



Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 2006–2011

Starri Heiðmarsson

Unnið fyrir Elkem Ísland ehf. og Norðurál Grundartanga ehf.



Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 2006–2011

Starri Heiðmarsson

Unnið fyrir Elkem Ísland ehf. og Norðurál Grundartanga ehf.

NÍ-12003


Akureyri mars 2012



NÁTTÚRUFRÆÐISTOFNUN ÍSLANDS

Mynd á kápu: Sótaglyðra (Catillaria contristans) á holtasóta (Andreaea rupestris) í Fjallsöxl í austanverðu Akraffjalli. Ljós. Starri Heiðmarsson 6. október 2011.

ISSN 1670-0120

	Hlemmi 3 105 Reykjavík Sími 590 0500 Fax 590 0595 http://www.ni.is ni@ni.is	Borgum við Norðurslóð 600 Akureyri Sími 460 0500 Fax 460 0501 http://www.ni.is nia@ni.is
Skýrsla nr. NÍ-12003	Dags., Mán., Ár 30. mars 2012	Dreifing <input type="checkbox"/> Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð til 1. júní 2012
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 2006 – 2011	Upplag 30	
	Fjöldi síðna 36	
Höfundur Starri Heiðmarsson	Verknúmer A111102 Málsnúmer 2011120014	
Unnið fyrir Elkem Ísland ehf. og Norðurál Grundartanga ehf.		
Samvinnuaðilar		
Útdráttur <p>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, sjö stöðvar í innan við 3,5 km fjarlægð frá Grundartanga og átta stöðvar fjær, sú fjærsta í Hvalfjarðarbotni í rúmlega 20 km fjarlægð. Árið 1999 var 10 reitum bætt við í stefnu á Akrafjall. Af 62 reitum, sem settir hafa verið út, er einn horfinn vegna stækkunarframkvæmda Norðuráls Grundartanga.</p> <p>Sérstaklega er fylgst með þekjubreytingum á mosum og blað- og runnfléttum þar sem þessir hópar eru taldir viðkvæmari fyrir loftmengun en háplöntur og hrúðurfléttur. Að meðaltali urðu litlar þekjubreytingar frá 2006 en í einstökum reitum minnkaði þekja þessara hópa allt að 35% Mesta þekjuaukning í einstökum reitum var um 20%. Meiri breytileika gætti í reitum sem staðsettir voru nálægt iðnaðarsvæðinu en ekki varð vart við einhliða hnignun sem rekja má til loftmengunar.</p> <p>Heldur dró úr magni brennisteins í fléttum og það sama á við um magn flúors. Ekki er sýnilegur skaði á fléttunum en runnfléttunni klettastrý hefur hnignað mikið og er sú tegund hugsanlega viðkvæm fyrir loftmengun.</p>		
Lykilorð Hvalfjörður, vöktun, fléttur, mosar, fastir reitir, loftgæði	Yfirfarið KJA	

EFNISYFIRLIT

1 INNGANGUR	7
2 AÐFERÐIR	7
3 NIÐURSTÖÐUR	8
3.1 Almennar gróðurbreytingar	8
3.2 Gróðurbreytingar næst Grundartanga	10
3.2.1. Stekkjarás	11
3.2.2 Selás	12
3.2.3 Bjarnarholt	13
3.2.4 Álfholt	14
3.2.5 Langholt	15
3.2.6 Kalmansá	16
3.2.7 Akrafjall	17
3.3 Gróðurbreytingar fjær Grundartanga	20
3.3.1 Skvömp við Kúludalsá	21
3.3.2 Beitistaðaholt	22
3.3.3 Hafnarbæli	22
3.3.4 Ofan Hvalfjarðareyrar	23
3.3.5 Tíðaskarð	24
3.3.6 Hvammsnes	24
3.3.7 Þyrilsnes	26
3.3.8 Hvalfjarðarbotn	26
3.4 Þekjubreytingar einstakra tegunda	27
3.4.1 Klettastrý	27
3.4.2 Snepaskóf	28
3.5 Mælingar á brennisteini og flúor	29
4 UMRÆÐUR	31
5 HEIMILDASKRÁ	34

MYNDIR

1. mynd. Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga og þekjubreytinga blað- og runnfléttna 2006–2011	9
2. mynd. Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga og þekjubreytinga mosa 2006-2011	100
3. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum, sem metnir voru 2011	111
4. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km	11
5. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 1-4 og 33-35	122
6. mynd. Stekkjarás, reitur 33	12
7. mynd. Stekkjarás, reitur 34	133
8. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 8–11	13
9. mynd. Selás við Hólmavatn, reitur 8	144
10. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 12–15	14
11. mynd. Bjarnarholt við Eiðisvatn, reitur 12	155

12. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 30–32	166
13. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 27–29	177
14. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 36–38	188
15. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 53–62	19
16. mynd. Akrafjall, reitur 60	19
17. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 53–55	20
18. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 56–59	210
19. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 60–62	211
20. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum, fjær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, sem metnir voru 2011.	222
21. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 25 og 26	232
22. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 39–41	233
23. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 42–44	244
24. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 19, 20, 51 og 52	254
25. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 16–18	255
26. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 48–50	266
27. mynd. Utan við Hvammsnes, reitur 48	276
28. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 45–47	27
29. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 21–23	28
30. mynd. Þekja klettastrýs í fjórum reitum	29
31. mynd. Þekja snepaskófar í 16 reitum nær Grundartanga en 3,5 km	29
32. mynd. Þekja snepaskófar í 8 reitum fjær Grundartanga en 3,5 km	30
33. mynd. Magn brennisteins í tveimur fléttutegundum á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga	31
34. mynd. Magn flúors í tveimur fléttutegundum á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga	31
35. mynd. Bjarnarholt, reitur 15	32
36. mynd. Samanburður á magni brennisteins í snepaskóf	33
37. mynd. Samanburður á magni brennisteins í hraunbreyskju	34
38. mynd. Samanburður á magni flúors í snepaskóf	35
39. mynd. Samanburður á magni flúors í hraunbreyskju	35

1 INNGANGUR

Í tengslum við opnun kísilmálmverksmiðju Járblendifélagsins að Grundartanga 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 háplöntur. Gróðurfar svæðisins var kannað fyrir opnun verksmiðjunnar og voru þá lagðir út 52 fastir 40 x 50 sm reitir. Þessar rannsóknir voru unnar af Herði Kristinssyni, Bergþóri Jóhannssyni og Eypóri Einarssyni og er greint frá þeim í Fjölríti Líffræðistofnunar (Hörður Kristinsson o. fl. 1983). Frá því að föstu reitirnir voru lagðir út 1975 og 1976, og þekjumetnir um leið, hafa þeir verið ljósmyndaðir reglulega (Hörður Kristinsson 2000, 2004, Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999, Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson 2007) auk þess sem þeir voru þekjumetnir 1997 (Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999) og 2006 (Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson 2007). Árið 1999 var samningur um vöktunina endurnýjaður um leið og Norðurál Grundartangi (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). Staðsetning reitanna er sýnd á 1. mynd í skýrslu Harðar Kristinssonar og Kristbjarnar Egilssonar (1999) sem og á mynd 4.1 í Umhverfisvöktunarskýrslu fyrir árið 2004 (Hönnun 2005).

2 AÐFERÐIR

Föstu reitirnir eru 40 x 50 sm 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 x 50 sm stálrammi, sem skipt hefur verið í tuttugu 10 x 10 sm reiti með snúru, lagður yfir reitinn og þekja einstakra tegunda metin sjónrænt. Tegundir voru greindar á staðnum eftir því sem tók voru á en oft þurfti að safna sýnum af mosum og hrúðurfléttum og var það þá oftast gert utan reitsins.

Reitir 1–52 voru settir upp 1975 og 1976 og gróðurmetnir og ljósmyndaðir um leið. Þeir voru svo ljósmyndaðir 1977, 1978, 1980, 1982, 1992, og 1997 um leið og gróðurmatið var endurtekið nema hvað reitur 7 var horfinn vegna framkvæmda við álver Norðuráls 1997. Árið 1999 voru 10 reitir til viðbótar settir út, þeir gróðurmetnir og ljósmyndaðir. Allir reitirnir 61 voru ljósmyndaðir árið 2000 sem og 2003. Sumarið 2006 voru svo 58 reitir ljósmyndaðir og gróðurmetnir en fjórir reitir virtust horfnir þá; þrjár vegna stækkunar verksmiðju Norðuráls og einn þar sem háplöntur höfðu fært klöppina á kaf og því ógerlegt að finna merkingu reitsins. Sumarið 2009 voru 58 reitir ljósmyndaðir og haustið 2011 voru svo 61 reitur ljósmyndaður og gróðurmetinn en þá fundust aftur reitirnir þrír sem taldir voru glataðir.

Vettvangsvinna var unnin af Starra Heiðmarssyni og Láru Guðmundsdóttur 3.-7. október 2011.

Sýni til efnagreininga voru tekin á þremur stöðum: á Stekkjarási í um 1 km fjarlægð frá Grundartanga, við reiti 53–55 í um 2 km fjarlægð og við reiti 56–57 í um 2,5 km fjarlægð. Viðmiðunarsýni voru tekin við Hreðavatn. Sýni voru tekin af tveimur tegundum: snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) og hraunbreyskju (*Stereocaulon vesuvianum*). Áður hafa sýni af klettastrýi (*Ramalina subfarinacea*) einnig verið efnagreind en þeirri

tegund hefur fækkað á svæðinu og því ekki lengur hægt að safna henni í því magni sem þarf til efnagreininga án þess að ganga nálægt stofni hennar. Í hverju sýni var mælt magn flúors, brennisteins og hlutfall jarðvegs í sýni miðað við þyngd og voru þær mælingar unnar á Nýsköpunarmiðstöð Íslands í umsjón Hermanns Þórðarsonar. Flúor var dreginn úr sýni með örsveimsaðferð trímetylsilýflúoríðs og síðan mældur með jónvísu rafskauti. Jarðvegshluti var skilinn frá í tetraklórmetani og vigtaður. Brennisteinn var mældur í sýni eftir upplausn í saltþéturssýru.

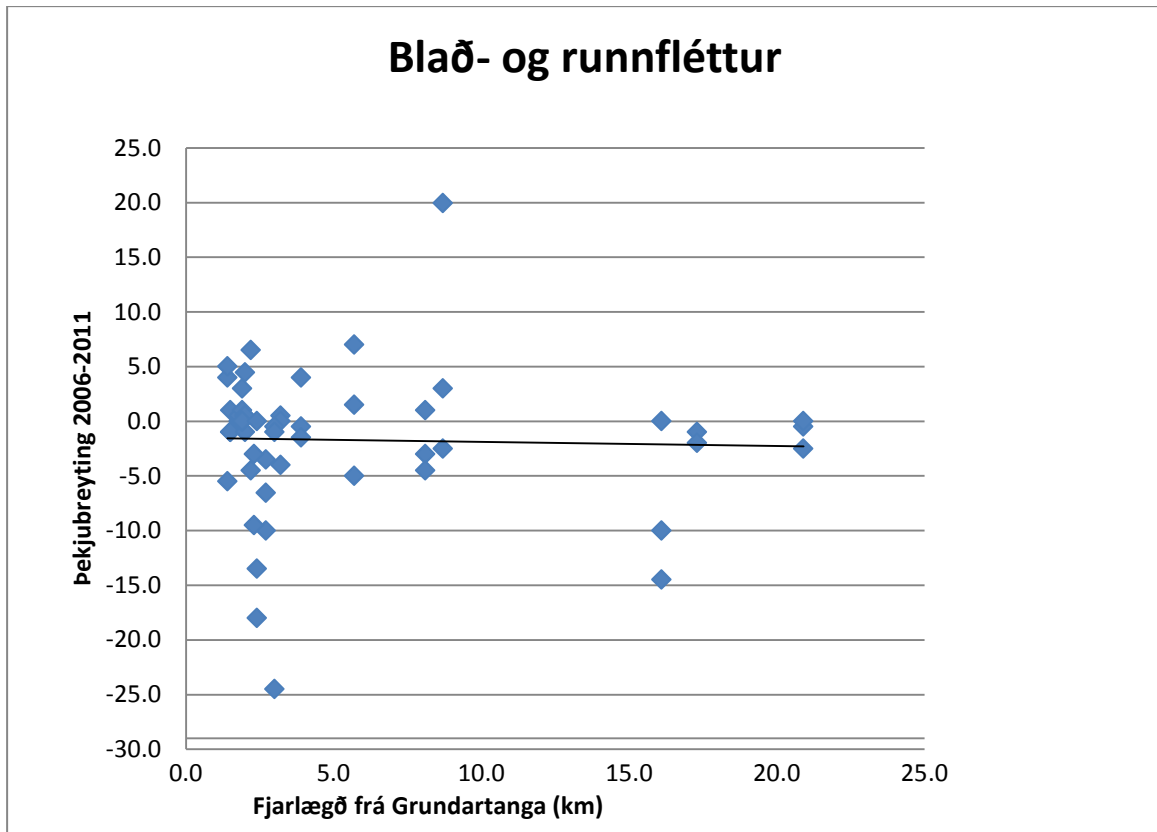
3 NIÐURSTÖÐUR

Grunngögn úr fyrra gróðurmati voru birt í skýrslu árið 1999 (Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999) og gróðurmat þeirra tíu reita sem lagðir voru út 1999 í skýrslu árið 2000 (Hörður Kristinsson 2000). Framvinduskýrsla þar sem ljósmyndir sem teknar voru 2003 voru bornar saman við eldri myndir kom út 2004 (Hörður Kristinsson 2004) og 2007 var gerð grein fyrir breytingum á þekju einstakra tegundahópa milli árana 1997 og 2006 (Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson 2007). Í skýrslu Harðar og Kristbjarnar (1999) voru birtar ljósmyndir af nokkrum völdum reitum og fjallað sérstaklega um gróðurbreytingar í þeim. Ljósmyndir af þeim reitum, sem teknar voru árið 2006, voru birtar í skýrslu Starra og Harðar (2007). Myndir af þessum reitum, teknar haustið 2011, verða til samanburðar birtar í þessari skýrslu.

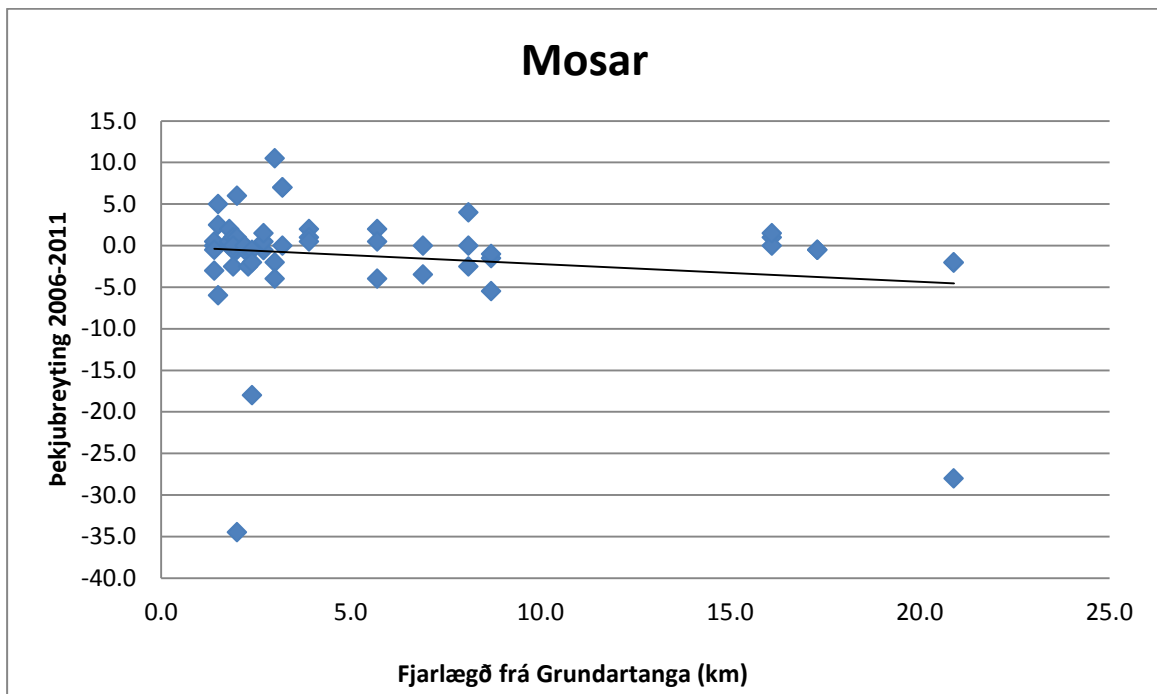
3.1 Almennar gróðurbreytingar

Talið er að áhrif loftmengunar gæti fyrst og fremst hjá mosum og blað- og runnfléttum og því var athugað hvaða breytingar á þekju hafi orðið hjá þessum hópum síðan 2006 (1. og 2. mynd).

