

20

UMHVERFISVÖKTUN

15

Alcoa Fjarðaál Umhverfismæling 2015

Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands
og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál

 NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS		<input type="checkbox"/> Egilsstaðir <input checked="" type="checkbox"/> Neskaupstaður
Skýrsla nr: NA-160160	Dags (mánuður, ár): Apríl, 2016	Dreifing: Lokuð
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill):		Síðufjöldi: 122
Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2015		Fjöldi viðauka: 22
Höfundar: Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir.		
Unnið fyrir: Alcoa Fjarðaál		
Samvinnuaðilar: Efnagreiningar, Nýsköpunarmiðstöð Íslands		
Útdráttur: Frá því að álver Alcoa Fjarðaáls í Reyðarfirði var gangsett árið 2007 hefur verið fylgst með áhrifum þess á umhverfið. Grunnrannsóknir fóru fram á árunum 2004-2006. Umhverfissvöktunin árið 2015 fór fram samkvæmt vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun. Vöktunin nær til loftgæða, veðurs, gróðurs, yfirborðsvatns og búfenaðar. Árið 2015 náði vöktunin auk þess til set- og botndýra og gróðurfars. <p>Gagnasöfnun: Upplýsingum um loftgæði og veður var safnað frá fjórum loftgæðastöðvum innan og utan þynningarsvæðis. Mælipættir í lofti eru: svifryk, flúor og brennisteinstvíoxíð. Ryki var safnað á síur og mælt í því flúor og fjölhringja arómatísk vetniskolefni. Einnig var fylgst með sýrustigi, brennisteini og flúor í úrkomu.</p> <p>Sýnum af gróðri var safnað á föstum sýnatökustöðum, bæði innan og utan þynningarsvæðis. Grasi var safnað sex sinnum og rabarbara var safnað þrisvar sinnum yfir sumarið. Einnig voru tekin sýni af bláberjalyngi, fléttum, mosa, kartöflum, laufblöðum reynitrijaá, bláberjum og krækiberjum, heyi og furunálum, set- og botndýrum. Flúor, brennisteinn og köfnunarefni var mælt í öllum gróðursýnum og styrkur þungmálma var mældur einu sinni í rabarbara. Styrkur þungmálma og PAH-16 efna var mældur í set- og botndýrum. Sjónrænt mat var lagt á ástand sjaldgæfra tegunda, gróðurs í gördum og mólendi til að kanna hvort plöntur bæru einhver merki sem líkst gætu skemmdum af völdum flúors. Fléttur og mosar á steinum og klöppum voru ljósmyndaðar. Vatni var safnað ársfjórðungslega og var sýrustig, flúor, basaráymd, brennisteinn og fjölhringja arómatísk vetniskolefni mælt í sýnunum. Dýralæknir skoðaði lifandi búfé í Reyðarfirði til að leggja mat á möguleg áhrif flúormengunar á tennur og heilbrigði og styrkur flúors í kjálkum sauðfjár sem gekk í Reyðarfirði var mældur og sjónrænt mat lagt á mögulegar tannskemmdir í kjálkum. Gróðursamsetning í rannsóknareitum var könnuð og gróska metin.</p> <p>Helstu niðurstöður: A og V áttir voru ríkjandi í Reyðarfirði árið 2015. Sumarið var óvenju svalt og rakt. Heildar meðaltal svifryks var svipað eða hærra en árin 2009-2013 en lægra en árið 2014, sem var þurr á með all-nokkurri gosmengun á síðara hluta ársins. Dagar þar sem svifryk fór yfir heilsuverndarmörk mældust ekki á árinu. Mengun frá gosinu í Holuhrauni var áberandi fyrstu tvo mánuði ársins en frá mars var magn brennisteinstvíoxíðs hins vegar mjög svipað og fyrri ár. Ársmeðaltal gaskenns flúors og flúors í ryki var svipað og undanfarin þrjú ár. Styrkur fjölhringja arómatískra vetniskolefna var með lægsta móti. Sýrustig í úrkomu var svipað og árin á undan. Nokkur hækkun var á brennisteini og flúor í úrkomu frá því sem var árið 2014 sem má að nokkru leyti rekja til gossins. Síðustu ár hefur verið töluverður breytileiki í innihaldi mengunarefna í úrkomu. Litlar breytingar voru á niðurstöðum mælinga í ár- og neysluvatnssýnum samanborið við fyrri ár.</p> <p>Ársmeðaltal flúors í grasi, bláberjalyngi, reynivið og rabarbaralafum mældist lægra en árið 2014. Ársmeðaltal flúors í fléttum, mosa, barrnálum og kartöflugrösum breyttist lítið milli ára frá 2014-2015. Styrkur flúors í rabarbarastilkum, kartöflum og berjum var lágur. Styrkur þungmálma (blýs og kadmíums) í stilkum og blöðum rabarbara var undir viðmiðunarmörkum. Styrkur brennisteins og köfnunarefnis var almennt svipaður milli ára og svæða í Reyðarfirði. Sýnilegar skemmdir á gróðri sem mögulega má rekja til flúormengunar var helst að merkja innan þynningarsvæðis álversins en minna bar á þeim en árið 2014. Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum norðan og sunnan fjarðar sumarið 2015 var undir íslenskum viðmiðunarmörkum á flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr og mjólkandi jörturdýr. Við skoðun dýralæknis virtist búfenaður heilbrigður og engin greinileg áhrif flúormengunar að sjá. Styrkur flúors í kjálkum sauðfjár var breytilegur eftir bæjum og aldri sauðfjár. Styrkurinn í kjálkabeinum lamba sem ganga í Reyðarfirði mældist miklu hærri en í kjálkabeinum lamba í viðmiðunarsýnum en öll lömbin voru við góða tannheilsu. Gróðursamsetning sumarið 2015 var svipuð og 2009 og 2005 en þó jókst þekja smárunna umtalsvert milli ára á meðan þekja flétta minnkaði. Styrkur þungmálma í krækling var svipaður eða lægri en árið 2010 en styrkur PAH efna í kræklingi í Reyðarfirði mældist hærri í 3 efnum af 16 samanborið við 2010. Í öllum tilvikum mældust gildi þungmálma og PAH efna undir íslenskum neysluviðmiðum og í öllum tilvikum var styrkur þessara efna lægri en mörk fyrir lægsta eða næst lægsta mengunarflokk skv. skilgreiningu Norðmanna. Samanlagður styrkur 16 PAH efna í vef burstaorma sem og pípum mældist hærri árið 2015 en árið 2010 en þar var mesta hækkunin á efninu pyrene.</p>		
Lykilorð: Alcoa–Fjarðaál, gróðurrannsóknir, loftgæði, flúoríð, flúor, brennisteinstvíoxíð, brennisteinn, sýrustig, PAH-efni, mosi, fléttur, rabarbari, kartöflur, reynitri, bláberjalyng, gras, búfé, krækiber, bláber, sjaldgæfar tegundir, trjávöxtur, vatn, Reyðarfjörður, álver, mengun, þungmálmar, köfnunarefni, kræklingur, set- og botndýr, gróðursamsetning		
Yfirfarið: Kristín Ágústsdóttir hjá Náttúrustofu Austurlands og Guðmundur Sveinsson Kröyer hjá Alcoa Fjarðaál		ISBN / ISSN nr:

Efnisyfirlit

1	Inngangur	10
2	Loftgæði.....	11
2.1	Inngangur	11
2.1.1	Loftgæðamælingar í Reyðarfirði.....	11
2.1.2	Mælistöðvar og mælipættir.....	11
2.2	Mælingar og mæliaðferðir	12
2.3	Niðurstöður.....	13
2.3.1	Veðurgögn og veðurfar ársins	13
2.3.2	Svifryk, söfnun á síur (PM ₁₀ Hi-vol)	16
2.3.3	Brennisteinstvíoxíð í lofti	18
2.3.4	Flúor í lofti.....	21
2.3.5	Fjölhringa vetniskolefni (PAH)	26
2.3.6	Efnainnihald í úrkomu.....	29
3	Efnamælingar í gróðri.....	33
3.1	Inngangur	33
3.1.1	Flúor og gróður	33
3.1.2	Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé	35
3.2	Aðferðir og sýnatökudagar	35
3.2.1	Sýnatökuaðferðir og framsetning niðurstaðan	35
3.2.2	Töluleg úrvinnsla.....	36
3.2.3	Sýnatökudagar	36
3.3	Niðurstöður.....	38
3.3.1	Gras.....	38
3.3.2	Mosi	44
3.3.3	Fléttur	48
3.3.4	Bláberjalyng	51
3.3.5	Reyniviður	54
3.3.6	Barnálar	56
3.3.7	Rabarbari	60
3.3.8	Kartöflur og grænmeti	64
3.3.9	Bláber og krækiber	66
3.3.10	Hey.....	68

4	Sjónræn skoðun á gróðri	70
4.1	Sjaldgæfar tegundir.....	71
4.2	Garðaplöntur og tré	73
4.3	Gróður í rannsóknarreitum	75
4.4	Fléttur og mosar á grjóti	76
5	Trjávöxtur	79
6	Þekja og fjöldi tegunda í rannsóknarreitum.....	82
6.1	Gagnasöfnun	82
6.2	Úrvinnsla gagna.....	84
6.3	Niðurstöður	85
6.3.1	Breytingar í tegundaauðgi milli ára	85
6.3.2	Breytingar í gróðurþekju milli ára	86
6.3.3	Breytingar í gróðursamsetningu milli ára	88
7	Yfirborðsvatn	91
7.1	Inngangur	91
7.2	Niðurstöður	92
7.2.1	Flúor	92
7.2.2	Sýrustig (pH).....	93
7.2.3	Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH efni)	94
7.2.4	Brennisteinn (súlfat) og basarýmd (alkalinity)	95
8	Jarðvegur	96
8.1	Inngangur	96
8.2	Niðurstöður	96
8.2.1	Flúor	96
8.2.2	Flúor í lausn.....	97
8.2.3	Klór í lausn	98
8.2.4	Brennisteinn í lausn	98
8.2.5	Fosfór í lausn.....	99
9	Búfénaður.....	99
9.1	Inngangur	99
9.2	Niðurstöður	100
9.2.1	Sjónræn skoðun á lifandi búfénaði	100
9.2.2	Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis	100

10	Botndýr og kræklingar	102
10.1	Inngangur	102
10.2	Aðferðir	103
10.2.1	Sýnataka og meðferð sýna.....	103
10.2.2	Töluleg úrvinnsla.....	104
10.2.3	Túlkun á styrk efna.....	104
10.1	Niðurstöður og umræður.....	104
10.1.1	Þungmálmar.....	106
10.1.2	Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH efni)	112
11	Samantekt og lokaorð	117
12	Heimildir.....	119

Myndaskrá

Mynd 1. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).	11
Mynd 2. Vindrós mælistöð 1, Reyðarfirði 2015, allar mælingar (10 mín).	14
Mynd 3. Vindrós mælistöð 2, Reyðarfirði 2015, allar mælingar (10 mín).	15
Mynd 4. Vindrós mælistöð 3, Reyðarfirði 2015, allar mælingar (10 mín).	15
Mynd 5. Vindrós mælistöð 4, Reyðarfirði 2015, allar mælingar (10 mín).	16
Mynd 6. Svifryk, allar stöðvar 2015.	17
Mynd 7. Svifryk, ársmeðaltöl 2005-2015.	18
Mynd 8. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2015.	19
Mynd 9. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005-2015.	20
Mynd 10. Brennisteinstvíoxíð SO ₂ (µg/m ³), sem fall af vindátt 2015, allar stöðvar.	20
Mynd 11. Brennisteinstvíoxíð SO ₂ (µg/m ³), sem fall af vindátt mars-des 2015, allar stöðvar.	21
Mynd 12. Flúor gaskenndur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2015 (mælingar á síur).	22
Mynd 13. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2015 (mælingar á síur).	24
Mynd 14. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2015.	25
Mynd 15. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2005-2015.	26
Mynd 16. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2015.	28
Mynd 17. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006-2015.	28
Mynd 18. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005-2015.	29
Mynd 19. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2015.	30
Mynd 20. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2015.	31
Mynd 21. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006-2015.	31
Mynd 22. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2015.	32
Mynd 23. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006-2015.	33
Mynd 24. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).	38
Mynd 25. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2015.	39

Mynd 26. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir árum frá 2007 til 2015. Fjöldi sýnatökustaða 2007-2012 (n=30), 2013 (n=41) og 2014-2015 (n=34).	39
Mynd 27. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2015 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015)	40
Mynd 28. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekkju) sumarið 2015, skipt upp eftir svæðum.	41
Mynd 29. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir ólíkum svæðum í Reyðarfirði árin 2007 til 2015. Fjöldi sýnatökustaða 2007-2012 (n=30), 2013 (n=41) og 2014-2015 (n=34).	41
Mynd 30. Meðalstyrkur brennisteins (%) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004-2005, 2007-2010 og árið 2015. Gögnin eru byggð á níu sýnum innan þynningarsvæðis og 21 sýni utan þess árin 2004-2010 en sjö sýnum innan þynningarsvæðis og 27 sýnum utan þess árið 2015.	42
Mynd 31. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004-2005, 2007-2010 og árið 2015. Gögnin eru byggð á níu sýnum innan þynningarsvæðis og 21 sýni utan þess árin 2004-2010 en sjö sýnum innan þynningarsvæðis og 27 sýnum utan þess árið 2015.	43
Mynd 32. Meðalstyrkur brennisteins (%) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir ólíkum svæðum í Reyðarfirði árin 2004-2005, 2007-2010 og árið 2015. Fjöldi sýnatökustaða árin 2004-2010 er gefinn upp fyrir aftan heiti hvers svæðis og fjöldi sýnatökustaða árið 2015 er gefinn upp í sviga þar fyrir aftan.	43
Mynd 33. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir ólíkum svæðum í Reyðarfirði árin 2004-2005, 2007-2010 og árið 2015. Fjöldi sýnatökustaða árin 2004-2010 er gefinn upp fyrir aftan heiti hvers svæðis og fjöldi sýnatökustaða árið 2015 er gefinn upp í sviga þar fyrir aftan.	44
Mynd 34. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2015 upp í fimm mismunandi svæði (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).	45
Mynd 35. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).	45
Mynd 36. Dreifingarmynstur flúors í mosa frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna.....	46
Mynd 37. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2015. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.....	46
Mynd 38. Dreifingarmynstur brennisteins í mosa árið 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna.	47

Mynd 39. Dreifingarmynstur köfnunarefnis í mosa árið 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna.	48
Mynd 40. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).	48
Mynd 41. Dreifingarmynstur flúors í fléttum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna.	49
Mynd 42. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2015. Gögnin eru byggð á 9-10 sýnum innan þynningarsvæðis og 18-20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.	49
Mynd 43. Dreifingarmynstur brennisteins í fléttum árið 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna.	50
Mynd 44. Dreifingarmynstur köfnunarefnis í fléttum árið 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna.	51
Mynd 45. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).	51
Mynd 46. Dreifingarmynstur flúors í bláberjalaufum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna.	52
Mynd 47. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2015. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.	52
Mynd 48. Dreifingarmynstur brennisteins í laufum bláberjalyngs árið 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna.	53
Mynd 49. Dreifingarmynstur köfnunarefnis í laufum bláberjalyngs árið 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna.	54
Mynd 50. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrjáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2015 (Landmælingar Íslands, 2012, 2013 og 2014).	54
Mynd 51. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitrjáa (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2015 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009 og 2015 en 9 sýnum árin 2010-2014.	55
Mynd 52. Meðalstyrkur brennisteins (%) í þurrvigt af laufum reyniviðar (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007-2010 og 2015 í Reyðarfirði.	56

Mynd 53. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af laufum reyniviðar (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007-2010 og 2015 í Reyðarfirði.....	56
Mynd 54. Sýnatökustaðir barnnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nývöxnum barnálum í október 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).....	57
Mynd 55. Sýnatökustaðir barnnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barnálum frá fyrra ári (2014), safnað í október 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).....	57
Mynd 56. Ársmeðaltal flúors í barnálum (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2015 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009, en 9 sýnum árin 2010-2014. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.	58
Mynd 57. Meðalstyrkur brennisteins (%) í þurrvigt af barnálum (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007-2010 og 2015 í Reyðarfirði.....	59
Mynd 58. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af barnálum (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007-2010 og 2015 í Reyðarfirði.....	59
Mynd 59. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum í þremur sýnatökufurðum frá júní til ágúst sumarið 2015. Á einum sýnatökustað (V9) var einungis ein sýnataka (Landmælingar Íslands, 2012, 2013 og 2014).....	60
Mynd 60. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004 til 2015 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Árin 2004-2005 var farin ein sýnatökufurð, árin 2007-2013 voru farnar sex sýnatökufurðir og árið 2014-2015 voru farnar þrjár sýnatökufurðir.	61
Mynd 61. Ársmeðaltal brennisteins í þurrvigt af rabarbara árin 2004, 2007-2010 og 2015 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Brennisteinn var mældur í sýnum úr einni sýnatökufurð árið 2004, fjórum árin 2007 og 2010, sex árið 2008 og þremur árin 2009 og 2015. ...	62
Mynd 62. Ársmeðaltal köfnunarefnis í þurrvigt af rabarbara árin 2004, 2007-2010 og 2015 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Brennisteinn var mældur í sýnum úr einni sýnatökufurð árið 2004, fjórum árin 2007 og 2010, sex árið 2008 og þremur árin 2009 og 2015.....	62
Mynd 63. Sýnatökustaðir kartaflna og grænkáls í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflugrösum sumarið 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).	64
Mynd 64. Styrkur flúors í kartöflum og kartöflugrösum á þremur sýnatökustöðum sumrin 2004 og 2011-2015 en tveimur söfnunarstöðum 2007-2010.	64
Mynd 65. Styrkur brennisteins (%) í þurrvigt af kartöflum og kartöflugrösum árið 2015 í Reyðarfirði.	65
Mynd 66. Styrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af kartöflum og kartöflugrösum árið 2015 í Reyðarfirði.	66
Mynd 67. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í september 2015. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).	66

Mynd 68. Styrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2009-2015 í Reyðarfirði. Fram til ársins 2011 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum $5 \mu\text{g/g}$	67
Mynd 69. Styrkur brennisteins (%) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árið 2015 í Reyðarfirði.....	68
Mynd 70. Styrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árið 2015 í Reyðarfirði.....	68
Mynd 71. Yfirlit yfir staðsetningu og styrk flúors í heysýnum sem tekin voru 1. og 2. september 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015). Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar á þessu korti.....	69
Mynd 72. Yfirlit yfir staðsetningu og styrk brennisteins í heysýnum sem tekin voru 1. og 2. september 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).....	69
Mynd 73. Yfirlit yfir staðsetningu og styrk köfnunarefnis í heysýnum sem tekin voru 1. og 2. september 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).....	70
Mynd 74. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júlí 2015 í Reyðarfirði.....	71
Mynd 75. Þyrnirós af neðra svæði (t.v.) og af efra svæði (t.h.) í júlí 2014 í Reyðarfirði.....	72
Mynd 76. Aronsvöndur (t.v.) og stóriburkni með skemmdum endum (t.h.) í júlí 2015 í Reyðarfirði.....	72
Mynd 77. Flúorskemmdir (necrosis) og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á gulvíði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í ágúst 2015.....	73
Mynd 78. Sigurskúfur (t.v.), blátoppur (í miðju) og bergfura (t.h.) við Framnes í Reyðarfirði í ágúst 2015.....	74
Mynd 79. Íris (t.v.), fura (í miðju) og rabarbari (t.h.) í þéttbýlinu á Reyðarfirði í ágúst 2015.....	74
Mynd 80. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust á níu stöðvum sumarið 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).....	75
Mynd 81. Rauðleit blöð bláberjalyngs við stöð 1.....	76
Mynd 82 Samanburður LQ5 (efri) og LQ9 (neðri) reita milli árána 2010 og 2015. Breytingar í smárömmum voru auðkenndar með rauðum ramma.....	77
Mynd 83. Staðsetning klappareita og fjöldi sýnilegra breytinga á smárömmum (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).....	78
Mynd 84 Samanburður LQ32 milli árána 2009 og 2015. Allir einstaklingar á klöppinni höfðu breytt lögum og stærð.....	78
Mynd 85 Samanburður LQ27 milli árána 2010 og 2015. Þekja mosa á klöppinni hefur aukist.....	79
Mynd 86. Staðsetning 10 trjámæltreita í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árin 2006-2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).....	80

Mynd 87. Meðalársvöxtur stafafuru í níu trjámæltreitum í Reyðarfirði tímabilið 2003-2015.	81
Mynd 88. Staðsetning vistfræðistöðvanna 30 í Reyðarfirði (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).....	83
Mynd 89. Skipting rannsóknarsvæða með tilliti til átta og fjarlægð frá stropmi álvers (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).....	84
Mynd 90. Fjöldi háplöntutegunda á mismunandi rannsóknarsvæðum árin 2005, 2009 og 2015.....	86
Mynd 91. Meðalgróðurþekja á mismunandi rannsóknarsvæðum árin 2005, 2009 og 2015.....	87
Mynd 92. Breytingar í þekju nokkurra algengra tegunda, flétta og mosa á rannsóknarsvæðunum milli árána 2005 og 2015 annars vegar og 2009 og 2015 hins vegar.	88
Mynd 93. Meðalþekja ýmissa tegundahópa í mismunandi rannsóknarsvæðum árin 2005, 2010 og 2015 (gögn fyrir stöð 25 vantar fyrir árið 2015 en hún er á svæði V 2-5 km). Skali á y-ás er mismunandi milli súlurita.	89
Mynd 94. Niðurstöður RDA hnitunargreiningar á þekju 31 háplöntutegundar, mosa og flétta á öllum stöðvum nema ST25. Brúna línur sýna breytingu hvernar stöðvar milli árána 2005 og 2009 og gular línur sýna breytingu milli árána 2009 og 2015. Heiti hvernar stöðvar er svo sýnt við staðsetningu fyrir árið 2015 í hnitakerfinu. Eigingildi fyrsta áss (RDA1) var 0,45 og eigingildi annars áss (RDA2) var 0,21.....	90
Mynd 95. Niðurstöður RDA hnitunargreiningar á þekju 31 háplöntutegundar, mosa og flétta sem sýnir hvernig umhverfisbreyturnar (blátt) og algengustu tegundirnar (svart) röðuðust upp í RDA hnitakerfinu. Tegundir með minna en 0,6% meðalþekju eru ekki sýndar. Lengd örva samsvarar mikilvægi viðkomandi umhverfisbreyta í sambandi við ása RDA1 og RDA2 og átt þeirra gefur vísbendingar um í hverju breytingar á stöðvum eru fólgnar.	90
Mynd 96. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1-W4) og neysluvatnssýna (W5-W9) auk Grænavatns (W10) (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).....	92
Mynd 97. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnssýnum (W1-W4) og Grænavatni (W10) fyrir árin 2004 til 2015.....	92
Mynd 98. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7-W9) fyrir árin 2004-2015.....	93
Mynd 99. Ársmeðaltöl af sýrustigi í árvatnssýnum fyrir árin 2004-2015.	94
Mynd 100. Ársmeðaltöl af sýrustigi í neysluvatni fyrir árin 2004-2015.	94
Mynd 101. Styrkur flúors í jarðvegi á níu sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2015. Tekin voru fimm hlutsýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).	96
Mynd 102. Styrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í jarðvegi árin 2006, 2010 og 2015 í Reyðarfirði...97	97

