hinna hópanna því erfitt getur verið að meta lítt þroskað hrúður, þ.e. hvort þar sé um lifandi fléttu að ræða eða ekki.

3.2 Gróðurbreytingar innan þynningarsvæðis iðnaðarsvæðisins við Grundartanga

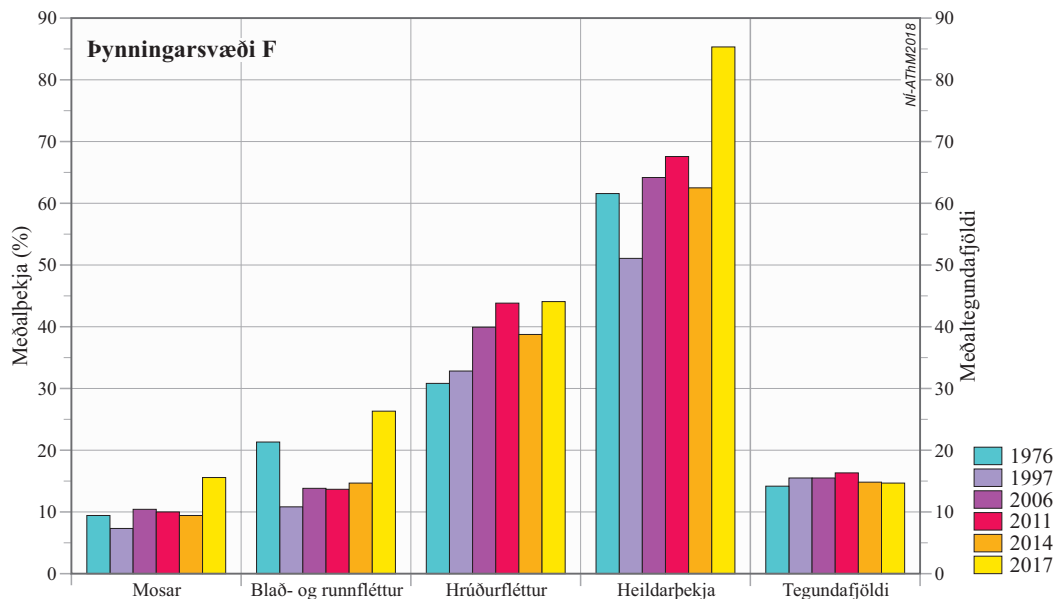
Alls eru sex reitir innan þynningarsvæðis fyrir flúor og þegar þynningarsvæðinu fyrir brennistein er bætt við eru alls 10 reitir sem eru vaktadír. Líkt og sést á 1. mynd þá er ekki hægt að sjá einhlítar gróðurbreytingar hjá blað- og runnfléttum næst iðnaðarsvæðinu og er svipað uppi á teningnum er varðar mosa, sbr. 2. mynd. Að meðaltali hefur þekja bæði blað- og runnfléttna og mosa aukist og sömuleiðis hefur meðalheildarþekjan aukist. Þekja mosa hefur aldrei mælst meiri og á það sama við um þekju blað- og runnfléttna (5. og 6. mynd).



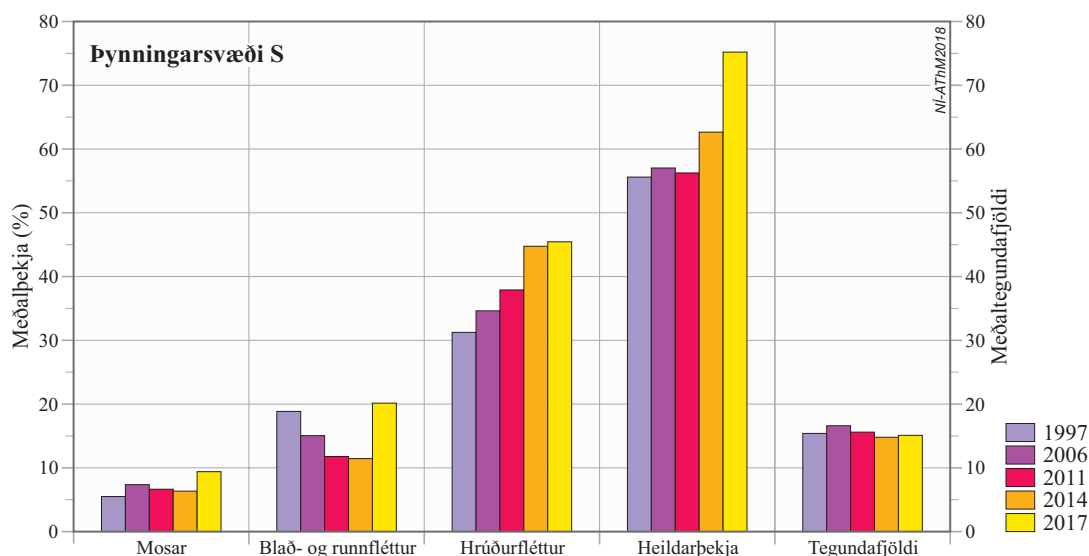
3. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum sem metnir voru 2014 og 2017 (alls 60 reitir).



4. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum sem metnir hafa verið síðan 1997 (alls 45 reitir).



5. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í föstum reitum sem staðsettir eru innan þynningarsvæðis fyrir flúor, 1976–2017 (alls 6 reitir).



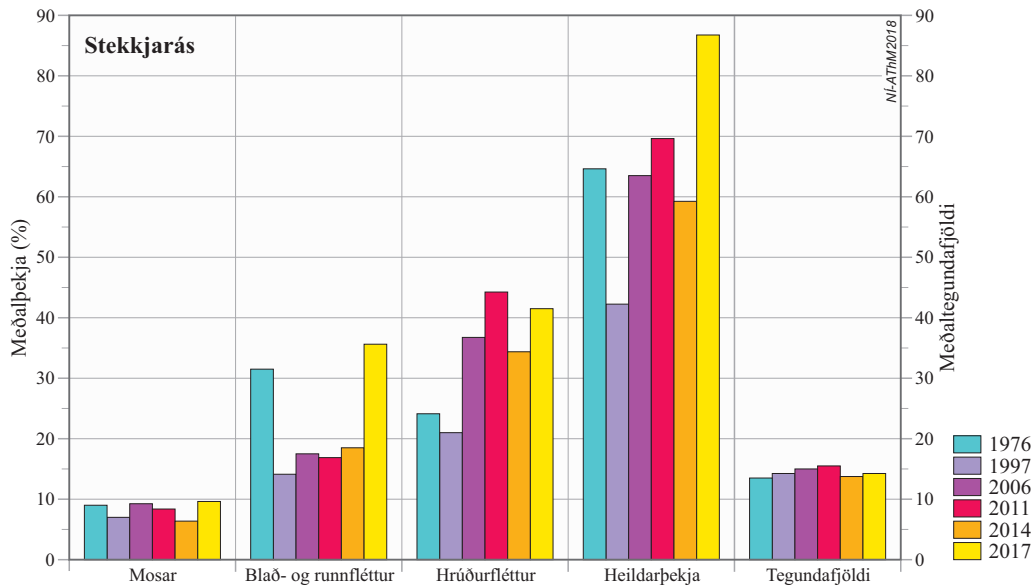
6. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í föstum reitum sem staðsettir eru innan þynningarsvæðis fyrir flúor og brennistein, 1997–2017 (alls 10 reitir).

3.2.1 Stekkjarás

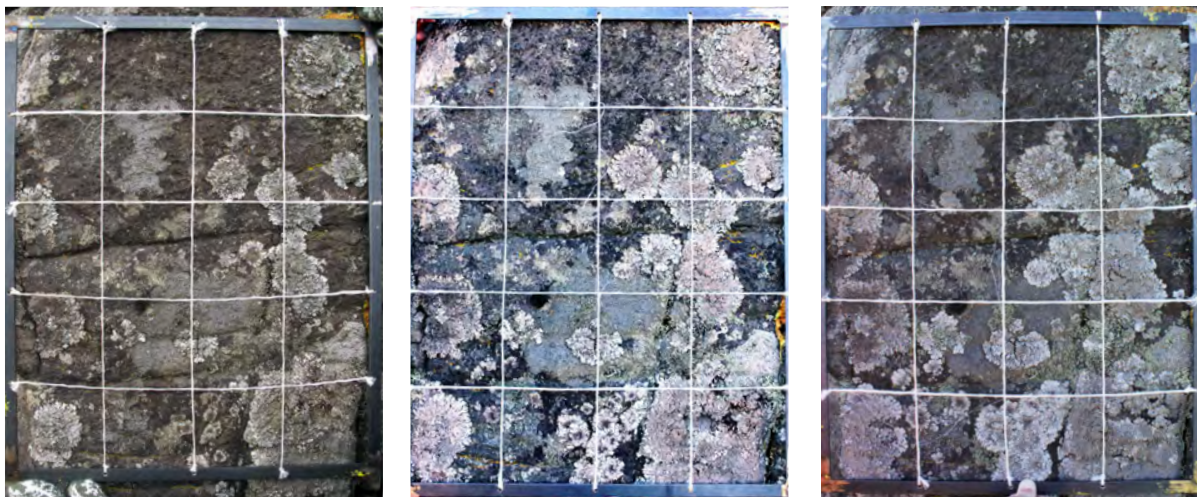
Stekkarás er um einn kílómetra frá iðnaðarsvæðinu í vestsuðvestur. Þar eru sjö reitir, 1–4 og 33–35 en árið 2017 voru reitir nr. 1, 2 og 4 ekki metnir. Niðurstöður þekjumatsins eru dregnar saman á 7. mynd.

Heildarþekjan jókst mikið frá árinu 2014 til ársins 2017. Myndir eru birtar af reit 33 í skýrslu Harðar og Kristbjörns (1999) og þar sést glögglega hvernig klettastrýið (*Ramalina subfarinacea*) og snepaskófin hurfu nær alveg milli árána 1992 og 1997 en báðar tegundir hafa aukið þekju sína síðan þá. Þekja klettastrýs eykst allnokkuð milli árána 2014 og 2017 (8. mynd) eða úr 3% í 10% en mest var þekja þess 20% árið 1976. Blað- og runnfléttur tvöfölduðu þekju sína 2017 miðað við árin 2006, 2011 og 2014 (7. mynd).

Árið 2006 hafði heildarþekja í reit 34 aukist í 63,5% úr 42,5% árið 1997 en hún var 60% 1976. Hún hélt áfram að aukast til 2011 þegar hún mældist 71% en 2014 var hún hins vegar metin 52%. Árið 2017 var heildarþekjan metin ríflega 100% sem að hluta skýrist af því að mikið var um unga hraunbreyskju í reitnum sem óx yfir hrúðurfléttur en með auknum skuggaáhrifum frá hraunbreyskjunni má ætla að undirvaxandi hrúðurfléttur láti undan síga. Á 9. mynd má sjá reitinn árin 2011, 2014 og 2017. Athygli vekur umfangsmikið landnám hraunbreyskju í reitnum en þekja þeirrar tegundar ríflega tvöfaldaðist milli ára, var metin 22% árið 2014 en 45% árið 2017.



7. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 3 og 33–35.



8. mynd. Stekkjarás, reitur 33, 2011 (til vinstri), 2014 (í miðju) og 2017 (til hægri), ljósm. Starri Heiðmarsson, 11. júlí 2017. Samsvarandi myndir af reitnum frá fyrri árum má finna í Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999; 16. mynd (1977), 17. mynd (1982), 18. mynd (1992) og 19. mynd (1997), Hörður Kristinsson 2004; 12. mynd (2003) og Starri Heiðmarsson og Lára Guðmundsdóttir 2015, 7. mynd (2006).