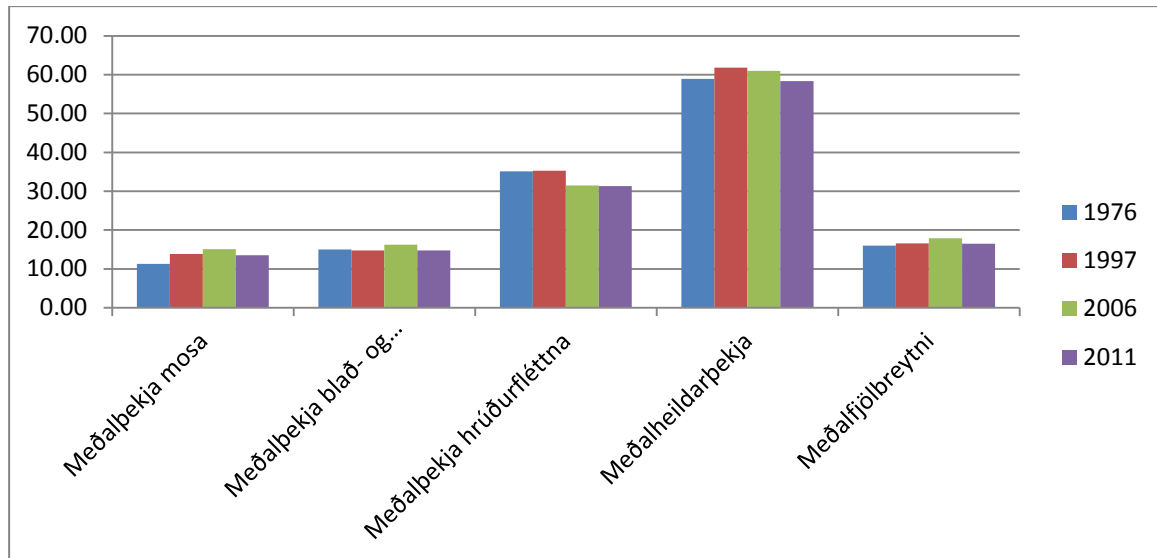
Engin augljós tengsl eru milli fjarlægðar frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga og þekjubreytinga á tímabilinu. Það er meiri breytileiki í þekjubreytingunni næst Grundartanga og þeir reitir þar sem mestar neikvæðar þekjubreytingar urðu eru einnig nærri iðnaðarsvæðinu. Sé aðhvarfslína teiknuð þá virðast neikvæðari þekjubreytingar verða fjær Grundartanga hvað varðar þekju mosa (2. mynd) meðan línan er nokkuð lárétt hvað varðar þekju blað- og runnfléttna (1. mynd).



1. mynd. Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga (X-ás) og þekjubreytinga (Y-ás) blað- og runnfléttna 2006–2011.



2. mynd. Tengsl fjarlægðar frá Grundartanga (X-ás) og þekjubreytinga (Y-ás) mosa 2006–2011.

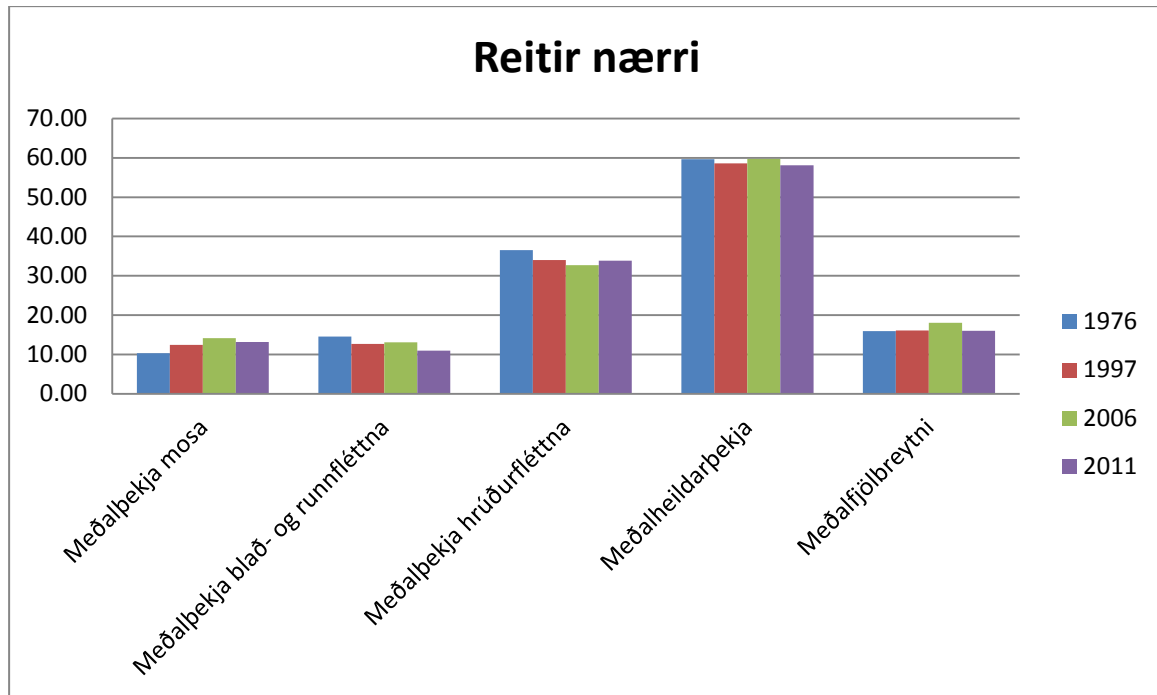


3. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum sem metnir voru 2011.

Að meðaltali hefur sáralítill breyting orðið á þekju einstakra hópa, líkt og sést á 3. mynd er sýnir meðaltal þekjubreytinga auk tegundafjölda í öllum reitum, þó hefur meðalþekja mosa minnkað frá síðasta gróðurmati árið 2006, var 15,1% 2006 en 13,6% árið 2011. Meðalþekja mosa er þó meiri en hún var 1976 þegar hún var 11,3%. Þekja blað- og runnfléttna er 14,75% og minnkar frá 2006 en þá var hún 16,2% sem var aukning frá 1997 þegar þekja blað- og runnfléttna var 14,78% en þekja þeirra var 14,9% 1976. Meðalþekja hrúðurfléttna breytist lítið en þeim hafði hnignað nokkuð 2006 þegar Litlar breytingar verða á meðalþekju hrúðurfléttna en þeim hafði hnignað örlítið frá 1997 til 2006 þegar þekja þeirra fór úr 35,2% 1997 í 31,2% 2006. Meðalfjölbreytni minnkar aðeins, úr 17,91 tegunda að meðaltali í reit árið 2006 niður í 16,47 tegundir að meðaltali í reit árið 2011.

3.2 Gróðurbreytingar næst Grundartanga

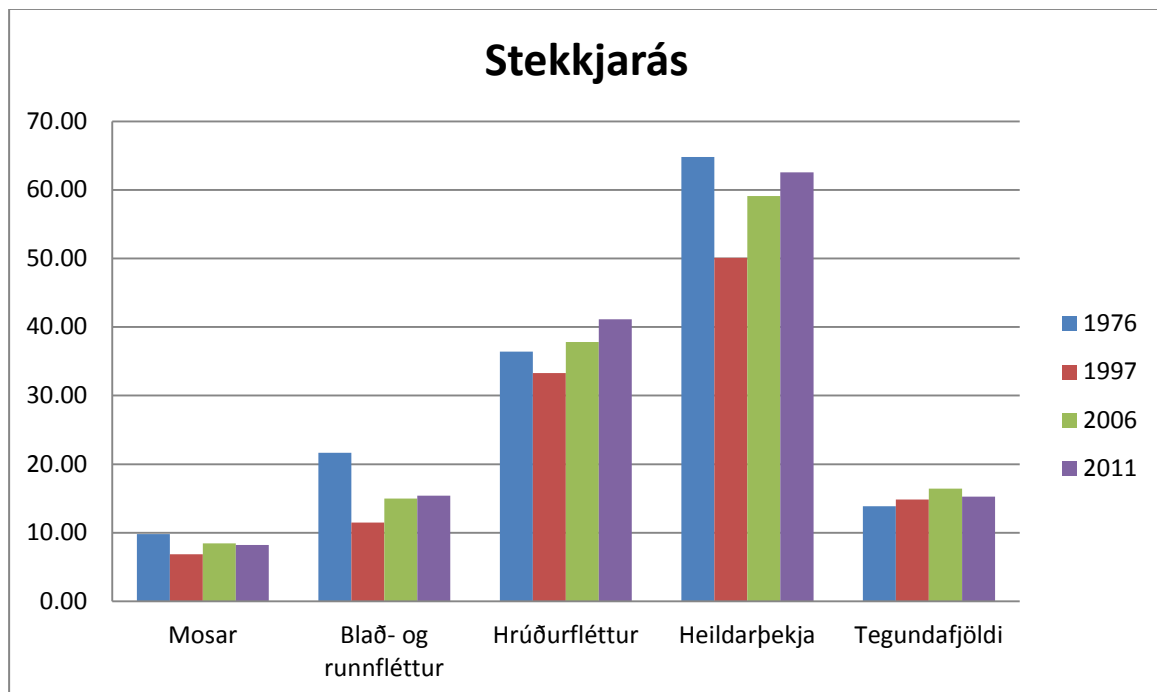
Alls voru átta vöktuð svæði nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km. Reitir sem settir voru út á Skollholti voru næstir Grundartangasvæðinu og voru reyndar svo nærri að einn þeirra reita hvarf við stækkunarframkvæmdir á álveri Norðuráls seint á síðustu öld. Hinir tveir reitirnir á Skollholti, reitir 5 og 6 voru ekki skoðaðir 2006 Líkt og sést á 1. mynd þá er ekki hægt að sjá einhlítar gróðurbreytingar næst iðnaðarsvæðinu. Að meðaltali hefur þekja mosa aukist og þekja blað- og runnfléttna minnkað í reitum sem næst eru iðnaðarsvæðinu (3. mynd).



4. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í öllum föstum reitum, nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, sem metnir voru 2011.

3.2.1. Stekkjarás

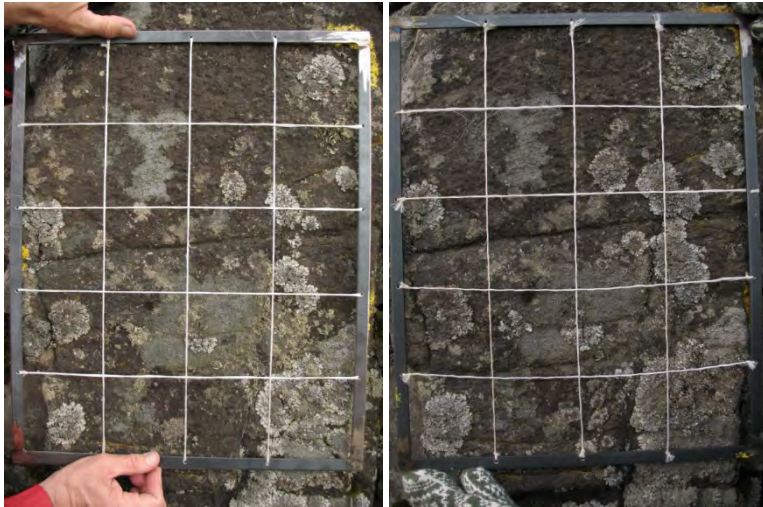
Stekkjars er um einn kílómetra frá iðnaðarsvæðinu í VSV. Þar eru sjö reitir, nr. 1–4 og 33–35 og eru niðurstöður þekjumatsins dregnar saman á 4. mynd.



5. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 1–4 og 33–35.

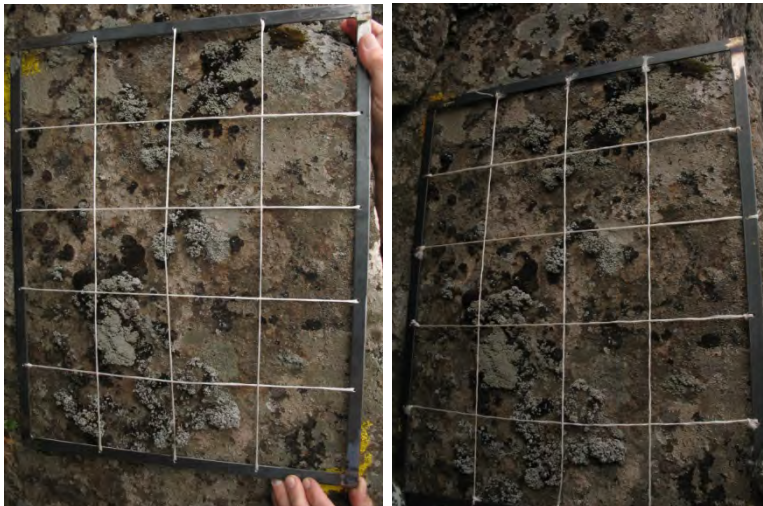
Þekja allra tegundahópa hafði minnkað 1997 sem að mestu má kenna um mikilli hnignun blað- og runnfléttna í reit nr. 33 á því tímabili en þekja þeirra var 60% árið 1976 en

einungis 11% árið 1999. Myndir eru birtar af reit nr. 33 í skýrslu Harðar og Kristbjarnar (1999) og þar sést glögglega hvernig klettastrýið og snepaskófin hverfa nær alveg milli 1992 og 1997. Blað- og runnfléttur juku þekju sína umtalsvert árið 2006 og höfðu þá 19% þekju í reit nr. 33 en þekja blað- og runnfléttna í reitnum var 24% árið 2011.



6. mynd. Stekkjarás, reitur 33, 2006 (til vinstri) og 2011 (til hægri). Ljós. Starri Heiðmarsson. 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) og Hörður Kristinsson 2004; 12. mynd (2003).