Mynd 103. Styrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í lausn úr skoluðum jarðvegi árin 2004, 2005, 2010 og 2015 í Reyðarfirði.	97
Mynd 104. Styrkur klórs ($\mu\text{g/g}$) í lausn úr skoluðum jarðvegi árin 2004-2006, 2010 og 2015.....	98
Mynd 105. Styrkur brennisteins ($\mu\text{g/g}$) í lausn úr skoluðum jarðvegi árin 2004-2006 og 2015.....	99
Mynd 106. Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba á fimm bæjum í Reyðarfirði, Skriðdal og á Héraði. Í öllum tilvikum fjöldi gilda á bak við kassana 5, nema á Hallbjarnarstöðum þar sem einungis fengust 4 hausar af lömbum. Kassarnir innihalda 50% gildanna, frá neðri til efri 25% hlutfallsmarka og strikin út frá kössunum marka meginþorra allra gilda. Svarta línan í miðjunni er miðgildið. Hringir eru skilgreindir útlagar í gögnunum.	101
Mynd 107. Styrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár á Sléttu (n=5) og Hallbjarnarstöðum 2 (n=3). Kassarnir innihalda 50% gildanna, frá neðri til efri 25% hlutfallsmarka og strikin út frá kössunum marka meginþorra allra gilda. Svarta línan í miðjunni er miðgildið.	102
Mynd 101. Staðsetning sýnatökustaða kræklings úr fjöru (K1– K14) og burstaorma (B16) úr botnseti í Reyðarfirði árið 2015 (LMI, 2013a,2013b,2015).....	103
Mynd 102. Lengd kræklings af 14 stöðum í Reyðarfirði árið 2015. Sjá skýringar við mynd. Sjá skýringar við mynd 99.....	105
Mynd 103. Heildarþyngd kræklings af 14 stöðum í Reyðarfirði árið 2015. Sjá skýringar við mynd 99.	105
Mynd 104. Holdþyngd kræklings af 14 stöðum í Reyðarfirði árið 2015. Sjá skýringar við mynd 99.	106
Mynd 105. Styrkur arsens (As) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtagrunni í Reyðarfirði.....	107
Mynd 106. Styrkur kadmíns (Cd) í mjúkvöðva kræklings á votvigtagrunni í Reyðarfirði.....	107
Mynd 107. styrkur kadmíns (Cd) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtagrunni.	108
Mynd 108. Styrkur króms (Cr) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtagrunni.	108
Mynd 109. Styrkur nikkels (Ni) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtagrunni.	109
Mynd 110. Styrkur kopars (Cu) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtagrunni.....	109
Mynd 111. Styrkur kvikasilfurs (Hg) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtagrunni. ...	110
Mynd 112. Styrkur kvikasilfurs (Hg) í mjúkvöðva kræklings í votvigt.	110
Mynd 113. Styrkur blýs (Pb) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtagrunni. Lægstu viðmið Norðmanna og íslensk neyslviðmið eru miklu hærrí en þessar mælingar og því ekki sýnd.	111
Mynd 114. Styrkur sinks (Zn) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtagrunni.....	112

- Mynd 115. Styrkur pyrene (ng/g votvigt) í mjúkvöðva kræklinga árið 2010 og 2015 í Reyðarfirði.....113
- Mynd 116. Styrkur pyrene (ng/g votvigt) í mjúkvöðva kræklinga af 14 stöðum í Reyðarfirði árið 2015. K1-K14 vísar í sýnatökustöðvar 1-14 fyrir krækling.113
- Mynd 117. Styrkur chrysene (ng/g votvigt) í mjúkvöðva kræklinga árið 2015 í Reyðarfirði. Einnig eru sýnd greiningarmörkin árið 2010. Ekki eru sýnd gildi ef styrkur efnisins mælist undir greiningarmörkum árið 2015.114
- Mynd 118. Styrkur chrysene (ng/g votvigt) í mjúkvöðva kræklinga í Reyðarfirði árið 2015. Gildi eru ekki sýnd ef styrkurinn var undir greiningarmörkum. K1-K14 vísar í sýnatökustöðvar 1-14 fyrir krækling.114
- Mynd 119. Styrkur fluoranthene (ng/g votvigt) í mjúkvöðva kræklinga árið 2010 og 2015 í Reyðarfirði. Ekki eru sýnd gildi ef styrkur efnisins mælist undir greiningarmörkum.....115
- Mynd 120. Styrkur fluoranthene (ng/g votvigt) í mjúkvöðva kræklinga í Reyðarfirði árið 2015. Gildi eru ekki sýnd ef styrkurinn var undir greiningarmörkum. K1-K14 vísar í sýnatökustöðvar 1-14 fyrir krækling.115
- Mynd 121. Styrkur 10 PAH efna sem mældust í burstaormum á einni stöð í Reyðarfirði árið 2015 og greiningarmörk fyrir sömu efni árið 2010. Athugið að pyrene er ekki sýnt á mynd en styrkur þess mældist 38,8 (ng/g votvigt).....116
- Mynd 122. Styrkur 14 PAH efna í pípum burstaorma af einni stöð í Reyðarfirði árið 2015 og 2010. Athugið að pyrene er ekki sýnt á myndinni en það efni mældist 320 ng/g votvigt árið 2015.117

Töfluskra

Tafla 1. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2015 aftur til ársins 2006.	13
Tafla 2. Árs- og mánaðarmeðaltöl svifryks* í $\mu\text{g}/\text{m}^3$	17
Tafla 3. Árs-og mánaðarmeðaltöl SO_2 í lofti* í $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19
Tafla 4. Árs- og mánaðarmeðaltöl flúors í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mælingar á síur).....	23
Tafla 5. Ársmeðaltöl og mæligildi rykkennds flúors í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25
Tafla 6. Árs- og mánaðarmeðaltöl dagsmælinga rykkennds PAH í lofti í ng/m^3	27
Tafla 7. Sýrustig í úrkomu, ársmeðaltöl einingalaust (pH).....	29
Tafla 8. Brennisteinsinnihald í úrkomu, ársmeðaltöl í mg/L (F, $\text{SO}_4\text{-S}$) og einingalaust (pH).....	30
Tafla 9. Árs- og mánaðarmeðaltöl flúors í úrkomu (vikusýni) í mg/L.	32
Tafla 10. Styrkur þungmálma ($\mu\text{g}/\text{g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árið 2015 og meðalstyrkur árið 2014. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon 2013).....	63
Tafla 11. Styrkur þungmálma ($\mu\text{g}/\text{g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árið 2015 og meðalstyrkur árið 2014. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon 2013).....	63
Tafla 12. Meðalvöxtur vaxtarsprota (cm) á stafafuru (staðsetning 1-9) og bergfuru (staðsetning 10) frá árinu 2006-2015 á tíu svæðum í Reyðarfirði. Staðalskekkja meðaltalanna segir til um breytileika í vexti fyrir hverja staðsetningu.	82
Tafla 13. Breyttur Hult-Sernander kvarði sem var notaður við þekjumælingar.....	83
Tafla 14. Styrkur PAH í vatnssýnum fyrir árin 2006-2015.....	95
Tafla 15. Meðalstyrkur súlfats (mg/L) í árvatni (W1-W4), neysluvatni (W5-W9) og Grænavatni (W10) í fjórum sýnatökuferðum árin 2010-2015 (tveimur til fjórum sýnatökuferðum fyrir W10).....	95
Tafla 16. Meðalstyrkur basarýmdar (mg CaCO_3/L) í árvatni (W1-W4) og neysluvatni (W5-W9) í fjórum sýnatökuferðum árin 2010-2015.	95
Tafla 17. Yfirlit yfir staðsetningar sýnatökustökstöðva kræklings (K1–K14) og burstaorma (B16), dags sýnatöku, söfnunartíma og hvenær sýni voru unnin. .	104

Viðaukaskrá

- Viðauki 1. Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í stöðvum 2015.
- Viðauki 2. Niðurstöður á efnagreiningum í síum og úrkomu.
- Viðauki 3. Mælingar á PAH-16 og flúor í svifrykksíum.
- Viðauki 4. Samantekt hágilda á flúor og brennisteinstvíoxíði í lofti.
- Viðauki 5. Samanburður veðurfarsþátta í Reyðarfirði og sýnatökudaga sumarið 2015.
- Viðauki 6. Niðurstöður mælinga á flúor, brennisteini og köfnunarefni í grasi fyrir árið 2015
- Viðauki 7. Niðurstöður mælinga á flúor, brennisteini og köfnunarefni í mosa, fléttum og bláberjalaufi fyrir árið 2015.
- Viðauki 8. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, brennisteins og köfnunarefnis í laufum reyniviðar árið 2015.
- Viðauki 9. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, brennisteins og köfnunarefnis í barrnállum árið 2015.
- Viðauki 10. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, brennisteins og köfnunarefnis í rabarbara, kartöflum og salati árið 2015.
- Viðauki 11. Niðurstöður mælinga á styrk þungmálma í rabarbara árið 2015.
- Viðauki 12. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, brennisteins og köfnunarefnis í bláberjum og krækiberjum árið 2015.
- Viðauki 13. Niðurstöður mælinga á styrk flúors, brennisteins og köfnunarefnis í heysýnum árið 2015.
- Viðauki 14. Skrá yfir allar ljósmyndir teknar í Reyðarfirði árið 2015.
- Viðauki 15. Samanburður ljósmynda af fléttureitum árin 2010 og 2015.
- Viðauki 16. Niðurstöður mælinga á ársvexti furu í Reyðarfirði 2015.
- Viðauki 17. Niðurstöður þekjumats og tegundaskráningar í rannsóknarreitum í júlí árið 2015 í Reyðarfirði.
- Viðauki 18. Niðurstöður efnamælinga í vatnssýnum árið 2015.
- Viðauki 19. Niðurstöður mælinga á flúor, klór, brennisteini og fosfór í jarðvegi árið 2015.
- Viðauki 20. Sjónrænt skoðun á búfénaði í Reyðarfirði 2015. Skýrsla dýralæknis og myndaskrá.
- Viðauki 21. Niðurstöður efnagreininga á flúor í kjálkum og sjónræn skoðun tanna og beina í sláturfé sem gekk í Reyðarfirði. Skýrsla dýralæknis 2015.
- Viðauki 22. Niðurstöður efnagreininga á þungmálmum í kræklingi PAH-efnum í kræklingi og botndýrum árið 2015

1 Inngangur

Samkvæmt starfsleyfi Alcoa Fjarðaáls fer reglubundin umhverfisvöktun fram í grennd við álverið í samræmi við vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun (Umhverfisstofnun, 2010; Alcoa Fjarðaál, 2013). Álver Alcoa Fjarðaáls við Reyðarfjörð var gangsett í apríl 2007 og var komið í fulla framleiðslu ári síðar. Grunnrannsóknir fóru fram á svæðinu á árunum 2004-2006, áður en starfsemi álversins hófst og hefur vöktun verið haldið áfram ár hvert síðan þá.

Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi álversins veldur (Umhverfisstofnun, 2010).

Umhverfisvöktuninni árið 2015 er skipt í eftirfarandi verkþætti:

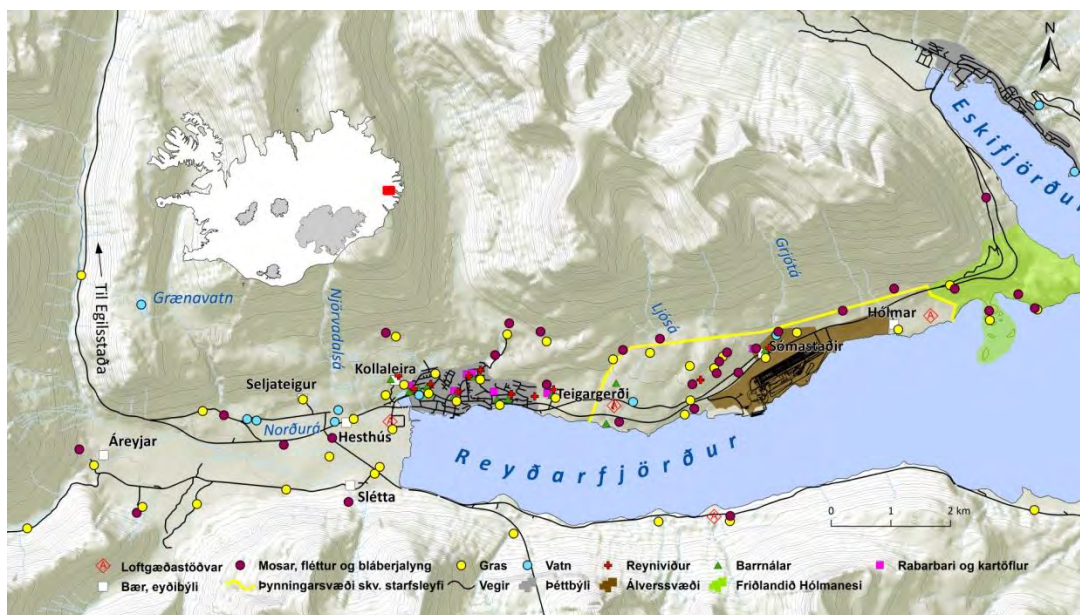
1. Loftgæða- og veðurmælingar
2. Sýnatökur og efnamælingar gróðurs
3. Sjónrænt mat á heilbrigði gróðurs
4. Mælingar á vexti furutrjáa
5. Þekjumat gróðurs og tegundaskráning
6. Sýnatökur og efnamælingar yfirborðsvatns
7. Sýnatöku og efnamælingar jarðvegs
8. Sjónræn skoðun á búfánaði og efnagreiningar og sjónrænt mat á kjálkum sauðfjár
9. Mæling á mengunarefnum lífvera á sjó og fjöru

Árið 2015 sá Náttúrustofa Austurlands um vöktun og sýnatöku á gróðri, vatni, kræklingi og botndýrum en Efnagreiningar, Nýsköpunarmiðstöð Íslands, önnuðust efnagreiningar á gróðri og vatni auk mælinga á loftgæðum og veðurfari. Mælingar á PAH efnunum í kræklingi, botndýrum og vatni voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi. Mælingar á þungmálmum í kræklingi voru framkvæmdar af ALS Scandinavia í Svíþjóð. Mynd 1 sýnir yfirlit yfir alla fasta vöktunarstaði umhverfisvöktunarinnar árið 2015. Ekki eru sýndar staðsetningar sýnatöku á botndýrum og kræklingi né heldur staðsetningar bæja þar sem sýnum af sláturféi var safnað til mælinga á flúor í kjálkum.

Vegna háls styrks flúors í grasi sumarið 2012 voru í samræmi við ákvæði vöktunaráætlunar settar af stað auknar rannsóknir á búfánaði og heyi í Reyðarfirði. Í samráði við Umhverfisstofnun og Matvælastofnun skyldi þessum rannsóknum haldið áfram til og með árinu 2015. Ákvörðun verður tekin um framhald þessara viðbótar-rannsókna á grundvelli þeirra niðurstaðna sem nú liggja fyrir.

Í þessari skýrslu verða birtar niðurstöður úr verkþáttum 1-8 í umhverfisvöktuninni árið 2015. Niðurstöður eru bornar saman við niðurstöður fyrri rekstrarára álversins sem og viðmiðunarmörk þar sem það á við. Í fyrsta kafla þessarar skýrslu er farið yfir bakgrunn og tilgang umhverfisvöktunar álvers Alcoa Fjarðaáls sem og hverjir koma að henni. Í köflum tvö til sjö eru birtar niðurstöður vöktunar á loftgæðum og veðurfari, gróðri, yfirborðsvatni, jarðvegsvatni, búfánaði og set og botndýrum árið 2015. Að lokum eru helstu niðurstöður skýrslunnar dregnar saman. Starfsmenn Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands skrifuðu kafla tvö og fjögur en starfsmenn Náttúrustofu Austurlands annaðist skrif á öðrum köflum. Skýrslunni fylgja 22

viðaukar sem prentaðir eru í sérstakri skýrslu. Þar má finna ítarlegri upplýsingar um umhverfissvöktunina.



Mynd 1. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).

2 Loftgæði

2.1 Inngangur

2.1.1 Loftgæðamælingar í Reyðarfirði

Fjallað er um niðurstöður loftgæðamælinga fyrir árið 2015. Mælingar þessar eru hluti af umhverfissrannsóknnum vegna iðjuvers Alcoa Fjarðaáls á Sómastöðum. Mælingarnar eru unnar af Efnagreiningum, Nýsköpunarmiðstöð Íslands, fyrir Alcoa Fjarðaál hf.

2.1.2 Mælistöðvar og mælipættir

Mælt var á fjórum mælistöðvum, eins og hefur verið gert frá október 2006, þegar stöðvum fjölgaði úr þremur í fjórar. Mælistöðvarnar (1-4) eru annars sem hér segir: Stöð 1 er á Hjallaleiru sunnan og vestan við Búðareyri gegnt gámastöð, stöð 2 er á gamla urðunarstaðnum við Ljósá milli Búðareyrar og Sómastaða, stöð 3 er á Hólum um 1 km austan við bæjarhúsin og stöð 4 er á Miðstrandareyri sunnan fjarðarins gegnt Sómastaðalandinu, þar sem nú er álver Fjarðaáls (Mynd 1).

Mælipættir í lofti eru: Svifryk, flúoríð og brennisteinstvíoxíð. Flúor- og brennisteinstvíoxíðmælar eru sjálfvirkir og frá þeim er skráð meðaltal á tíu mínútna fresti. Flúor er jafnframt safnað á síur, 1 og 5 daga í senn. Svifryki er safnað á 6 daga fresti á síur, sólarhring í senn. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki og PAH sambönd, alls 48 mælingar árlega. Úrkomu er safnað og fylgst

með pH vikulega. Einnig er mælt klóríð, súlfat, og flúoríð í einu úrkomusýni (vikusýni) í hverjum mánuði frá hverri stöð. Vind- og veðurgögnum (10 mín. meðaltöl) er safnað á öllum stöðvum, þ.e. vindátt, vindhraða, hitastigi, rakastigi og úrkomumagni.

2.2 Mælingar og mæliaðferðir

Varðandi mæliaðferð á svifryki og mælingar á flúor og brennisteinstvíoxíði er vísað í handbækur með mælitækjum sem notuð eru og kvörðunarskýrslur (Hermann Þórðarson, 2015). Mælingar eru gerðar í sérhæfðum mælibúnaði sem ætlaður er til þessara nota og uppfyllir skilyrði reglugerðar nr. 251/2002, viðauka XI, um mat á styrk brennisteinsdíoxíðs og svifryks (PM_{10}).

Skilgreiningar

Svifryk PM_{10}	Svifryk í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$, agnir sem eru minni en 10 μm í þvermál.
Svifryk $PM_{2,5}$	Svifryk í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$, agnir sem eru minni en 2,5 μm í þvermál.
Flúor rykkenndur	Sá hluti flúoríðs sem mælist sem rykkennt eða bundið ryki.
F gaskenndur	Sá hluti flúoríðs sem mælist gaskennt og óbundið ryki.
Flúor alls	Summa rykkennds og gaskennds flúoríðs.
Vetnisflúoríð	HF, gaskennt vetnisflúoríð. (Notað sem viðmið í starfsleyfi, þar sem umreikna skal mælt gaskennt flúoríð F sem vetnisflúoríð HF.)
Umhverfismörk	Leyfileg hámarksgildi mengunar sett í því skyni að draga úr eða koma í veg fyrir skaðleg áhrif á heilsu manna og dýra. Umhverfismörk geta átt við umhverfið í heild eða tiltekna þætti þess (s.s. heilsuverndarmörk, gróðurverndarmörk) og tiltekin tímabil (s.s. sólarhring, árstíð eða ár).

Rafræn gögn

Nýtt var gagnasafn af vefsíðu og 10 mínútna grunnmælingar frá sjálfvirkum mælibúnaði eins og þær liggja fyrir á vefsíðunni notaðar sem grunnur fyrir frekari úrvinnslu. Farið er yfir gögnin og vinsað burtu það sem ekki tilheyrir eðlilegri mælingu, svo sem toppar vegna kvarðana, frávik vegna bilana eða prófunar á tækjabúnaði. Neikvæð gildi sem koma fram vegna óvissuflökts í mælingu eru látin standa, enda eðlilegur hluti mælingar. Ef þörf krefur eru gerðar lítilsháttar leiðréttingar á núllstöðu mælinga SO_2 og þær færðar til samræmis yfir árið. Þessar leiðréttingar eru oft innan skammtímagreiningarmarka tækjanna en eru greinanlegar yfir lengri tímabil og geta skipt máli þegar meðalmæligildi eru lág. Gerðar voru lítilsháttar leiðréttingar af þessu tagi á núllstöðu mælinga SO_2 árið 2015.

2.3 Niðurstöður

Samantekt yfir allar niðurstöður loftgæðamæla eftir mánuðum er að finna í viðaukum 1-4.

2.3.1 Veðurgögn og veðurfar ársins

Meðalhiti á Reyðarfirði árið 2015 mældist 4,0°C og meðalvindhraði 4,6 m/s. Hitastigsmeðaltalið var það lægsta í 10 ár og nokkur umskipti frá árinu 2014 þegar veðrið einkenndist af góðviðri.

Tafla 1. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2015 aftur til ársins 2006.

	Ár	Meðalhiti °C	Meðal- vindhraði m/s	Ár	Meðalhiti °C	Meðal- vindhraði m/s
Reyðarfjörður	2015	4,0	4,6	2010	4,1	4,0
allar stöðvar	2014	5,3	4,0	2009	4,6	4,1
	2013	4,3	4,2	2008	4,3	4,2
	2012	4,2	4,4	2007	4,4	5,2
	2011	4,5	4,6	2006	4,7	4,3

Í heild var árið 2015 kalt á landinu sé tekið mið af undanförunum árum, tíðarfar ekki gott og úrkomusamt. Vetrarmánuðir voru kaldir og veðurlag stórgert. Vorið var áfram kalt og gróður tók lítt við sér. Sumarið var víðast kalt og úrkomusamt, þó ekki rétt suðvestanlands þar sem það var að hluta sólríkt og hiti í tæpu meðallagi. Haustið var þó skaplegt, en nokkur umskipti urðu í nóvember með miklum snjó og nokkrum illviðrum undir lok ársins.