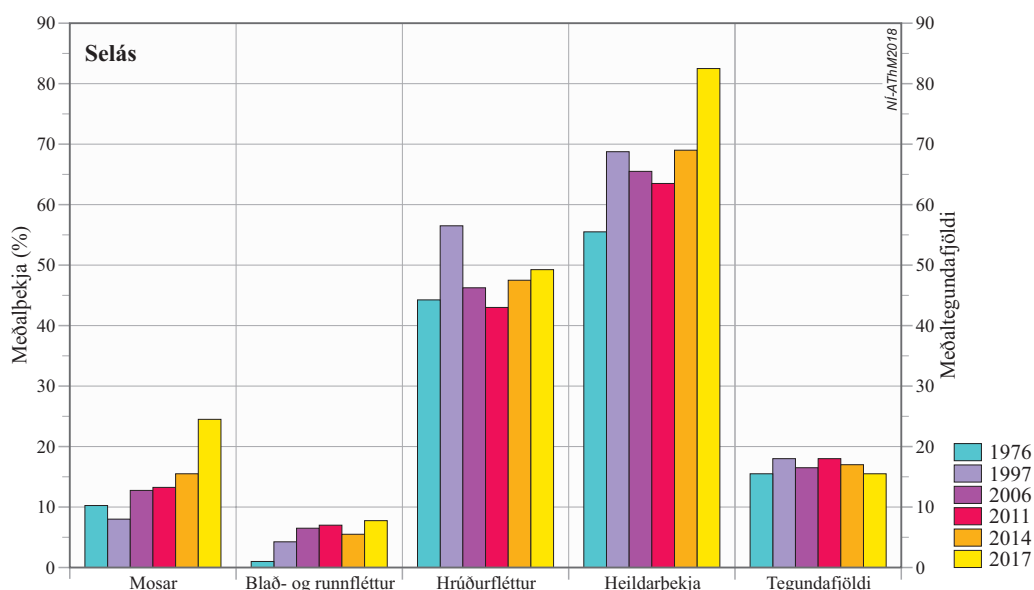


9. mynd. Stekkjarás, reitur 34, 2011 (til vinstri), 2014 (í miðju) og 2017 (til hægri). Ljós. Starri Heiðmarsson, 11. júlí 2017. Samsvarandi myndir af reitnum frá fyrri árum má finna í Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999; 20. mynd (1977), 21. mynd (1982), 22. mynd (1992) og 23. mynd (1997), Hörður Kristinsson 2004; 14. mynd (2003) og Starri Heiðmarsson og Lára Guðmundsdóttir, 8. mynd (2006).

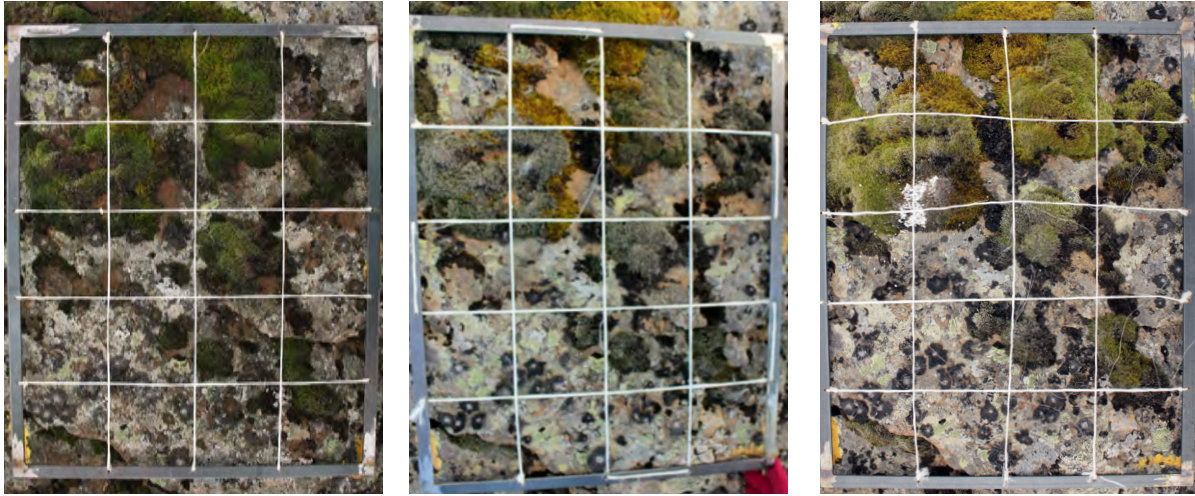
3.2.2 Selás

Fjórir reitir, 8–11, eru staðsettir á Selási, tæplega 2 km frá Grundartanga. Reitirnir eru staðsettir rétt innan þynningarsvæðis vegna flúors og voru reitir 9 og 10 ekki metnir árið 2017. Niðurstöður þekjumats Selásreitanna eru dregnar saman á 10. mynd. Þekja allra tegundahópa eykst, sérstaklega mosa.

Þekja mosa hefur aukist jafnt og þétt síðan 1997. Sé reitur 8 skoðaður sérstaklega þá hafa tvær tegundir mesta þekju, geitanafli (*Umblicaria proboscidea*) hefur 15% þekju (var 1% 1976) og silfurgambri (*Racomitrium heterostichum*) 32% (var 16% 2014). Á 11. mynd má sjá reit 8 haustið 2011 sumarið 2014 og sumarið 2017.



10. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltægundafjölda í reitum 8 og 11.



11. mynd. Selás við Hólmavatn, reitur 8, 2011 (til vinstri), 2014 (í miðju) og 2017 (til hægri). Ljósmynd. Starri Heiðmarsson, 13. júlí 2017. Samsvarandi myndir af reitnum á fyrri árum má finna í Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999; 24. mynd (1977), 25. mynd (1982), 26. mynd (1992), 27. mynd (1997) og Starri Heiðmarsson og Lára Guðmundsdóttir 2015, 10. mynd (2006).

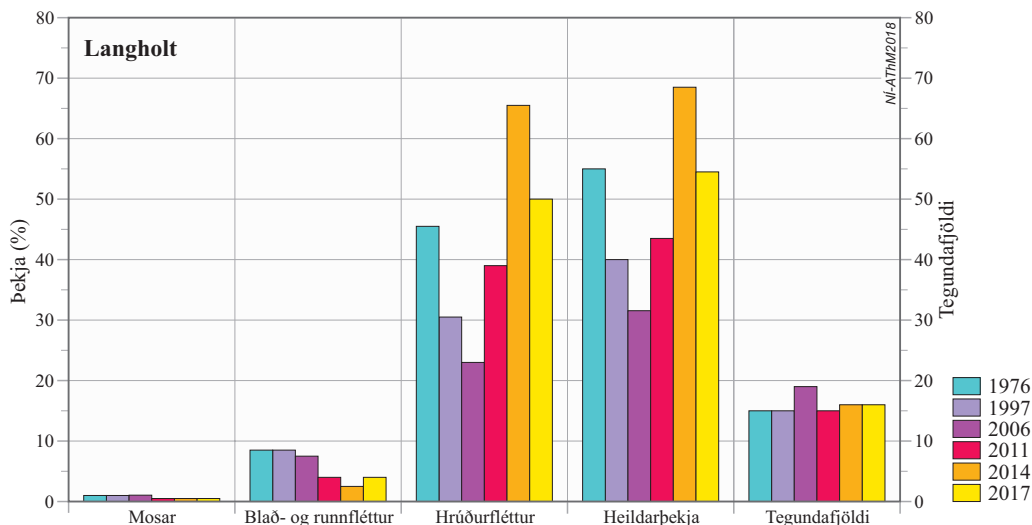
3.2.3 Langholt

Þrír reitir, 27–29, eru staðsettir við Langholt tæplega 3 km suðvestur af Grundartanga. Árin 2014 og 2017 var reitur 27 sá eini sem var metinn og má sjá niðurstöður á 12. mynd. Langholtsreitirnir eru innan þynningarsvæðis fyrir brennisteinstvíoxíð.

Heildarþekjan minnkar nokkuð frá 2014 en þá var reyndar óvenju há heildarþekja vegna meiri þekju hrúðurfléttna. Þekja blað- og runnfléttna eykst nokkuð frá 2014 en er þó enn nokkuð minni en hún var á síðustu öld.

3.2.4 Akrafjall

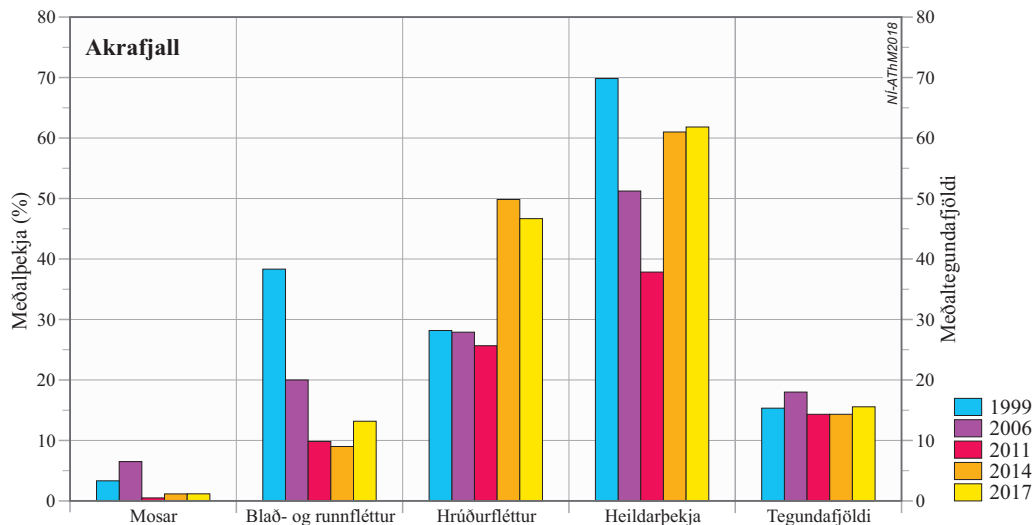
Árið 1999, þegar samningar um vöktun í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga voru endurnýjaðir, var ákveðið að leggja út 10 reiti í norðanverðu Akrafjalli og leggja þá út í stefnu frá Grundartanga. Þannig eru reitir 53–55 í um 1,9 km fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu, reitir 56–59 í 2,2–2,3 km fjarlægð og reitir 60–62 í 2,4 km fjarlægð. Allir eru reitirnir innan þynningarsvæðis



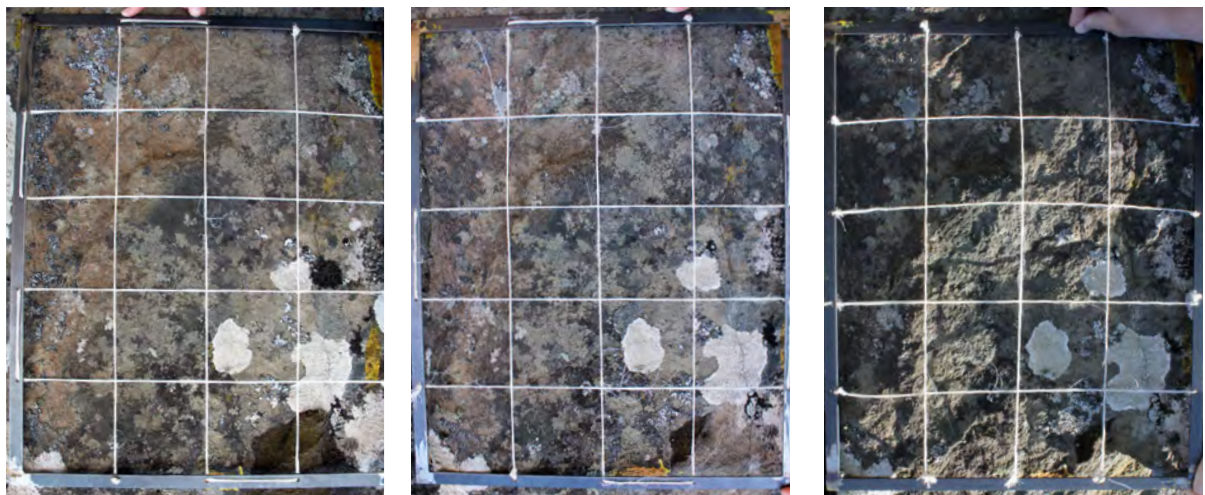
12. mynd. Þekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk heildarþekju og tegundafjölda í reit 27.

fyrir brennisteinstvíoxíð en einungis þrír þeirra voru metnir árin 2014 og 2017, þ.e. reitir 56, 57 og 60. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna þriggja eru sýndar á 13. mynd.

Þekja blað- og runnfléttna eykst nokkuð en þekja þeirra hafði dregist saman frá upphafi mælinga árið 1999. Á 14. mynd má sjá reit 60 en þar hafði blað- og runnfléttum hnignað mikið frá fyrsta mati árið 1999 en í fyrsta skipti eykst þekja þeirra milli mælinga. Þannig þakti fleiðurdumba (*Melanelixia subaurifera*) 3% og snepaskóf 6% sem er umtalsverð aukning frá 2014.



13. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 56, 57 og 60.



14. mynd. Akrafjall, reitur 60, 2011 (til vinstri), 2014 (í miðju) og 2017 (til hægri). Samsvarandi mynd frá árinu 2006 má finna í Starri Heiðmarsson og Lára Guðmundsdóttir 2015, mynd 13. Ljós. Starri Heiðmarsson, 11. júlí 2017.

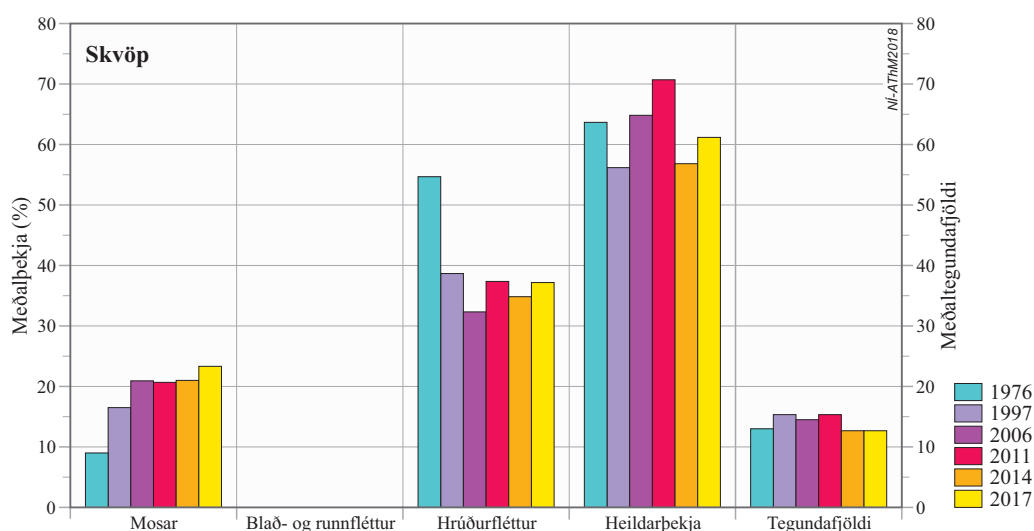
3.3 Gróðurbreytingar suðvestur af Grundartanga utan þynningarsvæðis

Á þessu svæði hafa reitir 24–26 hjá Skvöp við Kúludalsá verið vaktaðir síðan 1976 en sumarið 2014 var tveimur svæðum bætt við, annað ofan við Gröf (reitir 72–74) og hitt á Neðristöllum ofan við námu (reitir 75–77).

3.3.1 Skvöp

Hjá Skvöp við Kúludalsá, í um 7 km fjarlægð frá Grundartanga, voru settir þrír reitir, 24–26, en reitur 24 fannst ekki 2006 þar sem gróðurþekja æðplantna og jarðvegur höfðu fært klöppina sem hann var á í kaf. Sá reitur fannst hins vegar aftur 2011 og var einnig metinn 2014. Þar sem reitur 24 var ekki metinn 2006 þá var þekja einstakra tegunda í reitnum það ár áætluð út frá þekju þeirra 1997 og 2011 til að gera samanburð milli ára marktækari. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 15. mynd.

Engar blað- og runnfléttur hafa vaxið í reitunum á rannsóknartímanum svo teljandi sé nema hvað 1997 þakti sandkræða (*Cetraria aculeata*) 1 % í reit 24, 2011 fannst örlítið eintak af glitskóf (*Peltigera polydactylon*) í reit 26 og núna 2017 hefur torfubikar (*Cladonia pocillum*) hafið vöxt í reit 26. Þekja mosa og hrúðurfléttna hefur aukist lítillega frá árinu 2014.



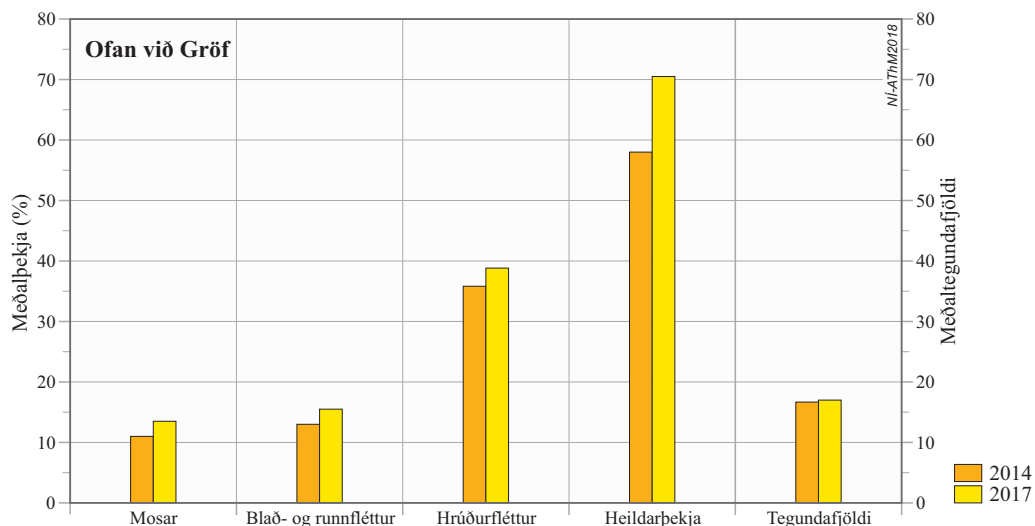
15. mynd. Meðalþekja mosa, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 24–26.

3.3.2 Ofan við Gröf

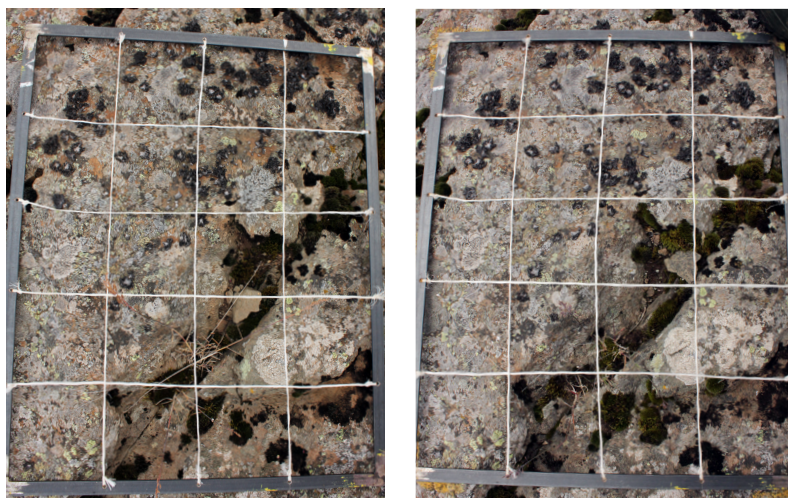
Ofan við Gröf voru þrír reitir, 72–74, lagðir út og metnir. Reitirnir eru framan í og ofan á klettabelti sem er u.þ.b. 100 metra fyrir ofan þjóðveginn. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 16. mynd. Þekja allra hópa eykst frá árinu 2017. Á 17. mynd má sjá samanburð á reit 74 árin 2014 og 2017.

3.3.3 Neðristallar

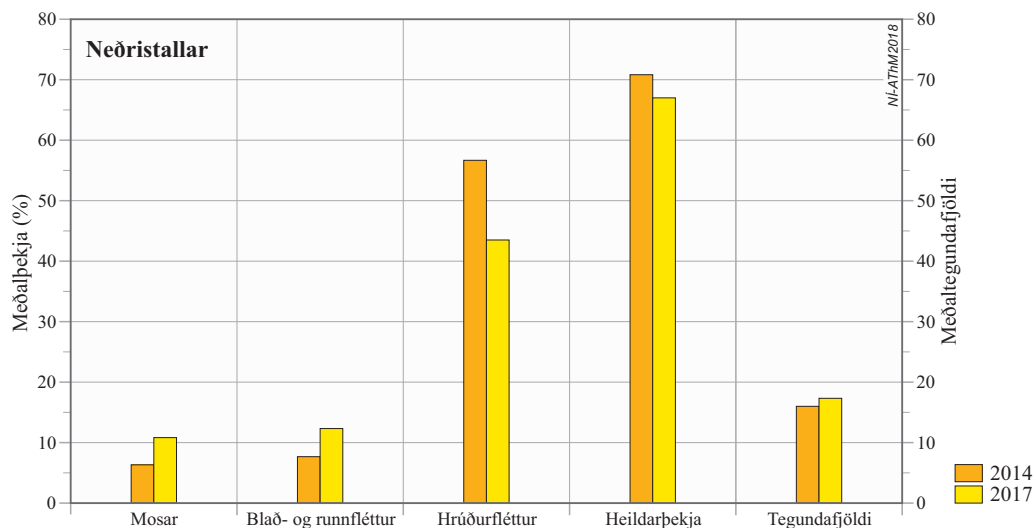
Fyrir ofan námu við Hólabrú er klettabelti og skriðurunnar hlíðar Akrafjalls og þar voru lagðir út þrír reitir, 75–77, sem allir eru á lóðréttum klettum. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 18. mynd en þar eykst þekja mosa og blað- og runnfléttna meðan þekja hrúðurfléttna dregst saman. Á 19. mynd má sjá samanburð á reit 75 árin 2014 og 2017.



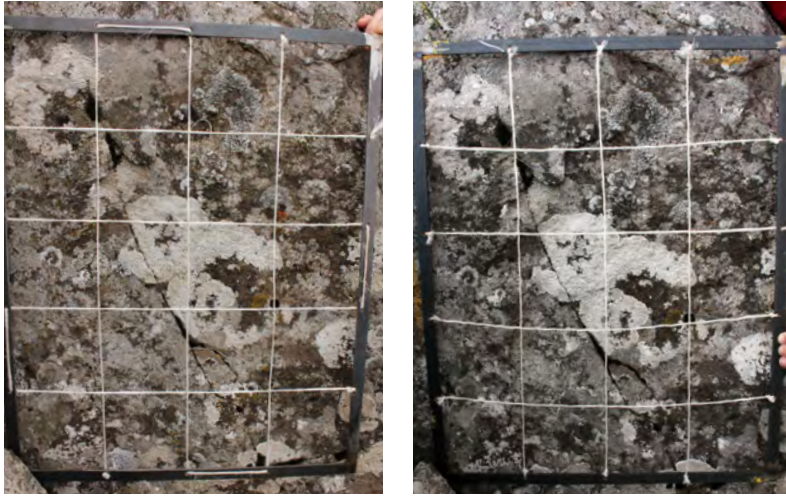
16. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 72–74.



17. mynd. Ofan við Gröf, reitur 74, 2014 (til vinstri) og 2017 (til hægri). Ljóm. Starri Heiðmarsson, 13. júlí 2017.



18. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 75–77.



19. mynd. Neðristallar, reitur 75, 2014 (til vinstri) og 2017 (til hægri).
Ljós. Starri Heiðmarsson, 13. júlí 2017.

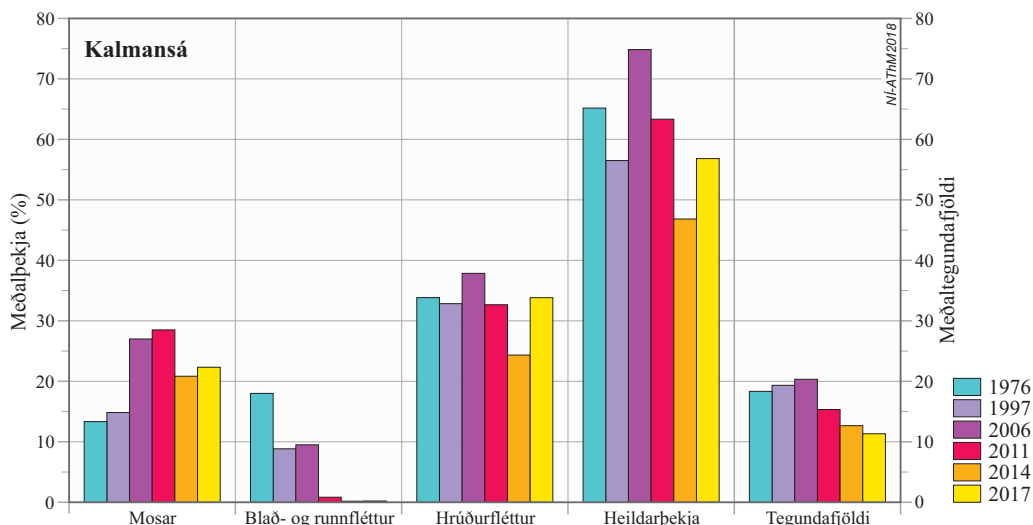
3.4 Gróðurbreytingar norðaustur af Grundartanga

Á þessu svæði hafa reitir 36–38 við Kalmansá verið vaktaðir síðan 1976. Árið 2014 var sex reitum á tveimur svæðum bætt við, þ.e. við Kalastaðakot og á Miðfellsmúla.