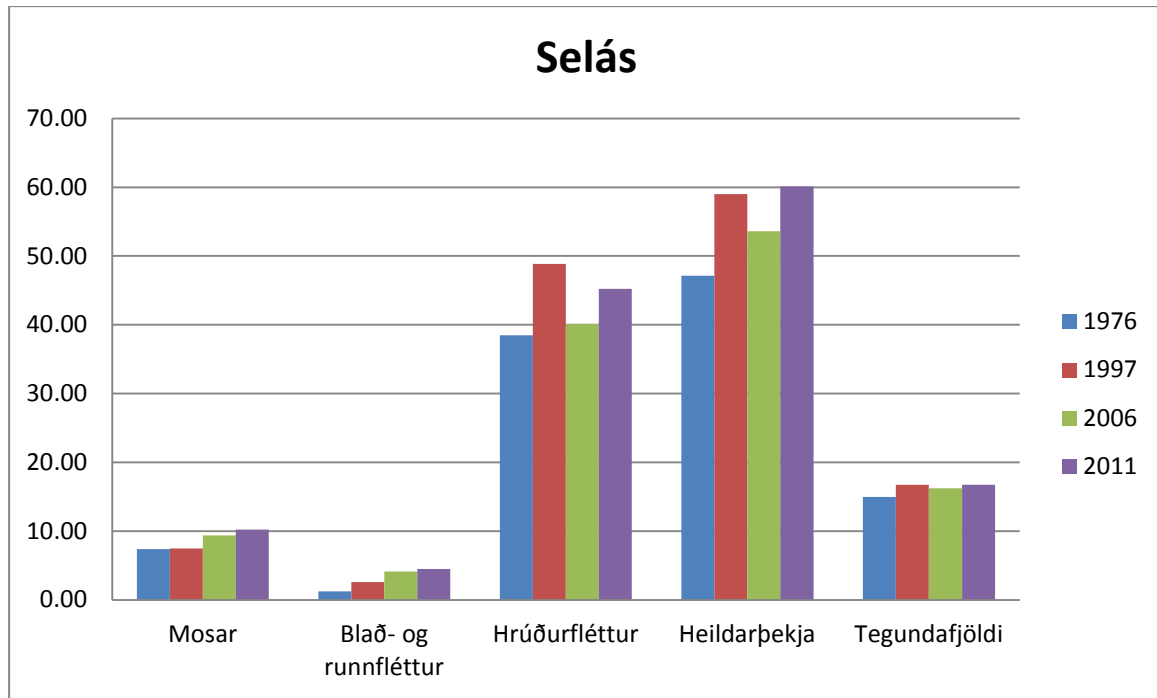
Í reit 34 óx heildarþekjan 2006 og mældist þá 63,5% en var 42,5% 1997 og 60% 1976 og 2011 óx heildarþekjan enn og mældist 71%. Á 6. mynd má sjá reitinn árin 2006 og 2011.



7. mynd. Stekkjarás, reitur 34, 2006 (til vinstri) og 2011 (til hægri). Ljós. Starri Heiðmarsson. 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) og Hörður Kristinsson 2004; 14. mynd (2003).

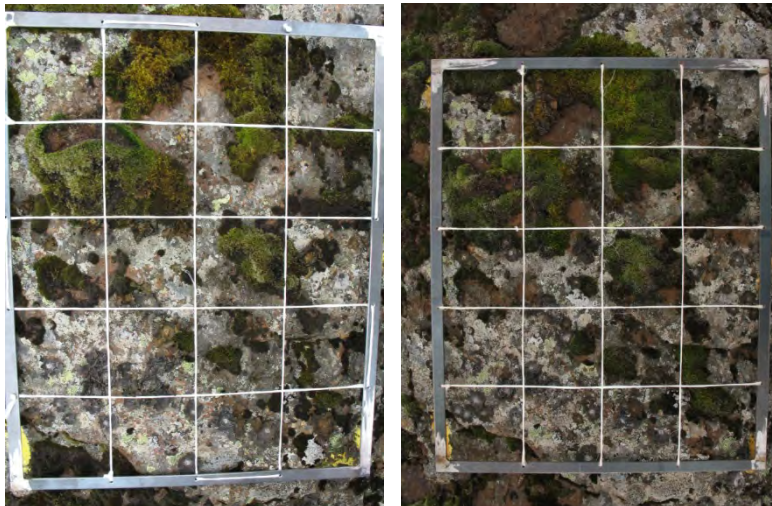
3.2.2 Selás

Fjórir reitir, 8–11, eru staðsettir á Selási, tæplega 2 km frá Grundartanga. Niðurstöður þekjumats Selásreitanna eru dregnar saman á 7. mynd.



8. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 8–11.

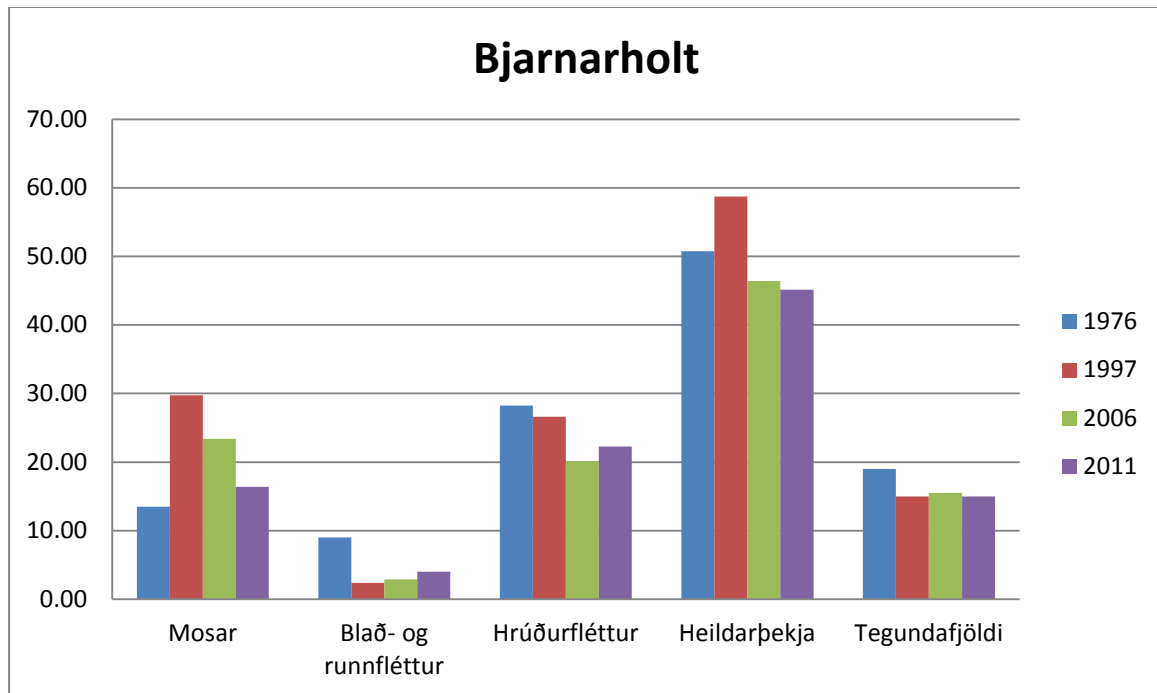
Þekja bæði mosa og blað- og runnfléttna hefur aukist jafnt og þétt síðan 1976. Sé reitur 8 skoðaður sérstaklega þá hafa tvær tegundir mesta þekju þar, geitanafli (*Umblicaria proboscidea*) hefur 12 % þekju en 1976 hafði tegundin einungis 1% þekju og silfurgambri (*Racomitrium heterostichum*) sem hefur 13% þekju. Í reit 8 lækkar heildarþekjan aðeins en það orsakast af minnkandi þekju hrúðurfléttna meðan blað- og runnfléttur og mosar auka þekju sína. Á 9. mynd má sjá reit nr. 8 sumarið 2006 og haustið 2011.



9. mynd. Selás við Hólmavatn, reitur 8, 2006 (til vinstri) og 2011 (til hægri). Ljósmynd. Starri Heiðmarsson. 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) og 27. mynd (1997).

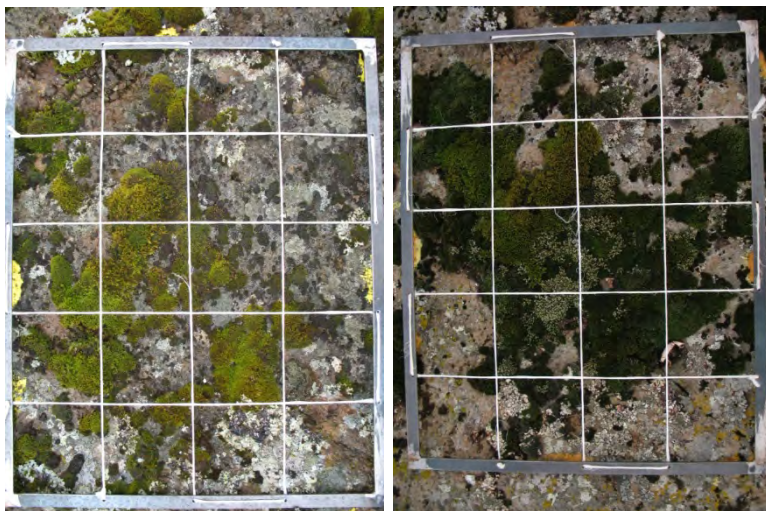
3.2.3 Bjarnarholt

Fjórir reitir, nr. 12–15, eru staðsettir á Bjarnarholti. Samandregnar niðurstöður úr þekju-mælingum reitanna eru á 10. mynd.



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

Heildarþekja hefur farið minnkandi síðan 1997 og var þar helst um að kenna minnkandi þekju mosa. Þekja allra hópa minnkaði umtalsvert í reit 12 á tímabilinu 1976–1997. Síðan 1997 hefur heildarþekjan aukist nokkuð sem skýrist af aukinni þekju mosa. Staðan árin 2006 og 2011 er sýnd á 11. mynd.

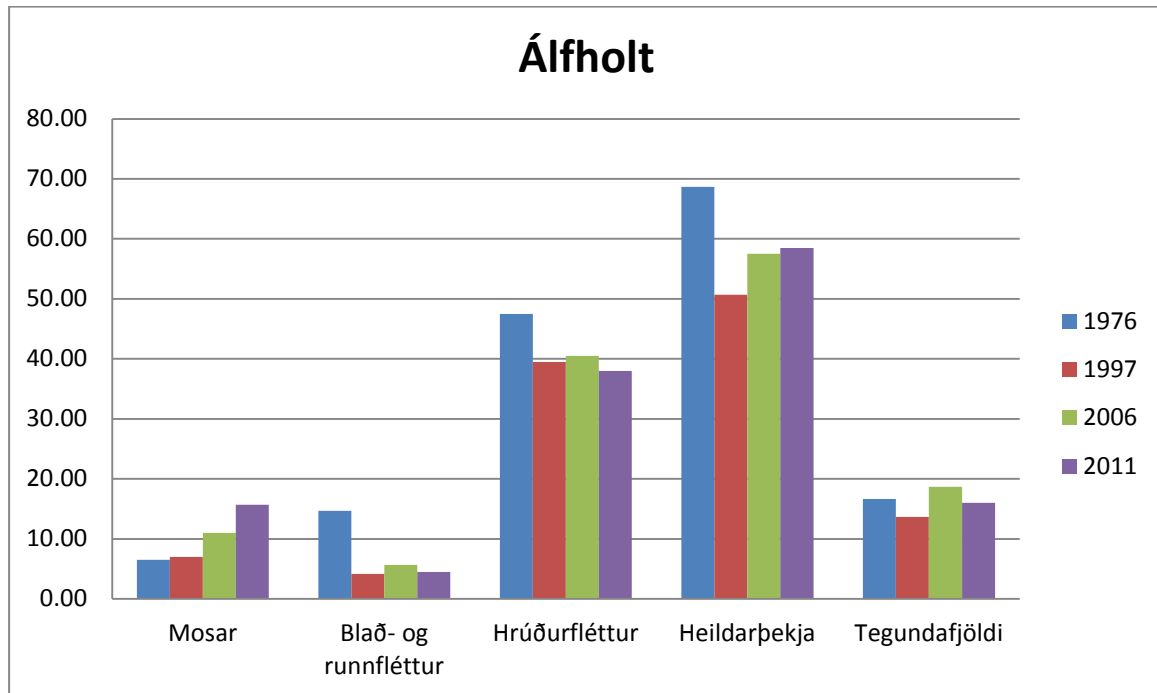


11. mynd. Bjarnarholt við Eiðisvatn, reitur 12, 2006 (til vinstri) og 2011 (til hægri). Ljós. Starri Heiðmarsson. Samsvarandi myndir af reitnum frá fyrri árum má finna í Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999; 28. mynd (1977), 29. mynd (1982), 30. mynd (1992) og 31. mynd (1997).

3.2.4 Álfholt

Þrjú reitir, 30–32, eru staðsettir við Álfholt, rúma 3 km frá Grundartanga, suðvestan Eiðisvatns og snýr einn þeirra, 31, að Grundartanga meðan hinir tveir snúa frá

verksmiðjusvæðinu. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 12. mynd.

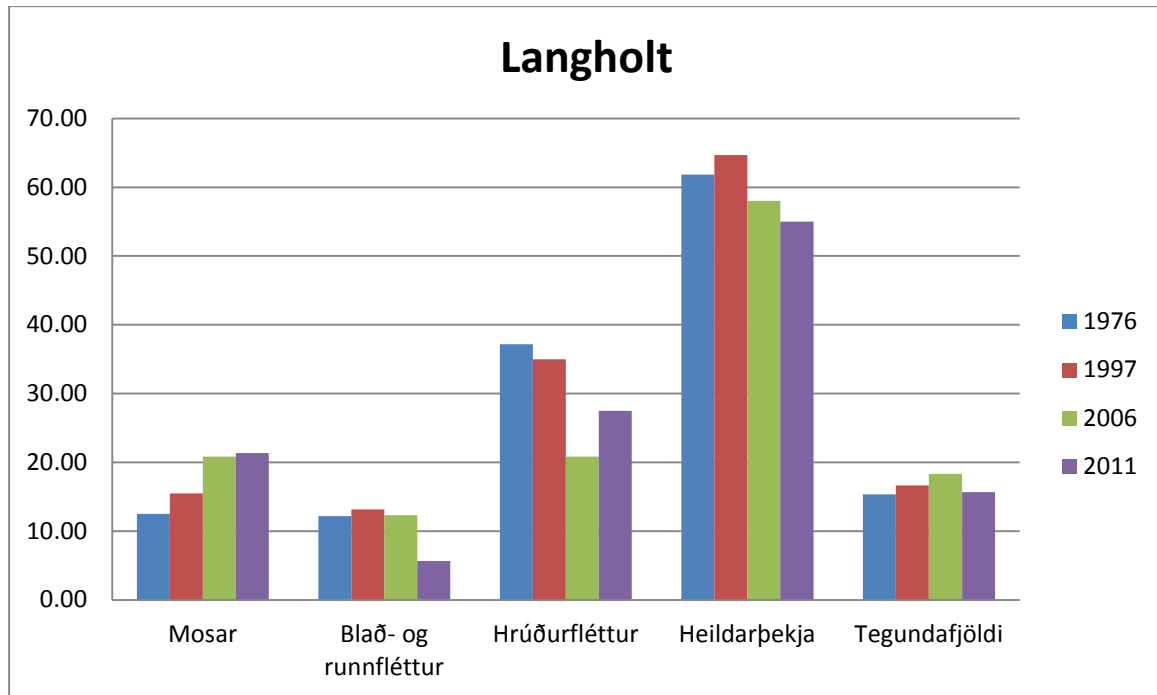


12. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 30–32.

Á tímabilinu 1976–1997 minnkaði heildarþekja allnokkuð sem skýrist að mestu leyti af því að snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) í reit 32 féll af klettinum og hrapaði þekja hennar úr 35% niður í 2% (Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 2000). Þessi hnignun blað- og runnfléttna í reitnum heldur áfram og hvorugt árið 2006 né 2011 var slíka fléttu að sjá í reit 32.

3.2.5 Langholt

Þrír reitir, 27–29, eru staðsettir við Langholt tæplega 3 km suðvestur af Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 13. mynd.