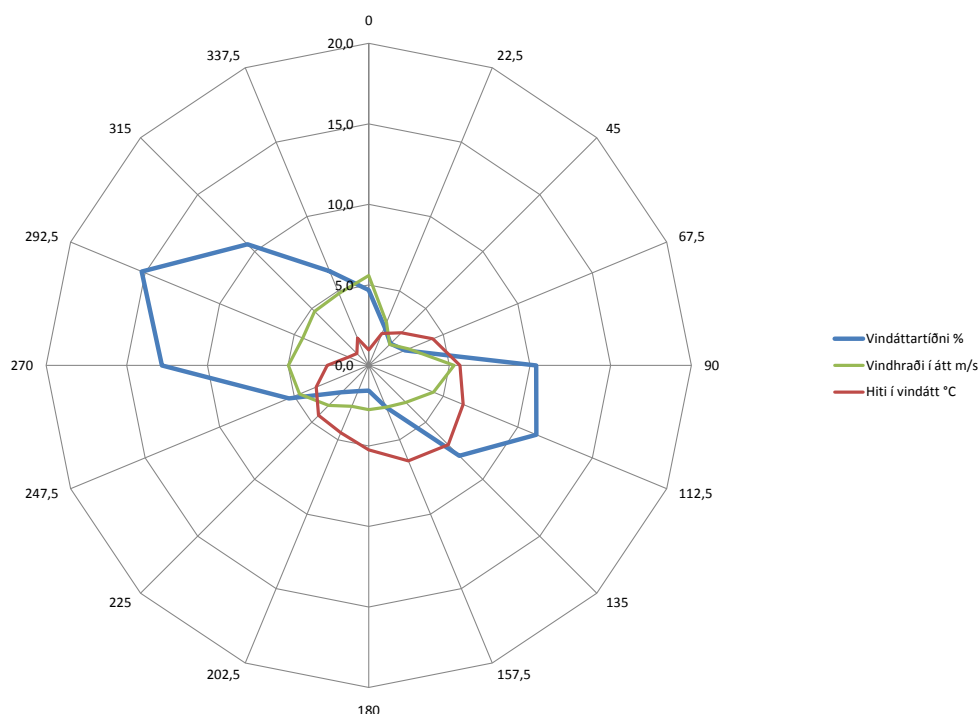
Veðurlýsing ársins (Veðurstofa Íslands, 2015)

Janúar var kaldur, þrálátur snjór, vindáttir óstöðugar og stormasamt en vindhraði þó í meðallagi í heild. Febrúar var kaldur um landið sunnan- og suðvestanvert og víða vestanlands. Úrkomusamt var um nær allt land, umhleyppingasamt og veðurlag nokkuð stórgert og meðalvindhraði óvenjuhár. Mars var illviðra- og úrkomusamur, sérstaklega um landið sunnan- og vestanvert en mun skárri tíð var norðaustan- og austanlands. Mjög kalt var í byrjun apríl og sömuleiðis í síðustu vikunni. Tíð var lengst af hagstæð um landið norðaustan- og austanvert, en síðri annarsstaðar. Mjög kalt var á landinu í maí. Tíðarfar var óhagstætt og gróður tók lítt við sér. Kuldinn var að tiltölu mestur á hálendinu, en þar var hiti allvíða 3-4 stig undir meðallagi síðustu tíu ára. Þurr var vestanlands en talsverð úrkoma á Austfjörðum. Júnímánuður var kaldur en þó nærri meðallagi sé miðað við tímabilið 1961 til 1990. Að tiltölu var kaldast á hálendinu og inn til landsins á Austurlandi en hlýjast um hluta Vesturlands þar sem var hagstæð tíð síðari hluta mánaðarins. Annars var tíðarfar óhagstætt lengst af og gróður tók seint við sér. Þurrviðrasamt var á Vestur- og Norðurlandi. Júlímánuður var mjög kaldur um mestallt land nema á litlu svæði um landið suðvestanvert. Óvenjuþurr var við landið vestanvert og sólríkt suðvestanlands, en úrkoma yfir meðallagi norðaustanlands og austan og sólarlítið. Tíðarfar í ágúst var talið óhagstætt allvíða um landið norðan- og austanvert en

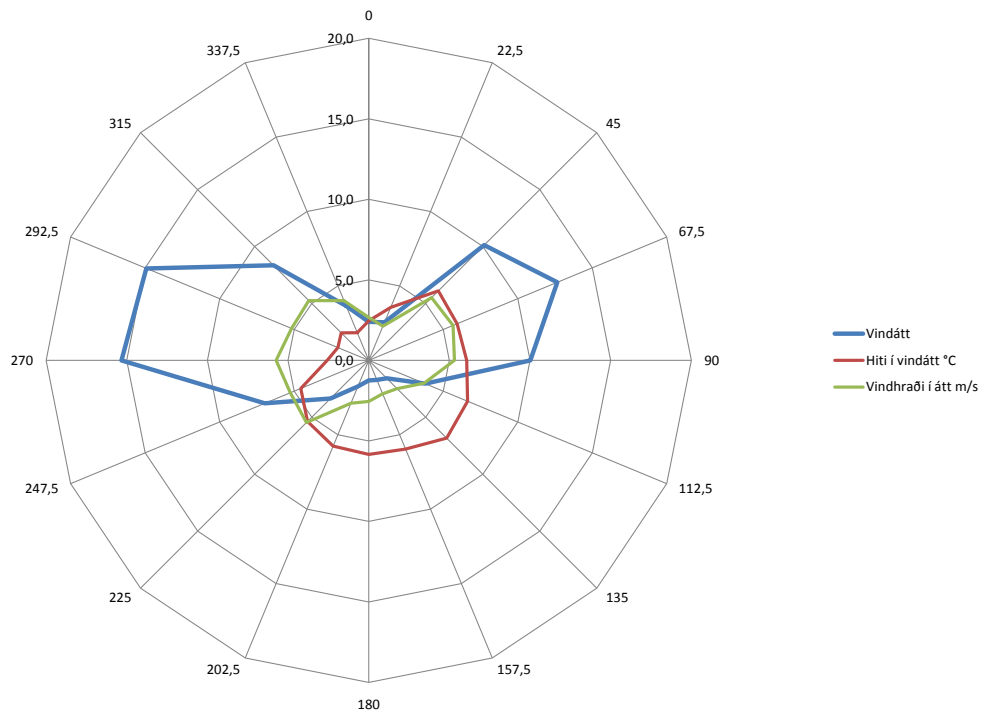
annars skárna. Sérlega úrkomusamt var á norðanverðu Austurlandi. Tíðarfar í september var almennt talið hagstætt á landinu og hlýtt var í veðri í austlægum og suðlægum áttum. Tíð í október var hagstæð um meginhluta landins þótt úrkomusamt í meira lagi þætti um landið suðvestan- og sunnanvert. Hlýtt var á landinu, sérstaklega þó norðaustan- og austanlands með áframhaldandi suðlægum og austlægum áttum. Tíð var lengst af hagstæð í nóvember. Nokkuð skipti um eftir miðjan mánuð, fór að gera kuldaköst en í heild var hiti í mánuðinum nærri meðallagi. Tíð var fremur rysjótt á landinu í desember, snjór var með meira móti framan af mánuði og úrkoma var almennt vel yfir meðallagi.

Vindrós í Reyðarfirði er einkennandi fyrir innlögn og útlögn í firðinum, austan- og vestanáttir eru langalgengastar og ráðandi 75% af tímanum.

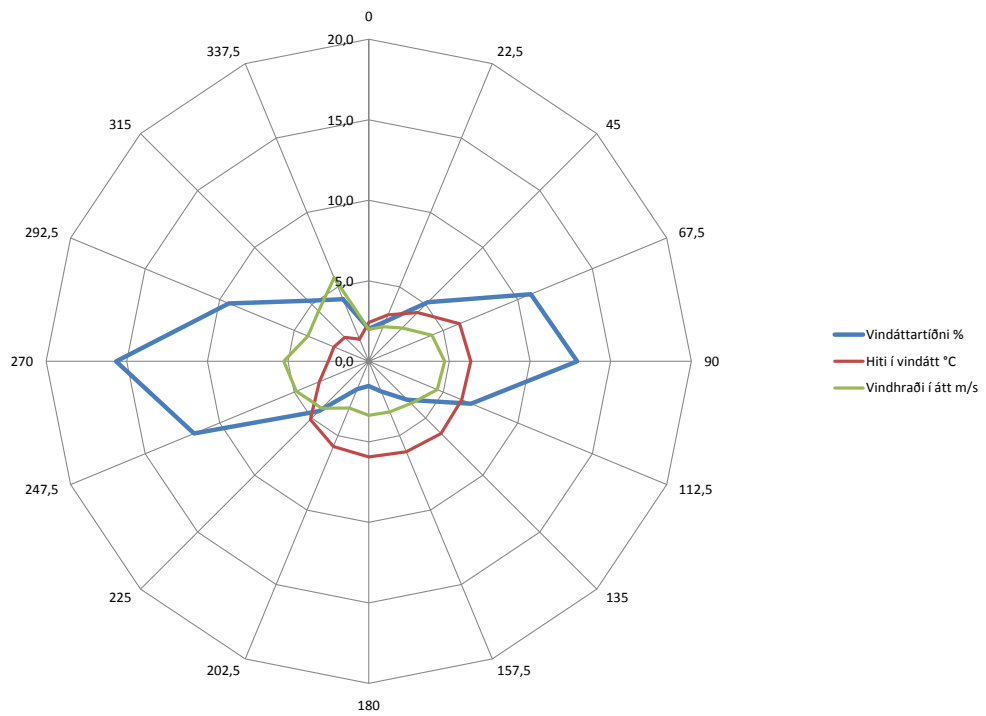
Sjá má vindrósir frá mælistöðvunum fjórum á myndum 2-5 hér undir.



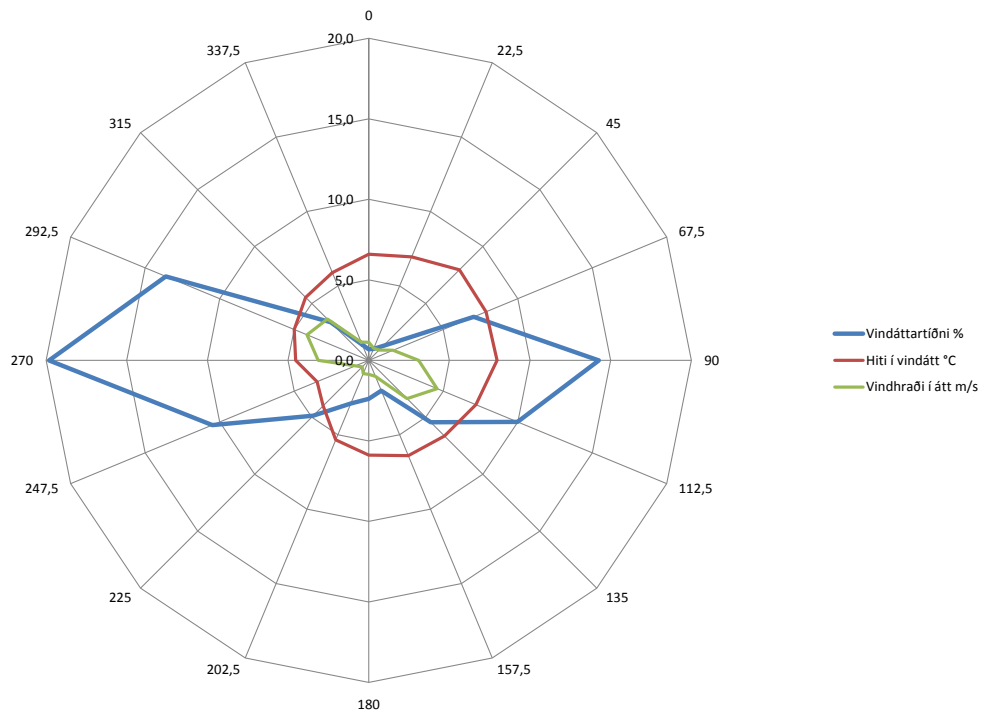
Mynd 2. Vindrós mælistöð 1, Reyðarfirði 2015, allar mælingar (10 mín).



Mynd 3. Vindrós mælistöð 2, Reyðarfirði 2015, allar mælingar (10 mín).



Mynd 4. Vindrós mælistöð 3, Reyðarfirði 2015, allar mælingar (10 mín).



Mynd 5. Vindrós mælistöð 4, Reyðarfirði 2015, allar mælingar (10 mín).

Sjá má að megindrættir eru svipaðir á öllum stöðvum þó vindáttir fylgi svolítið landslagi á hverjum stað. Einnig að jafnan er hlýjast í suðaustanáttinni að meðaltali og álíka hvasst er í innlögn sem útlögn í firðinum. Veðurgögn vantar fyrri hluta ársins frá stöð 4, en hluti tækjabúnaðar og gagnasafnsstöð þeirrar stöðvar var lánaður til Egilsstaða vegna gossins í Holuhrauni.

2.3.2 Svifryk, söfnun á síur (PM_{10} Hi-vol)

Svifryki er safnað á sex daga fresti á síur, sólarhring í senn. Tafla 2, Mynd 6 og Mynd 7 sýna mæld mánaðarmeðaltöl ársins 2015 ásamt ársmeðaltölum stöðvanna árin 2005 til 2015.

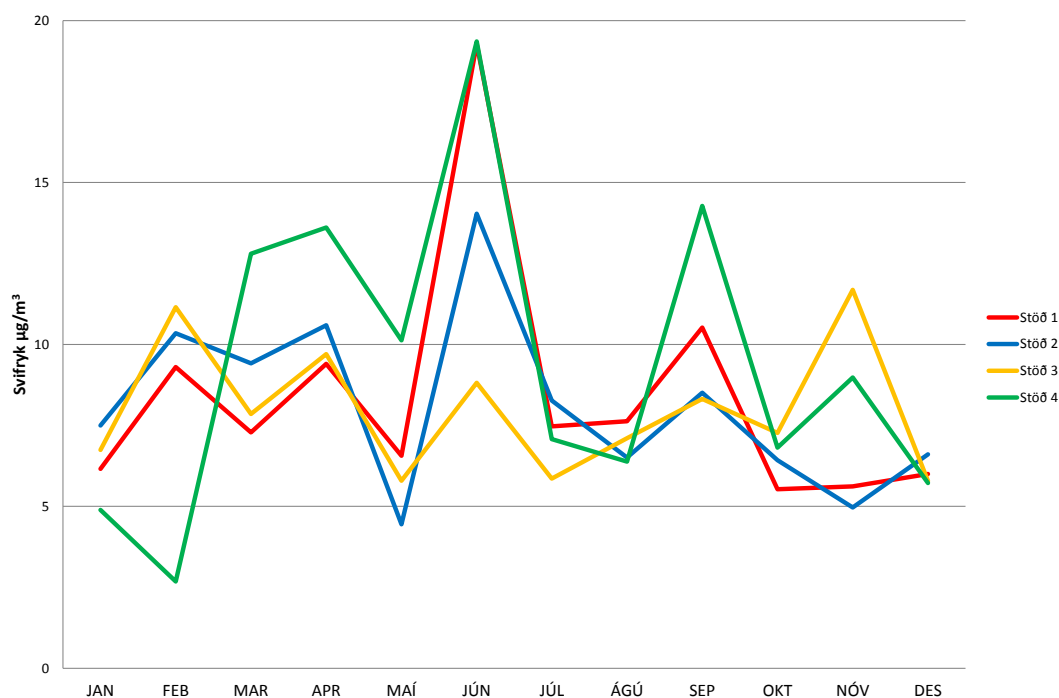
Heildarmeðaltal svifryks 2015 mældist $8,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og var svipað á öllum stöðvum. Þetta er svipað eða ívið hærra en á árabílinu 2009-2013 og töluvert lægra en árið 2014, sem bæði var fremur þurrt ár og með allnokkurri gosmengun á síðara hluta ársins. Dagar þar sem svifryk fór yfir heilsuverndarmörk ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mældust ekki á árinu.

Ekki verða dregnar ályktanir af rykrósum, til þess eru mælingar (dagsgildi) ekki nægilega fíngreinanlegar. Meginuppsprettur ryks koma fram í meginvindáttum sín hvors vegar við hverja stöð en það segir meira til um eindregnar vindáttirnar en rykið. Það raunar gefur helst til kynna að ekki sé ein meginuppspretta ryks á Reyðarfirði. Athyglisvert er að í venjulegu árferði mælist ryk á stöð 1 á Hjallaleiru helst lægst og stöð 3 á Hólumum hæst, þó ekki sé það einhlítt enda munurinn ekki mikill. Líklega á malarvegur sem liggur framhjá stöð 4 á Miðstrandareyri mestan þátt í þeim breytileika sem má sjá á þeirri stöð og háum gildum þar í þurrviðri. En það má helst telja einmitt þurrviðri, sem algengari voru að vorinu og í júní sem valda því að fram kemur heldur meiri svifryksmengun í þeim mánuðum á árinu.

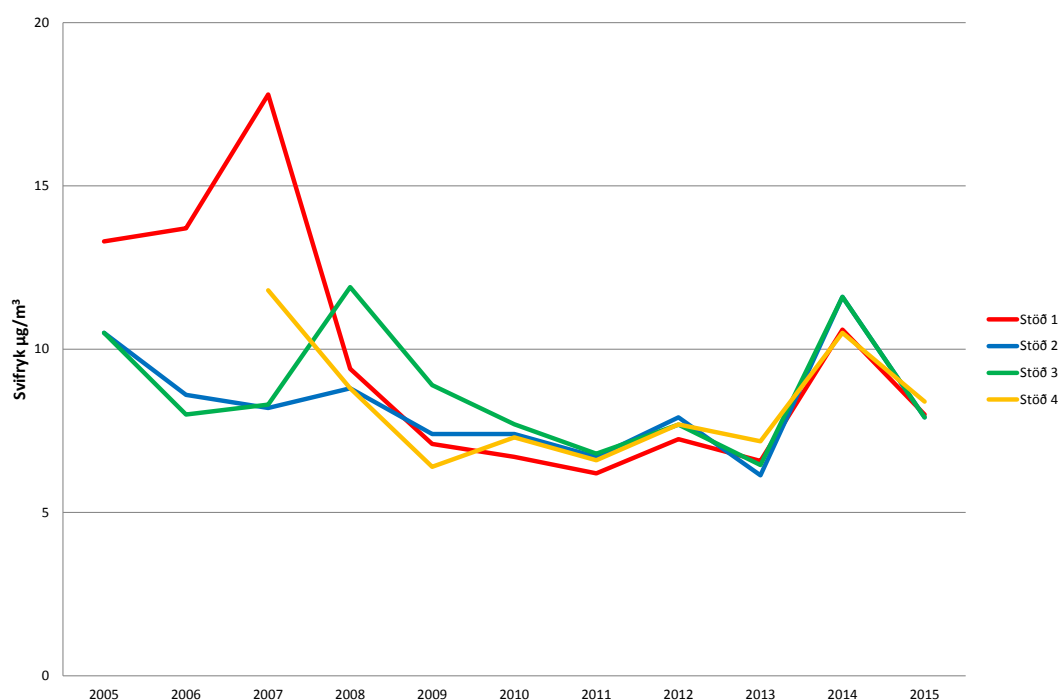
Tafla 2. Árs- og mánaðarmeðaltöl svifryks* í $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2005	13,3	10,5	10,5	
2006	13,7	8,6	8	
2007	17,8	8,2	8,3	11,8
2008	9,4	8,8	11,9	8,8
2009	7,1	7,4	8,9	6,4
2010	6,7	7,4	7,7	7,3
2011	6,2	6,7	6,8	6,6
2012	7,2	7,9	7,7	7,7
2013	6,6	6,1	6,5	7,2
2014	10,6	11,6	11,6	10,5
2015	8,0	7,9	7,9	8,4
2015				
JAN	6,2	7,5	6,7	4,9
FEB	9,3	10,3	11,1	2,7
MAR	7,3	9,4	7,9	(12,8)
APR	9,4	10,6	9,7	(13,6)
MAÍ	6,6	4,4	5,8	10,1
JÚN	(19,3)	(14,0)	(8,8)	(19,4)
JÚL	7,5	8,3	5,9	7,1
ÁGÚ	7,6	6,5	7,1	6,4
SEP	10,5	8,5	8,3	14,3
OKT	5,5	6,4	7,3	6,8
NÓV	5,6	5,0	11,7	9,0
DES	6,0	6,6	5,8	5,7

*Gögn frá heilum mánuðum ekki alltaf fyrirliggjandi, gefið til kynna með sviga



Mynd 6. Svifryk, allar stöðvar 2015.



Mynd 7. Svifryk, ársmeðaltöl 2005-2015.

2.3.3 Brennisteinstvíoxíð í lofti

Tafla 3, Mynd 8 og Mynd 9 sýna mánaðarmeðaltöl ársins 2015 og ársmeðaltöl 2005-2015 fyrir SO₂ í lofti.

Mengun frá gosinu í Holuhrauni var nokkuð áberandi fyrstu tvo mánuði ársins og raunar svipuð og haustið á undan, þó nokkuð hefði dregið úr krafti gossins á þessum tíma, en því lauk 27. febrúar. Heildarmeðaltal ársins á stöðvum 1-3 var 6,4 µg/m³ og er allhátt. Ef skoðað er tímabilið mars-des eftir að gosinu lýkur var heildarmeðaltal brennisteinstvíoxíðs 2,4 µg/m³ sem er mjög svipað og árin á undan. Mynd 9 sýnir ársmeðaltöl á stöðvunum frá árinu 2005. Brotnar línur sýna meðaltölin ef gostímabilið er undanskilið.

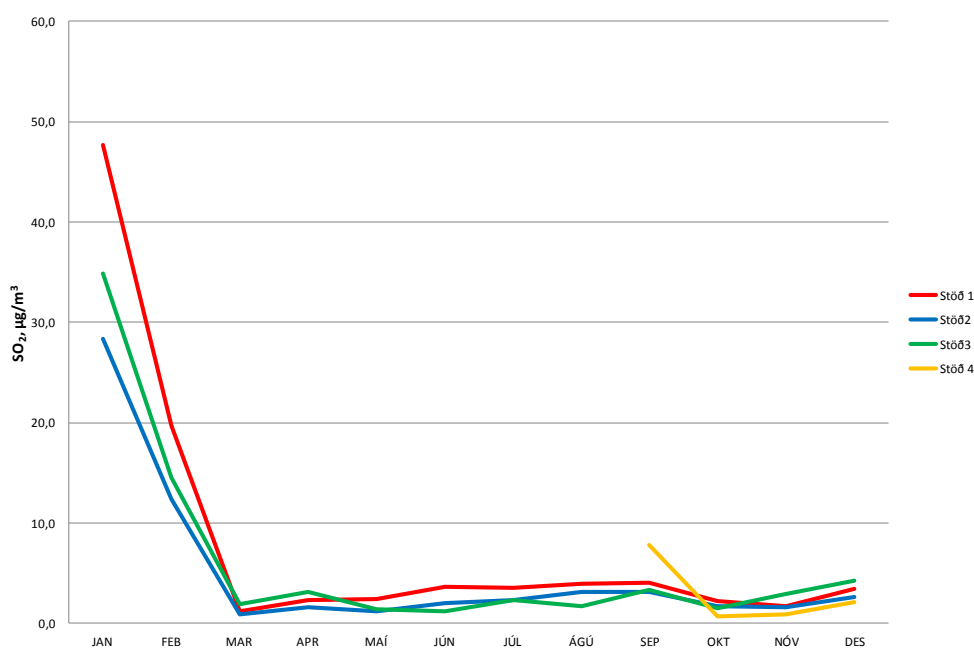
Fjöldmargir dagar fóru yfir gróðurverndarmörk (50 µg/m³) á gostímabiliu, um 7-14 alls eftir því um hvaða stöð var að ræða, en hæstu dagsgildi mældust á bilinu 230-340 µg/m³ þ. 4. janúar á öllum stöðvum. Hæsta dagsgildi utan gostímabilsins mældist 34,2 µg/m³ á stöð 4 þ. 25. september í norðaustan hægviðri eða logni. Þar þétt á eftir kemur mæligildi upp á 32,3 µg/m³ þ. 4. júlí á stöð 1 í hægri austanátt.

Þá gerðist það tugum sinnum að klukkustundargildi fóru yfir heilsuverndarmörk (350 µg/m³). Hæstu klukkustundarmeðaltöl mældust í fyrrihluta janúar, á bilinu 612 til 833 µg/m³ eftir stöð og tíma. Hæstu klukkustundargildi utan gostímabilsins mældust undir heilsuverndarmörkum eða 117 µg/m³ á stöð 4 þ. 25. september í logni og 108 µg/m³ á stöð 1 þ. 4. júlí kl. 9 í hægum suðaustan andvara.

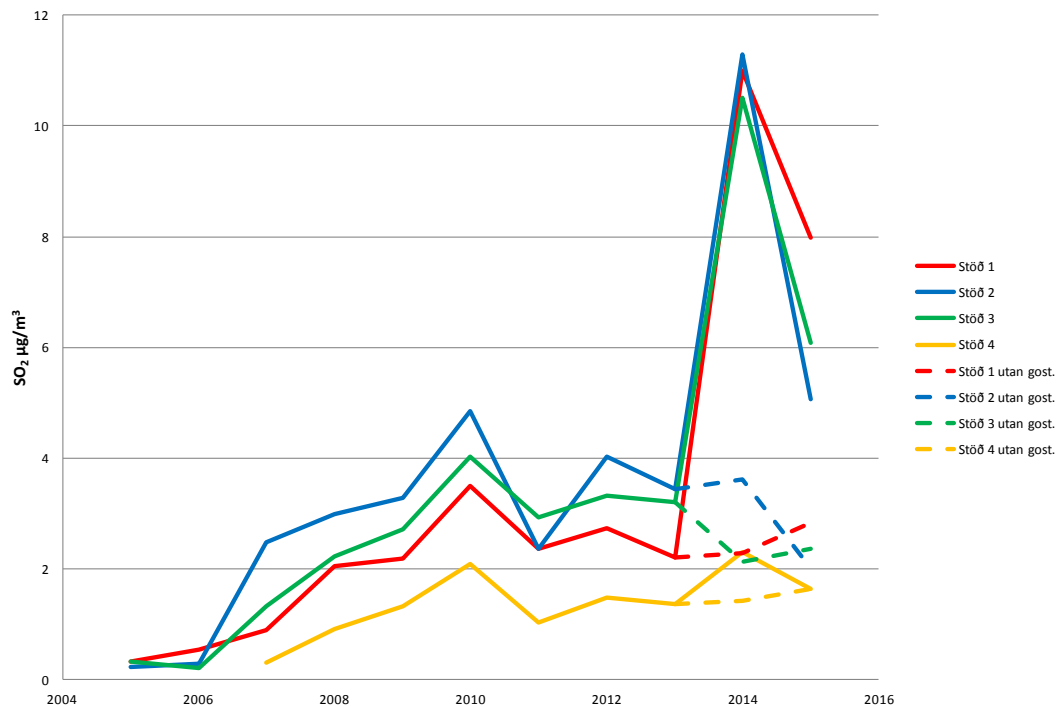
Tafla 3. Árs-og mánaðarmeðaltöl SO₂ í lofti* í µg/m³.

Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2005	0,32	0,23	0,33	
2006	0,55	0,29	0,21	
2007	0,89	2,49	1,32	0,31
2008	2,06	2,99	2,22	0,91
2009	2,18	3,29	2,72	1,32
2010	3,50	4,85	4,02	2,09
2011	2,36	2,36	2,93	1,04
2012	2,73	4,03	3,32	1,49
2013	2,23	3,46	3,23	1,38
2014	11,0	11,3	10,5	(2,3)
2014 (jan-ágúst)	2,29	3,61	2,13	1,42
2015	7,98	5,07	6,08	(2,84)
2015 (mars-des)	2,84	2,01	2,35	(2,84)
2015				
JAN	47,7	28,3	34,9	
FEB	19,7	12,4	14,6	
MAR	1,18	0,85	1,90	
APR	2,33	1,58	3,14	
MAÍ	2,43	1,14	1,39	
JÚN	3,64	2,02	1,23	
JÚL	3,53	2,30	2,27	
ÁGÚ	3,95	3,15	1,69	
SEP	4,06	3,17	3,31	7,76
OKT	2,22	1,66	1,47	0,66
NÓV	1,66	1,65	2,91	0,87
DES	3,39	2,61	4,24	2,07

*Gögn frá heilum mánuðum ekki alltaf fyrirliggjandi, gefið til kynna með sviga

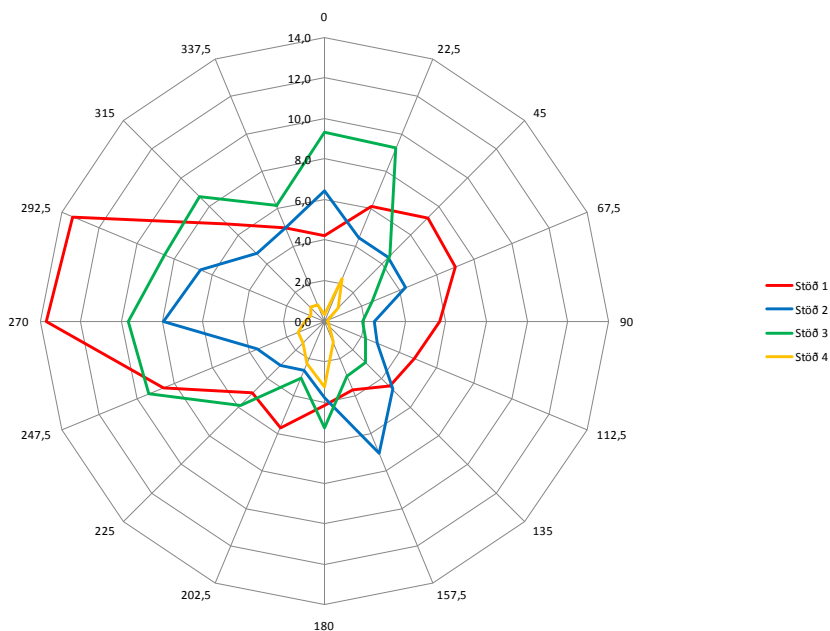


Mynd 8. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2015.

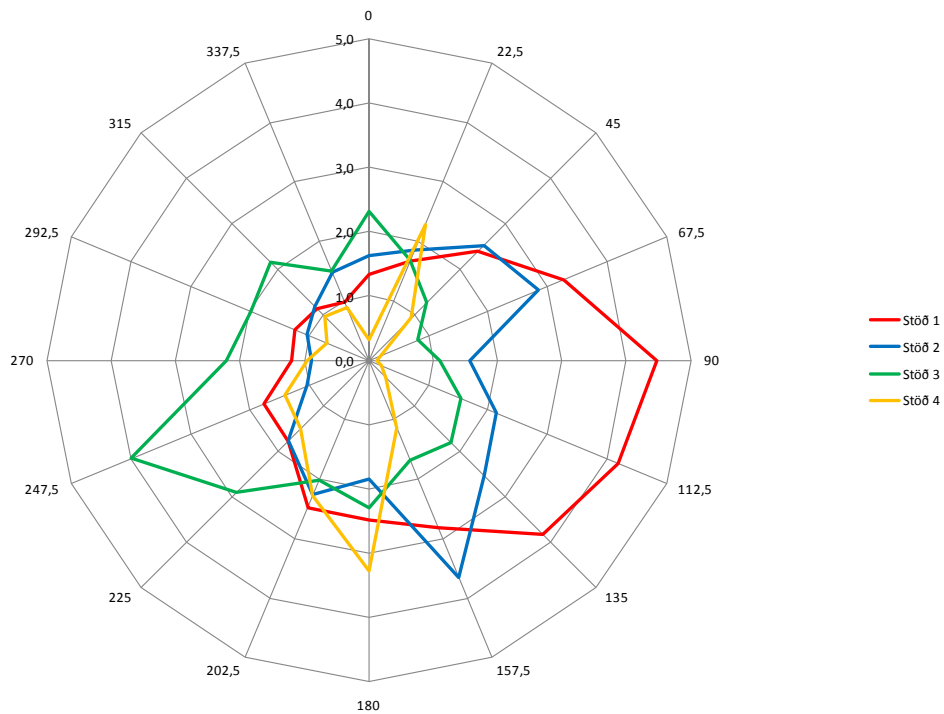


Mynd 9. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005-2015.

Mynd 10 sýnir mæligildi brennisteinstvíoxíðs á öllum stöðvum sem fall af vindátt. Hæstu gildi brennisteinstvíoxíðs mælast í vestanáttum. Einnig má skoða sambærilega mynd (Mynd 11) fyrir tímabilið mars-des eftir að gosi í Holuhrauni lýkur. Þá sést hefðbundnari mynd, með álverið sem meginuppsprettu, há gildi á stöð 1 og 2 mælast í austanáttum en í vestanáttum á stöð 3 og norðnorðaustanátt á stöð 4. Þá eru líka áberandi há gildi sem mælast í hægum sunnanáttum á stöð 2 og 4.



Mynd 10. Brennisteinstvíoxíð SO₂ (µg/m³), sem fall af vindátt 2015, allar stöðvar.



Mynd 11. Brennisteinstvíoxíð SO₂ (µg/m³), sem fall af vindátt mars-des 2015, allar stöðvar.

2.3.4 Flúor í lofti

Mælingar á flúor í lofti eru gerðar með tvenns konar hætti:

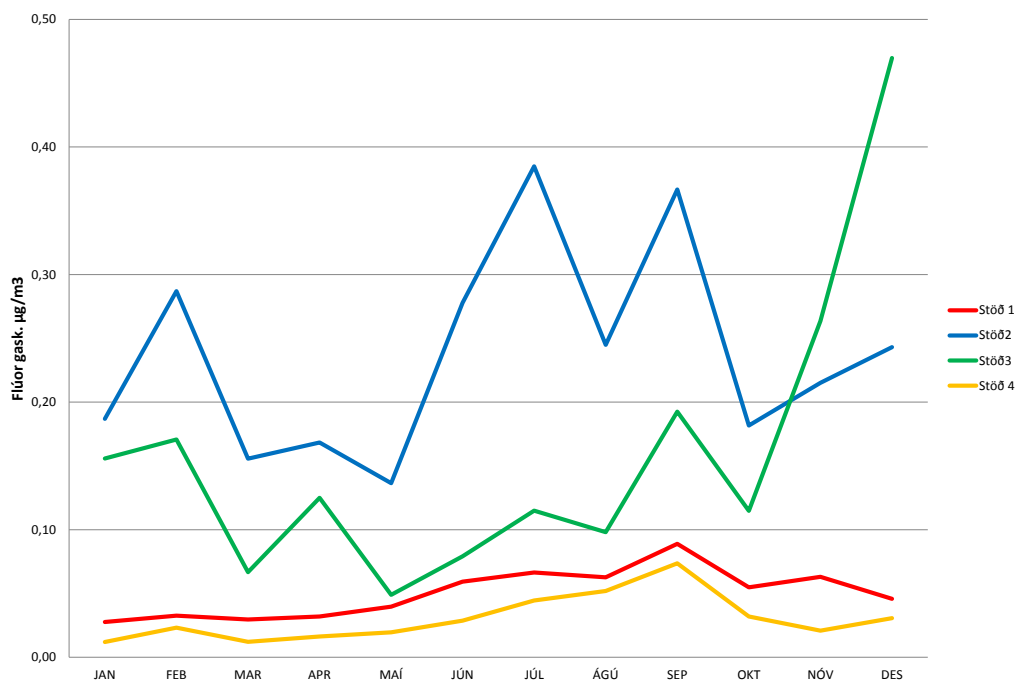
- i) flúor gaskenndur og flúor í ryki í lofti er safnað með sýnatöku á 37 mm síur og eru tekin 1 dags (24 klst. samfelld) og 5 daga sýni (12 mín. á hverri klst.) til skiptis, alls um 110 sýni frá hverri stöð árlega.
- ii) flúor í ryki í lofti er mælt í stórum svifrykssíum (200 x 250 mm) og er safnað á hverja síu í 24 klst á sex daga fresti; í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki, alls 12 sýni frá hverri stöð eða 48 mælingar alls árlega.

i) Flúor í lofti, safnað á 37 mm síur

Meðaltal flúors alls í lofti mældist 0,17 µg/m³ með þessum hætti, og flúor gaskenndur 0,12 µg/m³.

Tafla 4 sýnir niðurstöður fyrir mánaðarmeðaltöl árið 2015, og ársmeðaltöl áranna 2012-2015. Mynd 12 og Mynd 13 sýna mánaðarmeðaltöl fyrir gas- og rykkenndan flúor. Niðurstöður undanfarin þrjú ár eru tiltölulega svipaðar. Flúor er svolítið breytilegur á hverri stöð yfir árið en yfirleitt hæstur á stöð 2, sérstaklega yfir sumartímenn þegar innlögn er algeng í Reyðarfirði. Hæsta einstaka dagsgildi mældist hins vegar á stöð 3 eða $1,95 \mu\text{g F/m}^3$ fyrir gaskennt flúoríð þ. 16. desember í hægu vestankuli.

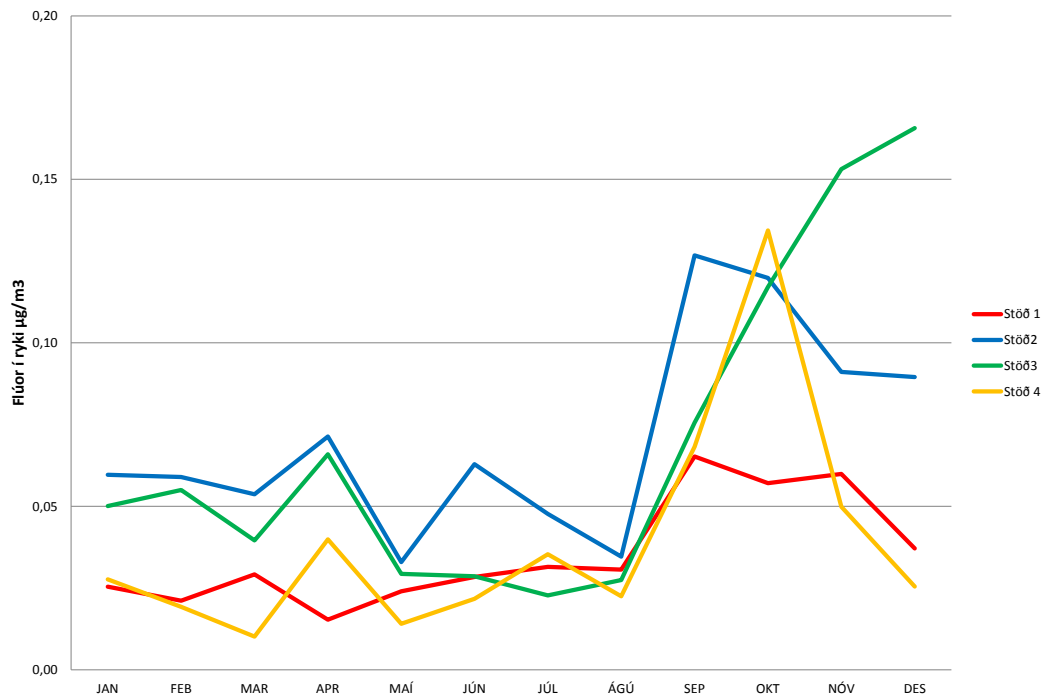
Viðmiðunarmörk í starfsleyfi fyrir gaskennan flúor sem vetnisflúoríð HF eru $0,3 \mu\text{g/m}^3$ meðaltal á tímabilinu apríl-september utan þynningarsvæðis og vetnisflúoríð fer ekki yfir þau mörk. Meðalgildið á stöð 3 er $0,12 \mu\text{g HF/m}^3$ á þessu tímabili. Gildið á stöð 2 er hæst eða $0,28 \mu\text{g HF/m}^3$ en sú stöð er innan þynningarsvæðis.



Mynd 12. Flúor gaskennur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2015 (mælingar á síur).

Tafla 4. Árs- og mánaðarmeðaltöl flúors í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mælingar á síur).

Ár	Stöð 1	Stöð2	Stöð3	Stöð 4
Flúor gas				
2012	0,05	0,13	0,09	0,01
2013	0,04	0,20	0,15	0,02
2014	0,04	0,21	0,12	0,02
2015	0,05	0,24	0,16	0,03
Flúor ryk				
2012	0,04	0,07	0,06	0,02
2013	0,04	0,10	0,08	0,03
2014	0,02	0,06	0,04	0,01
2015	0,04	0,07	0,07	0,04
Flúor alls				
2012	0,09	0,19	0,16	0,03
2013	0,08	0,29	0,23	0,05
2014	0,06	0,27	0,17	0,03
2015	0,08	0,30	0,23	0,07
Flúor gas 2015				
JAN	0,03	0,19	0,16	0,01
FEB	0,03	0,29	0,17	0,02
MAR	0,03	0,16	0,07	0,01
APR	0,03	0,17	0,12	0,02
MAÍ	0,04	0,14	0,05	0,02
JÚN	0,06	0,28	0,08	0,03
JÚL	0,07	0,38	0,11	0,04
ÁGÚ	0,06	0,24	0,10	0,05
SEP	0,09	0,37	0,19	0,07
OKT	0,05	0,18	0,11	0,03
NÓV	0,06	0,22	0,26	0,02
DES	0,05	0,24	0,47	0,03
Flúor ryk 2015				
JAN	0,03	0,06	0,05	0,03
FEB	0,02	0,06	0,06	0,02
MAR	0,03	0,05	0,04	0,01
APR	0,02	0,07	0,07	0,04
MAÍ	0,02	0,03	0,03	0,01
JÚN	0,03	0,06	0,03	0,02
JÚL	0,03	0,05	0,02	0,04
ÁGÚ	0,03	0,03	0,03	0,02
SEP	0,07	0,13	0,08	0,07
OKT	0,06	0,12	0,12	0,13
NÓV	0,06	0,09	0,15	0,05
DES	0,04	0,09	0,17	0,03
Flúor alls 2015				
JAN	0,05	0,25	0,21	0,04
FEB	0,05	0,35	0,23	0,04
MAR	0,06	0,21	0,11	0,02
APR	0,05	0,24	0,19	0,06
MAÍ	0,06	0,17	0,08	0,03
JÚN	0,07	0,33	0,09	0,04
JÚL	0,10	0,40	0,14	0,08
ÁGÚ	0,09	0,28	0,13	0,07
SEP	0,15	0,49	0,27	0,14
OKT	0,11	0,30	0,23	0,17
NÓV	0,12	0,31	0,42	0,07
DES	0,08	0,33	0,64	0,06



Mynd 13. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2015 (mælingar á síur).

ii) Flúor í svifryki

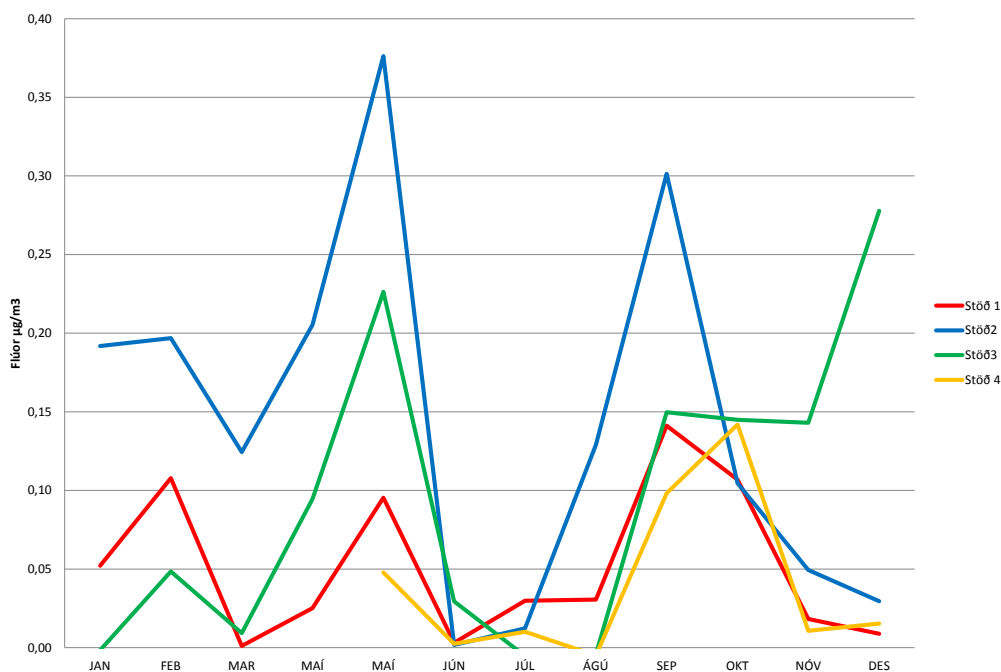
Heildarmeðaltal ársins var $0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tafla 5, Mynd 14 og Mynd 15 sýna niðurstöður mælinga á flúor í svifryki.

Flúor í ryki í lofti er mældur í svifrykssíum, en svifryki er safnað á sex daga fresti í 24 klst á hverja síu. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki, alls 48 mælingar árlega. Allnokkur breytileiki er í þessum mælingum, enda einungis um að ræða 1 dag í hverjum mánuði frá hverri stöð.

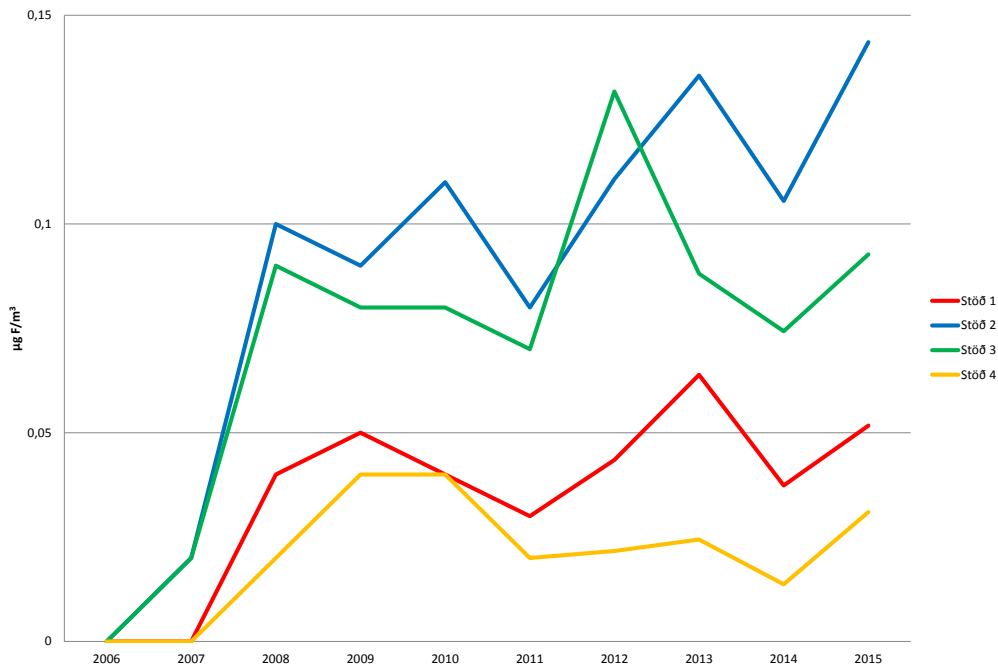
Tafla 5. Ársmeðaltöl og mæligildi rykkennds flúors í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ár/Mán.	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2006	$\leq 0,01$	$\leq 0,01$	$\leq 0,01$	$\leq 0,01$
2007	$\leq 0,01$	0,02	0,02	$\leq 0,01$
2008	0,04	0,10	0,09	0,02
2009	0,05	0,09	0,08	0,04
2010	0,04	0,11	0,08	0,04
2011	0,03	0,08	0,07	0,02
2012	0,04	0,11	0,13	0,02
2013	0,06	0,14	0,09	0,02
2014	0,04	0,11	0,07	0,01
2015	0,05	0,14	0,09	0,03
2015				
JAN	0,05	0,19	0,00	$\leq 0,02$
FEB	0,11	0,20	0,05	$\leq 0,02$
MAR	$\leq 0,02$	0,12	$\leq 0,02$	*
APR	0,03	0,21	0,09	*
MAÍ	0,10	0,38	0,23	0,05
JÚN	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	0,03	$\leq 0,02$
JÚL	0,03	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$
ÁGÚ	0,03	0,13	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$
SEP	0,14	0,30	0,15	0,10
OKT	0,11	0,10	0,14	0,14
NÓV	0,02	0,05	0,14	$\leq 0,02$
DES	$\leq 0,02$	0,03	0,28	0,02

*Sýni vantar



Mynd 14. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2015.



Mynd 15. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2005-2015.

2.3.5 Fjölhringa vetniskolefni (PAH)

Fjölhringa vetniskolefni (vokvetniskolefni) í lofti eru mæld í svifrykssýnum með svipuðu fyrirkomulagi og rykkenndur flúor, þ.e. í svifrykssíum sem safnað er á sex daga fresti í 24 klst á hverja síu. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð eru mæld PAH í ryki, alls 48 mælingar árlega. Mældur var svokallaður PAH18 iðnaðarstaðall (Ospar commission, 2001) fram til 2009 og svo aftur árið 2012 en PAH16 (EPA PAH16) 2009-2011 og 2013-2015. Munur á þessu tvennu er óverulegur í mati á heildarmeðaltali.

Niðurstaða ársins var með lægsta móti (Tafla 6 og Mynd 17). Mynd 16 sýnir mánaðarmeðaltöl fyrir 2015. Þessi efni greinast í litlum mæli og mældust um 0,05 ng/m³ á árinu 2015 að heildarmeðaltali. Ársmeðaltöl á hverri stöð hafa verið í öllum tilfellum undir 0,1 ng/m³ undanfarin fjögur ár.