3.4.1 Kalmansá

Í um 3 km fjarlægð frá Grundartanga í austnorðaustur eru þrír reitir, 36–38, við Kalmansá milli Kalastaðakots og Kataness. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 20. mynd.

Þekja blað- og runnfléttna minnkaði umtalsvert 1976–1997, jókst örlítið frá 1997 til 2006 en hefur síðan minnkaði mikið og voru blað- og runnfléttur nánast alveg horfnar árið 2014, fundust þá einungis í einum reit og með 0,5 % þekju þar. Árið 2017 mátti enn sjá merki um runnfléttuna sem fannst árið 2014 (hraunbreyskja, *Stereocaulon vesuvianum*) en hún var með litlu lífsmarki. Þekja mosa jókst lítilsháttar frá 2014 og hrúðurfléttna nokkuð.



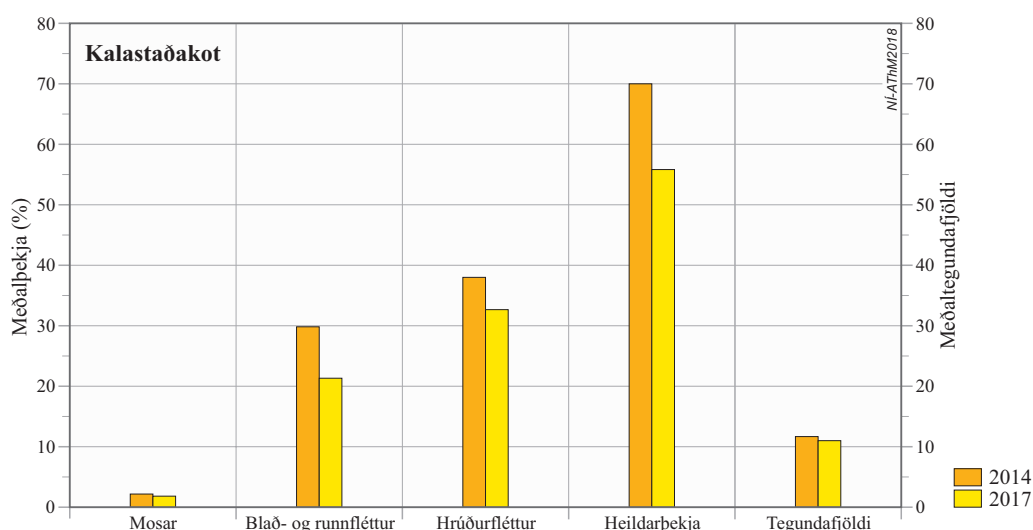
20. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 36–38.

3.4.2 Kalastaðakot

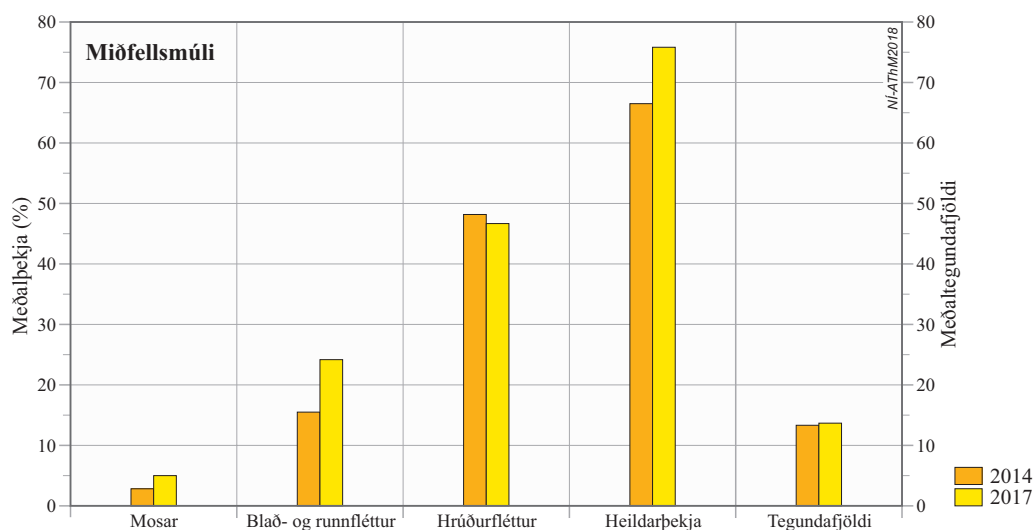
Á lágu holti í grennd við Kalastaðakot standa ávalar klappir upp úr landinu. Á þeim og á nálægum stórum steinum voru þrír reitir, 63–65, lagðir út. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 21. mynd. Hér dró úr þekju allra tegundahópa milli ára 2014 og 2017.

3.4.3 Miðfellsmúli

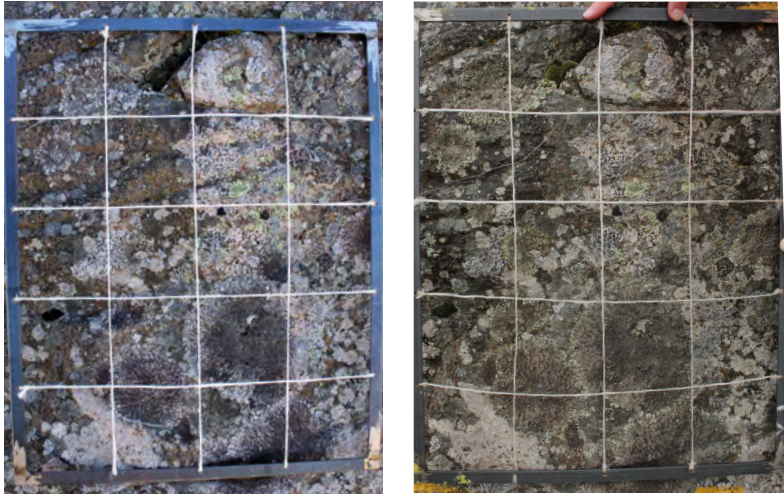
Á Miðfellsmúla ofan Kalastaðakots voru lagðir þrír reitir, 66–68. Reitirnir eru framan í klettabeltum. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 22. mynd. Þekja bæði mosa og blað- og runnfléttna eykst frá 2014. Á mynd 23 má sjá samanburð á reit 67 milli ára 2014 og 2017.



21. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 63–65.



22. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 66–68.



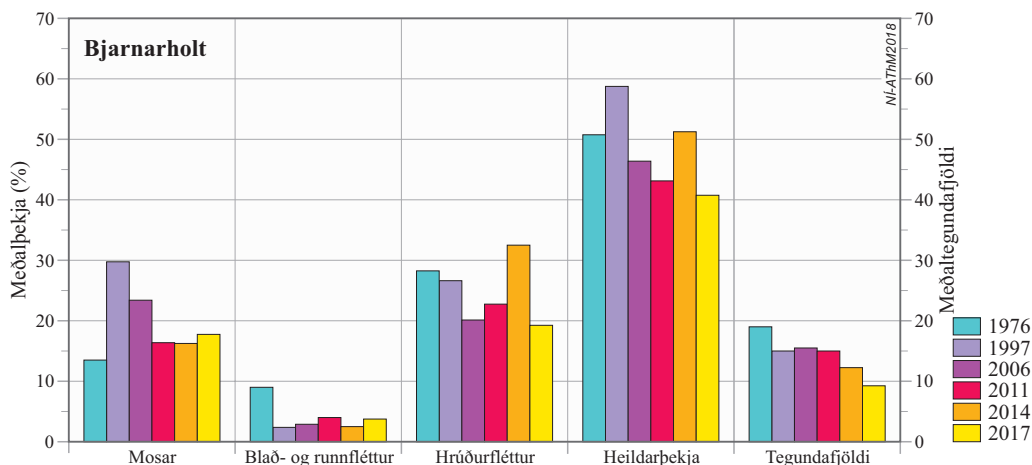
23. mynd. Miðfells múli, reitur 67, 2014 (til vinstri) og 2017 (til hægri).
Ljós. Starri Heiðmarsson, 12. júlí 2017.

3.5 Svæði utan þýningarsvæðis en innan 10 km radíuss frá iðnaðarsvæðinu

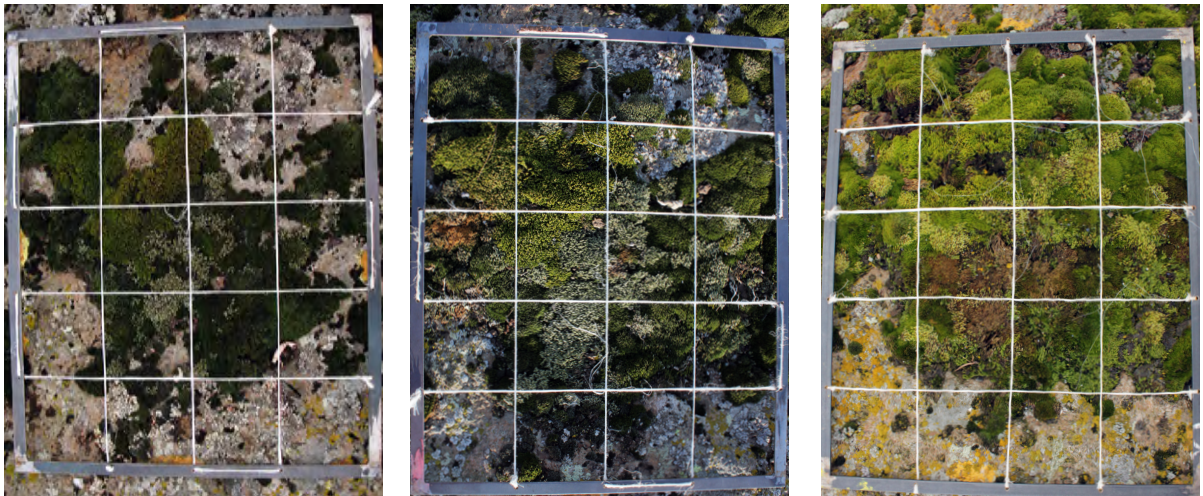
3.5.1 Bjarnarholt

Fjórir reitir, 12–15, eru staðsettir á Bjarnarholti u.þ.b. 2 km norður af Grundartanga og eru þeir reitir utan þýningarsvæðis iðnaðarsvæðisins. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingum reitanna eru á 24. mynd.

Á tímabilinu 2011–2014 jókst meðalheildarþekja vegna þekjuaukningar hrúðurfléttna en frá 2014 hefur metin þekja hrúðurfléttna dregist allnokkuð saman sem skýrir minni heildarþekju. Þekja mosa og blað- og runnfléttna eykst hins vegar nokkuð. Í reit 12 minnkaði þekja blað- og runnfléttna á meðan þekja mosa jókst umtalsvert. Staðan árin 2011, 2014 og 2017 er sýnd á 25. mynd. Þekja mosa er nokkuð svipuð milli árána 2014 og 2017 en síðasta sumar jókst dauður mosi umtalsvert auk þess sem blaðkenndur grænþörungur jók umtalsvert þekju sína. Einnig hefur runnfléttan fuglaglæða (*Polycaulonia candelaria*) aukið mjög þekju sína, úr nánast engu í 11 % árið 2017 en sú tegund þrífst í áburðaríku umhverfi og bendir aukning hennar til meiri áburðar í reitunum sem auðveldast er að útskýra með auknu fugladriti.



24. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 12–15.