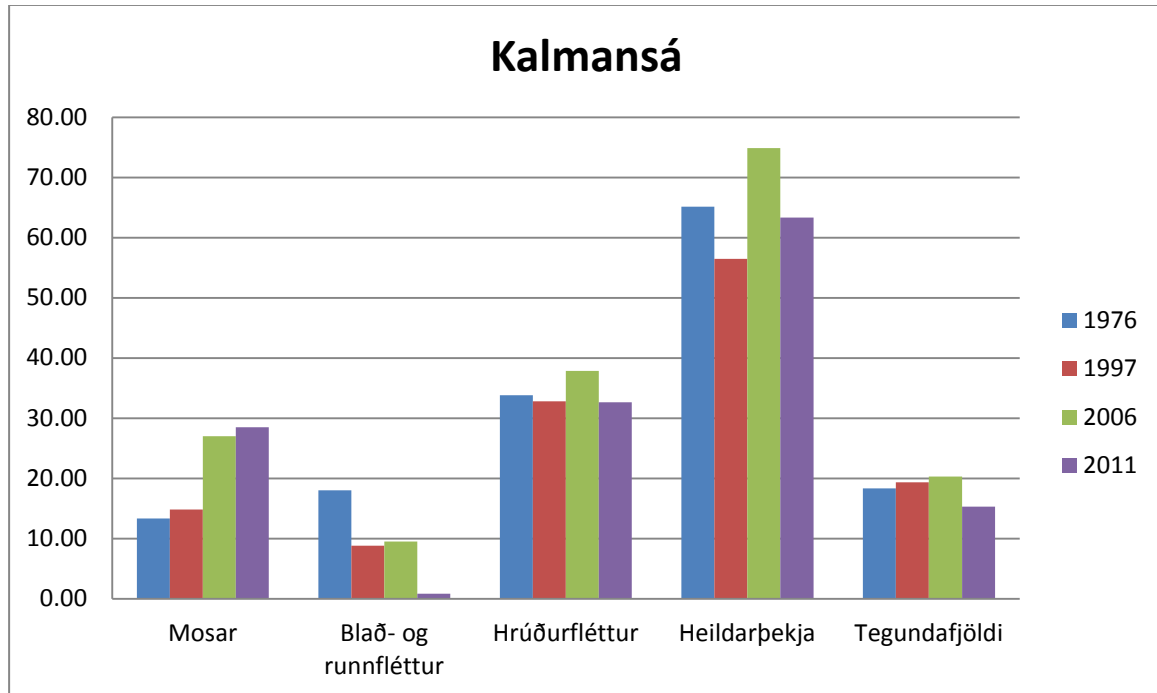


13. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 27–29.

Heildarþekjan minnkar nokkuð og er þar helst um að kenna minni þekju blað- og runnfléttna en hún minnkar í öllum þremur reitunum. Þekja mosa breytist hins vegar lítið og þekja hróðurfléttna eykst nokkuð.

3.2.6 Kalmansá

Í um 3 km fjarlægð frá Grundartanga í norðaustur eru þrír reitir, 36–38, við Kalmansá. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 14. mynd.

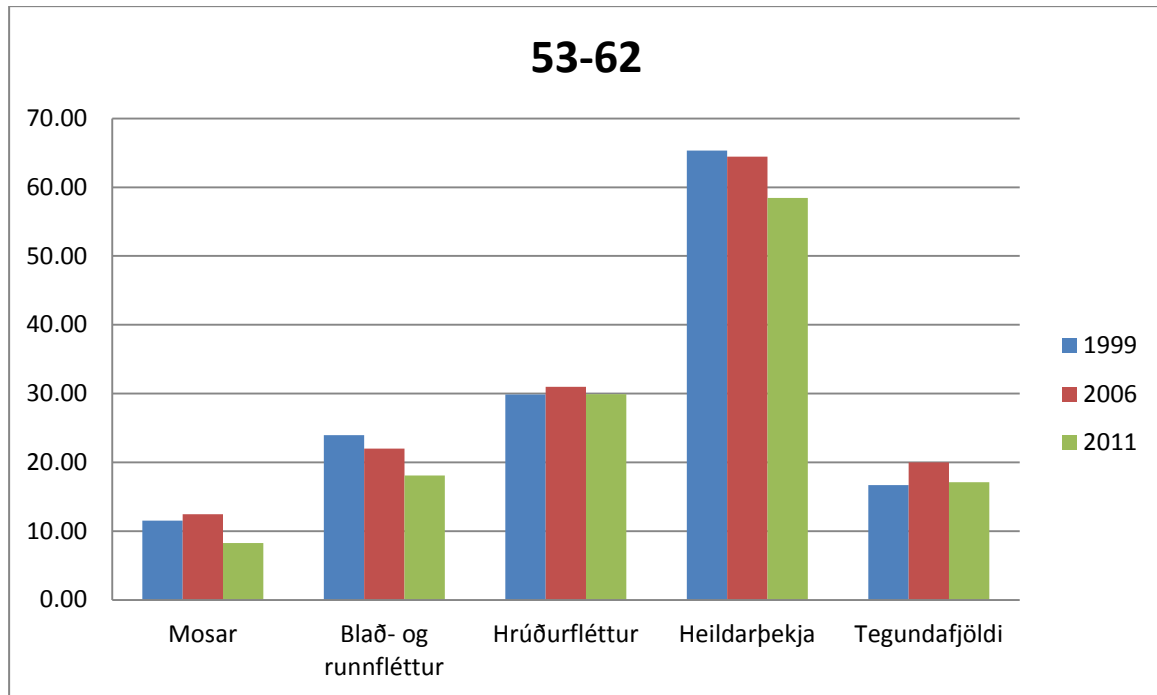


14. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 36–38.

Þekja blað- og runnfléttna minnkaði umtalsvert 1976–1997 en hafði vaxið örlítið frá 1997 til 2006. Veldur þar mestu reitur 37 en 1976 hafði snepaskóf 50% þekju en einungis 25% árin 1997 og 2006. Þekja mosa eykst hins vegar á rannsóknartímanum en mosar eru óvenju fjölbreyttir í þessum reitum, 5–7 tegundir fundust í hverjum reit árið 2006. Það eru hlíðaskeggi (*Grimmia montana*), holtasóti og hraungambri (*Racomitrium lanuginosum*) sem hafa aukist mest einstakra tegunda.

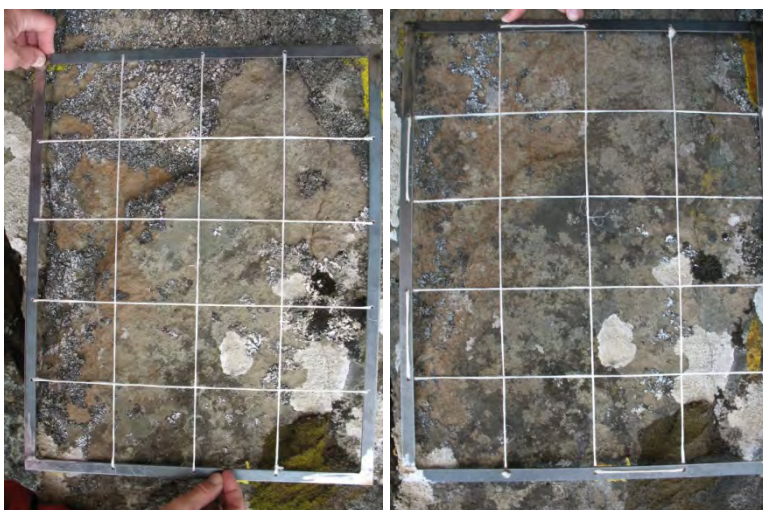
3.2.7 Akrafjall

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. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna tíu eru sýndar á 15. mynd.

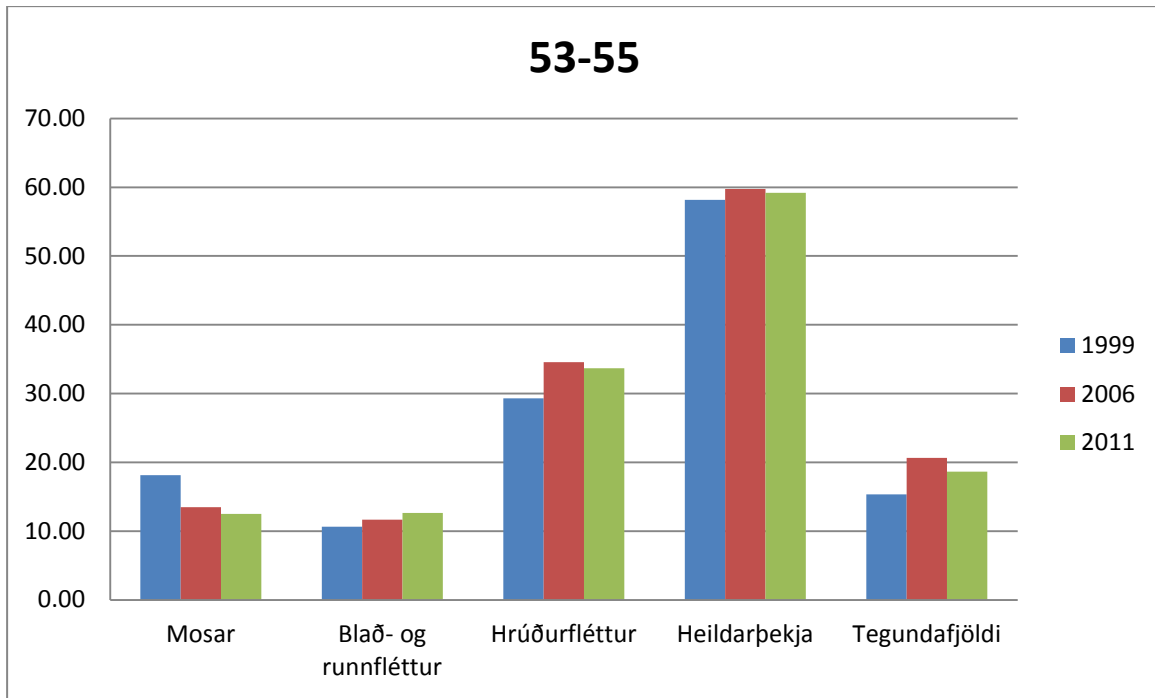


15. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 53–62.

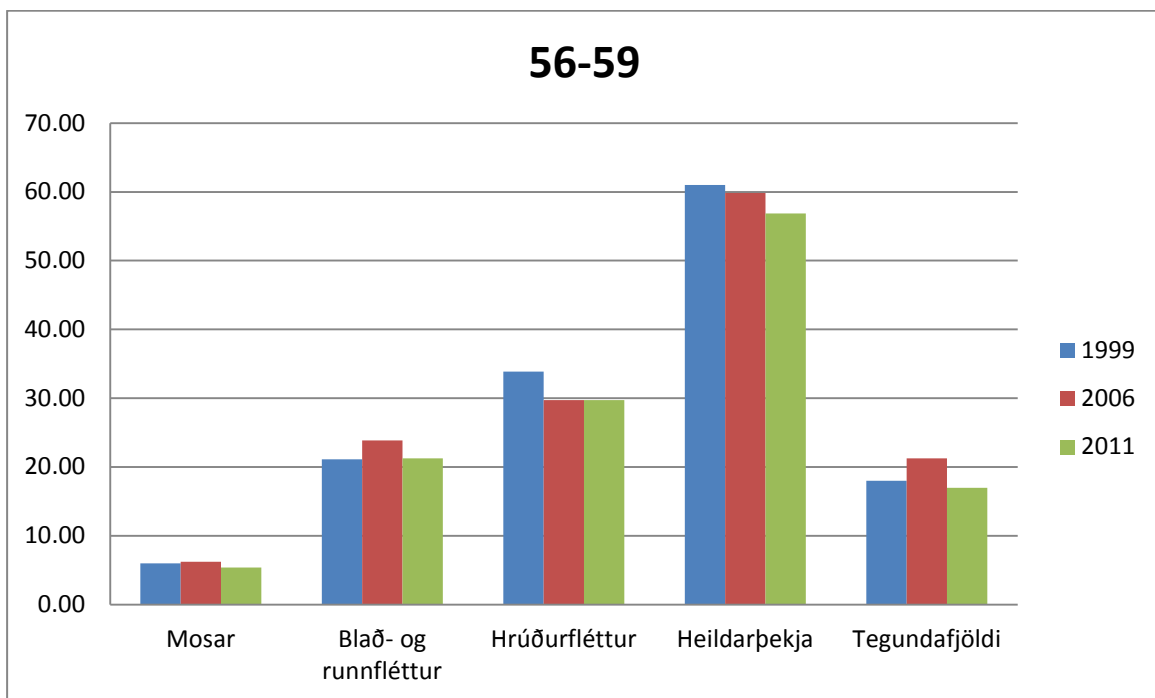
Athygli veður að þekja blað- og runnfléttna hefur stöðugt dregist saman síðan árið 1999. Þar hefur mest áhrif minni þekja snepaskófar (*Parmelia saxatilis*) í reit 60 en þekja þeirrar tegundar minnkar úr 70% 1997 í 25% árið 2006 og er einungis 6% árið 2011 (mynd 16). Þetta er sömuleiðis vel greinanlegt þegar bornar eru saman myndir 16, 17 og 18 þar sem þekja blað- og runnfléttna eykst lítillega í reitum 53-55 að meðaltali, minnkar lítillega í reitum 56-59 en minnkar verulega í reitum 60-62. Þekja mosa hefur einnig minnkað en hún jókst þó milli árána 1997 og 2006. Þar sem þeir eru settir út á þrjár stöðvar, í mismikilli fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu, voru einnig teknar saman niðurstöður fyrir hverja stöð. Myndir 17–19 sýna þær niðurstöður.



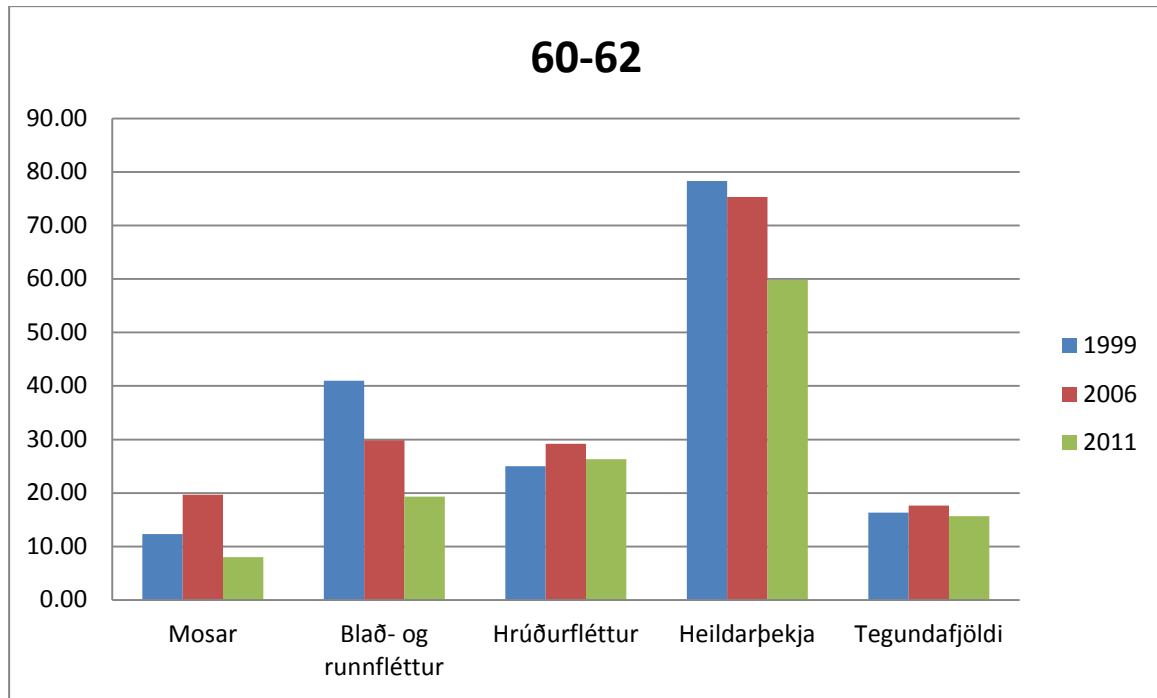
16. mynd. Akrafjall, reitur 60, 2006 (til vinstri) og 2011 (til hægri). Ljós. Starri Heiðmarsson.



17. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 53–55.