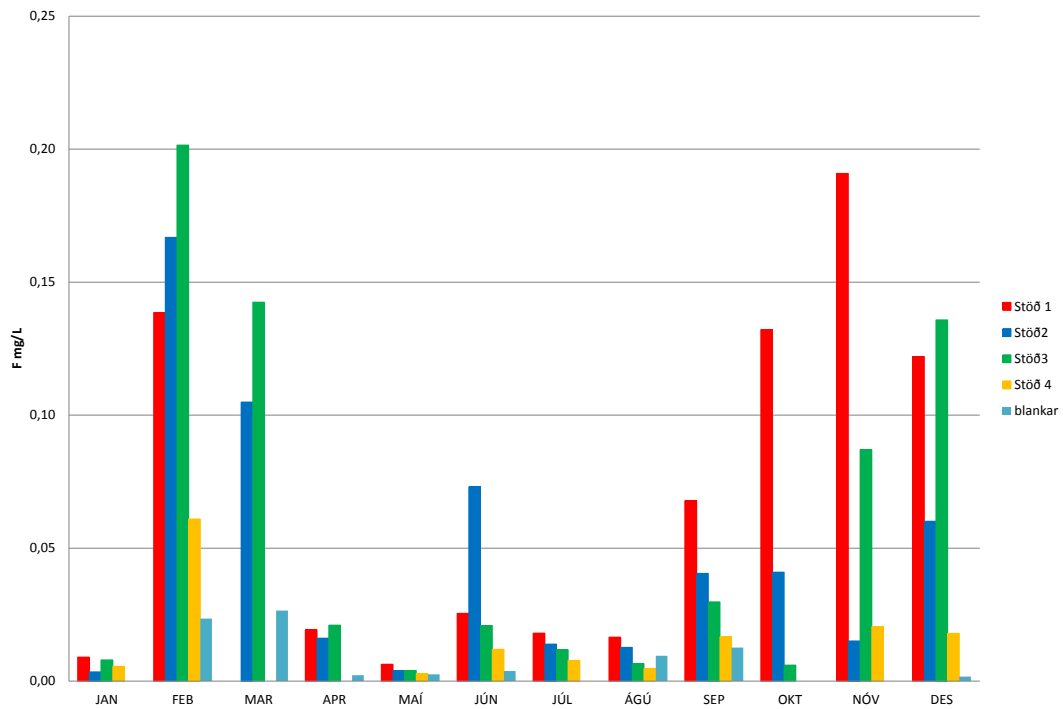
Tafla 6. Árs- og mánaðarmeðaltöl dagsmælinga rykkennds PAH í lofti í ng/m³.

Ár/Mán.	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2006	0,09	0,04	0,09	0,12
2007	0,36	0,17	0,14	0,33
2008	0,09	0,05	0,04	0,04
2009	0,06	0,09	0,07	0,07
2010	0,20	0,11	0,16	0,23
2011	0,17	0,08	0,12	0,05
2012	0,09	0,08	0,07	0,03
2013	0,07	0,05	0,08	0,03
2014	0,08	0,09	0,07	0,03
2015	0,06	0,03	0,04	0,01
2015				
JAN	0,01	0,00	0,01	0,01
FEB	0,14	0,17	0,20	0,06
MAR	MF	0,10	0,14	MF
APR	0,02	0,02	0,02	MF
MAÍ	0,01	0,00	0,00	0,00
JÚN	0,03	0,07	0,02	0,01
JÚL	0,02	0,01	0,01	0,01
ÁGÚ	0,02	0,01	0,01	0,00
SEP	0,07	0,04	0,03	0,02
OKT	0,13	0,04	0,01	ND
NÓV	0,19	0,02	0,09	0,02
DES	0,12	0,06	0,14	0,02

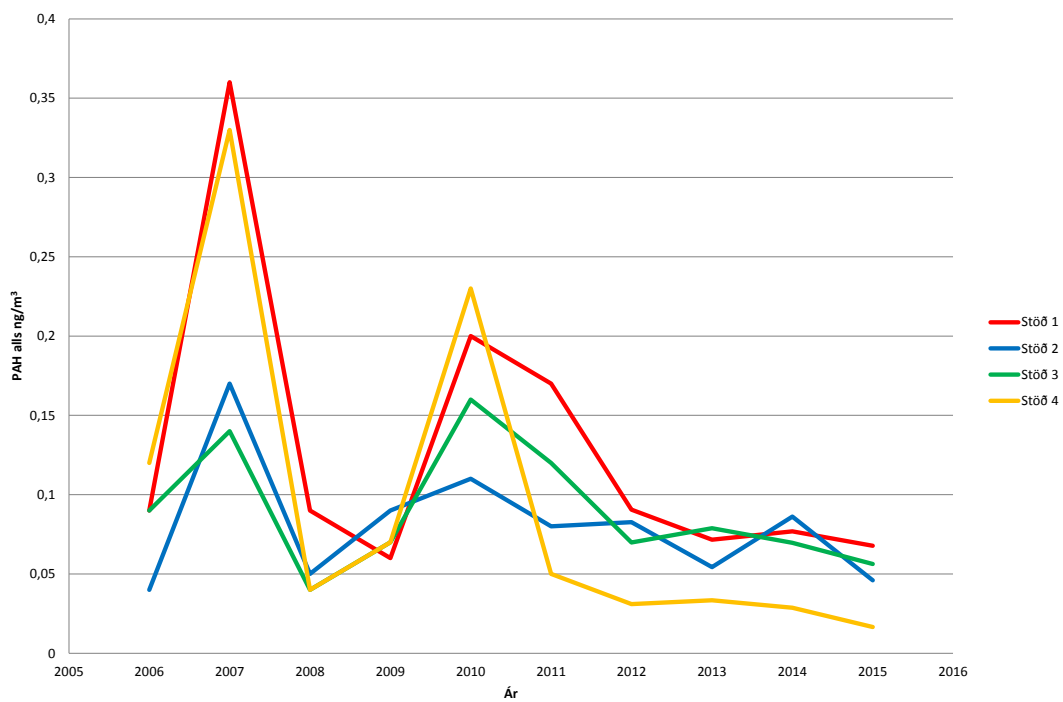
MF = Bilun í búnaði (malfunction). ND = Undir greiningarmörkum (not detected).

Mæligildi eru nokkuð breytileg. Oft eru mæligildi heldur lægri yfir sumartímann, vegna hærra hlutfalls í gasfasa að sumri og einnig vegna sundrunar PAH-efna fyrir áhrif sólarljóss að sumri.

Umhverfismörk fyrir bensó[a]pýren (BaP) eru 1 ng/m³ skv. reglugerð nr. 410/2008. Mæld BaP gildi árið 2015 voru vel undir þeim mörkum. BaP greindist í 7 síum af 44 og reiknaðist hæst í nóvember á stöð 1 eða 0,004 ng/m³. Af öðrum PAH efnum tilteknum í reglugerðinni, þ.e. benzó[a]antrasen, benzó[b]flúoranten, benzó[j]-flúoranten, benzó[k]flúoranten, indenó[1,2,3-cd]pýren og díbenz[a,h]antrasen mælist hæsta gildið 0,030 ng/m³ á stöð 1 í nóvember af benzó[b]flúoranten og benzó[j]flúoranten (mæld saman sem summa).



Mynd 16. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2015.



Mynd 17. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006-2015.

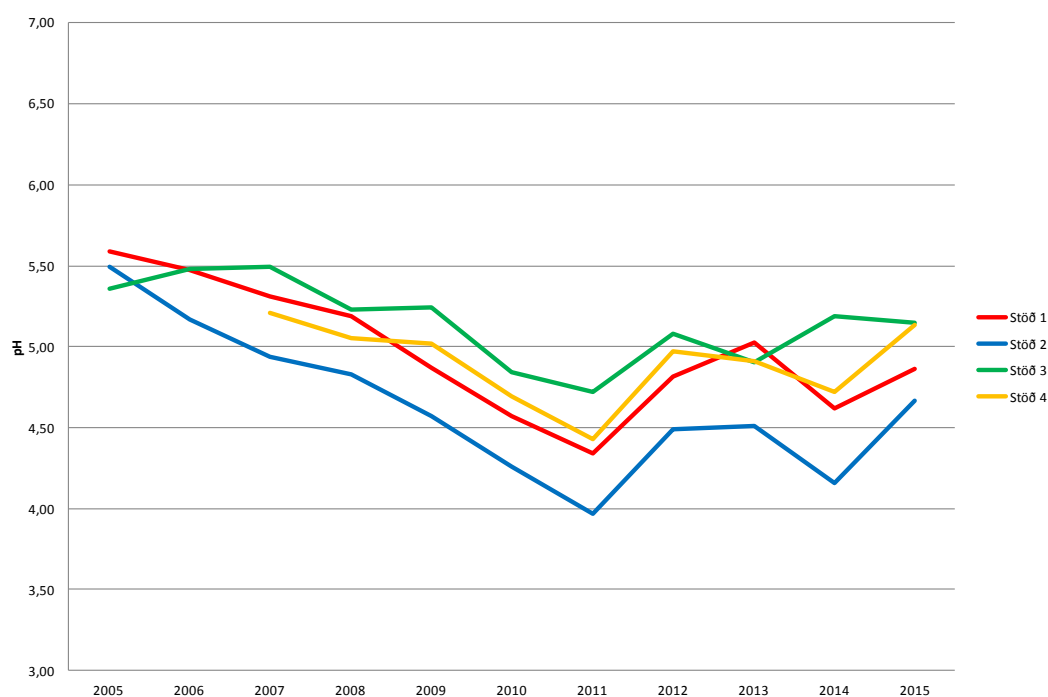
2.3.6 Efnainnihald í úrkomu

Sýrustig í úrkomu

Tafla 7 og Mynd 18 sýna meðaltöl áranna 2005-2015 fyrir sýrustig í úrkomu. Mynd 19 sýnir mánaðarmeðaltöl fyrir 2015.

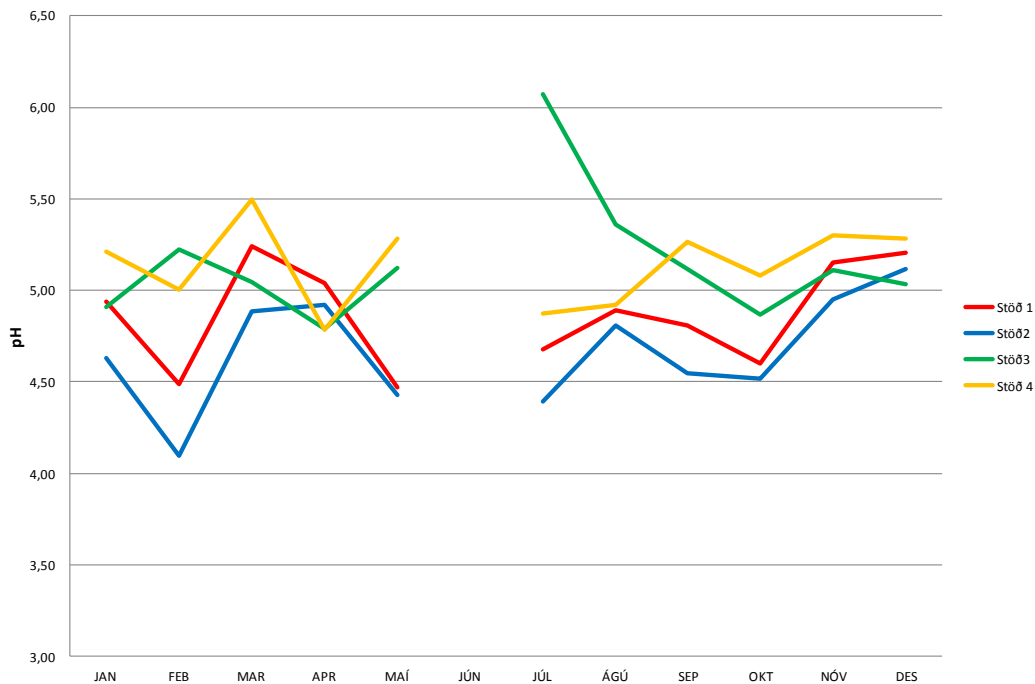
Tafla 7. Sýrustig í úrkomu, ársmeðaltöl einingalaust (pH).

Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2005	5,59	5,49	5,36	
2006	5,47	5,17	5,48	
2007	5,31	4,94	5,49	5,21
2008	5,19	4,83	5,23	5,05
2009	4,87	4,57	5,24	5,02
2010	4,57	4,26	4,84	4,69
2011	4,34	3,97	4,72	4,43
2012	4,82	4,49	5,08	4,97
2013	5,03	4,51	4,90	4,91
2014	4,62	4,16	5,19	4,72
2015	4,86	4,66	5,15	5,14



Mynd 18. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005-2015.

Sýrustig í úrkomu árið 2015 mældist svipað og næstu þrjú ár á undan (Mynd 18). Nokkur súrnun í úrkomu hefur orðið frá upphafi mælinga. Það er líklegt að þetta tengist auknum styrk brennisteinstvíoxíðs og koltvíoxíðs í lofti. Breytingarnar eru nokkuð skýrar og súrnunin er um 0,5-1 pH stig frá upphafi. Helst rignir í suðaustanátt í Reyðarfirði og því gætir mengunar í úrkomu síst á stöð 3. Á Mynd 19 má sjá mánaðarmeðaltöl pH stigs í úrkomusýnum ársins, en úrkomu er safnað í hverri viku frá öllum stöðvum. Engin úrkomusýni söfnuðust í júní á árinu.



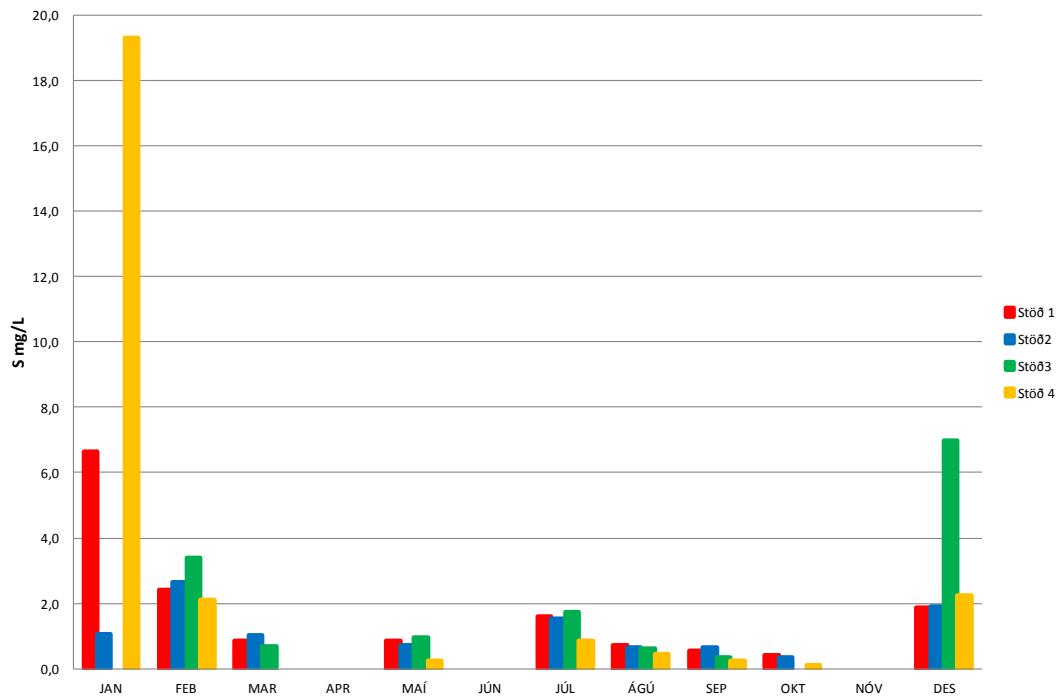
Mynd 19. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2015.

Brennisteinn í úrkomu

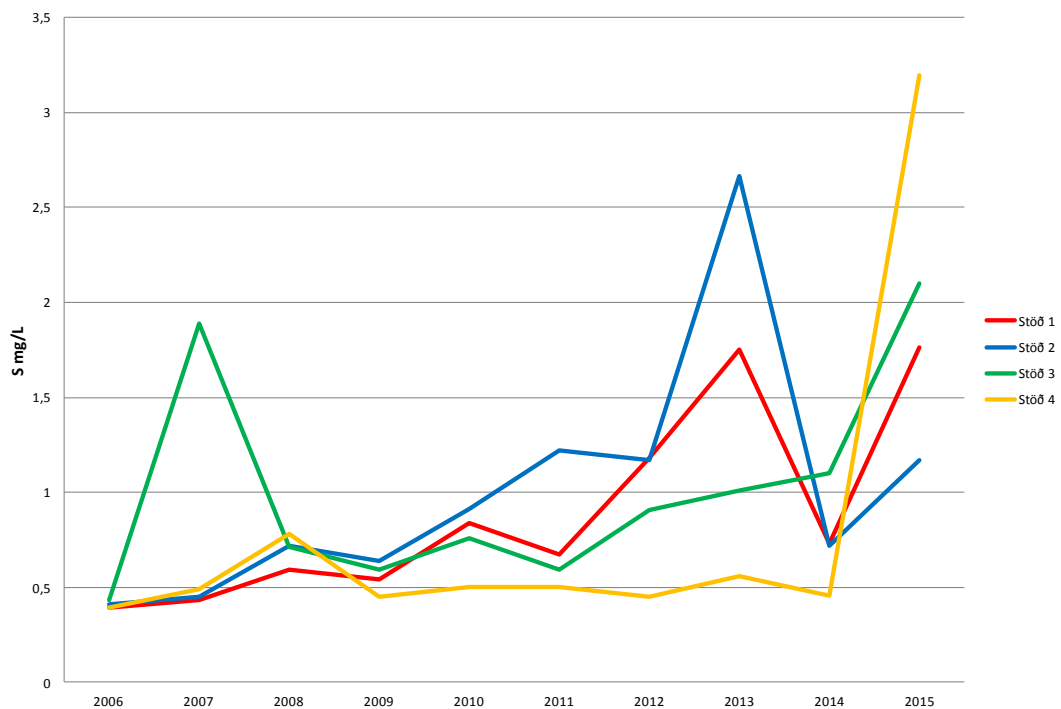
Brennisteinn í úrkomu hækkaði töluvert að meðaltali árið 2015 (Tafla 8 og Mynd 21). Meðalgildi hækkaði í um 2,06 mg/L að meðaltali árið 2015 úr um 0,75 mg/L árið 2014. Að nokkru leyti er hækkunin tilkomin vegna sýna í janúar en þá mátti rekja háan styrk brennisteins í úrkomunni til mengunar frá gosinu í Holuhrauni, þegar rigndi í suðvestanátt sem er reyndar ekki algengt í Reyðarfirði. Oftast rignir í suðaustanátt í Reyðarfirði og áhrif gossins á efnainnihald í úrkomu árið 2014 voru lítil, því sjaldan fór þá saman rigning og gosmengun. Mynd 20 sýnir mánaðarmeðaltöl mælinga á brennisteini í úrkomu fyrir 2015.

Tafla 8. Brennisteinsinnihald í úrkomu, ársmeðaltöl í mg/L (F, SO₄-S) og einingalaust (pH).

Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2006	0,39	0,41	0,43	0,39
2007	0,43	0,45	1,89	0,49
2008	0,59	0,72	0,71	0,78
2009	0,54	0,64	0,59	0,45
2010	0,84	0,91	0,76	0,50
2011	0,67	1,22	0,59	0,50
2012	1,18	1,17	0,91	0,45
2013	1,75	2,67	1,01	0,56
2014	0,73	0,72	1,10	0,45
2015	1,76	1,17	2,10	3,19



Mynd 20. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2015.



Mynd 21. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006-2015.

Flúor í úrkomu

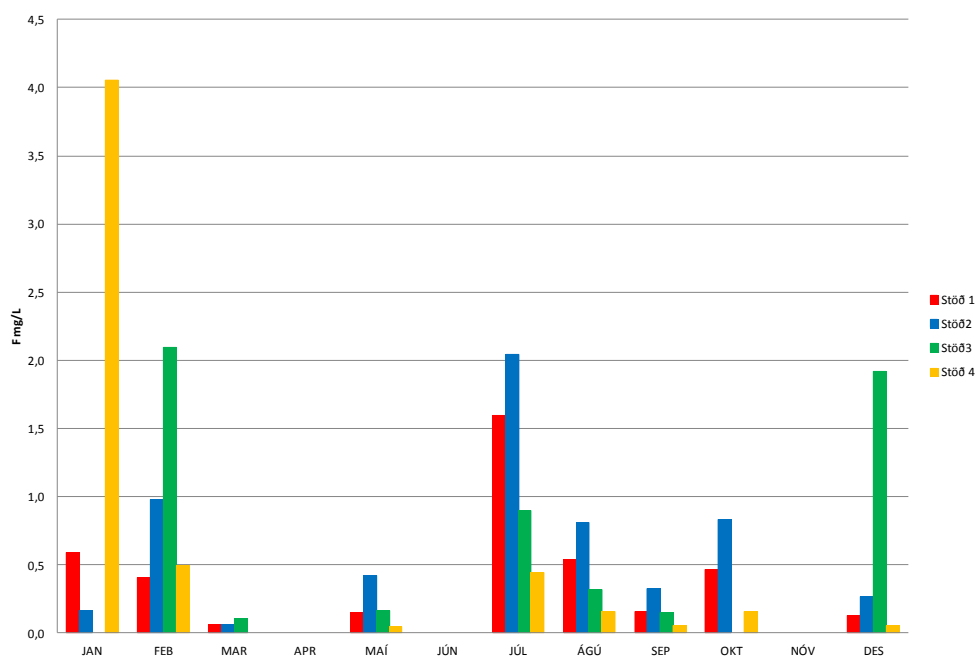
Flúorgildi í úrkomu hækkuðu nokkuð að meðaltali árið 2015 (Tafla 9 og Mynd 23). Mynd 22 sýnir mánaðarmeðaltöl fyrir árið 2015. Ársmeðaltal hækkar í 0,64 mg/L

árið 2015 úr 0,20 mg/L árið 2014. Þessi breyta hefur verið mjög sveiflukennnd undanfarin þrjú ár og var óvenju há árið 2013 eða 1,45 mg/L.

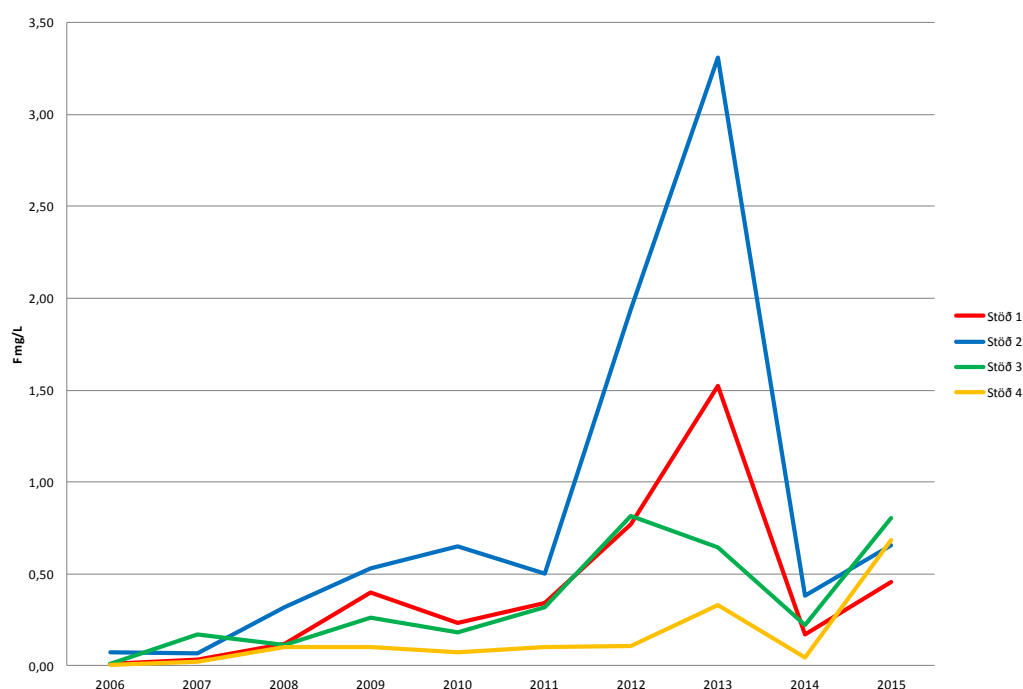
Tafla 9. Árs- og mánaðarmeðaltöl flúors í úrkomu (vikusýni) í mg/L.