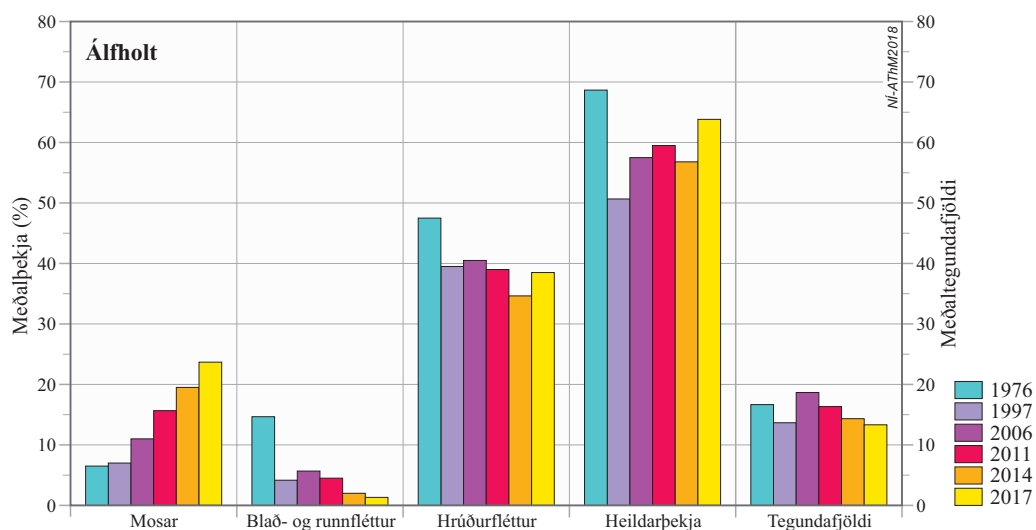


25. mynd. Bjarnarholt við Eiðisvatn, reitur 12, 2011 (til vinstri), 2014 (í miðju) og 2017 (til hægri). Ljósmynd. Starri Heiðmarsson, 13. júlí 2017. Samsvarandi myndir af reitnum frá fyrri árum má finna í Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999; 28. mynd (1977), 29. mynd (1982), 30. mynd (1992), 31. mynd (1997) og Starri Heiðmarsson og Lára Guðmundsdóttir 2015, mynd 21 (2006).

3.5.2 Álfholt

Þrjú reitir, 30–32, eru staðsettir við Álfholt, rúma 3 km frá Grundartanga, suðvestan Eiðisvatns. Einn þeirra, 31, snýr að Grundartanga á meðan hinir tveir snúa frá verksmiðjusvæðinu. Reitirnir við Álfholt eru rétt utan þynningarsvæðis iðnaðarsvæðisins. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 26. mynd.

Á tímabilinu 1976–1997 minnkaði heildarþekja allnokkuð sem skýrist að mestu leyti af því að snepaskóf í reit 32 féll af klettinum og hrapaði þekja hennar úr 35% niður í 2% (Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999). Árið 2006 fannst síðan engin snepaskóf í reitnum og hefur ekki fundist þar síðan né aðrar blað- og runnfléttur. Þekja mosa hefur aukist í reitunum frá upphafi mælinga en blað- og runnfléttna minnkað síðustu ár. Heildarþekjan jókst árið 2017 miðað við árið 2014 vegna mosans og hrúðurfléttna.



26. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 30–32.

3.5.3 Beitistaðaholt

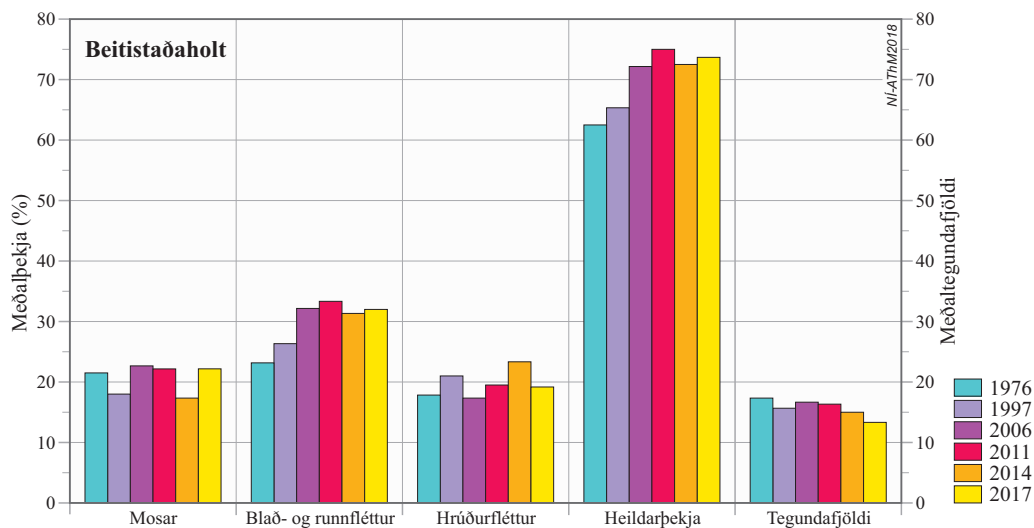
Á Beitistaðaholti eru þrír reitir, 39–41, í tæplega 6 km fjarlægð norðvestur frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 27. mynd.

Heildarþekjan jókst lítillega á tímabilinu frá 2014 til 2017 þrátt fyrir minni þekju hrúðurfléttna enda jókst þekja mosa nokkuð og blað- og runnfléttna örlítið.

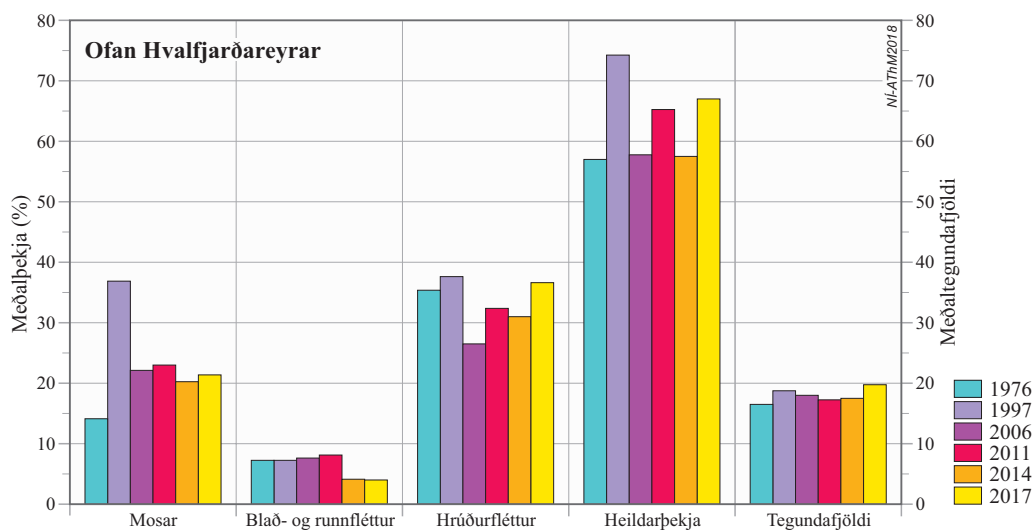
3.5.4 Ofan Hvalfjarðareyrar

Ofan Hvalfjarðareyrar eru fjórir reitir, 19, 20, 51 og 52, í tæplega 4 km fjarlægð frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 28. mynd.

Hér jókst þekja mosa aðeins og hrúðurfléttna allnokkuð milli ára 2014 og 2017.



27. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 39–41.

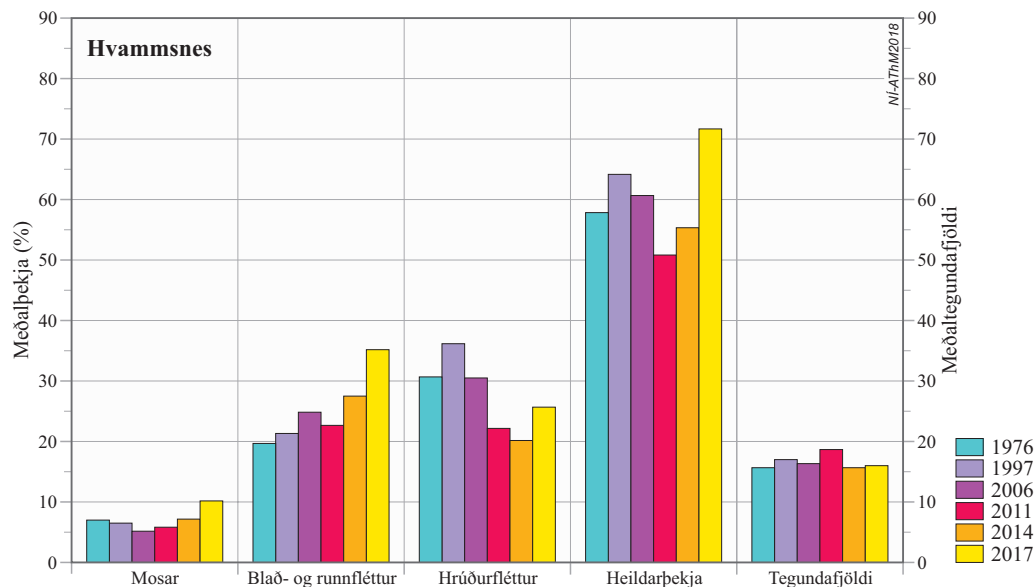


28. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 19, 20, 51 og 52

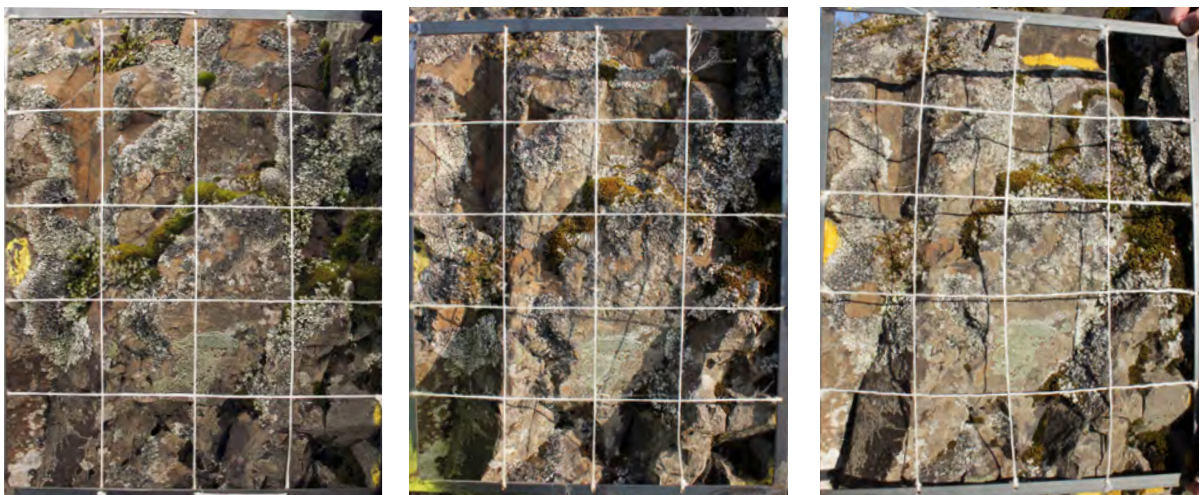
3.5.5 Hvammsnes

Þrír reitir, 48–50, eru utan við Hvammsnes. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 29. mynd.

Hér eykst þekja allra hópanna, sérstaklega blað- og runnfléttna. Reitur 48 er sýndur á 30. mynd og þar hefur þekja snepaskófar aukist nokkuð í seinni tíð.



29. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 48–50.



30. mynd. Utan við Hvammsnes, reitur 48, 2011 (til vinstri), 2014 (í miðju) og 2017 (til hægri). Ljósmynd. Starri Heiðmarsson, 10. júlí 2017. Samsvarandi myndir af reitnum frá fyrri árum má finna í Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999; 8. mynd (1977), 9. mynd (1982), 10. mynd (1992), 11. mynd (1997), Hörður Kristinsson 2004; 2. mynd (2003) og Starri Heiðmarsson og Lára Guðmundsdóttir 2015, 26. mynd (2006).