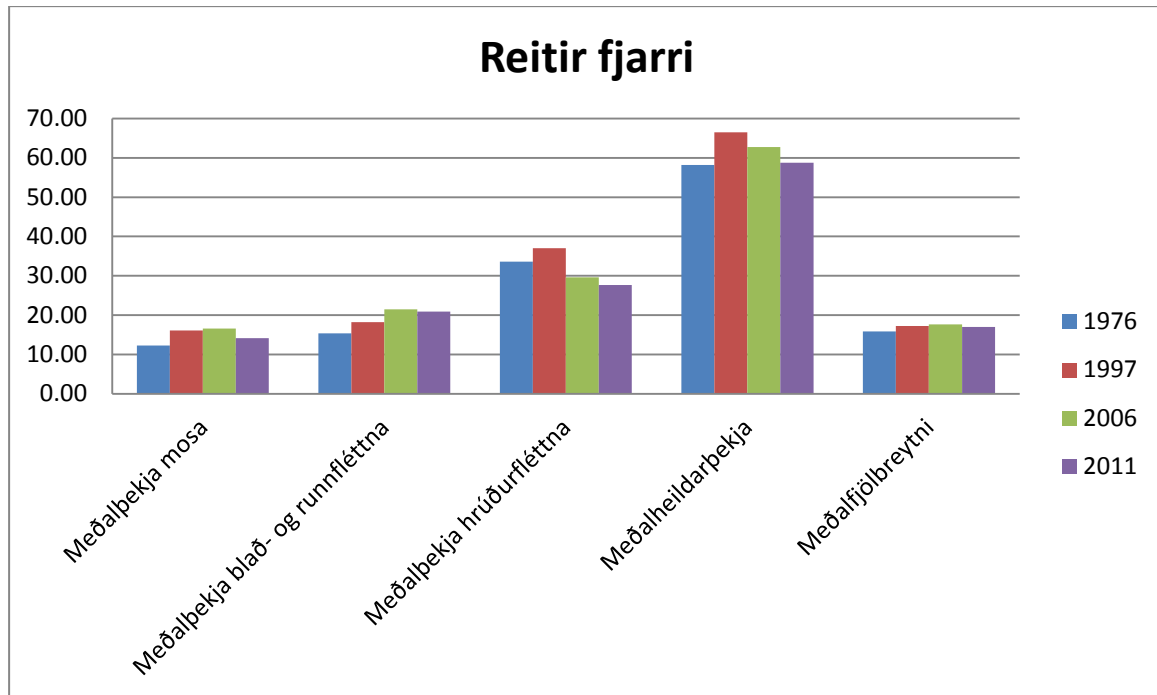
18. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 56–59.



19. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 60–62.

3.3 Gróðurbreytingar fjær Grundartanga

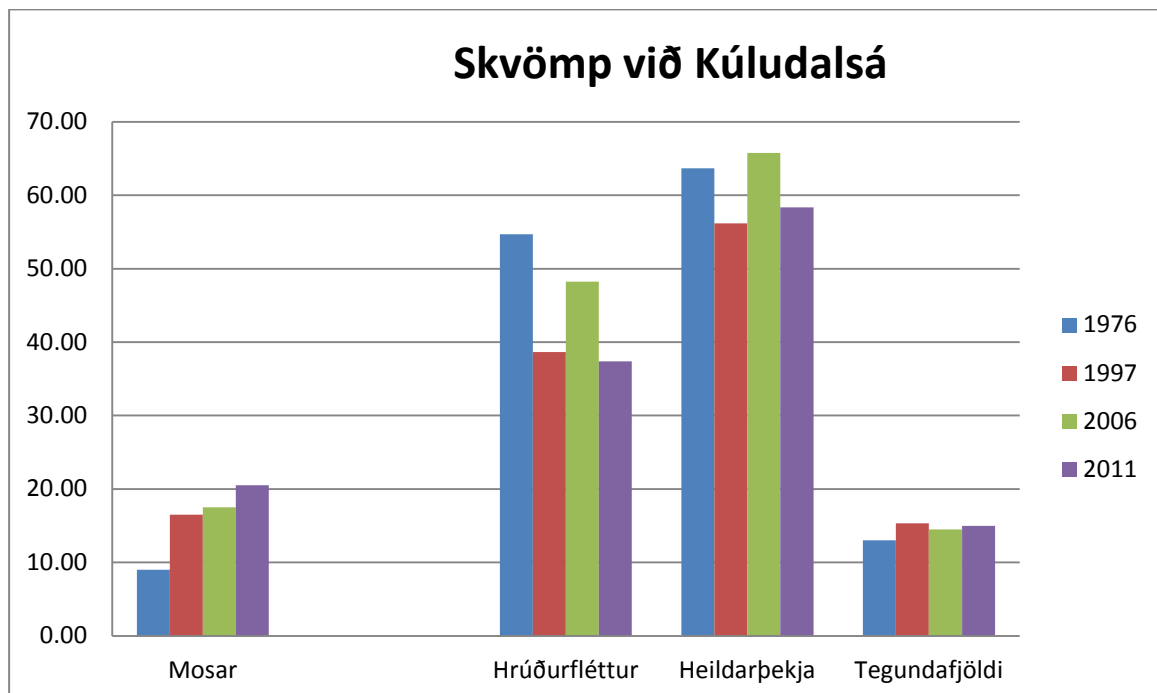
Alls eru átta vöktuð svæði fjær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km; það næsta er ofan Hvalfjarðar-eyrar, sem er í um 4 km fjarlægð, meðan Hvalfjarðarbotn er lengst burtu í um 20 km fjarlægð. Líkt og sést á 1. og 2. mynd þá virðist þekjubreyting mosa og blað- og runnfléttna vera lítillega neikvæð á tímabilinu. Að meðaltali hefur þekja mosa og blað- og runnfléttna aukist, sérstaklega blað- og runnfléttna en þekja þeirra var 21,3% að meðaltali í reitunum 2006 og hafði vaxið úr 18,1% 1997 (20. mynd). Þekjuaukning mosa var sáralítill, 16,5% 2006 í stað 16,1% 1997.



20. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í öllum föstum reitum, fjær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km, sem metnir voru 2006.

3.3.1 Skvömp við Kúludalsá

Í um 7 km fjarlægð frá Grundartanga voru settir þrír reitir, 24–26, en reitur 24 fannst ekki 2006 þar sem gróðurþekja háplantna og jarðvegur höfðu fært klöppina sem hann var á í kaf. Sá reitur fannst hins vegar aftur 2011 og voru þá merkingar endurnýjaðar þannig að hann ætti að vera auðfundinn næst. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 21. mynd.

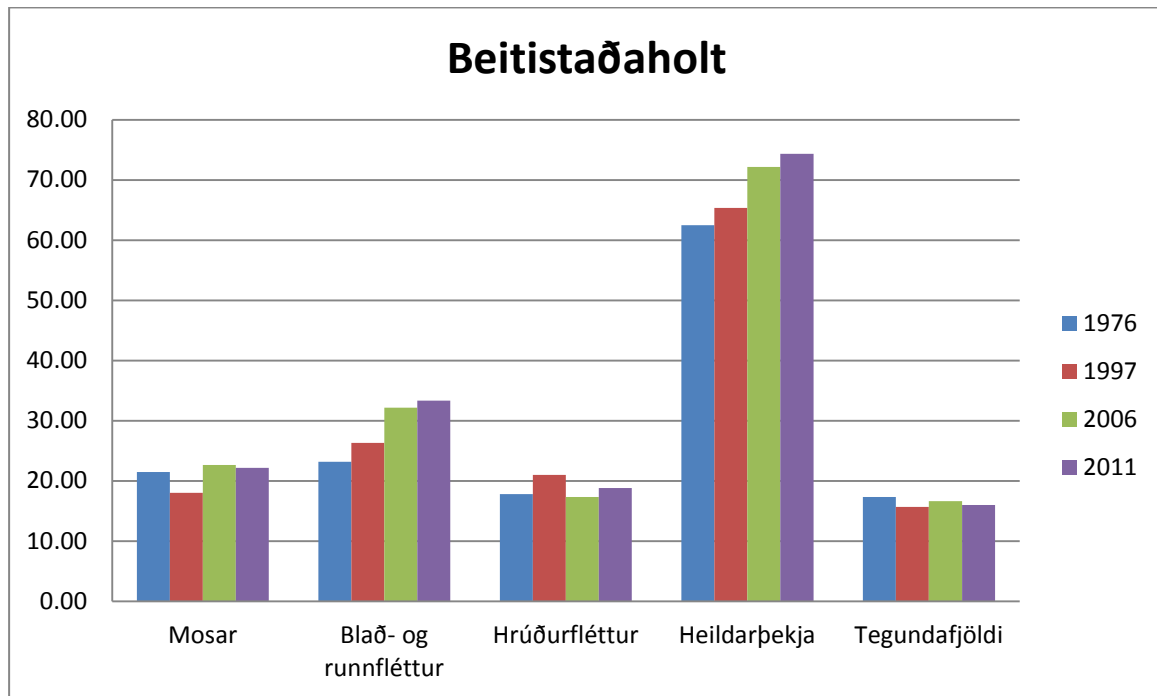


21. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 25 og 26.

Heildarþekjan eykst sem að mestu veldur aukin þekja mosa. Engar blað- og runnfléttur hafa vaxið í reitunum á rannsóknartímanum nema hvað 2011 fannst örlítið eintak af glitskóf (*Peltigera polydactylon*) í reit 26.

3.3.2 Beitistaðaholt

Á Beitistaðaholti eru þrír reitir, 39–41, í tæplega 6 km fjarlægð norðvestur frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 22. mynd.

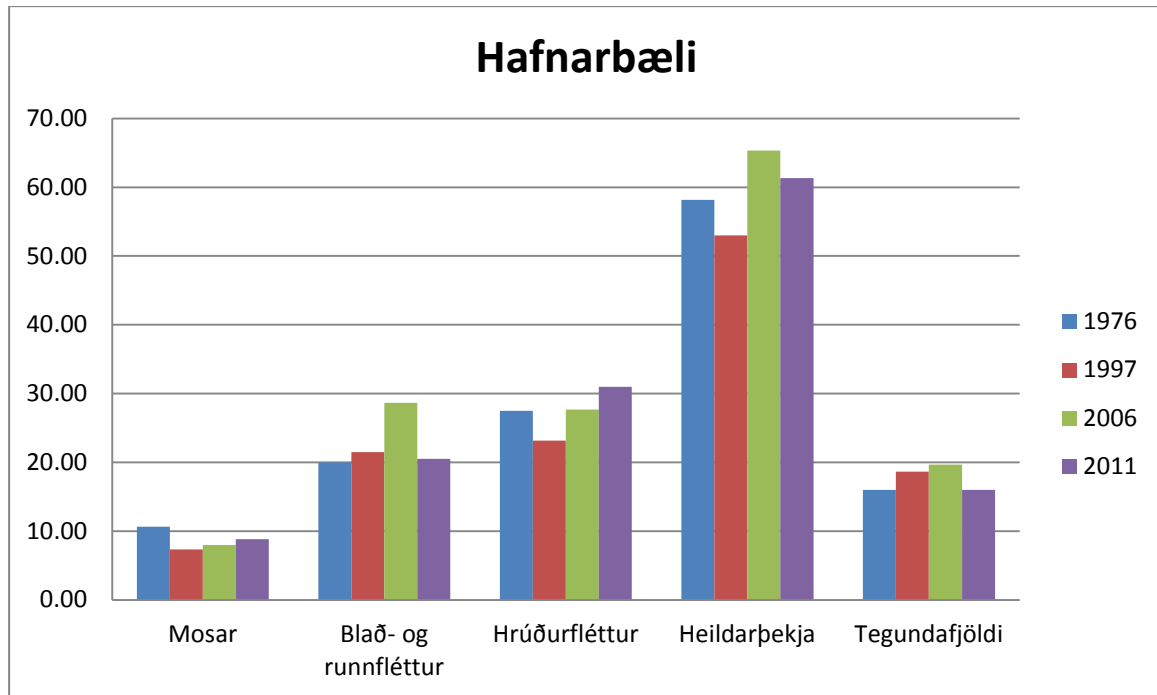


22. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 39–41.

Heildarþekjan jókst um tæplega 10% á tímabilinu frá 1976 til 2006 og helgaðist það að mestu leyti af aukinni þekju blað- og runnfléttna. Þá aukningu mátti alla rekja til aukinnar þekju litunarskófar (*Parmelia omphalodes*) í reit 39 en þekja hennar var 45% 1976, 62% 1997 og loks 80% 2006. Þrátt fyrir að lítillega dragi úr þekju litunarskófar í reitnum, 75% árið 2011, þá eykst þekja blað- og runnfléttna lítillega sem og heildarþekjan.

3.3.3 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 23. mynd.

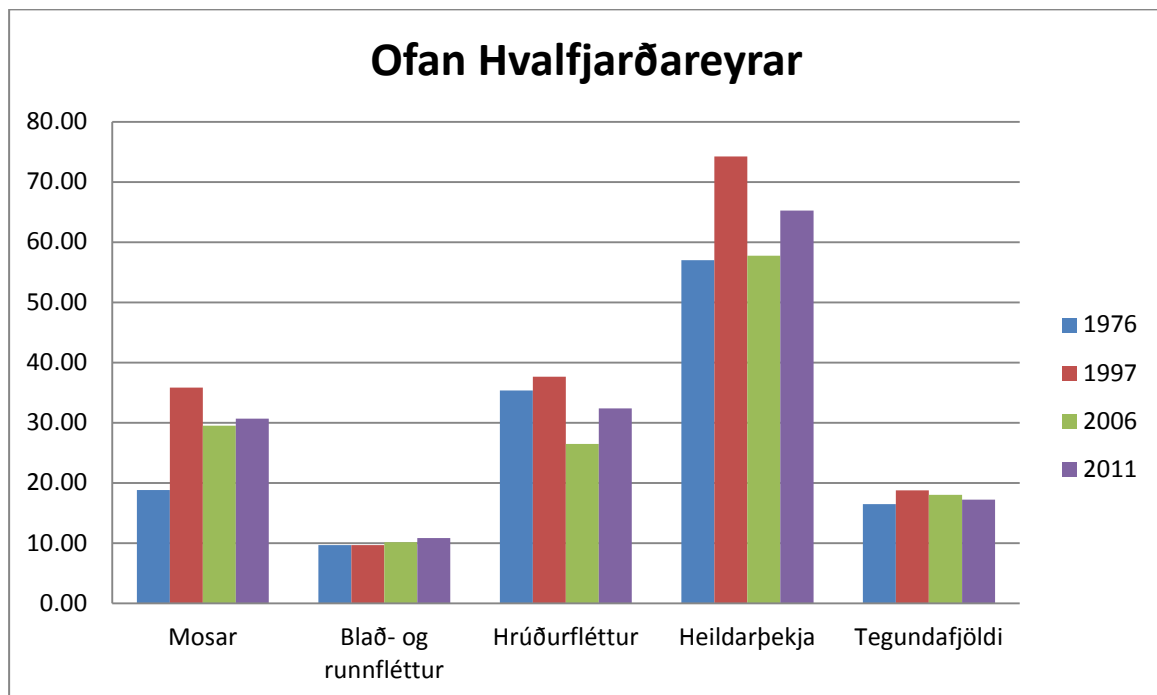


23. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 42–44.

Hér minnkar heildarþekjan sem helst má rekja til minni þekju blað- og runnfléttna.

3.3.4 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 24. mynd.