Ár/Mán.	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2006	0,01	0,07	0,01	0,00
2007	0,03	0,07	0,17	0,02
2008	0,12	0,32	0,11	0,10
2009	0,40	0,53	0,26	0,10
2010	0,23	0,65	0,18	0,07
2011	0,34	0,50	0,32	0,10
2012	0,77	1,94	0,81	0,11
2013	1,53	3,31	0,64	0,33
2014	0,17	0,38	0,22	0,04
2015	0,45	0,65	0,81	0,68
2015				
JAN	0,59	0,16	ES	4,06
FEB	0,40	0,98	2,10	0,49
MAR	0,06	0,06	0,11	ES
APR				
MAÍ	0,15	0,42	0,16	0,05
JÚN	ES	ES	ES	ES
JÚL	1,60	2,04	0,90	0,44
ÁGÚ	0,54	0,81	0,31	0,15
SEP	0,16	0,33	0,15	0,05
OKT	0,46	0,83	ES	0,16
NÓV				
DES	0,13	0,27	1,92	0,05

ES = Ekkert sýni.



Mynd 22. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2015.



Mynd 23. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006-2015.

3 Efnamælingar í gróðri

3.1 Inngangur

3.1.1 Flúor og gróður

Flúor er almennt talið vera ein skaðlegasta lofttegundin frá álverum fyrir gróður og búfenað (Weinstein, 1983; Weinstein & Davison, 2003). Dreifing og þynning flúors er háð veðurfari og landslagi hverju sinni. Hvas vindur getur aukið þynningu loftborins flúors hratt á meðan sólríkir og lygnir dagar geta valdið því að plöntur verða fyrir miklum staðbundnum mengunaráhrifum í skamman tíma (Weinstein & Davison, 2004). Ríkjandi vindátt hefur mikil áhrif á dreifingu flúors og flúor í gróðri mælist meiri á svæðum undan ríkjandi vindátt en á móti henni (Koblar o.fl., 2011). Dreifing flúors er misjöfn eftir því hvort um flatlendi, dali eða firði er að ræða. Vegna hreyfingar lofts við daglegar hitabreytingar í dölum og fjörðum getur flúor sem berst út í andrúmsloftið þar borist lengra en ef um flatlendi er að ræða (Ongstad o.fl., 1994).

Plöntur verða fyrir breytilegu magni flúors í tíma og rúmi. Flúor (á formi gass og ryks) sest á yfirborð gróðurs í umhverfinu. Það veldur alla jafna ekki eituráhrifum í plöntum fyrr en það berst til innri vefja plöntunnar. Flúor berst inn í vefi plantna í gegnum loftaugu á laufblöðum sem stjórna loftskiptum. Inni í plöntunni leysist flúorinn upp í vatni og ferðast með því að jöðrum laufblaðanna og safnast þar fyrir. Þetta veldur miklum breytileika í styrk flúors innan hvers laufblaðs og skýrir sýnileg einkenni flúorskemmda í gróðri (Weinstein & Davison, 2004).

Uptaka flúors er háð því hversu stór loftaugu plantna eru og hversu mikið þau eru opin og er það breytilegt eftir tegundum. Loftaugu opnast og lokast við breytingar á dagsbirtu, hita- og rakastigi. Veðurfar getur því haft mikil áhrif á hversu mikið magn flúors berst inn í plöntur. Ólíkar tegundir geta vaxið á sama stað og ein tegund getur sýnt mikil einkenni flúorskemmda á meðan önnur sýnir engin einkenni (Weinstein & Davison, 2004).

Plöntutegundir eru mis viðkvæmar fyrir flúor. Til dæmis er það þekkt erlendis að ýmsar furutegundir eru viðkvæmar. Mjög breytilegt getur verið eftir svæðum hversu viðkvæmar einstaka tegundir eru. Ekki er nógu vel þekkt hvaða tegundir eru viðkvæmar við íslenskar aðstæður, en almennt má áætla að um 5% þeirra tegunda er vaxa á afmörkuðu svæði séu viðkvæmar fyrir flúor (Weinstein & Davison, 2004).

Rannsóknir sem gerðar voru í tengslum við norsk álver hafa sýnt að samspil mengunar og umhverfis- og erfðapátta getur haft áhrif á þol sömu tegundar. Þannig getur frostþol plantna minnkað á menguðum svæðum vegna breytinga í vaxtaferli sem leiðir til gróðurskemmda á birki og reyni við uppsöfnun $\geq 100 \mu\text{g/g}$ af flúor í laufblöðum (Vike, 1999).

Flúor flyst ekki milli plöntuhluta að neinu marki og er upptaka flúors úr jarðvegi lítil. Nokkrar tegundir eru þó þekktar fyrir að geta tekið upp mikið magn flúors úr jarðvegi, jafnvel þó styrkur sé lágur. Sú best þekkt er líklegast te en algengar tegundir tes innihalda frá 70-350 $\mu\text{g/g}$ í þurrvig. Íslenskur rabarbari virðist líka taka upp flúor úr jarðvegi og safnast hann fyrir í blöðum (Davison & Weinstein, 2006; Vike, 2005).

Styrkur flúors í blöðum virðist aukast eftir því sem líður á vaxtartíma plöntunnar. Þegar haustar visna lafin flyst flúor í jarðveginn þar sem hann binst áli og kalsíum (Weinstein & Davison, 2004).

Styrkur flúors í gróðri vegna upptöku frá jarðvegi og ryki í ómenguðu umhverfi er minni en 5 $\mu\text{g/g}$ af flúor í þurrvig fyrir flestar tegundir. Einhverjar tegundir, hlutfallslega fáar þó, mælast með bakgrunnsgildi allt að 20 $\mu\text{g/g}$ flúor í þurrvig (Weinstein & Davison, 2004, Guðrún Á. Jónsdóttir o.fl., 2005).

Þó að styrkur flúors í andrúmslofti og í blöðum plantna sé hár þá innihalda ávextir, fræ og rætur mjög lág gildi flúors (Weinstein & Davison, 2004). Niðurstöður rannsókna í Reyðarfirði undanfarin ár styðja það þar sem styrkur flúors í bláberjalyngi og laufum rabarbara hefur mælst hár miðað við bakgrunnsgildi, en styrkur flúors í berjum og stilkum er alla jafna minni en 5 $\mu\text{g/g}$ (Guðrún Óskarsdóttir o.f. 2015, Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2014, 2013, 2012; Kristín Ágústsdóttir o.fl., 2011; Davison o.fl., 2010, 2009).

Styrkur flúors í grasi getur breyst nokkuð hratt samhliða breytingum á veðurfari og magni flúors í lofti. Eins og áður hefur komið fram sest flúor á yfirborð gróðurs á formi gass og ryks. Erlendar rannsóknir benda til þess að rigning geti skolað burt allt að 60% af mældum styrk flúors í gróðri (Vike & Håbjorg, 1995). Þar af leiðandi getur styrkur flúors í gróðri mælst lægri eftir rigningu. Þannig má segja að styrkur flúors í grasi endurspegli veðurfar og magn loftborins flúors dagana á undan sýnatöku á grasi. Því er mikilvægt að skoða meðaltöl fyrir styrk flúors, en einblína ekki á

einstakar mælingar í tíma og rúmi. (Weinstein & Davison, 2004; Franzaring o.fl., 2007). Í viðauka 5 eru veðurfarslegir þættir og tími sýnasöfnunar sumarið 2015.

3.1.2 Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé

Flúor veldur eitrun í búfénaði ef það fer yfir ákveðin mörk en fræðimenn eru ekki sammála um hver séu æskileg viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir einstakar dýra- tegundir. Þó er vitað að hættan á flúoreitrun er breytileg eftir aldri, tegund dýra og ástandi þeirra (Sigurður Sigurðarson, án árs; Weinstein & Davison, 2004).

Á Íslandi er í gildi reglugerð sem segir til um hámarksgildi flúors í heilfóðri (þ.e fullnægjandi dagskammti) fyrir búfénað miðað við 12% rakainnihald. Hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir jörturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé er 50 µg/g en 30 µg/g ef dýrin eru mjólkandi (reglugerð nr. 340/2001; Matvælastofnun 2015). Ekki er minnst sérstaklega á hross í þessari reglugerð og falla þau undir flokk dýra sem eru talin þola 150 µg/g. Í þessari skýrslu eru niðurstöður mælinga á styrk flúors í gróðri settar fram miðað við 0% rakainnihald. Til að niðurstöðurnar séu samanburðar- hæfar við viðmið reglugerðar nr. 340/2001 þarf því að umreikna viðmið hennar. Umreiknuð hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir búfénað miðað við 0% rakainnihald eru: a) 56,8 µg/g fyrir jörturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé en 34,1 µg/g ef dýrin eru mjólkandi og b) 170,5 µg/g fyrir hross.

Í reglugerðinni sem er í gildi á Íslandi er ekki minnst á nein tímamörk. Í Banda- ríkjunum eru hins vegar viðmið fyrir grasbíta breytileg eftir tímalengd. Staðlar í Bandaríkjunum miða við eftirfarandi styrk flúors í fóðri til að vernda alla grasbíta fyrir flúoreitrun (Weinstein & Davison, 2004). Þessir staðlar eru gefnir upp fyrir 0% rakainnihald í fóðri og eru eftirfarandi:

- Meðaltal flúors fyrir 12 mánaða tímabil má ekki fara yfir 40 µg/g
- Meðaltal flúors fyrir 2 mánaða tímabil má ekki fara yfir 60 µg/g
- Meðaltal flúors fyrir 1 mánaða tímabil má ekki fara yfir 80 µg/g

3.2 Aðferðir og sýnatökudagar

3.2.1 Sýnatökuaðferðir og framsetning niðurstaðan

Gerð var grein fyrir sýnatökuaðferðum og meðferð sýna í skýrslu Náttúrustofu Austurlands frá 2005 þar sem fjallað var um grunnvöktun í Reyðarfirði (Guðrún Á. Jónsdóttir o.fl., 2005). Rabarbari, kartöflur og grænmeti var skolað fyrir efnagreiningu. Annar gróður var ekki skolaður. Niðurstöður efnagreininga á grasi eru sýndar sem meðaltal sex mælinga með staðalskekkju. Niðurstöður efnagreininga á rabarbara eru sýndar sem meðaltal þriggja mælinga með staðalskekkju. Öðrum gróðri var safnað í einni sýnatökufurð. Allar niðurstöður flúor-, brennisteins- og köfnunarefnismælinga á gróðri eru gefnar upp miðað við 100% þurrvigt en niðurstöður þungmálmagreiningar á rabarbarasýnum eru gefnar upp miðað við blautvigt.

Breytingar voru gerðar á grassýnatökustöðum árin 2013 og 2014 til að koma til móts við ábendingar og athugasemdir Umhverfisstofnunar, Matvælastofnunar og hestaeigenda. Breytingar felast í því að sumir sýnatökustaðir voru felldir út og öðrum bætt við, einkum í botni Reyðarfjarðar. Í heildina fjölgaði sýnatökustöðum.

Breytingunum er nánar lýst í skýrslum fyrir umhverfisvöktun áráanna 2013 og 2014 (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2014; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2015). Grasi er nú safnað á samtals 34 sýnatökustöðum.

Við kortlagningu á styrk flúors í gróðri á einstökum sýnatökustöðum var gildum skipt í fjóra flokka til að gera betur grein fyrir mögulegum áhrifum á grasbíta:

- <20 µg/g flúor.
- 20-39 µg/g flúor.
- 40-60 µg/g flúor.
- >60 µg/g flúor.

3.2.2 Töluleg úrvinnsla

Parað *t*-próf (e. paired *t*-test) var notað til þess að greina hvort marktækur munur væri á styrk flúors í gróðri milli áráanna 2014 og 2015. Að undangengnum prófum á normaldreifingu var gögnum umbreytt með kvaðratrót eða logra væri þess þörf. Í þeim tilvikum sem ekki tókst að uppfylla skilyrði um normaldreifingu með umbreytingu var Wilcoxon Rank próf notað.

Einþátta ferveikagreining (e. One Way Anova) var notuð til þess að greina hvort marktækur munur væri á styrk brennisteins og köfnunarefnis milli mismunandi svæða innan Reyðarfjarðar.

3.2.3 Sýnatökudagar

Grasi var safnað hálfsmánaðarlega frá júní til ágúst í Reyðarfirði sumarið 2015 (Mynd 24). Alls var 203 sýnum safnað í sex söfnunarferðum. Sýnataka fór fram dagana 8.-9. og 22.-23. júní, 6.-7. og 20.-21. júlí, 5.-6. ágúst og 17.-18. ágúst 2015. Í fyrstu sýnatöku ársins, 8. -9. júní var ekki tekið grassýni á sýnatökustað G29 þar sem grasvöxtur þar var þá kominn mjög stutt á veg og ógerningur að safna sýni.

Gras var klippt með skærum um 3 cm frá grassverði í 10 m radíus frá sýnatökustaðsetningu. Sölnuð blöð voru fjarlægð áður en sýni var komið fyrir í merktum bréfpoka. Sýni voru þurrkuð við 80°C í 24 klst og síðan send til Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands til efnagreiningar á flúor, brennisteini og köfnunarefni.

Mosa (*Racomitrium* spp.), fléttum (*Cladonia* spp.) og blöðum bláberjalyngs (*Vaccinium uliginosum*) var safnað einu sinni á 30 sýnatökustöðum í Reyðarfirði dagana 15.-16. júlí 2015 (Mynd 35, Mynd 40, Mynd 45). Styrkur flúors, brennisteins og köfnunarefnis var mældur í öllum sýnum. Ekki var unnt að safna fléttusýni á sýnatökustað L17 þar sem þar var litlar sem engar fléttur að finna. Þá er orðið að mestu ófært á á vistfræðistöð ST25 vegna þétts gróðurs og var því ákveðið að taka sýni í um 20 m fjarlægð frá sýnatökustaðnum, hinu megin ár.

Einu sýni af **blöðum reynitrjáa** (*Sorbus* sp.) var safnað á 10 sýnatökustöðum 18. ágúst 2015 (Mynd 50). Styrkur flúors, brennisteins og köfnunarefnis var mældur í öllum sýnum.

Tvenns konar sýnum af **barnálum** var safnað á níu söfnunarstöðum þann 12. október 2015. Annars vegar var safnað nývöxnum nálum (frá 2015, táknað CN) og

hins vegar nálum sem uxu árið áður (frá 2014, táknað CP). Styrkur flúors, brennisteins og köfnunarefnis var mældur í öllum sýnum.

Stilkum og laufum rabarbara var safnað einu sinni í mánuði frá júní til ágúst á níu sýnatökustöðum. Alls var 50 sýnum safnað dagana 23. júní, 21. júlí og 25. ágúst (Mynd 59) (rabarbara var einungis safnað í júní á sýnatökustað V9, í júlí og ágúst fannst ekki nóg af rabarbara þar til að taka sýni). Styrkur flúors, brennisteins og köfnunarefnis var mældur í öllum sýnum. Þungmálmarnir kopar (Cu), sink (Zn), arsen (As), kadmíum (Cd), blý (Pb), króm (Cr), nikkell (Ni) og kvikasilfur (Hg) voru mældir einu sinni í síðustu sýnatöku sumarsins í rabarbarablöðum og -stilkum. Þar sem hámarksgildi þungmálma í reglugerð nr. 265/2010 eru gefin upp í blautvigt voru gildi sem sýnd eru í niðurstöðum hér umreiknuð miðað við blautvigt.

Kartöflugrösum og kartöflum var safnað einu sinni á þremur sýnatökustöðum (V1, V2 og V7) þann 25. ágúst 2015, alls sex sýnum (Mynd 63). Einnig var einu sýni af grænkáli og einu af lambhagasalati safnað á sýnatökustað V7 og einu sýni af grænu salati og einu af rauðu salati safnað á V1 þann sama dag. Í öllum sýnum var mældur styrkur flúors og í kartöflusýnunum var einnig mældur styrkur brennisteins og köfnunarefnis.

Bláberjum og krækiberjum var safnað einu sinni á fimm sýnatökustöðum þann 1. september 2015 (Mynd 67). Styrkur flúors, brennisteins og köfnunarefnis var mældur í öllum sýnum.

Heysýnum var safnað dagana 19. og 20. október 2015, alls var 13 sýnum safnað frá 12 túnum í Reyðarfirði (Mynd 71). Áhersla var lögð á að safna sýnum af sem flestum túnum á svæðinu. Jafnframt var leitast við að safna heysýnum af sömu túnum og haustið 2014. Almennt voru þó færri sýni tekin árið 2015 en fyrri ár enda var grassprettan með lélegri móti sumarið 2015 og í mörg tún bara slegin einu sinni yfir sumarið. Sýni voru tekin á túnum sem hesteigendur heyja, frá Sléttu og frá Áreyjum.

Við sýnatöku voru plastaðar heyrúllur opnaðar með hníf og heysýni togað út. Að lokinni sýnatöku var límt fyrir heyrúlluna. Á Áreyjum voru sýni tekin úr böggum sem geymdir voru innandyra. Sýnum var safnað í merkta bréfpoka og þau þurrkuð í blástursofni við 80°C í 24 tíma innan sólarhrings frá söfnun. Styrkur flúors, brennisteins og köfnunarefnis var mældur í öllum sýnum. Allar niðurstöður eru gefnar upp miðað við 100% þurrvigt heys.

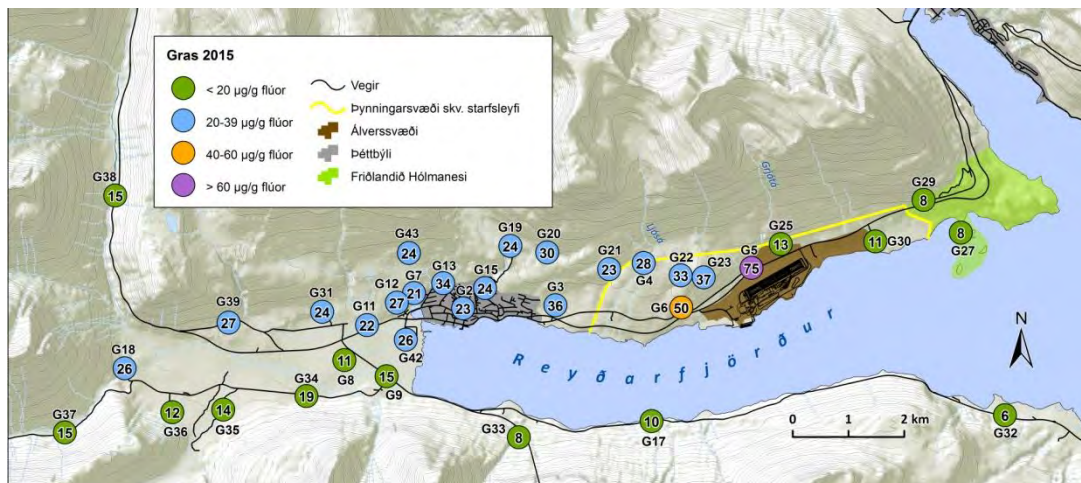
Vetrarhey. Auk þess að safna sýnum beint úr óopnuðum heyrúllum eða heyböggum hafa sýni einnig verið tekin af heyi sem sett er út fyrir hross yfir vetrarmánuðina til að kanna hvort flúor safnist upp í því á meðan það stendur úti. Fjórum heysýnum sem sett voru út fyrir hross var safnað 26. janúar 2016. Sýnunum var safnað við Sléttu, Áreyjar, Seljateigshjáleigu og skúr Vegagerðarinnar við Njörvadalsá. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum. Allar niðurstöður eru gefnar upp miðað við 100% þurrvigt heys.

3.3 Niðurstöður

3.3.1 Gras

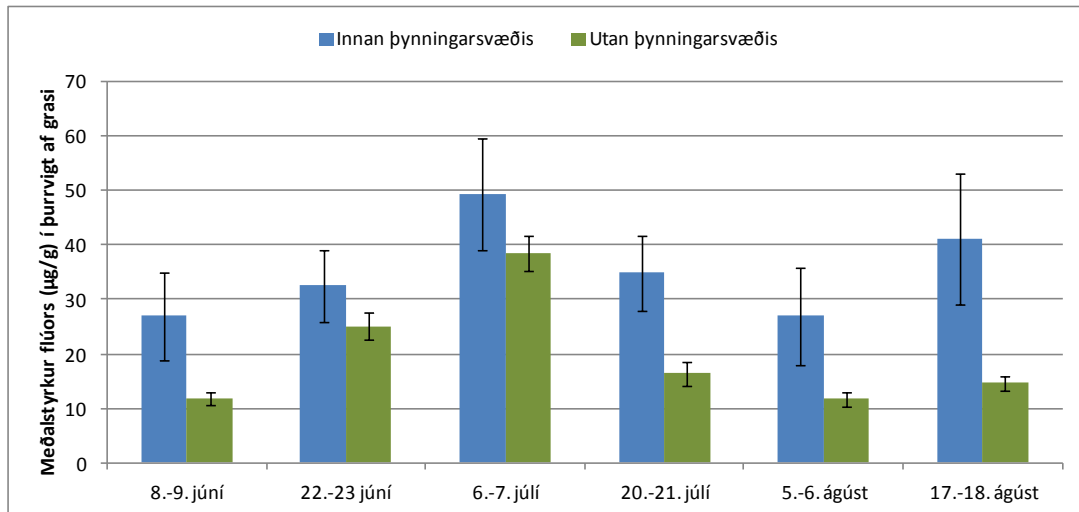
3.3.1.1 Flúor

Hæsti styrkur flúors sumarið 2015 var 92,2 $\mu\text{g/g}$ á sýnatökustað G5 í seinustu sýnatökuferð sumarsins. Á sýnatökustað G5 mældustu oftast hæstu gildi flúors eða í fimm sýnatökuferðum af sex en í einni sýnatöku mældist hæsta gildið á G6. Sýnatökustaðir G5 og G6 eru báðir innan þýnningarsvæðis álversins (Mynd 24).



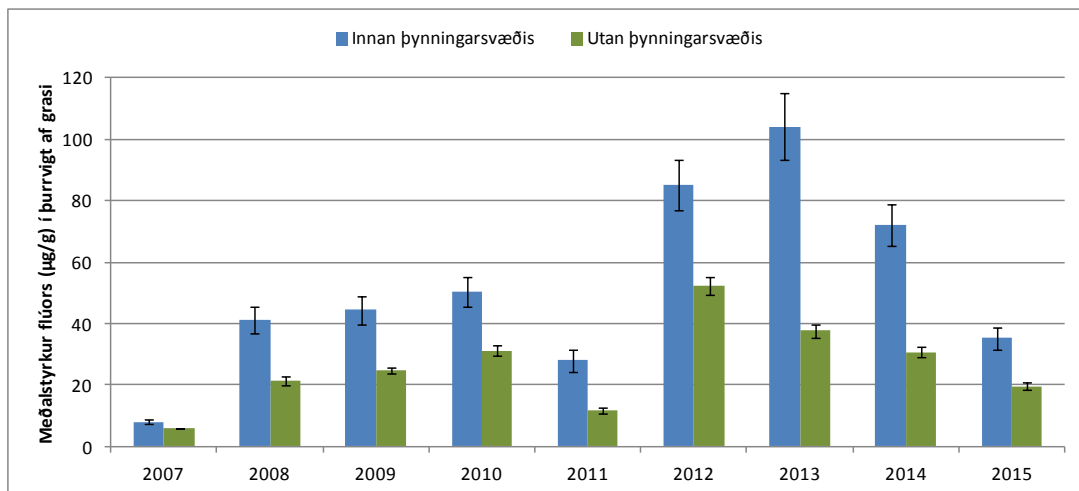
Mynd 24. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).