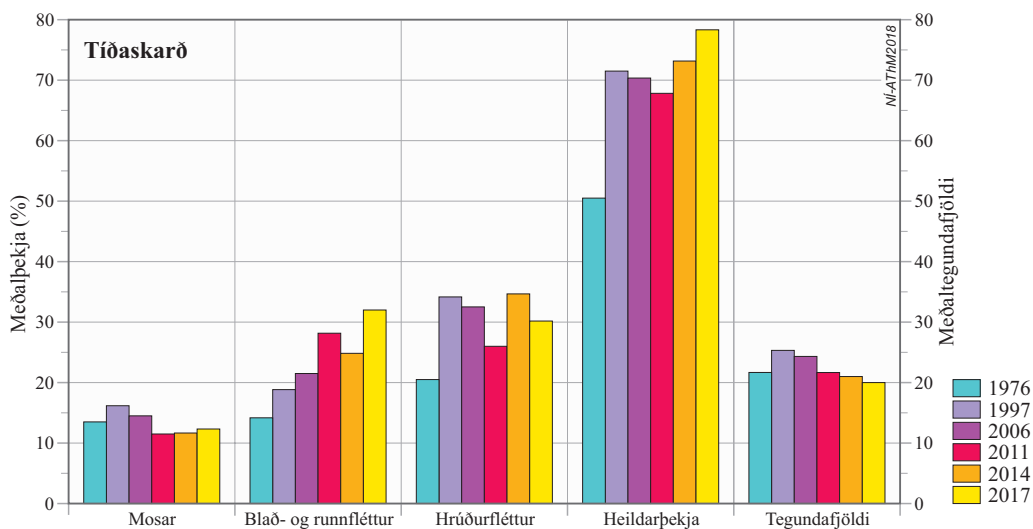
3.5.6 Tíðaskarð

Þrjú reitir, 16–18, eru staðsettir við Tíðaskarð tæplega 9 km suður af Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 31. mynd.

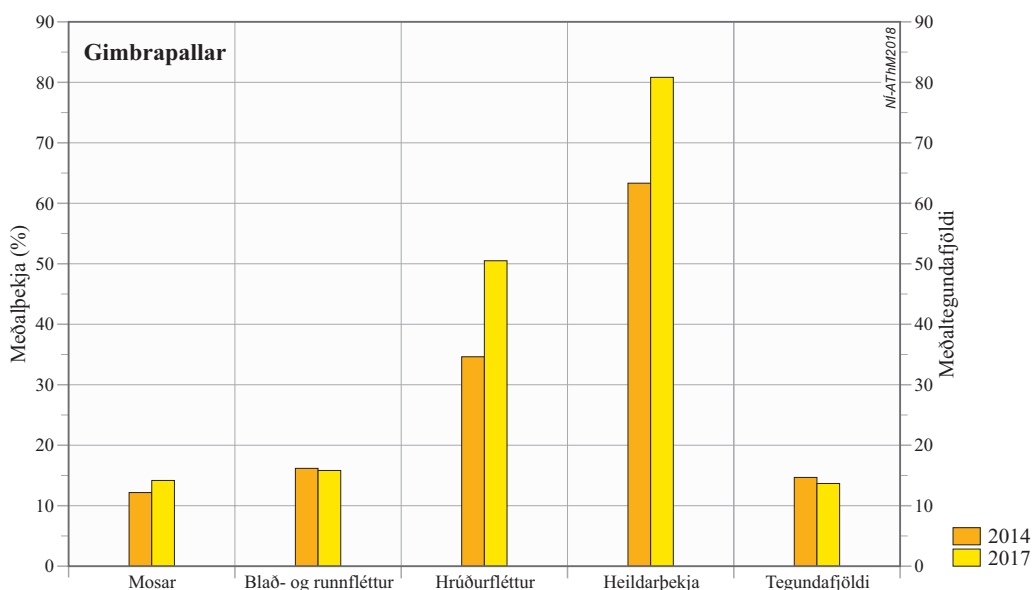
Hér eykst þekja blað- og runnfléttna líkt og hún hefur gert frá upphafi mælinga með undantekningu árið 2014.

3.5.7 Gimbrapallar

Reitir 69–71 eru í tæplega 5 km fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Gimbrapöllum, norðanvert í Akrafjalli. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 32. mynd. Þekja hrúðurfléttna eykst allnokkuð og mosa aðeins. Á mynd 33 má sjá samanburð á reit 71 milli ára 2014 og 2017.



31. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 16–18.



32. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 69–71.

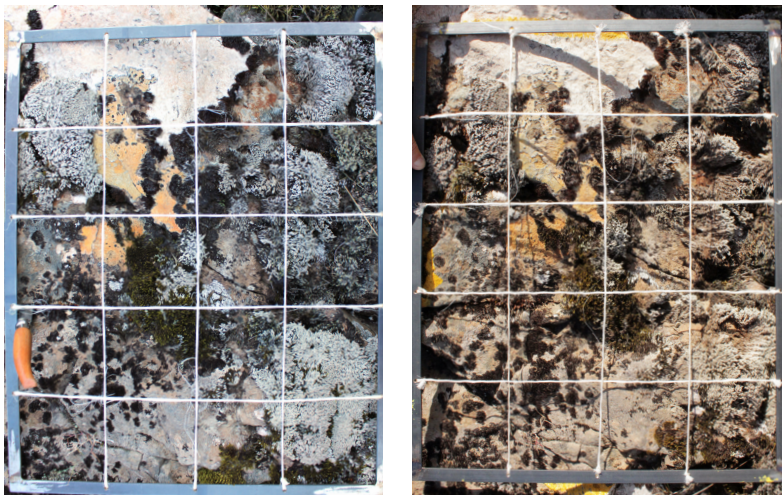
3.6 Fjarlæg svæði, í meira en 10 km fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu

Þrjú svæði eru í meira en 10 km fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu og hafa þau öll verið vöktuð reglulega síðan 1976. Tvö svæðanna eru innarlega í Hvalfirði meðan það þriðja er við Hafnarbæli undir Hafnarfjalli.

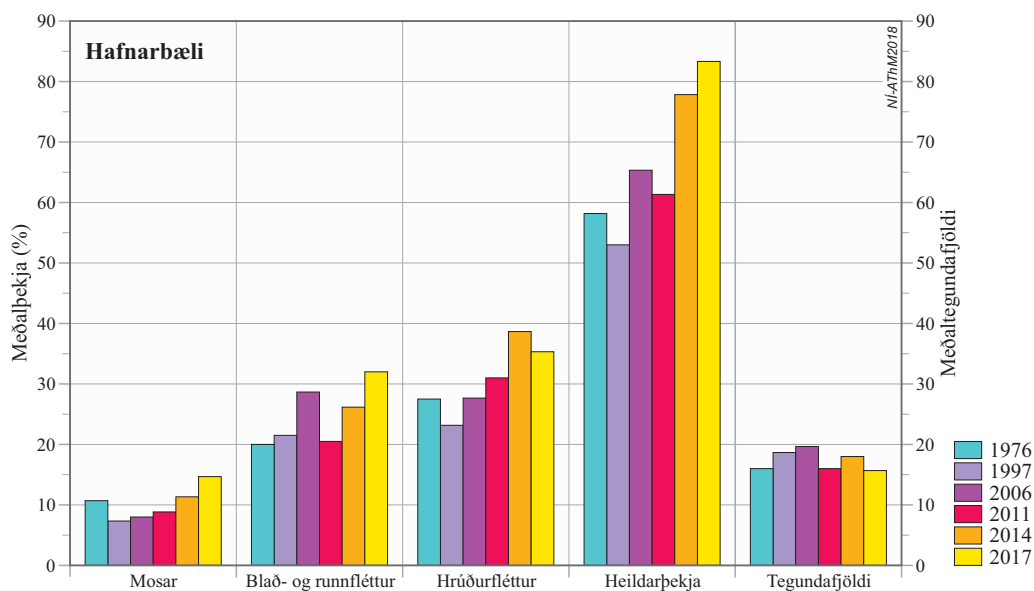
3.6.1 Hafnarbæli

Þrír reitir, 42–44, voru settir við Hafnarbæli undir Hafnarfjalli u.þ.b. 16 km norðnorðvestur af Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 34. mynd.

Hér jókst þekja mosa og blað- og runnfléttna meðan þekja hrúðurfléttna minnkaði.



33. mynd. Gimbrapallar, reitur 71, 2014 (til vinstri) og 2017 (til hægri). Ljós. Starri Heiðmarsson, 11. júlí 2017.



34. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 42–44.

3.6.2 Þyrilsnes

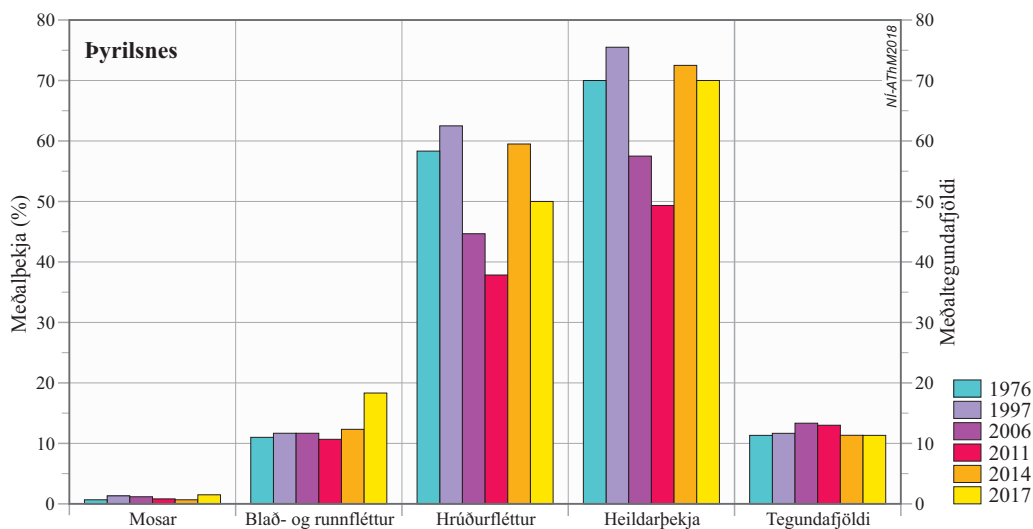
Þrír reitir, 45–47, eru á Þyrilsnesi í u.þ.b. 17 km fjarlægð frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 35. mynd.

Hér eykst þekja blað- og runnfléttna nokkuð meðan hrúðurfléttuþekjan minnkar.

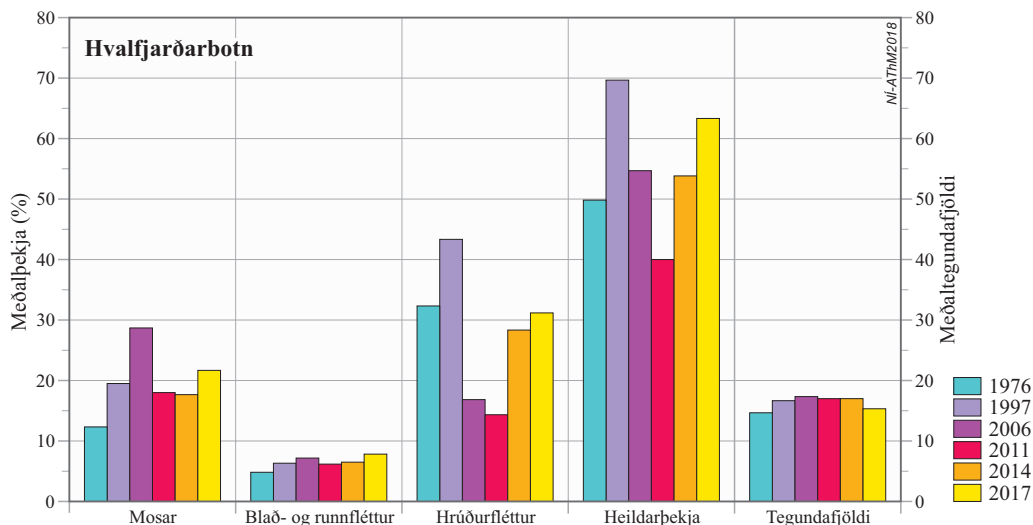
3.6.3 Hvalfjarðarbotn

Þrír reitir, 21–23, eru í botni Hvalfjarðar í rúmlega 20 km fjarlægð frá Grundartanga, tveir þeirra eru staðsettir á flötum klöppum meðan sá þriðji er á lóðréttum, lágum klettavegg. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 36. mynd.

Hér eykst þekja allra hópanna, þó mismikið.



35. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 45–47.