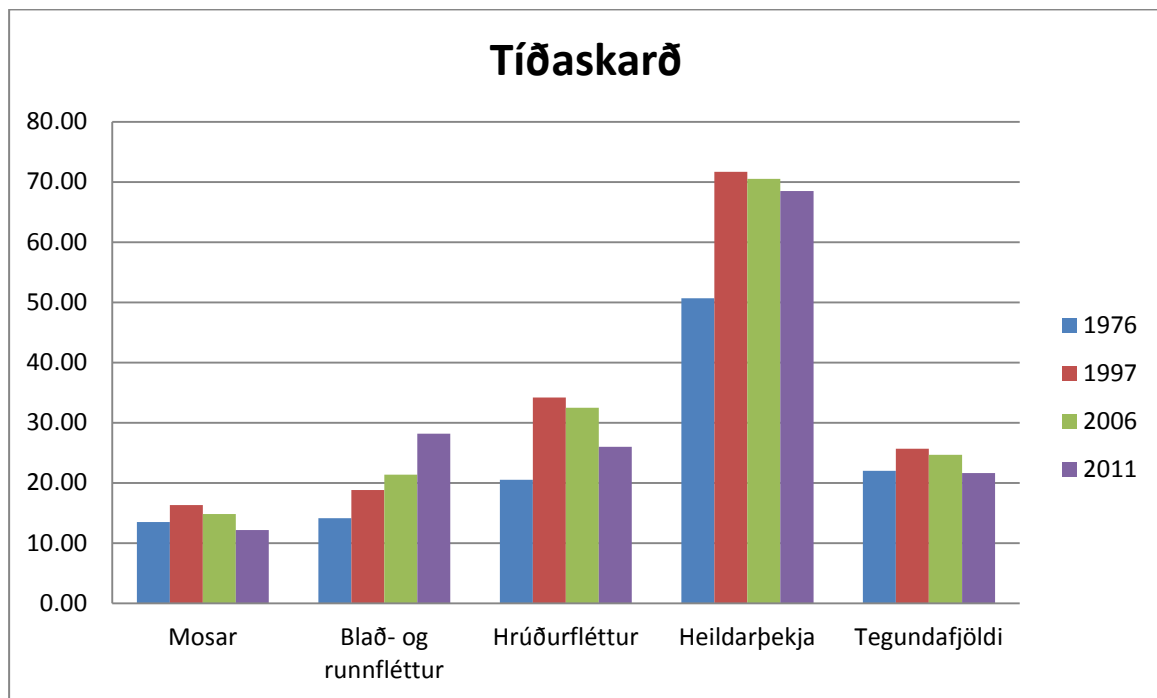


24. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 19, 20, 51 og 52.

Hér jókst þekja mosa mikið milli árunna 1976 og 1997, minnkar árið 2006 og eykst á ný 2011. Heildarþekjan er enn minni en þegar hún var mest árið 1997 og hrúðurfléttum hefur hnignað síðan vöktunin hófst en engar breytingar hafa orðið á þekju blað- og runnfléttna.

3.3.5 Tíðaskarð

Þrír reitir, 16–18, eru staðsettir við Tíðaskarð tæplega 9 km suður frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 25. mynd.

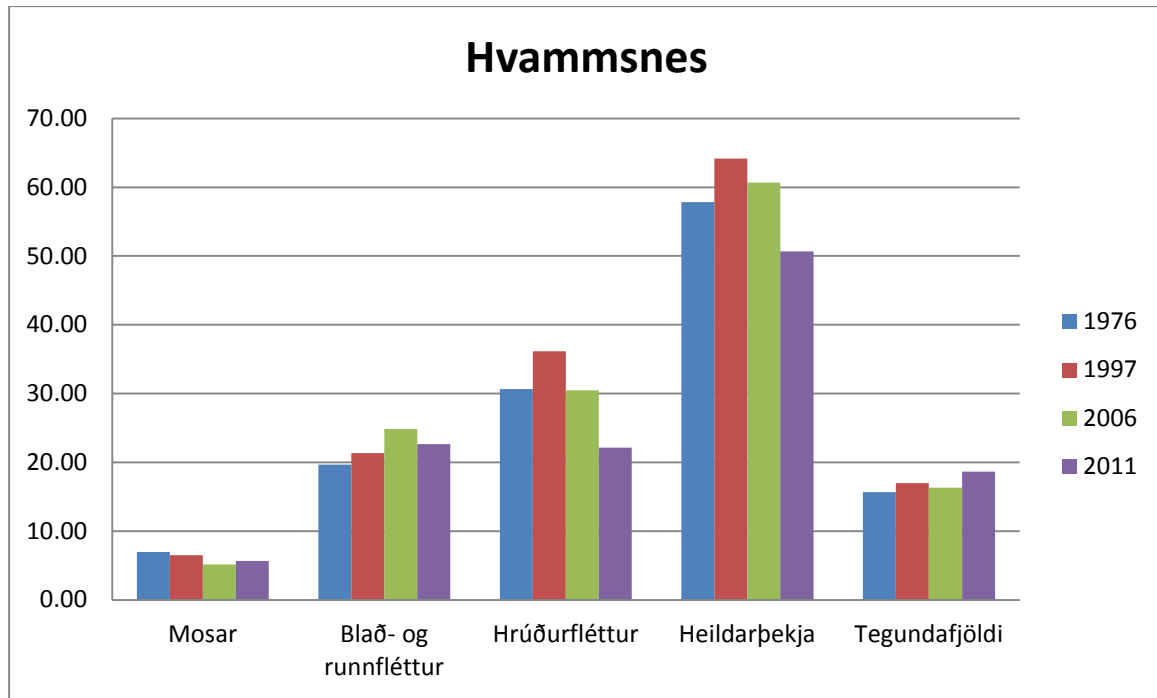


25. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hrúðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðaltegundafjölda í reitum 16–18.

Hér hefur þekja blað- og runnfléttna aukist jafnt og þétt frá því að rannsóknirnar hófust en hinum hópunum tveimur hefur hnignað að sama skapi.

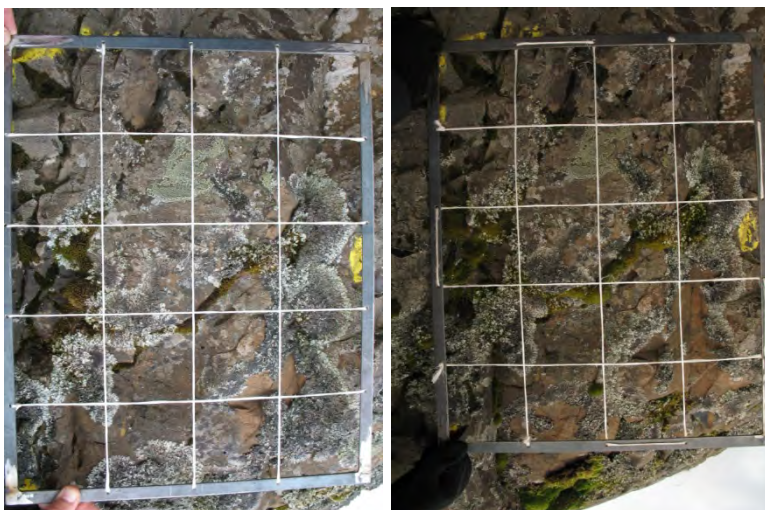
3.3.6 Hvammsnes

Þrír reitir, 48–50, eru í Hvammsnesi. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 26. mynd.



26. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 48–50.

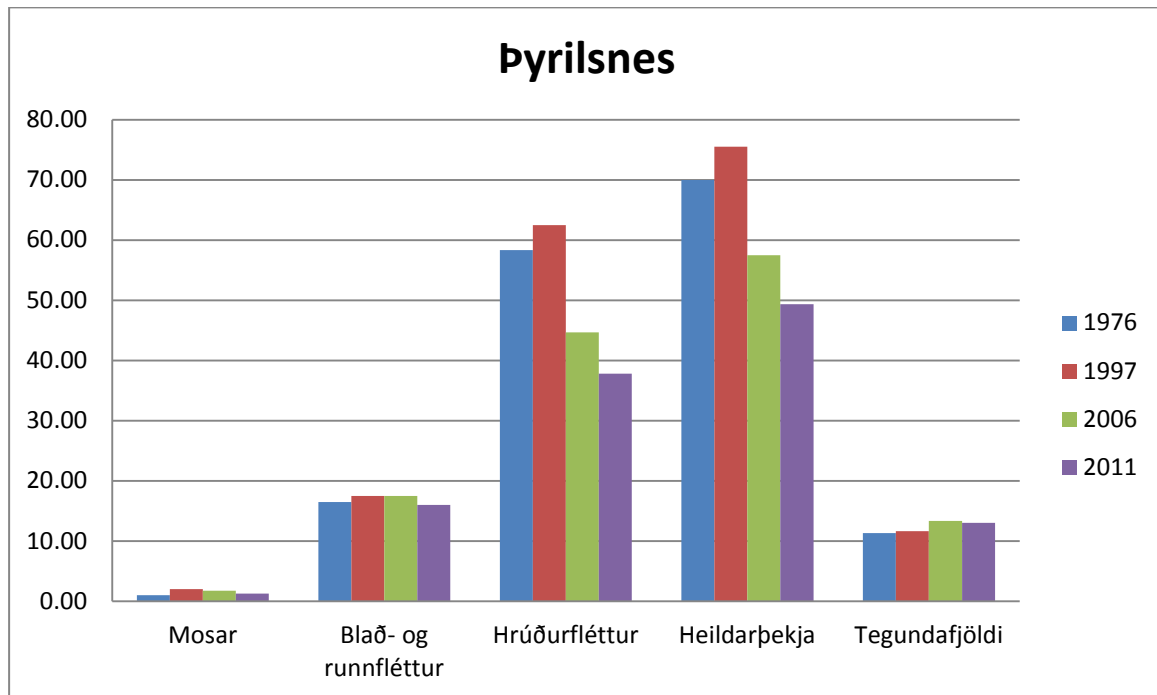
Hér hafa nokkrar breytingar orðið á þekju hróðurfléttna meðan tiltölulega litlar breytingar hafa orðið á þekju hinna hópanna. Reitur 48 sýnir glögg tve hætt stórum blaðfléttum er við raski en líkt og fjallað er um í skýrslu Harðar og Kristbjarnar (1999) og sést á myndum 8–11 í sömu skýrslu þá fellur stór hluti myndarlegrar snepaskófar af klettinum á tímabilinu 1982 og 1992. Vaxtarhraði snepaskófar er samt slíkur að vöxtur fléttunnar meira en heldur í við tapið og því eykst þekja snepaskófar árið 1997 um 6% miðað við árið 1976 (28% þekja árið 1997 og 22% þekja árið 1976). Snepaskófin þakti 30% árið 2006 en árið 2011 hafði örlítið dregið úr þekju tegundarinnar sem mældist 27% (27. mynd).



27. mynd. Utan við Hvammsnes, reitur 48, 2006 til vinstri og 2011 til hægri. Ljósm. Starri Heiðmarsson 31. maí 2006. 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) og 11. mynd (1997) og Hörður Kristinsson 2004; 2. mynd (2003).

3.3.7 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 28. mynd.

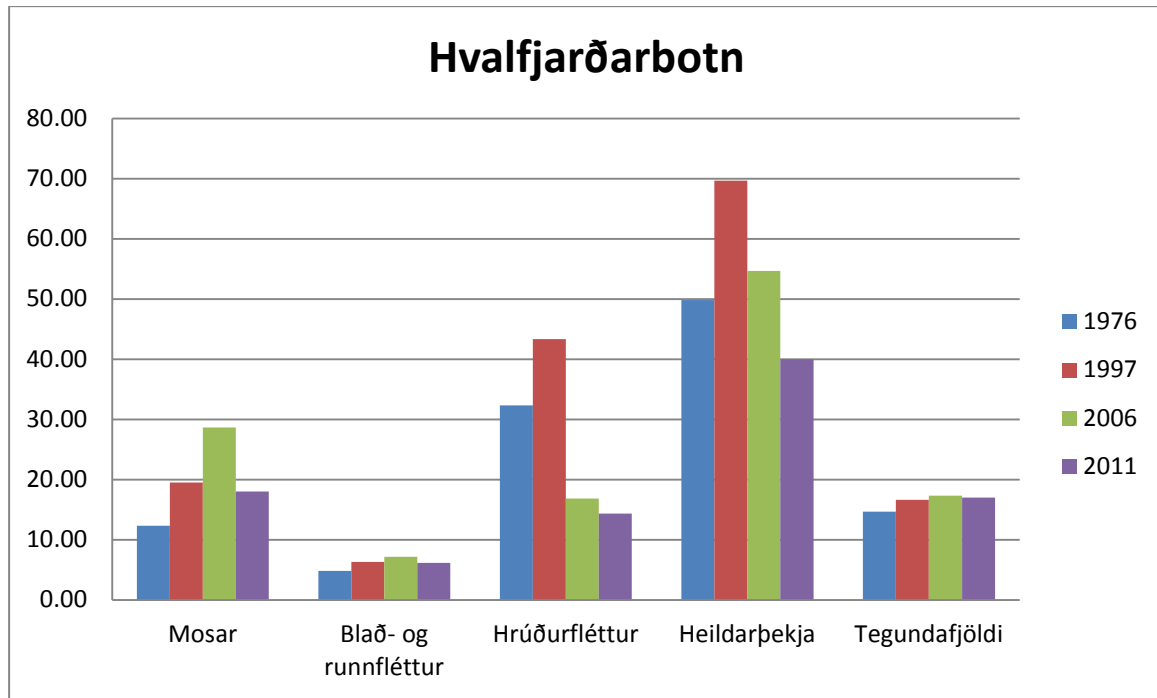


28. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 45–47.

Hér hefur þekja hróðurfléttna minnkað stöðugt síðan 1997 sem að mestu leyti skýrist af minni þekju þeirra í reit 47. Litlar breytingar hafa hins vegar orðið á þekju blað- og runnfléttna sem og mosa sem reyndar hafa afar litla þekju í reitunum.

3.3.8 Hvalfjarðarbotn

Þrír reitir, 21–23, eru staðsettir á flötum klöppum fyrir botni Hvalfjarðar í rúmlega 20 km fjarlægð frá Grundartanga. Samandregnar niðurstöður úr þekjumælingu reitanna eru sýndar á 29. mynd.



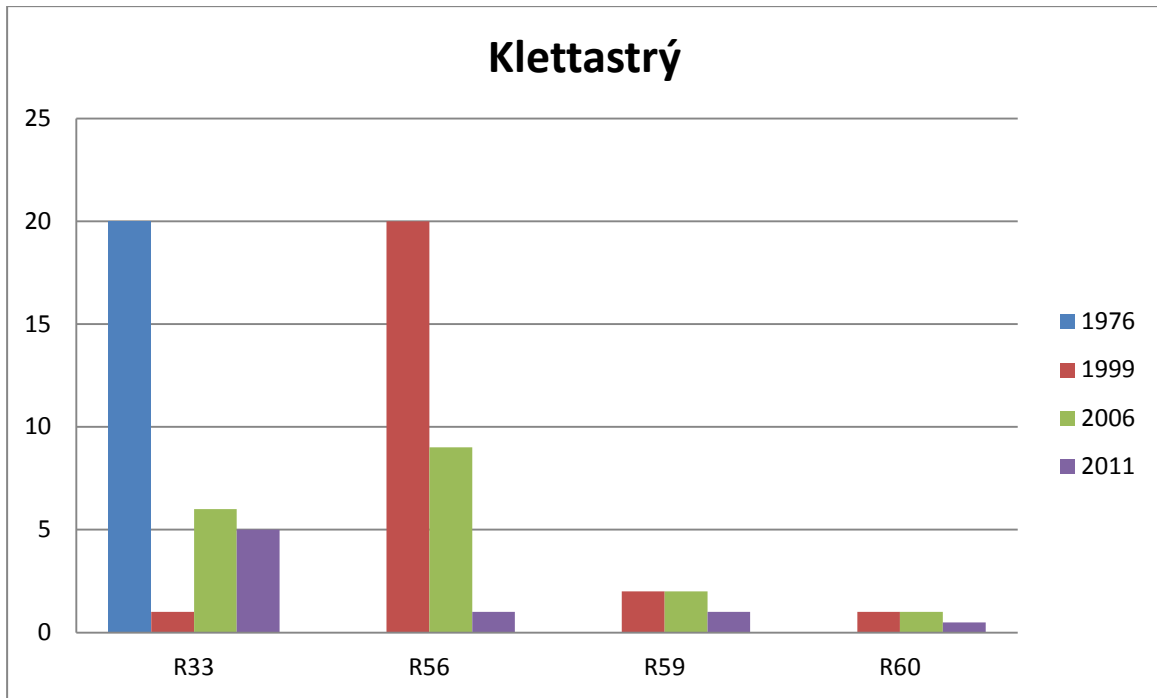
29. mynd. Meðalþekja mosa, blað- og runnfléttna, hróðurfléttna auk meðalheildarþekju og meðal-tegundafjölda í reitum 21–23.