Meðalstyrkur flúors í grasi í Reyðarfirði mældist á bilinu 11-39 $\mu\text{g/g}$ utan þýnningarsvæðis og á bilinu 27-49 $\mu\text{g/g}$ innan þess í einstaka sýnatökum sumarsins 2015. Styrkurinn mældist hærri innan þýnningarsvæðis álversins en utan þess í öllum sýnatökuferðum sumarsins (Mynd 25).



Mynd 25. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökugerðum frá júní til ágúst 2015.

Samkvæmt t-prófi var meðalstyrkur flúors marktækt lægri ($p < 0,05$) árið 2015 en árið 2014 (Mynd 26). Gerðar voru breytingar á sýnatökustöðum sumrin 2013 og 2014 og ársmeðaltöl flúors í grasi árin 2013-2015 eru því ekki fullkomlega samanburðarhæf við fyrri ár þó árin 2014 og 2015 séu samanburðarhæf.



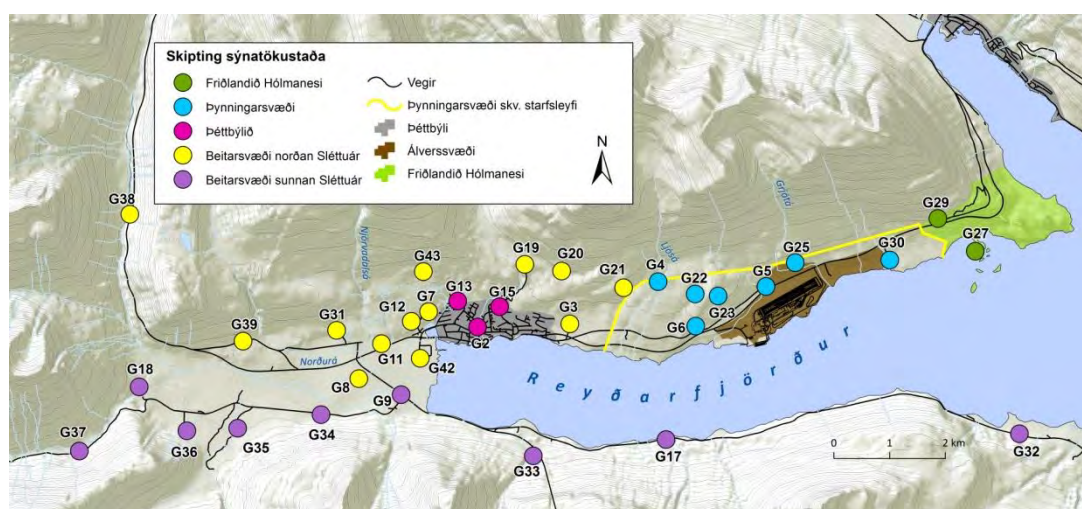
Mynd 26. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði eftir árum frá 2007 til 2015. Fjöldi sýnatökustaða 2007-2012 ($n=30$), 2013 ($n=41$) og 2014-2015 ($n=34$).

Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2015 utan þyningarsvæðis var $20 \mu\text{g/g}$ sem er undir mörkum sem sett eru fyrir hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir jórturdýr ($56,8 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) og einnig undir mörkum fyrir mjólkandi jórturdýr ($34,1 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald). Ef horft er á einstaka sýnatökustaði var meðalstyrkur flúors í grasi fyrir sumarið 2015 yfir hámarksgildum fyrir mjólkandi jórturdýr á einum stað utan þyningarsvæðis. Það var vestan við mörk þyningarsvæðis, við

Teigagerði á stöð G3 (Mynd 24). Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2015 innan þynningarsvæðis var 35 µg/g.

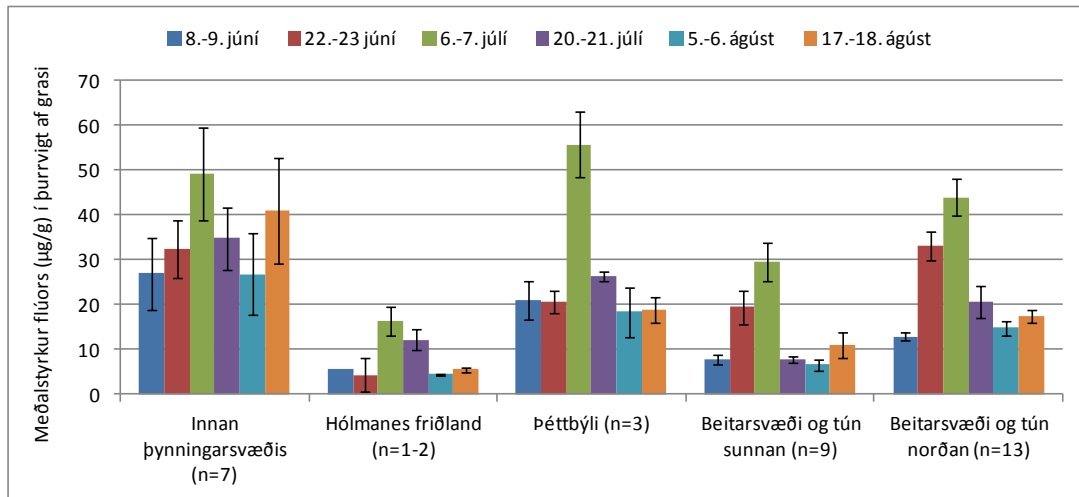
Til að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors dreifist utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á grasi skipt í fimm svæði (Mynd 27):

1. Innan opinbers þynningarsvæðis skv. starfsleyfi, samtals sjö sýnatökustaðir.
2. Friðlandið og fólkvangurinn í Hólmanesi, samtals tveir sýnatökustaðir.
3. Þéttbýli, samtals þrjár sýnatökustaðir.
4. Möguleg beitarsvæði og tún norðan sauðfjárveikivarnarlínu við Sléttuá, samtals 13 sýnatökustaðir.
5. Möguleg beitarsvæði og tún sunnan sauðfjárveikivarnarlínu við Sléttuá, samtals níu sýnatökustaðir.



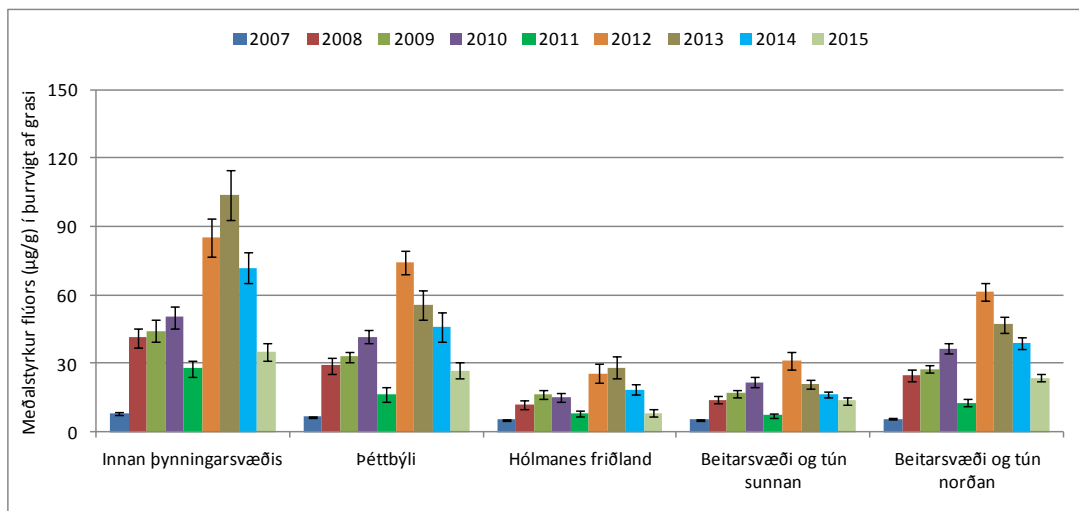
Mynd 27. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2015 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015)

Hæsti meðaltalstyrkur flúors í hverri sýnatöku mældist oftast innan þynningar-svæðis en í tveimur sýnatökum mældist meðalstyrkurinn þó örlítið hærrí í þéttbýlinu annars vegar og á beitarsvæðum norðan fjarðar hins vegar. Lægstu gildin mældust alltaf á beitarsvæðum og túnnum sunnan fjarðar og á Hólmanesi (Mynd 28). Hæstu meðalgildi ársins innan hvers svæðis mældust í þriðju sýnatöku ársins, þann 6.-7. júlí á öllum svæðum. Lægstu meðalgildi ársins innan hvers svæði var hins vegar lægstur á nær öllum svæðunum mánuði seinna, í næstsíðustu sýnatöku ársins (Mynd 28). Meðalstyrkur flúors í grasi yfir sumartímann lækkaði á öllum svæðum milli árána 2014 og 2015 (Mynd 29).



Mynd 28. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekkju) sumarið 2015, skipt upp eftir svæðum.

Dreifingarmynstur flúors í grasi var svipað og undanfarin ár. Hæstu gildin mældust næst álverinu, vestan megin. Styrkur flúors í grasi lækkaði svo með aukinni fjarlægð frá álveri til vesturs. Lægstu gildin mældust austan og sunnan megin við álverið sem má rekja til þess að loftborinn flúor berst að miklu leyti með ríkjandi vindátt til vesturs frá álverinu.



Mynd 29. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir ólíkum svæðum í Reyðarfirði árin 2007 til 2015. Fjöldi sýnatökustaða 2007-2012 ($n=30$), 2013 ($n=41$) og 2014-2015 ($n=34$).

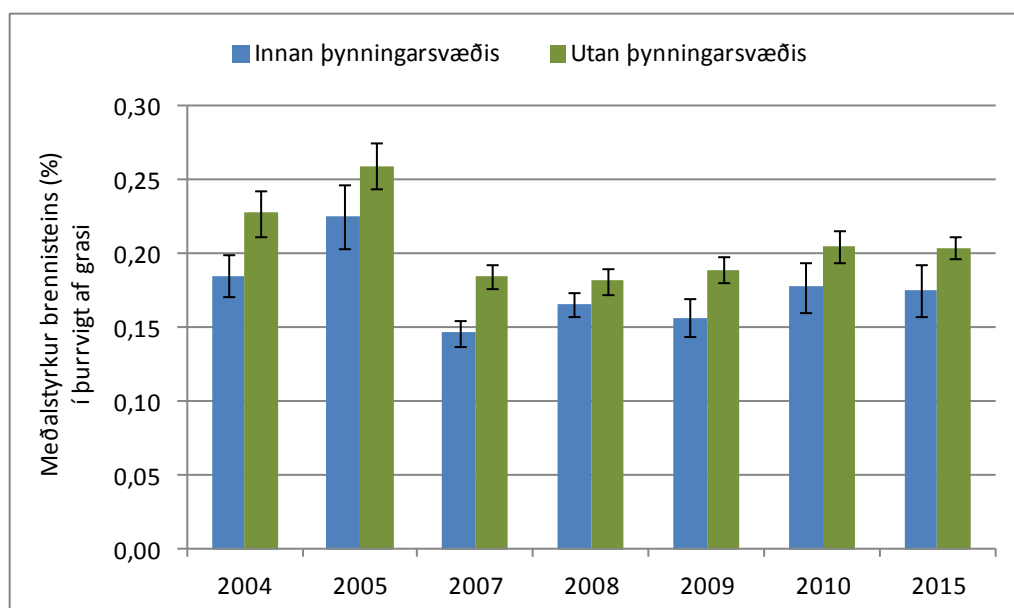
Styrkur flúors í grasi á beitar svæðum sumarið 2015 var undir íslenskum viðmiðunarmörkum á flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr ($56,8 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) og undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jörturdýr ($34,1 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald).

3.3.1.2 Brennisteinn og köfnunarefni

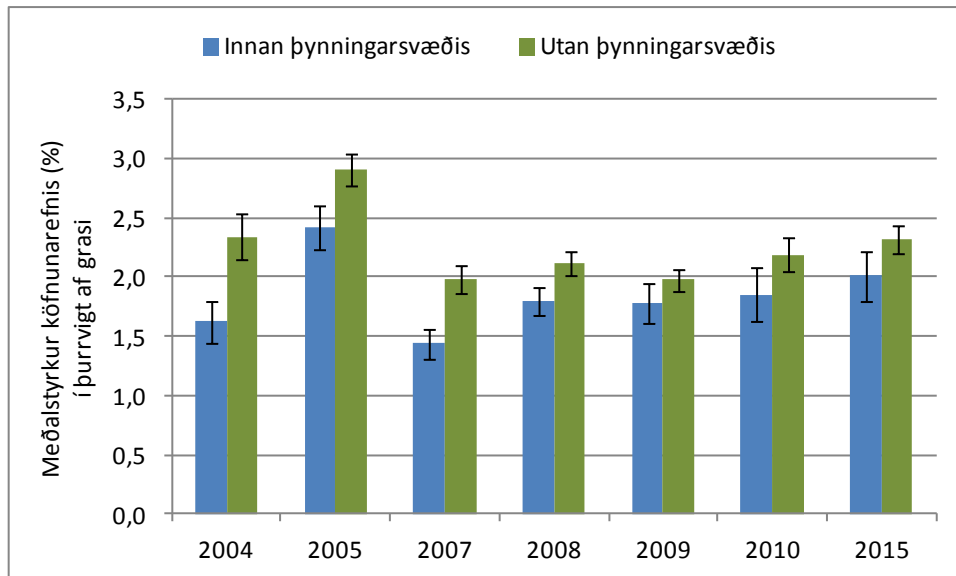
Styrkur brennisteins í grasi árið 2015 var svipaður og fyrri ár, bæði innan og utan þynningarsvæðis (Mynd 30). Meðalstyrkurinn hefur frá upphafi mælst örlítið lægri innan þynningarsvæðis en utan þess. Styrkur brennisteins annars vegar innan og hins vegar utan þynningarsvæðis hefur í öllum tilvikum mælst lægri eftir að álverið tók til starfa heldur en á árunum 2004-2005 (Mynd 30). Styrkur brennisteins í grasi árið 2005 var marktækt hærri en önnur athugunarár ($p < 0,01$) og árið 2004 var hann marktækt hærri en árið 2007 ($p < 0,05$) en þá mældist brennisteinn í grasi með lægsta móti (Mynd 30).

Styrkur köfnunarefnis í grasi árið 2015 var örlítið hærri árið 2015 samanborið við fyrri ár eftir að álverið tók til starfa, bæði innan og utan þynningarsvæðis (Mynd 31). Styrkurinn var marktækt hærri en árið 2007 ($p < 0,05$). Styrkurinn var þó talsvert hærri árið 2005 en árið 2015, sem og önnur athugunarár ($p < 0,05$). Meðalstyrkur köfnunarefnis hefur, líkt og styrkur brennisteins, frá upphafi mælst lægri innan þynningarsvæðis en utan þess.

Gerðar voru breytingar á grassýnatökustöðum sumurin 2013 og 2014 og meðalstyrkur brennisteins og köfnunarefnis í grasi árin 2013 og 2014-2015 er því ekki fullkomlega samanburðarhæfur við fyrri ár þó árin 2004 til 2010 séu samanburðarhæf.

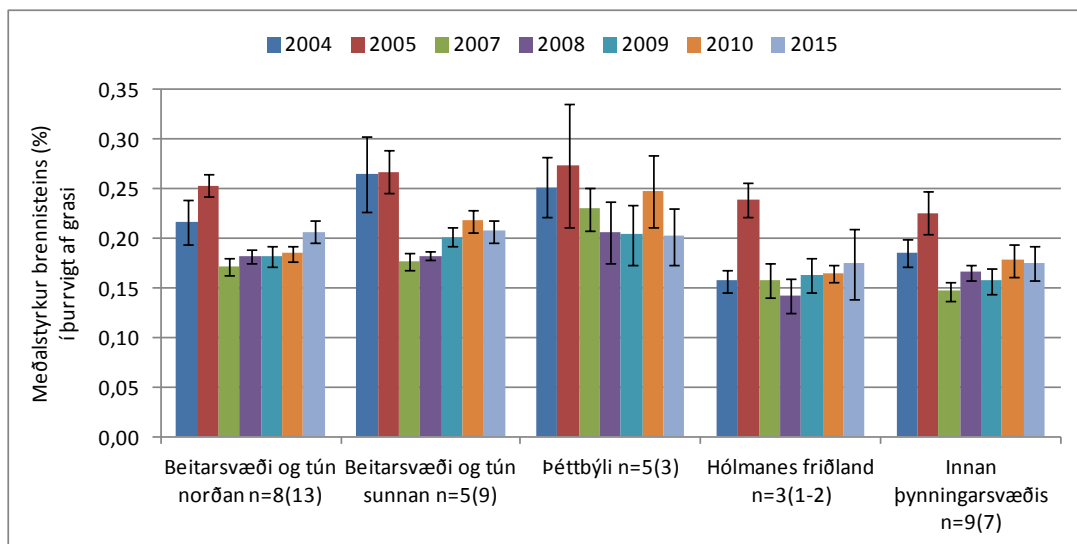


Mynd 30. Meðalstyrkur brennisteins (%) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004-2005, 2007-2010 og árið 2015. Gögnin eru byggð á níu sýnum innan þynningarsvæðis og 21 sýni utan þess árin 2004-2010 en sjö sýnum innan þynningarsvæðis og 27 sýnum utan þess árið 2015.

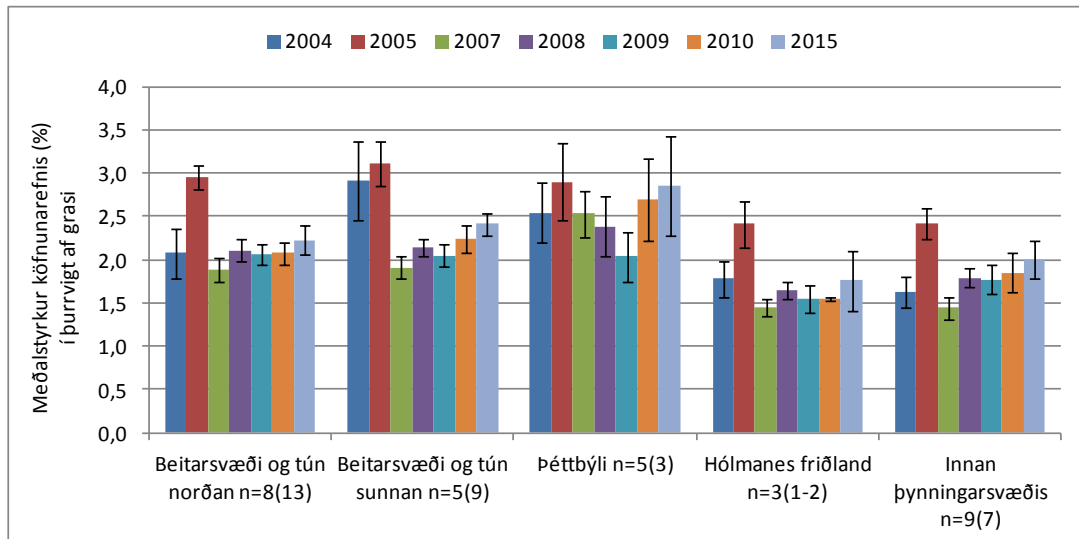


Mynd 31. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af grasi (með staðalskekku), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004-2005, 2007-2010 og árið 2015. Gögnin eru byggð á níu sýnum innan þynningarsvæðis og 21 sýni utan þess árin 2004-2010 en sjö sýnum innan þynningarsvæðis og 27 sýnum utan þess árið 2015.

Styrkur brennisteins og köfnunarefnis í grasi hefur frá árinu 2004 verið lægri innan þynningarsvæðis álversins og austan þess heldur en á beitarsvæðum norðan og sunnan fjarðar og í þéttbýlinu á Reyðarfirði (Mynd 32 og Mynd 33).



Mynd 32. Meðalstyrkur brennisteins (%) í þurrvigt af grasi (með staðalskekku) eftir ólíkum svæðum í Reyðarfirði árin 2004-2005, 2007-2010 og árið 2015. Fjöldi sýnatökustaða árin 2004-2010 er gefinn upp fyrir aftan heiti hvers svæðis og fjöldi sýnatökustaða árið 2015 er gefinn upp í sviga þar fyrir aftan.



Mynd 33. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir ólíkum svæðum í Reyðarfirði árin 2004-2005, 2007-2010 og árið 2015. Fjöldi sýnatökustaða árin 2004-2010 er gefinn upp fyrir aftan heiti hvers svæðis og fjöldi sýnatökustaða árið 2015 er gefinn upp í sviga þar fyrir aftan.

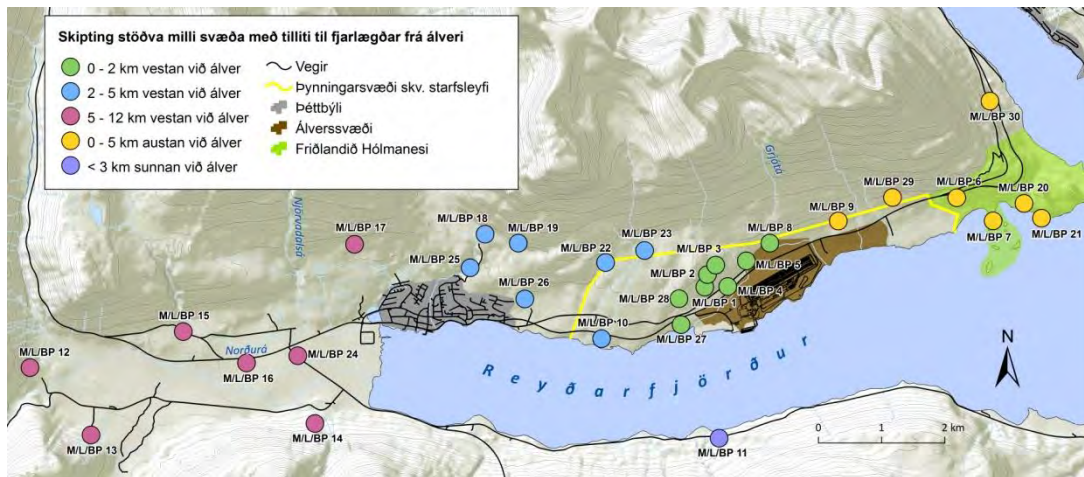
Niðurstöður mælinga á flúor, brennisteini og köfnunarefni í grasi fyrir árið 2015 er að finna í viðauka 6.

3.3.2 Mosi

Til þess að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors, brennisteins og köfnunarefnis dreifist í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á mosa, fléttum og bláberjalyngi skipt í fimm svæði (Mynd 34).

- Í 0-2 km fjarlægð vestur af álveri, samtals átta sýnatökustaðir.
- Í 2-5 km fjarlægð vestur af álveri, samtals sjö sýnatökustaðir.
- Í 5-12 km fjarlægð vestur af álveri, samtals sjö sýnatökustaðir.
- Í 0-5 km fjarlægð austur af álveri, samtals sjö sýnatökustaðir.
- Í < 3 km fjarlægð suður af álveri, samtals einn sýnatökustaður.