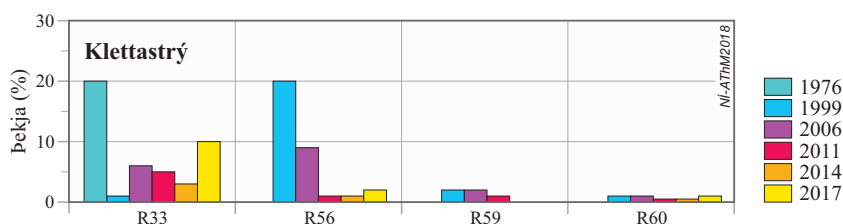
36. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 21–23.

3.7 Þekjubreytingar einstakra tegunda

Hér eru tvær tegundir fléttna skoðaðar sérstaklega. Önnur tegundin, klettastrý, er runnflétta meðan hin, snepaskóf, er blaðflétta.

3.7.1 Klettastrý

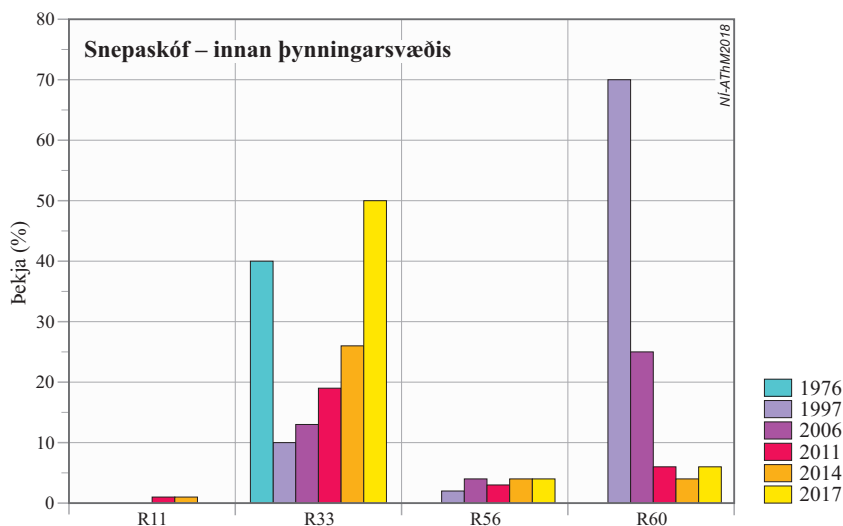
Klettastrý (*Ramalina subfarinacea*) er runnkennd flétta sem vex einkum á klettum og klöppum nærri sjó. Tegundin hafði mikla þekju á Stekkjarási þegar mælingar hófust 1976 og var þá í slíku magni að óhætt var talið að safna sýnum af henni til að mæla í magn flúors og brennisteins. Árið 2006 var hins vegar einungis nægt magn af klettastrýi að finna í um 2,5 km fjarlægð frá Grundartanga við reiti 56–59. Hnignun klettastrýs var greinileg til ársins 2014 en síðan þá hefur hún nokkuð hjarnað við og eykur t.d. umtalsvert þekju sína í reit 33 (37. mynd). Klettastrýið er hins vegar horfið úr reit 59. Reitirnir fjórir sem klettastrý hefur vaxið í eru allir innan þynningarsvæðis fyrir brennisteinstvíoxíðs auk þess sem reitur 33 er einnig innan þynningarsvæðis fyrir flúor.



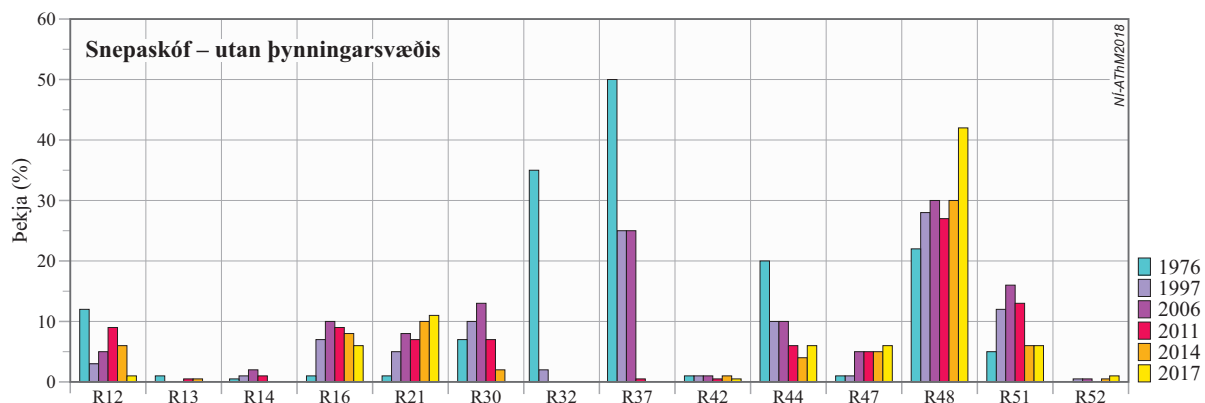
37. mynd. Þekja klettastrýs (*Ramalina subfarinacea*) í fjórum reitum sem allir eru staðsettir innan þynningarsvæðis brennisteinstvíoxíðs og flúors.

3.7.2 Snepaskóf

Snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) er sú blaðflétta á svæðinu sem finnst í flestum reitum og hefur mesta þekju. Á 38. mynd má sjá þekjubreytingar snepaskófar í reitum sem staðsettir eru innan þynningarsvæðis iðnaðarsvæðisins hvað varðar brennisteinstvíoxíð og flúor. Til samanburðar eru þekjubreytingar tegundarinnar í reitum sem staðsettir eru utan þynningarsvæðisins sýndar á 39. mynd. Líkt og klettastrýið þá virðist snepaskóf vera að auka þekju sína en það er sérstaklega áberandi í reit 33 sem er á Stekkjarási innan þynningarsvæðis fyrir flúor og brennistein. Snepaskófin eykur einnig þekju sína í nokkrum reitum fjær iðnaðarsvæðinu.



38. mynd. Þekja snepaskófar (*Parmelia saxatilis*) í fjórum reitum sem allir eru staðsettir innan þynningarsvæðis brennisteinstvíoxíðs og flúors.



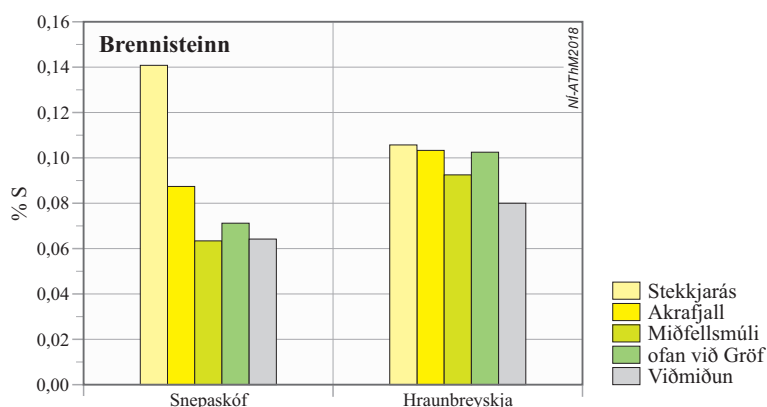
39. mynd. Pekja snepaskófar (*Parmelia saxatilis*) í 14 reitum sem allir eru staðsettir utan þynningarsvæðis brennisteinstvíoxíðs og flúors.

3.8 Mælingar á brennisteini og flúor

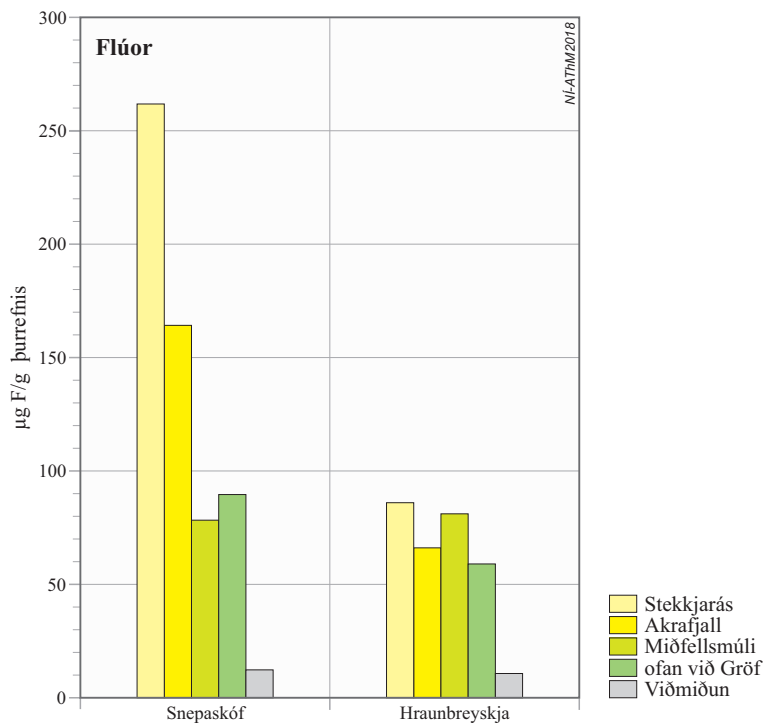
Magn brennisteins og flúors (40. og 41. mynd) var mældur í hraunbreyskju og snepaskóf líkt og í fyrri rannsóknum (Hörður Kristinsson 2000, 2004, Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson 2007, Starri Heiðmarsson 2012, Starri Heiðmarsson og Lára Guðmundsdóttir 2015).

Magn brennisteins mældist nokkuð meira en árið 2014 innan þynningarsvæðisins og á það við um báðar tegundirnar (40., 42. og 43. mynd). Ólíkt 2014 þá höfðu viðmiðunarsýnin frá Bifröst nærri Hreðavatni meira af brennisteini í hraunbreyskju en í snepaskóf. Mest af brennisteini mældist í snepaskóf sem safnað var vestsuðvestur af iðnaðarsvæðinu, á Stekkjarási sem er innan þynningarsvæðis bæði flúors og brennisteins. Reyndar hefur bara einu sinni mælst meiri brennisteinn í fléttu á svæðinu en það var í snepaskóf í hlíðum Akrafjalls árið 1999 (42. mynd). Magn brennisteins í snepaskóf reyndist minna en árið 2014 á hinum söfnunarstöðunum. Í hraunbreyskju mældist meiri brennisteinn á Stekkjarási og örlítið meiri í hlíðum Akrafjalls sé miðað við árið 2014 meðan ívið minni brennisteinn mældist á Miðfells múla og ofan við Gröf.

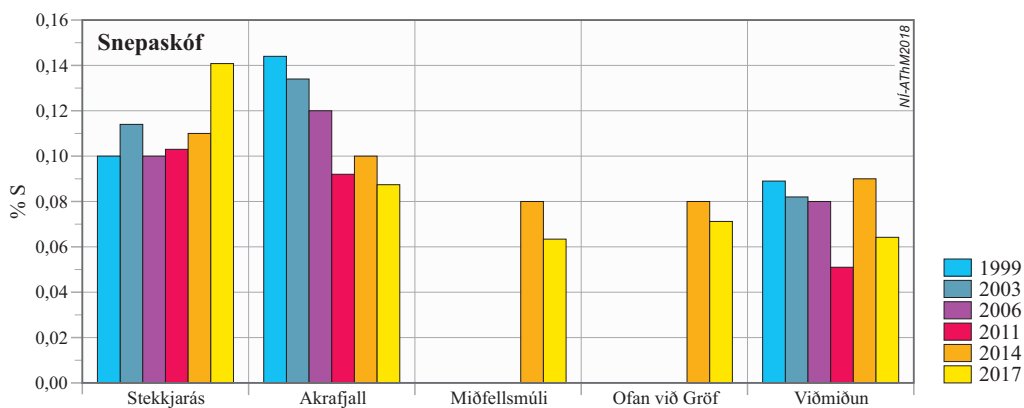
Líkt og fyrri ár þá mældist meira magn flúors í snepaskóf en hraunbreyskju og mun meira í grennd við iðnaðarsvæðið en í viðmiðunarsýnunum (41., 44. og 45. mynd). Mest var af flúor í snepaskóf á Stekkjarási sem er innan þynningarsvæðis fyrir flúor en þar mældust 261,8 µg F/g þurrefnis sem er hæsta gildi sem mælst hefur fyrir flúor frá upphafi mælinga. Magn flúors á öðrum söfnunarstöðum ýmist lækkar eða hækkar lítilsháttar en gildin þar eru í meira samhengi við fyrri mælingar (44. mynd). Í hraunbreyskju var mun minni flúor og mældist hann á bilinu 59-86 µg F/g þurrefnis, mestur á Stekkjarási, 86 µg F/g þurrefnis en minnstur ofan við Gröf, 59 µg F/g þurrefnis (41. og 45. mynd).