Hér jókst þekja mosa aukist jafnt og þétt á til ársins 2006 en síðan þá hefur þekja mosanna minnkað nokkuð. Heildarþekjan hefur dregist saman síðan 1997 en það eru litlar breytingar á blað- og runnfléttum en þekja hróðurfléttna var langmest 1997 og hefur farið minnkandi síðan.

3.4 Þekjubreytingar einstakra tegunda

3.4.1 Klettastrý

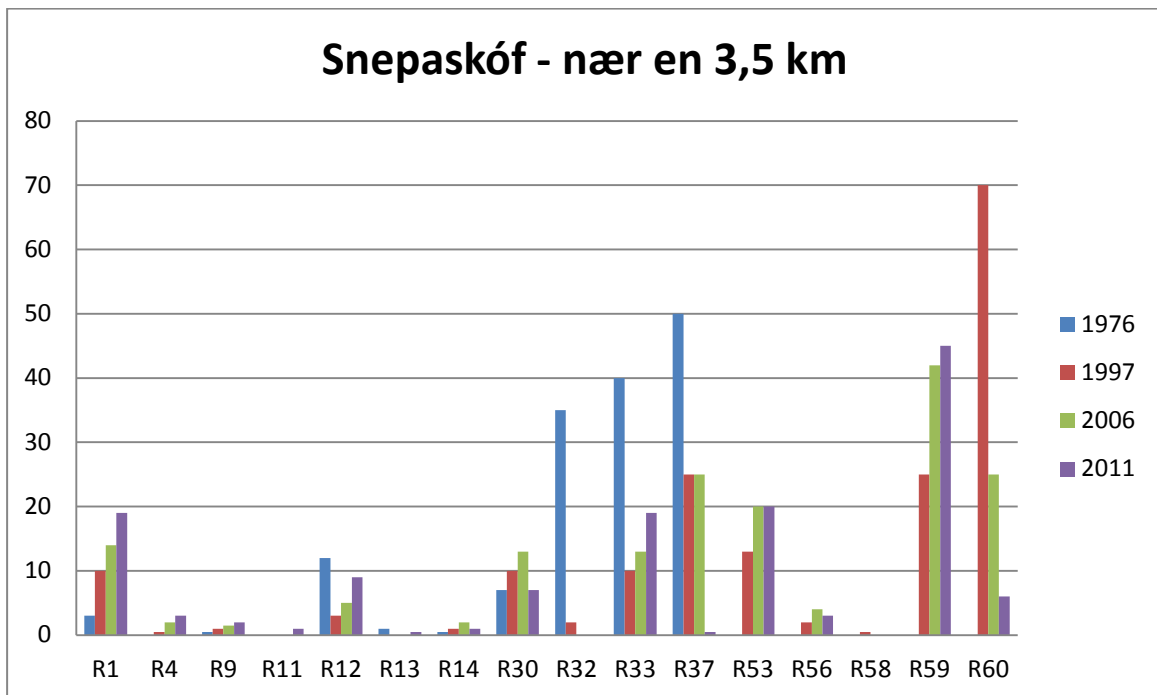
Klettastrý (*Ramalina subfarinacea*) er runnkennd flétta sem vex einkum á klettum og klöppum nærri sjó. Tegundin hafði mikla þekju í Stekkjarholti þegar mælingar hófust og var í slíku magni að óhætt var talið að safna sýnum af henni til að mæla í magn flúors og brennisteins. Árið 2006 var hins vegar einungis nægt magn af klettastrýi að finna í um 2,5 km fjarlægð frá Grundartanga við reiti 56-59. Hnignun klettastrýs er greinileg þegar borin er saman þekja tegundarinnar í þeim fjórum reitum sem hún hefur fundist í (30. mynd).



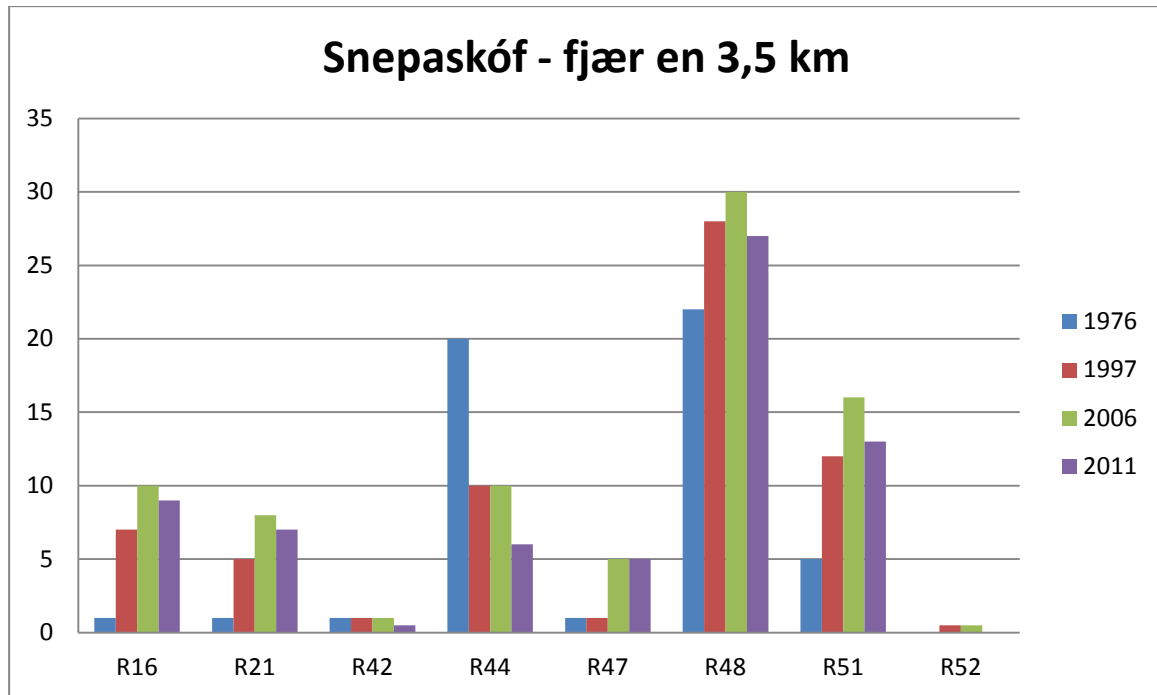
30. mynd. Þekja klettastrýs (*Ramalina subfarinacea*) í fjórum reitum, R33 í Stekkjarási og R56, R59 og R60 sem eru í Akrafjalli.

3.4.2 Snepaskóf

Snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) er sú blaðflétta á svæðinu sem finnst í flestum reitum og hefur mesta þekju. Á 31. mynd má sjá þekjubreytingar snepaskófar í reitum sem staðsettir eru nær Grundartanga en 3,5 km og til samanburðar eru þekjubreytingar tegundarinnar í reitum sem fjær eru en 3,5 km og má sjá á 32. mynd.



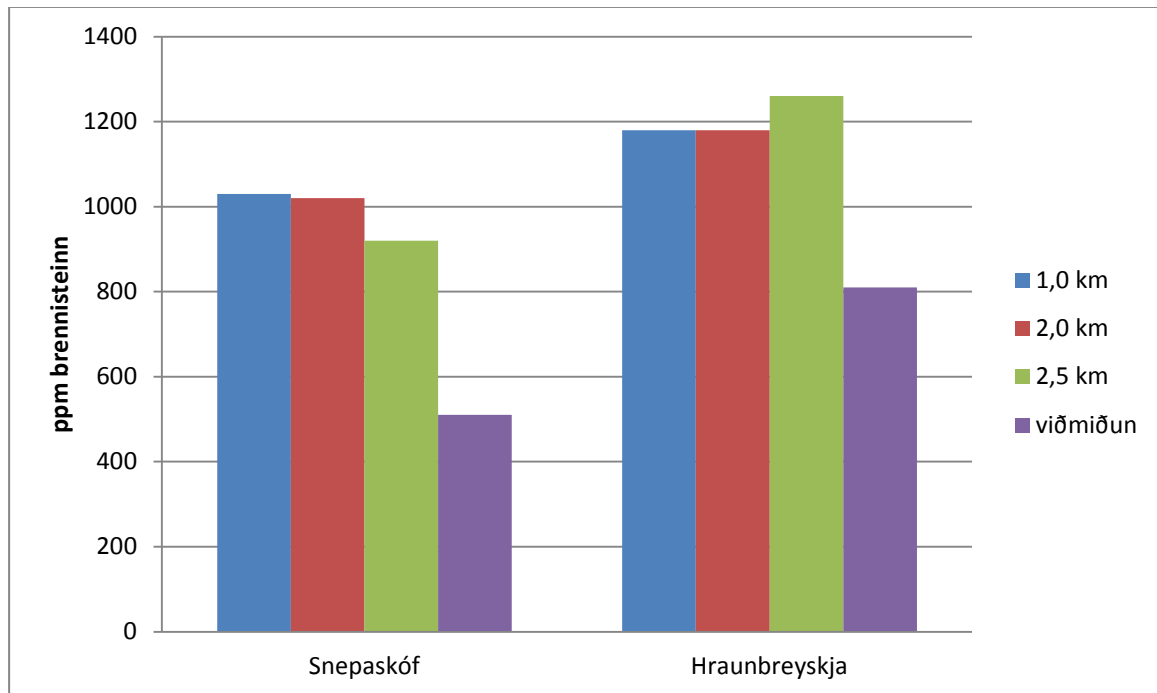
31. mynd. Þekja snepaskófar (*Parmelia saxatilis*) í 16 reitum sem allir eru staðsettir nær Grundartanga en 3,5 km.



32. mynd. Þekja snepaskófar (*Parmelia saxatilis*) í 8 reitum sem allir eru staðsettir fjær Grundartanga en 3,5 km.

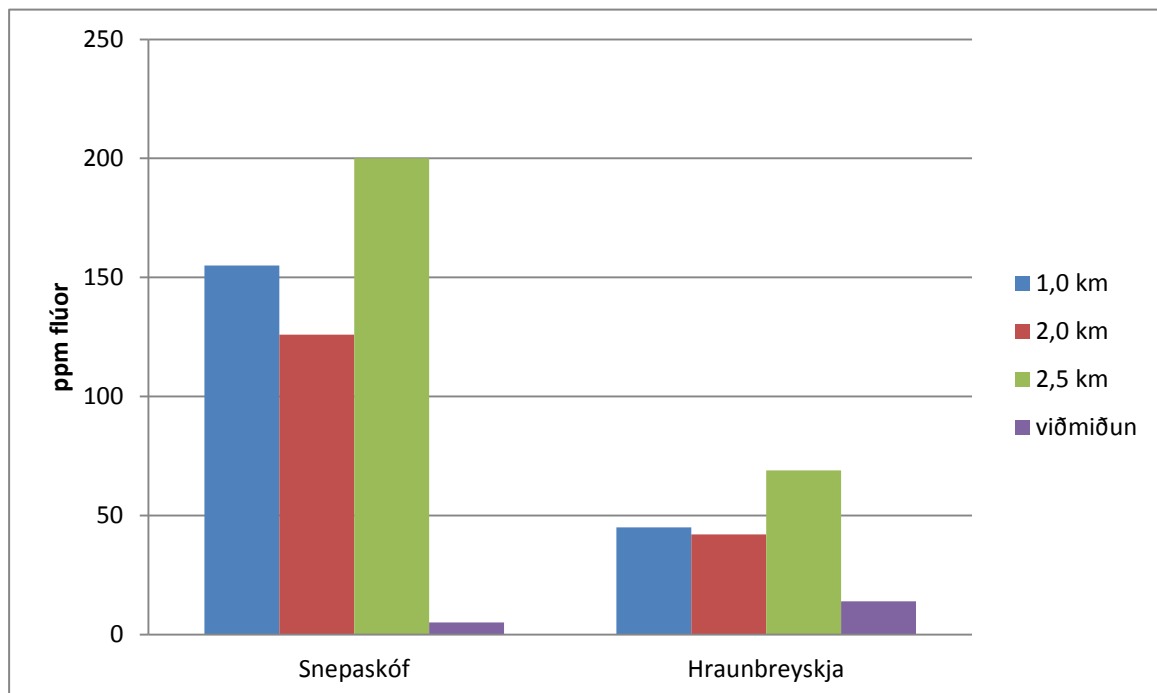
3.5 Mælingar á brennisteini og flúor

Magn brennisteins og flúors var mældur í hraunbreyksju og snepaskóf líkt og í fyrri rannsóknnum (Hörður Kristinsson 2001; 2004, Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson 2007) en ekki fannst nægt magn af klettastryi til að mögulegt væri að safna þeirri tegund fyrir slíkar mælingar. Magn brennisteins er ívið minna en áður en það hefur verið mælt árin 2000, 2003 (Hörður Kristinsson 2001; 2004) og 2006 (Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson 2007) og líkt og áður þá er meiri brennisteinn í fléttum sem vaxa í grennd við iðnaðarsvæðið heldur en þeim sem vaxa við Hreðavatn (33. mynd)



33. mynd. Magn brennisteins í tveimur fléttutegundum á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga.

Magn flúors mældist meira í snepaskóf en hraunbreyskju og mun meira í grennd við iðnaðarsvæðið en í viðmiðunarsýnunum (34. mynd). Magn flúors hefur verið mælt í fléttum árin 1999, 2003 (Hörður Kristinsson 2000; 2003) og 2006 (Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson 2007) en árið 2006 var í fyrsta skipti flúor aðskilinn með örsveimi trímetylsilýlflúoríðs og var þeirri aðferð aftur beitt núna.



34. mynd. Magn flúors í tveimur fléttutegundum á klöppum í mismunandi fjarlægð frá iðnaðarsvæðinu á Grundartanga.

4 UMRÆÐUR

Við vöktunina er einkum horft til breytinga á þekju mosa og blað- og runnfléttna þar sem talið er að þeir hópar séu viðkvæmari fyrir loftmengun en háplöntur og hrúðurfléttur. Hrúðurfléttur 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 sem og mosa einnig misnæmar fyrir loftmengun en þar sem þessir hópar hafa langlífa líkamshluta (fella ekki ofanjarðarhlutann líkt og háplöntur) er hætt við að mengun hlaðist upp fyrir í þeim heldur en háplöntum. Það getur líka haft áhrif að mosar og fléttur eru misvotar (e. poikilohydric), þ.e. sækja ekki vatn niður í jarðveginn heldur eru háðar raka úr lofti, ýmist úrkomu eða döggi. Því hefur sérstaklega verið fylgst með mosum og blað- og runnfléttum.