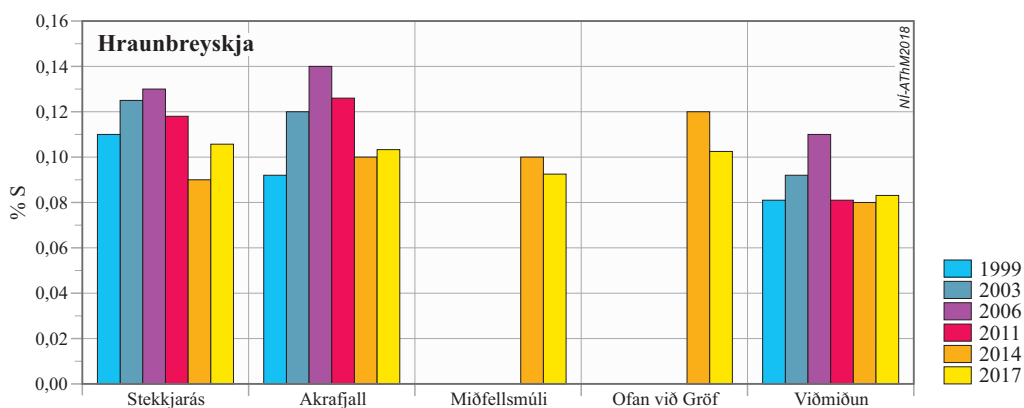
40. mynd. Magn brennisteins í tveimur fléttutegundum á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga árið 2017.



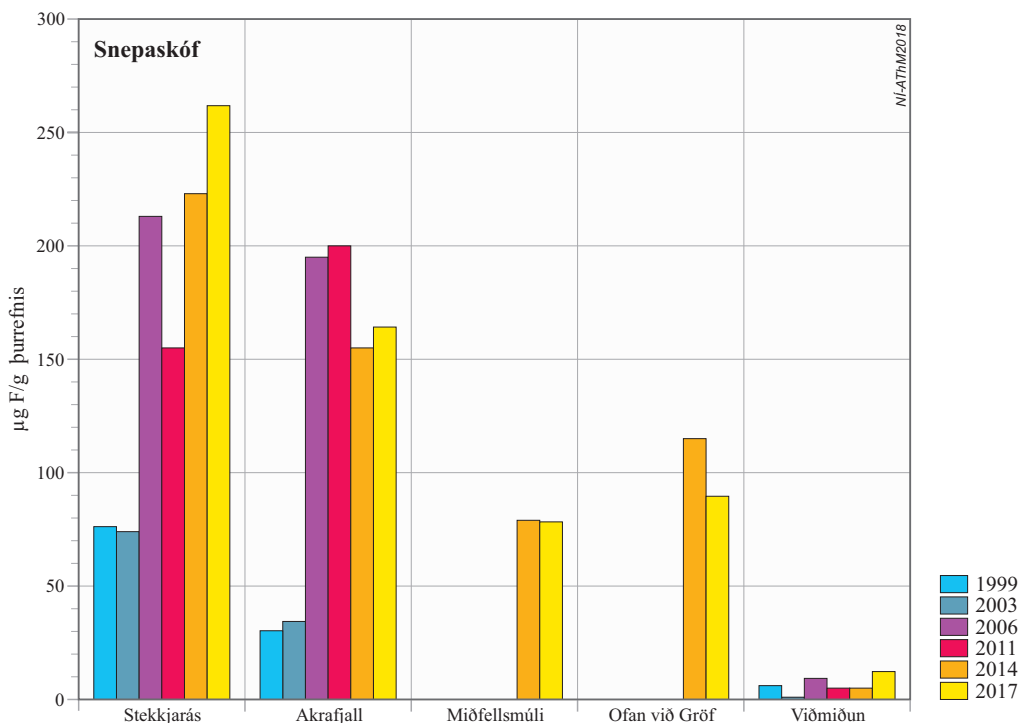
41. mynd. Magn flúors í tveimur fléttutegundum á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga árið 2017.



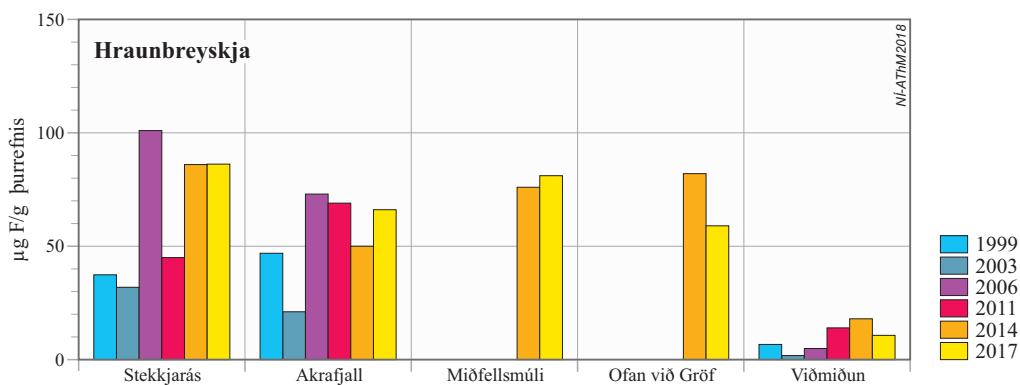
42. mynd. Samanburður á magni brennisteins í snepaskóf 1999, 2003, 2006, 2011, 2014 og 2017.



43. mynd. Samanburður á magni brennisteins í hraunbreyskju 1999, 2003, 2006, 2011, 2014 og 2017.



44. mynd. Samanburður á magni flúors í snepaskóf 1999, 2003, 2006, 2011, 2014 og 2017.



45. mynd. Samanburður á magni flúors í hraunbreyskju 1999, 2003, 2006, 2011, 2014 og 2017.

4 UMRÆÐUR

Við vöktun klapparsamfélaga mosa og fléttna í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga er einkum horft til breytinga á þekju mosa og blað- og runnfléttna þar sem talið er að þeir hópar séu viðkvæmari fyrir loftmengun en æðplöntur og hrúðurfléttur. Hróðurfléttur eru fjölbreyttur hópur og því líklegt að meðal hrúðurfléttna megi finna tegundir sem eru viðkvæmar fyrir loftmengun þótt aðrar séu ónæmari. Að sjálfsögðu eru tegundir blað- og runnfléttna og mosa einnig misnæmar fyrir loftmengun en þar sem þessir hópar hafa langlífa líkamshluta (fella ekki ofanjarðarhlutann líkt og æðplöntur) er hætt við að mengun hlaðist fyrir upp í þeim heldur en æðplöntum. Það getur líka haft áhrif að mosar og fléttur eru misvotar (e. poikilohydric), þ.e. sækja vatn ekki niður í jarðveginn heldur eru háðar raka úr lofti, ýmist úrkomu eða dökk. Því hefur sérstaklega verið fylgst með mosum og blað- og runnfléttum.

Áberandi er hve mikil þekjuaukning blað- og runnfléttna er í tveimur reitum innan þynningarsvæðis fyrir flúor. Mosar virðast einnig auka þekju sína innan þynningarsvæðisins en ekkert í líkingu við blað- og runnfléttturnar. Sé hins vegar litið til reita utan þynningarsvæðisins þá eykst þekjan lítilliga eftir því sem fjær dregur iðnaðarsvæðinu sé litið til aðhvarfslínunnar (1. og 2. mynd).

Klettastrý er tegund sem bent hefur verið á í fyrri skýrslum sem viðkvæma þar sem tegundinni hafði hnignað jafnt og þétt síðan vöktunin hófst árið 1976 til ársins 2014 (37. mynd). Síðan 2014 hefur klettastrýið hins vegar aukið þekju sína nokkuð og jafnvel mikið í einum þeirra þriggja reita sem það vex í. Snepaskóf er algeng tegund á svæðinu og eykur hún þekju sína innan þynningarsvæðisins líkt og klettastrýið. Snepaskófin eykur einnig þekju sína í sumum reitum utan þynningarsvæðisins en í öðrum minnkar hún. Líkt og áður hefur verið bent á þá virðist snepaskóf við sumar aðstæður vaxa úr sér, þ.e. að þegar þal fléttunnar hefur náð ákveðinni þykkt og þekur svæði á steininum sem er fleiri tugir cm í þvermál þá verður þalið viðkvæmt fyrir raski og hættir til að rifna upp.

Magn brennisteins hefur aukist í snepaskóf síðan 2014 (42. mynd) næst iðnaðarsvæðinu en minnkað á öðrum sýnatökustöðum. Brennisteinn hefur einnig aukist í hrúðurbreyskju næst iðnaðarsvæðinu, það er hins vegar lítill munur á magni brennisteins í hrúðurbreyskju hvort sem er nálægt eða fjær iðnaðarsvæðinu.

Magn flúors í snepaskóf innan þynningarsvæðisins er 261,8 µg F/g þurrefnis og er það hæsta gildi sem mælt hefur síðan mælingar á flúorinnihaldi hófust á svæðinu 1999. Þetta er aukning síðan 2014 og var þá ívið hærra en 2006 (44. mynd). Umtalsvert minna er af flúor í hraunbreyskju en snepaskóf en niðurstöður fyrir hraunbreyskjuna eru svipaðar hvað breytingu á magni flúors milli ára varðar (44. og 45. mynd). Athyglisvert er að flúor eykst í viðmiðunarsýninu af snepaskóf en minnkar í hraunbreyskju og þrátt fyrir að öll sýni hraunbreyskju sem tekin voru í nágrenni iðnaðarsvæðisins hafi haft umtalsvert lægri gildi af flúor en sýnin af snepaskóf þá er svipað innihald í viðmiðunarsýnunum sem tekin voru við Bifröst nærri Hreðavatni. Magn flúors eykst í sýni af snepaskóf á Stekkjarási sem virðist lítil áhrif hafa á fléttuna og jókst þekja blað- og runnfléttna innan þynningarsvæðisins. Líkt og bent hefur verið á í fyrri skýrslum þá virðast þolmörk fléttna við flúor misjöfn eftir tegundunum og ekki vel þekkt hvar mörkin nákvæmlega liggja. Aldur fléttuþalsins hefur vafalítið mikið um það að segja hve mikið af flúor og brennisteini nær að safnast fyrir í því.

5 HEIMILDASKRÁ

- Eva Yngvadóttir, Gyða M. Ingólfssdóttir, Friðrik K. Gunnarsson og Páll Höskuldsson 2015. *Umhverfissvöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Niðurstöður ársins 2014*. Unnið fyrir Norðurál Grundartangi ehf. og Elkem Ísland ehf. Reykjavík: Efla Verkfræðistofa.
- Hörður Kristinsson 2000. *Vöktun á mosum og fléttum við Grundartanga í Hvalfirði. Framvinduskýrsla fyrir árið 1999*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-00006. Unnið fyrir Íslenska járnblendifélagið hf og Norðurál hf. Akureyri: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Hörður Kristinsson 2004. *Vöktun á mosum og fléttum við Grundartanga í Hvalfirði. Framvinduskýrsla fyrir árið 2003*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-04004. Unnið fyrir Íslenska járnblendifélagið hf og Norðurál hf. Akureyri: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Hörður Kristinsson, Bergþór Jóhannsson og Eypór Einarsson, ritstj., 1983. *Grasafraeðirannsóknir við Hvalfjörð*. Fjölrit nr. 17. Reykjavík: Líffræðistofnun háskólans.
- Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999. *Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð frá 1976 til 1997*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-99001. Unnið fyrir Íslenska járnblendifélagið hf. Akureyri: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson 2007. *Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 1997–2006*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-07002. Unnið fyrir Hönnun hf. Akureyri: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Starri Heiðmarsson 2012. *Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 2006–2011*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-12003. Unnið fyrir Elkem Ísland ehf. og Norðurál Grundartanga ehf. Akureyri: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Starri Heiðmarsson og Lára Guðmundsdóttir 2015. *Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 2011–2014*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-15001. Unnið fyrir fyrirtæki sem standa að umhverfivöktun iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Akureyri: Náttúrufræðistofnun Íslands.