Þrátt fyrir að hnignunar verði vart á þekju blað- og runnfléttna í fleiri reitum nærri iðnaðarsvæðinu á Grundartanga, er sú breyting frekar óregluleg og ekki auðvelt að tengja hana beint við loftmengun. Á 1. mynd, sem sýnir þekjubreytingu blað- og runnfléttna 2006-2011, er ekki hægt að greina áhrif iðnaðarsvæðisins. Rétt er þó að taka fram að fleiri reitir sýna mikla hnignun blað- og runnfléttna nærri iðnaðarsvæðinu en fjær því. Margir reitir nærri iðnaðarsvæðinu sýna engu að síður þekjuaukningu og því erfitt að útiloka að um eðlilega endurnýjun sé að ræða. Sem dæmi þá minnkaði þekja blað- og runnfléttna stórkostlega milli árána 1992 og 1997 í reit 33 (Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999). Frá 1997 hefur þekja blað- og runnfléttna hægt aukist í reitnum úr 11% árið 1997 í 19% árið 2006 og loks 24% árið 2011 en árið 1976 var þekjan 60%. Samtals eru sjö reitir þar sem þekjubreyting blað- og runnfléttna er meiri en 10%. Af þessum sjö reitum á sér stað jákvæð þekjubreyting í einum reit meðan fjórir af þeim sex þar sem neikvæð þekjubreyting á sér stað eru nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km.

Í þremur reitum verður vart mikillar hnignunar mosa. Í reit 15 sem staðsettur er við Bjarnarholt minnkar þekja urðargambra (*Racomitrium sudeticum*) úr 80% árið 1997 niður í 50% árið 2006 og var einungis 18% árið 2011 en það ár þakti dauður mosi 10%. Sá urðargambri (35. mynd) sem eftir situr í reitnum var gróskumikill árið 2006 og leit ekki út fyrir að vera á undanhaldi þá en hnignun urðargambrans hélt engu að síður áfram.

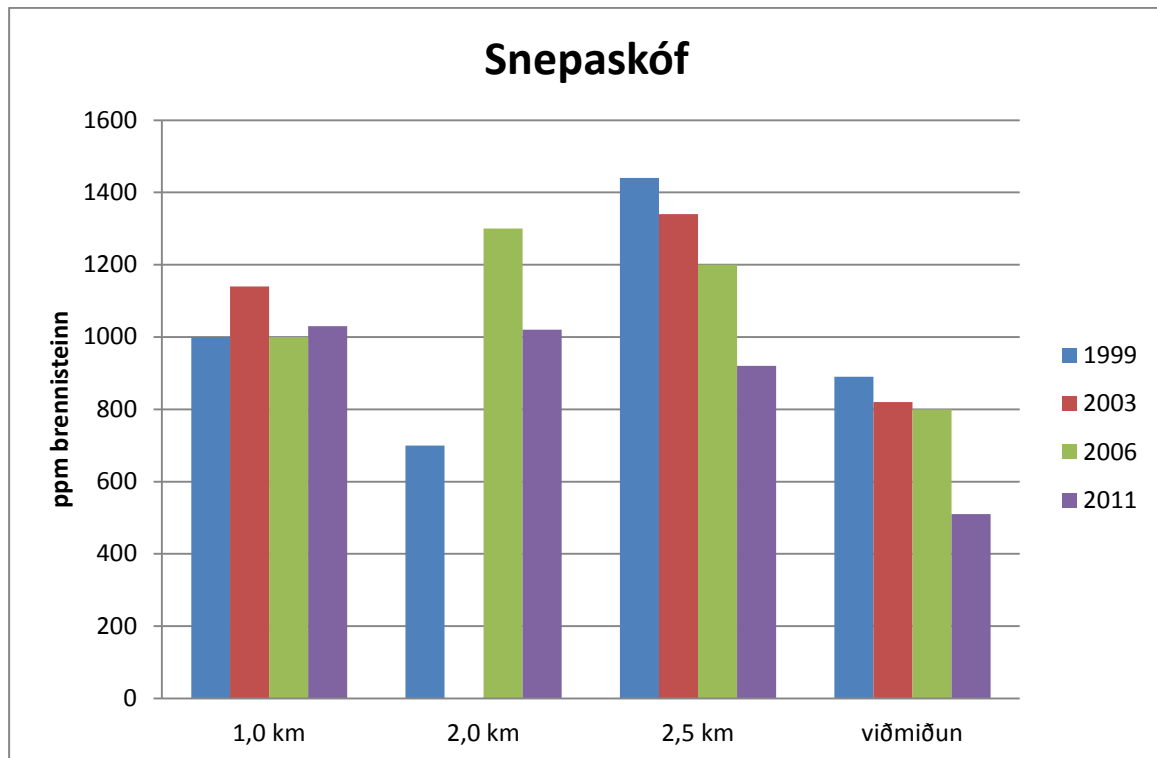


35. mynd. Bjarnarholt, reitur 15, 2006 til vinstri og 2011 til hægri. Ljós. Starri Heiðmarsson.

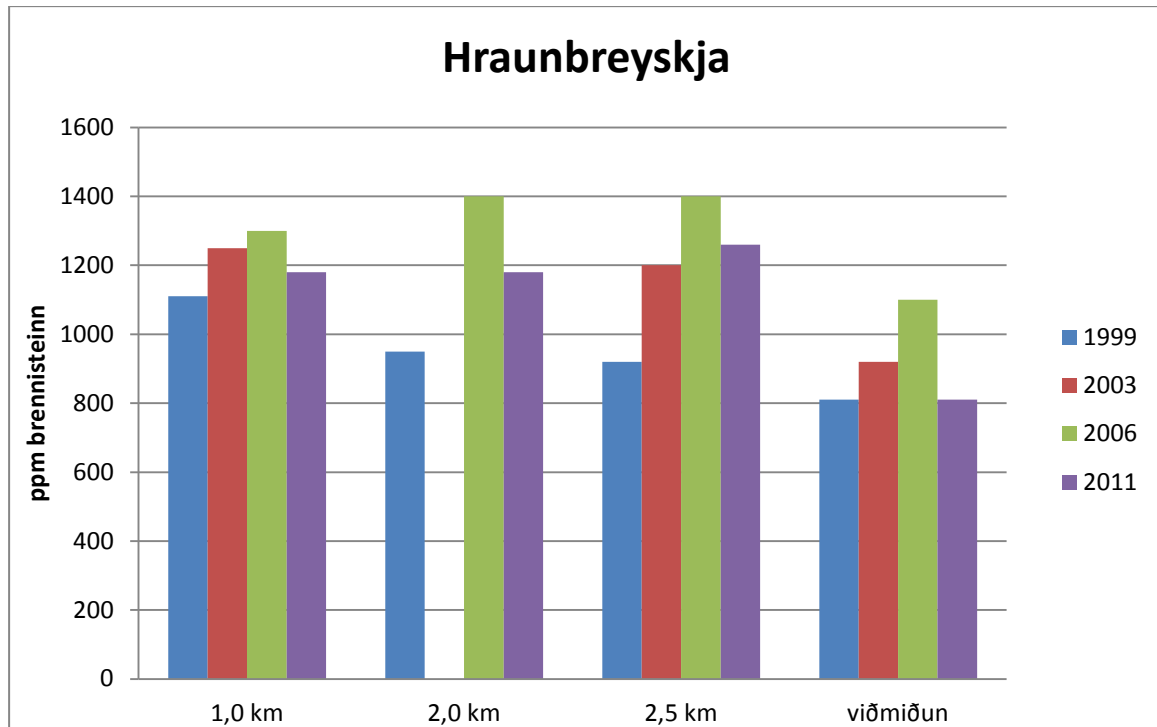
Klettastrý (*Ramalina subfarinacea*) er tegund sem hefur hnignað jafnt og þétt síðan vöktunin hófst árið 1976 (30. mynd). Því miður er klettastrý ekki að finna í neinum

reitanna fjær iðnaðarsvæðinu til að samanburður sé mögulegur. Snepaskóf (*Parmelia saxatilis*) er algeng tegund á svæðinu og virðist hafa hnignað nokkuð í reitum nær iðnaðarsvæðinu en 3,5 km samanborið við reiti sem staðsettir eru fjær (31. og 32. mynd). Hnignun snepaskófarinnar er þó ekki einhlít og sem dæmi þá hefur þekja hennar margfaldast í reit 1 sem er á Stekkjarás og sömuleiðis hefur henni hnignað í sumum reitum sem fjær eru iðnaðarsvæðinu eins og reit 44.

Brennisteinn virðist ekki aukast með árunum sé magn brennisteins árið 2011 borið saman við fyrri mælingar (36. og 37. mynd) og minnkar heldur, sérstaklega í samanburði við árið 2006 hjá hraunbreyskju. Brennisteinn hefur sömuleiðis minnkað í viðmiðunarsýnunum sem tekin eru við Hreðavatn.

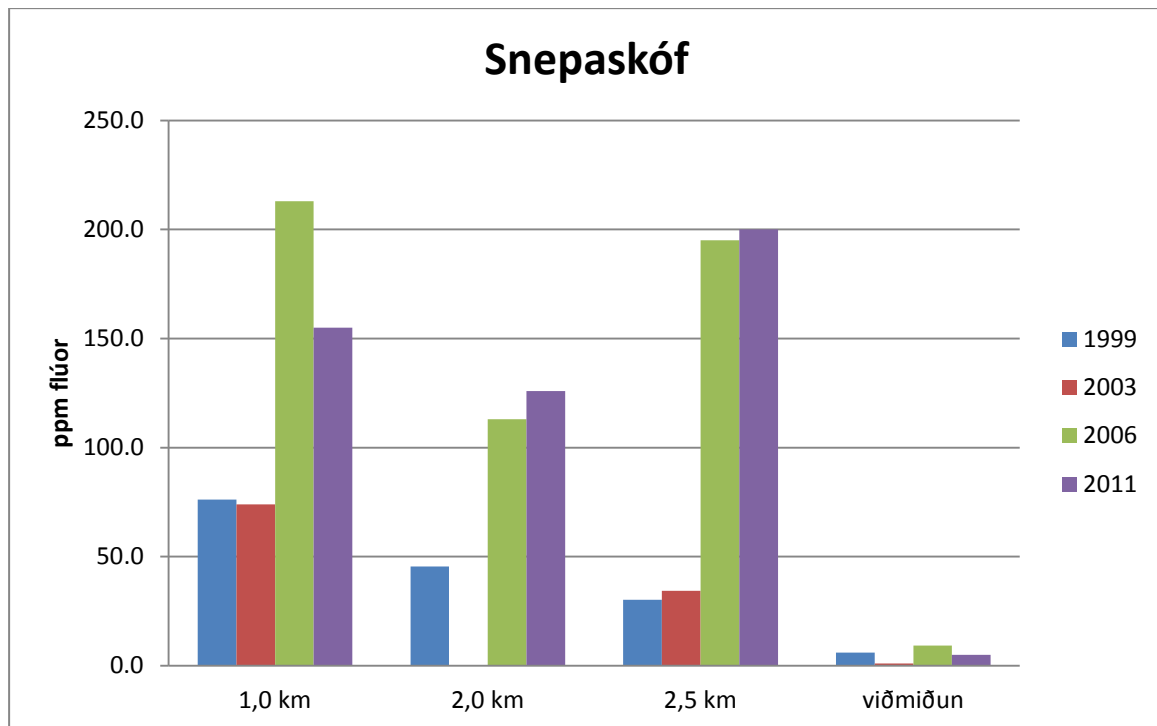


36. mynd. Samanburður á magni brennisteins í snepaskóf 1999, 2003, 2006 og 2011.

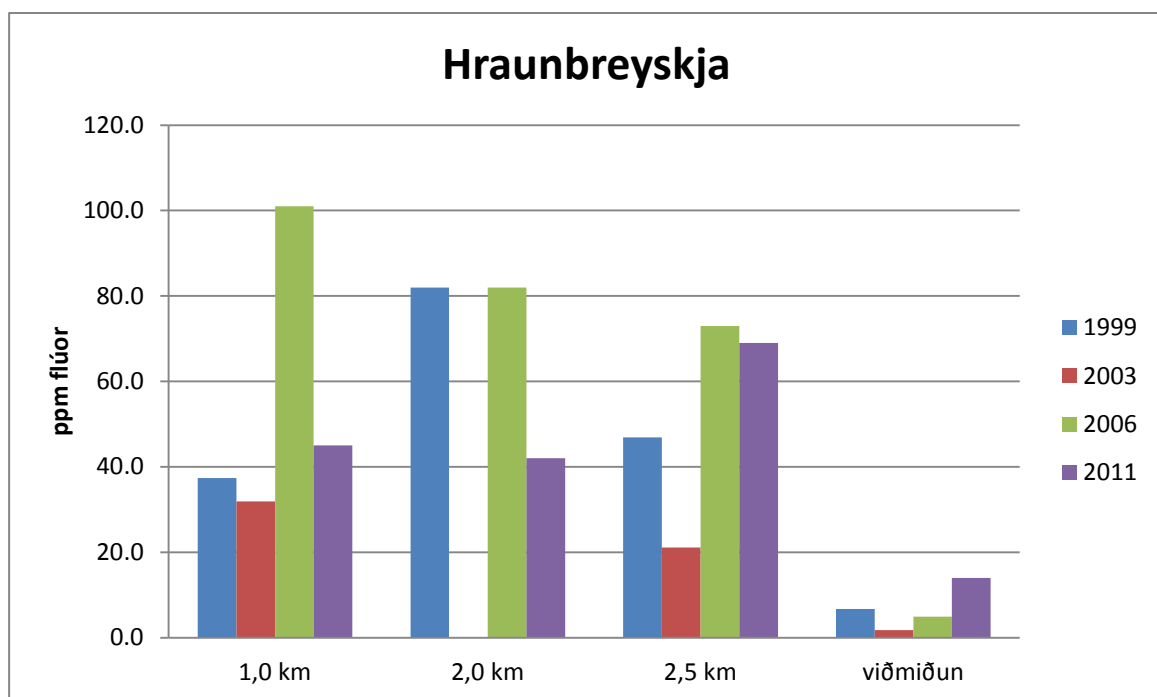


37. mynd. Samanburður á magni brennisteins í hraunbreyskju 1999, 2003, 2006 og 2011.

Magn flúors mælist mest í 2,5 km fjarlægð við reiti 56-59 í Akrafjalli í báðum tegundunum, snepaskóf (38. mynd) og hraunbreyskja (39. mynd). Magn flúors eykst örlítið í snepaskóf milli ára einkum ofar í Akrafjalli, þ.e. í 2,0 og 2,5 km fjarlægð. Vert er þó að benda á að breytt var um aðferð við mælingu á flúor árið 2006 þannig að mælingarnar 2003 og 1999 eru ekki að öllu leyti sambærilegar við tvær síðustu mælingar, 2006 og 2011. Magn flúors minnkar hins vegar í hraunbreyskju miðað við árið 2006 og er um umtalsverða minnkun að ræða bæði í 1,0 km og 2,0 km fjarlægð frá Grundartanga. Magn flúors mælist mun meira í snepaskóf en hraunbreyskju. Athyglisverð er aukning flúors í viðmiðunarsýni hraunbreyskju.



38. mynd. Samanburður á magni flúors í snepaskóf 1999, 2003, 2006 og 2011.



39. mynd. Samanburður á magni flúors í hraunbreyskju 1999, 2003, 2006 og 2011.

5 HEIMILDASKRÁ

Hönnun 2005. Iðnaðarsvæðið á Grundartanga og umhverfi þess. Niðurstöður umhverfisvöktunar árið 2004. Lokaskýrsla, 39 bls.

Hörður Kristinsson 2000. Vöktun á mosum og fléttum við Grundartanga í Hvalfirði. Framvinduskýrsla fyrir árið 1999. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-00006, 13 bls.

- Hörður Kristinsson 2004. Vöktun á mosum og fléttum við Grundartanga í Hvalfirði. Framvinduskýrsla fyrir árið 2003. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-04004, 10 bls.
- Hörður Kristinsson, Bergþór Jóhannsson og Eypór Einarsson (ritstj.) 1983. Grasafræðirannsóknir við Hvalfjörð. Líffræðistofnun háskólans, Fjölrit nr. 17, 90 bls.
- Hörður Kristinsson og Kristbjörn Egilsson 1999. Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð frá 1976 til 1997. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-99001, 48 bls.
- Starri Heiðmarsson og Hörður Kristinsson 2007. Gróðurbreytingar á klapparsamfélögum við Hvalfjörð 1997-2006. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-07002, 25 bls.