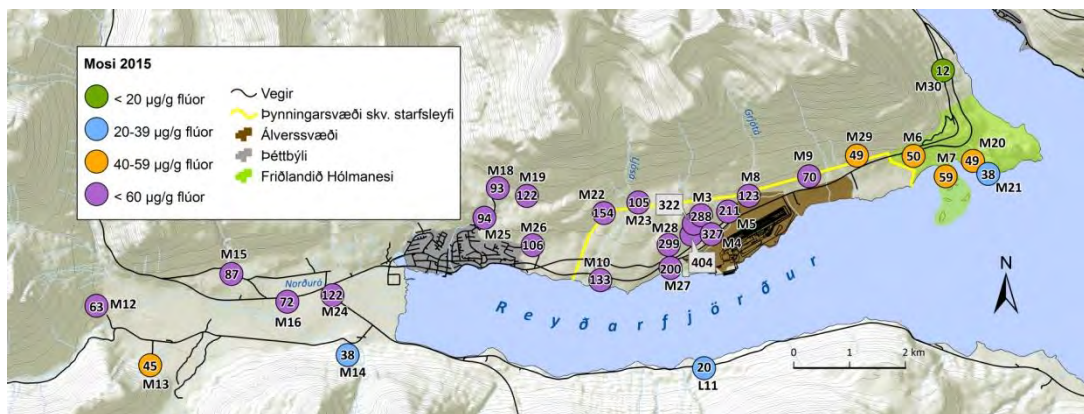
Þegar fjallað er um dreifingarmynstur þessara efna í þessum gróðri m.t.t. áttar og fjarlægðar frá álveri er átt við þessa skiptingu. Þessi skipting í fimm mismunandi svæði er einnig notuð við úrvinnslu gagna úr gróðurúttekt sem framkvæmd var á sömu stöðvum og sýnum af mosa, fléttum og bláberjalyngi var safnað (Kafli 6. Þekja og fjöldi tegunda í rannsóknarreitum).



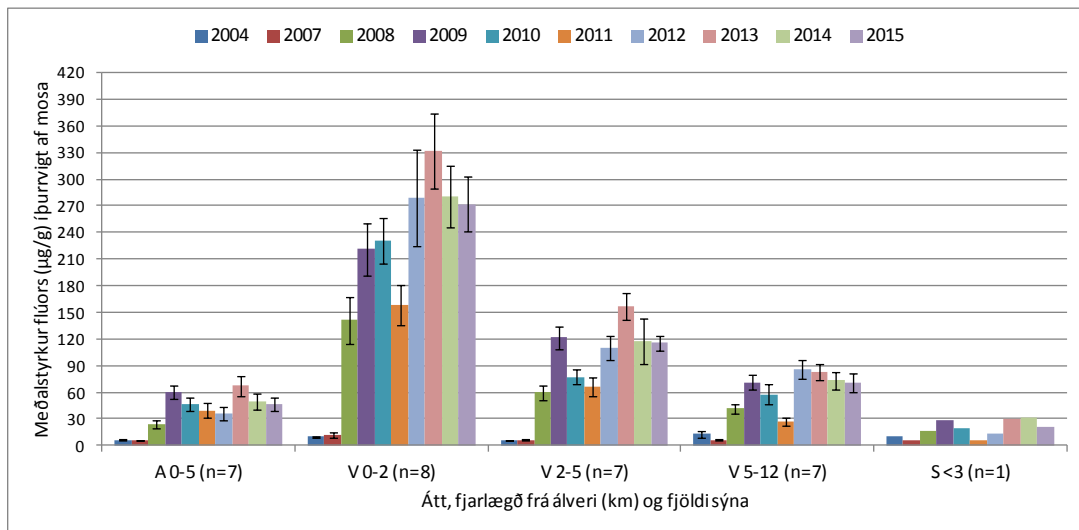
Mynd 34. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2015 upp í fimm mismunandi svæði (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).

3.3.2.1 Flúor

Styrkur flúors í mosa mældist frá 12-404 $\mu\text{g/g}$ og var dreifingarmynstrið með svipuðum hætti og fyrri ár. Hæstu gildin mældust innan þynningarsvæðis álversins. Styrkur flúors lækkaði eftir því sem fjær dró álverinu en þó mismikið. Í 5-12 km fjarlægð vestan álvers var styrkurinn enn nokkuð hár eða allt að 122 $\mu\text{g/g}$. Almennt mældust mun lægri gildi sunnan og austan álversins en vestan þess eða 20 $\mu\text{g/g}$ sunnan við það og að meðaltali 46 $\mu\text{g/g}$ austan við það (Mynd 35 og Mynd 36).

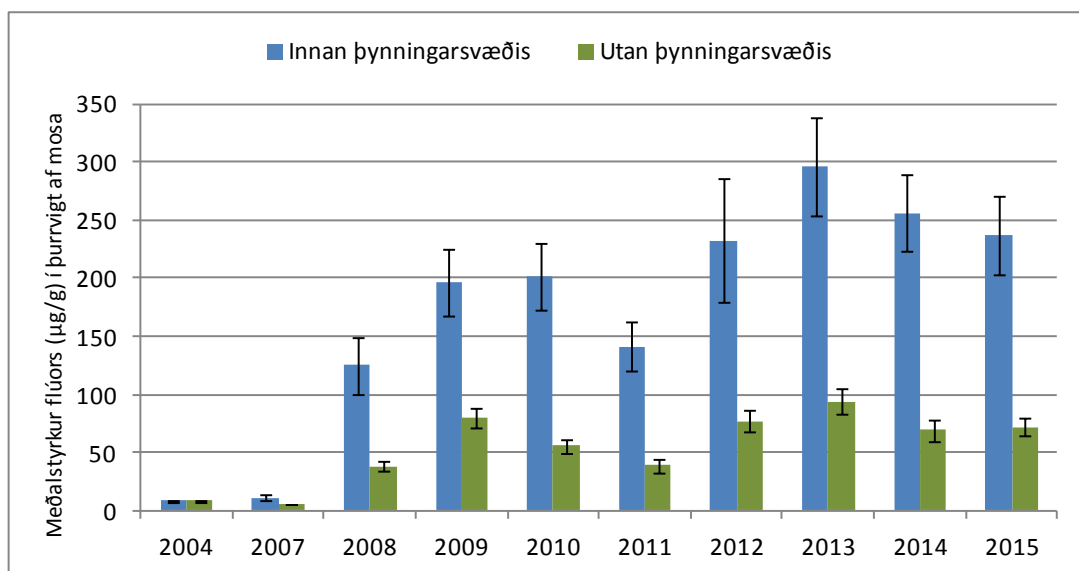


Mynd 35. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).



Mynd 36. Dreifingarmynstur flúors í mosa frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (Mynd 34 sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í mosa innan þýnningarsvæðis árið 2015 mældist 238 µg/g sem er aðeins lægra heldur en árið 2014 og ársmeðaltalið utan þýnningarsvæðis árið 2015 var nánast það sama og árið 2014. Munurinn á styrk flúors í mosa milli árana 2014 og 2015 var ekki marktækur ($p=0,99$). Styrkur flúors í mosa hefur samt sem áður hækkað mikið frá því áður en álverið hóf starfsemi (Mynd 37).



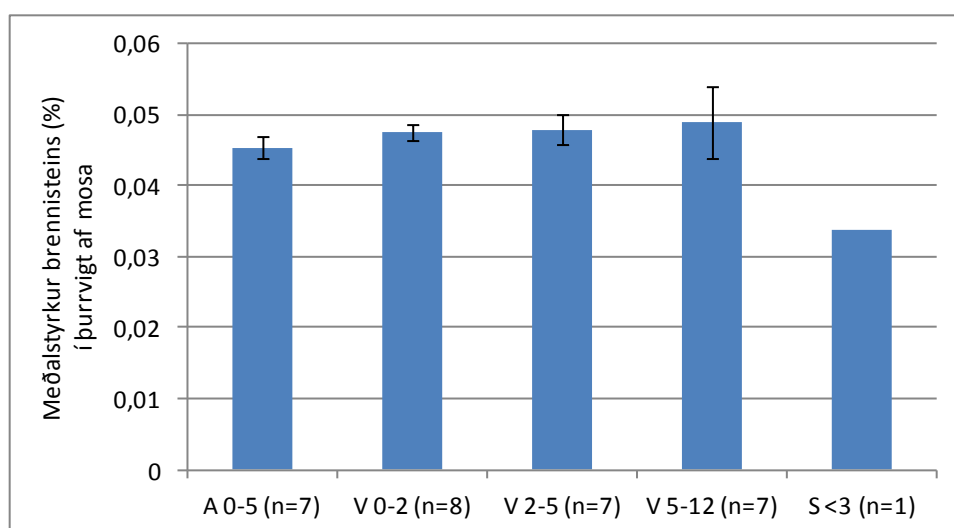
Mynd 37. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þýnningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2015. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þýnningarsvæðis og 20 sýnum utan þýnningarsvæðis ár hvert.

Mosar eru frábrugðnir háplöntum á þann hátt að hlutfall yfirborðs miðað við þyngd þeirra er mun hærra en hjá háplöntum sem skýrir hærri styrk flúors í sömu þyngd af mosa en t.d. grasi (Weinstein & Davison, 2003). Þá skortir mosa loftop til að stýra upptöku og losun út í andrúmsloftið sem fer fram í gegnum frumuveggi þeirra (Evert & Eichhorn, 2013) og því getur styrkur flúors orðið mjög hár í mosum.

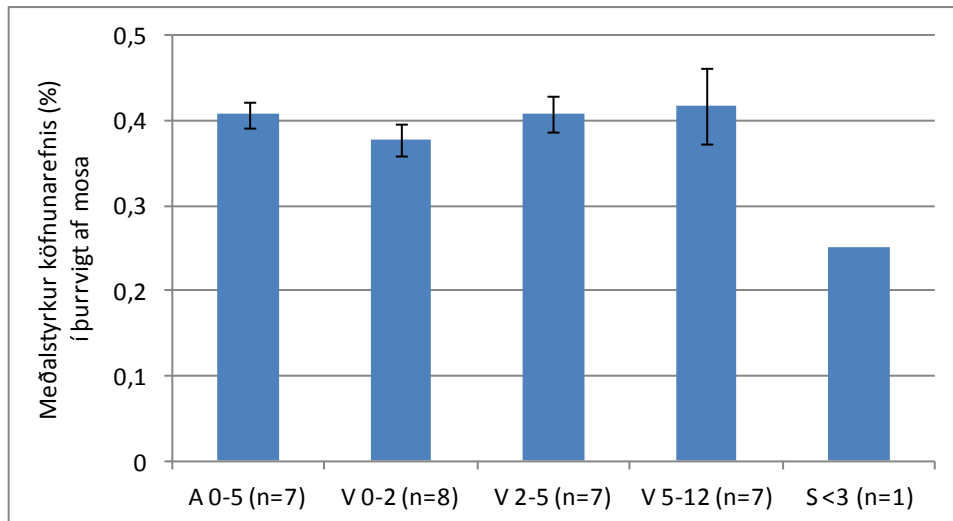
3.3.2.2 Brennisteinn og köfnunarefni

Styrkur brennisteins í mosa var að meðaltali 0,046% innan þynningarsvæðis og 0,047% utan þess. Styrkur köfnunarefnis í mosa var að meðaltali 0,38% innan þynningarsvæðis og 0,41% utan þess. Brennisteinn og köfnunarefni var mælt í mosa í fyrsta sinn árið 2015.

Styrkur brennisteins og köfnunarefnis var örlítið lægri sunnan fjarðar en hann var að meðaltali austan og vestan við álverið (Mynd 38) en hafa verður í huga að á því svæði var aðeins eitt sýni tekið. Munur á styrk brennisteins milli svæða var ekki marktækur ($p=0,45$) og sömuleiðis var ekki marktækur munur á styrk köfnunarefnis ($p=0,25$).



Mynd 38. Dreifingarmynstur brennisteins í mosa árið 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (Mynd 34 sýnir svæðisskiptinguna).



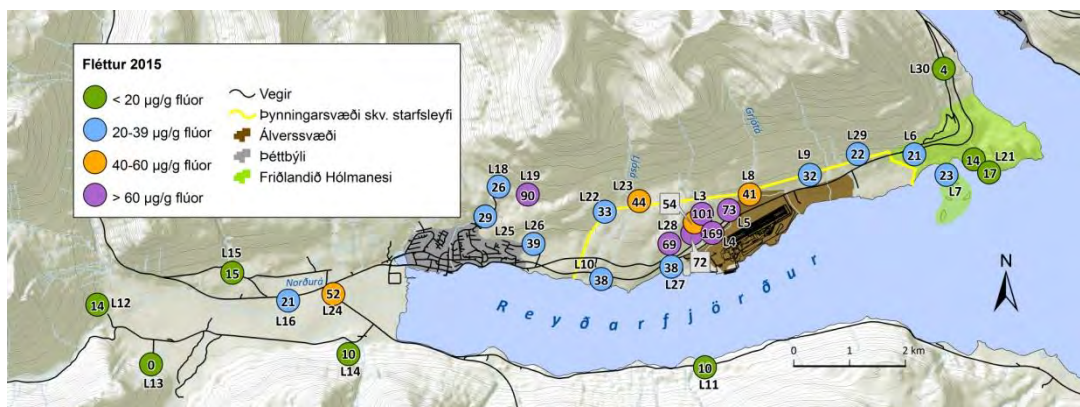
Mynd 39. Dreifingarmynstur köfnunarefnis í mosa árið 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekking meðaltalanna (Mynd 34 sýnir svæðisskiptinguna).

Niðurstöður mælinga á flúor, brennisteini og köfnunarefni í mosa fyrir árið 2015 er að finna í viðauka 7.

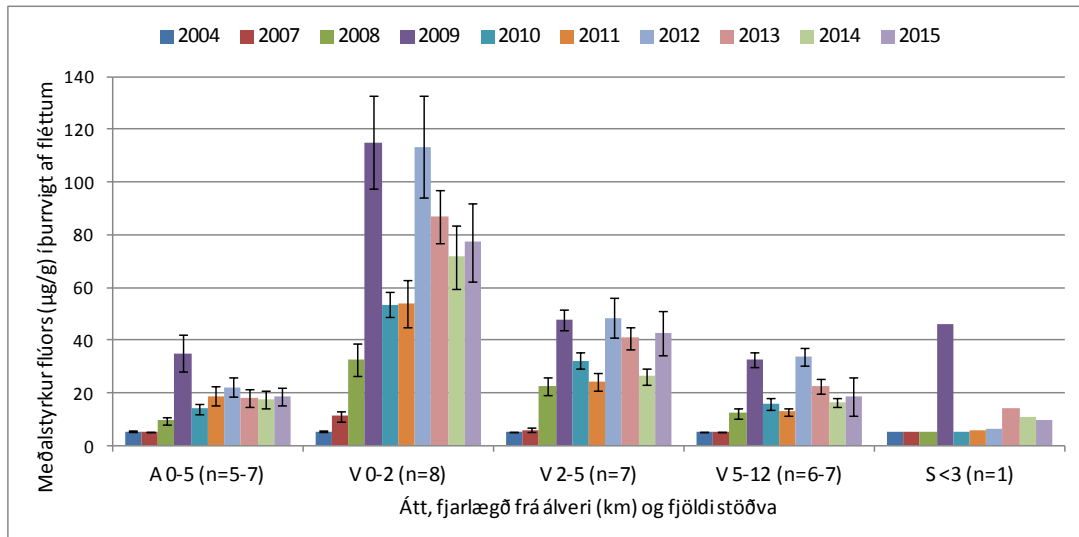
3.3.3 Fléttur

3.3.3.1 Flúor

Styrkur flúors í fléttum mældist frá 0,2-169 $\mu\text{g/g}$ og var dreifingarmynstur með svipuðum hætti og fyrri ár og sambærilegt við dreifingarmynstur flúors í öðrum gróðri. Hæstu gildin mældust í 0-2 km fjarlægð í vestur frá álverinu eða 38-169 $\mu\text{g/g}$ en styrkurinn féll þegar vestar dró og mældust sýni í 2-5 km fjarlægð frá álveri frá 26-90 $\mu\text{g/g}$ og sýni í 5-12 km fjarlægð frá 0,2-52 $\mu\text{g/g}$. Mun lægri gildi mældust austan og sunnan við álverið en í sambærilegri fjarlægð vestan við það (Mynd 40 og Mynd 41).

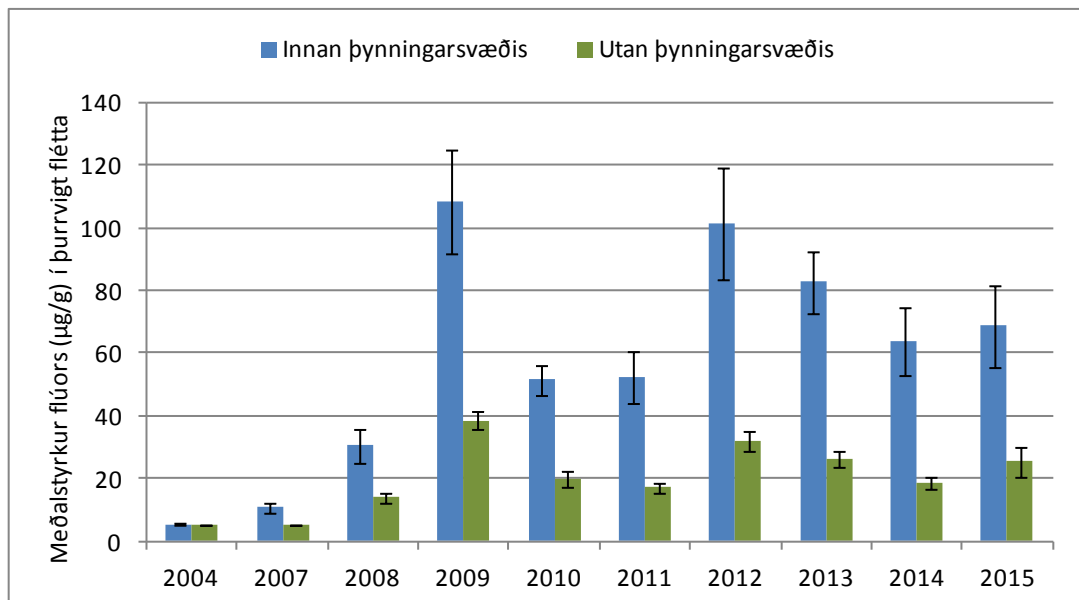


Mynd 40. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).



Mynd 41. Dreifingarmynstur flúors í fléttum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (Mynd 34 sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í fléttum innan þynningarsvæðis mældist 69 µg/g árið 2015 og var styrkurinn aðeins hærri heldur en árið 2014. Ársmeðaltal flúors í fléttum utan þynningarsvæðis mældist 25 µg/g sem var einnig örlítið hærri en það mældist árið 2014. Munurinn á styrk flúors í fléttum milli árunna 2014 og 2015 var ekki marktækur ($p=0,10$). Styrkur flúors í fléttum hefur, líkt og styrkur þess í mosanum, hækkað frá bakgrunnsgildum (2004) en er nokkuð breytilegur milli ára (Mynd 42).



Mynd 42. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2015. Gögnin eru byggð á 9-10 sýnum innan þynningarsvæðis og 18-20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.

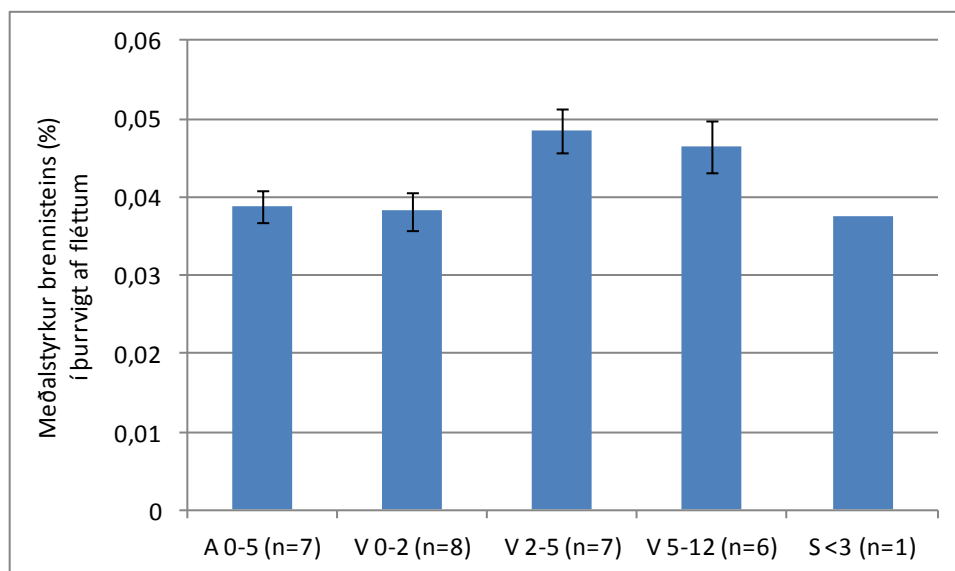
3.3.3.2 Brennisteinn og köfnunarefni

Styrkur brennisteins í fléttum var að meðaltali 0,039% innan þynningarsvæðis og 0,044% utan þess. Styrkur köfnunarefnis í fléttum var að meðaltali 0,4% innan þynningarsvæðis og 0,6% utan þess. Brennisteinn og köfnunarefni var mælt í fléttum í fyrsta sinn árið 2015.

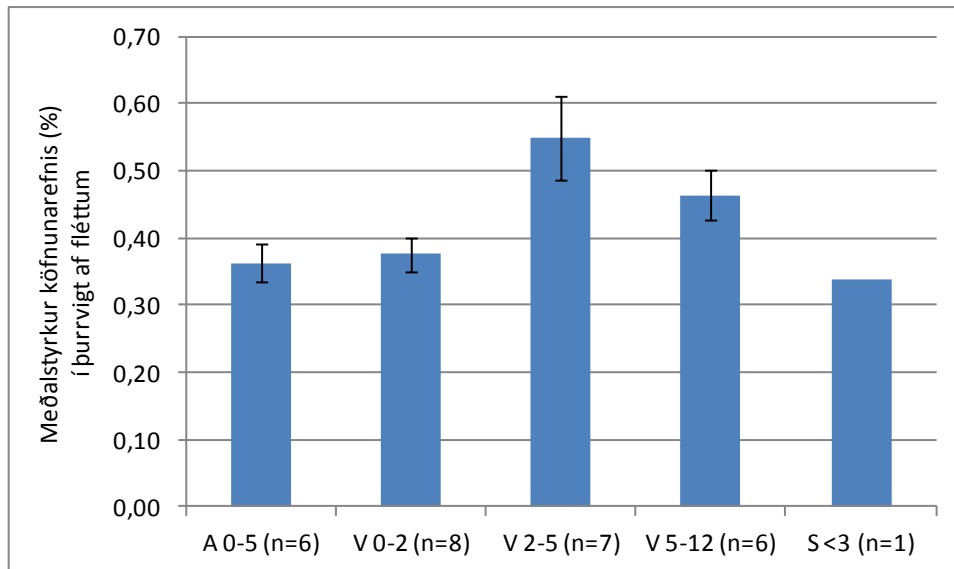
Lítinn breytileika var að sjá í dreifingu brennisteins í fléttum eftir áttum og fjarlægð frá álveri (Mynd 43). Einpátta ferveikagreining (e. One Way ANOVA) benti til þess að marktækan mun á styrk brennisteins væri að finna milli einhverja svæða ($p=0,03$) en samkvæmt Tukey's HSD prófi var munurinn á styrk brennisteins milli svæða V 0-2 og V 2-5 aðeins á mörkum þess að vera marktækur ($p=0,06$).

Meiri breytileika var að sjá í dreifingu köfnunarefnis heldur en brennisteins í fléttum eftir áttum og fjarlægð frá álveri (Mynd 44). Dreifingarmynstur köfnunarefnis í fléttum var hins vegar svipað og dreifingarmynstur brennisteins, þ.e. mestan styrk köfnunarefnis var að finna í 2-12 km fjarlægð vestur af álveri en minni styrk alveg við álverið og fyrir austan og sunnan það. Styrkur köfnunarefnis var marktækt meiri á svæði V 2-5 en á svæðum V 0-2 og A 0-5 ($p<0,05$).

Í einu sýni á svæði A 0-5 (frá sýnatökustað L20) mældist mun hærra gildi köfnunarefnis (3,2%) en í öllum öðrum sýnum. Það sýni var svo frábrugðið öðrum sýnum sem mæld hafa verið í Reyðarfirði að líklegt verður að teljast að um villu í mælingum hafi verið að ræða og það gildi var því ekki haft með við úrvinnslu gagna.



Mynd 43. Dreifingarmynstur brennisteins í fléttum árið 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekka meðaltalanna (Mynd 34 sýnir svæðisskiptinguna).



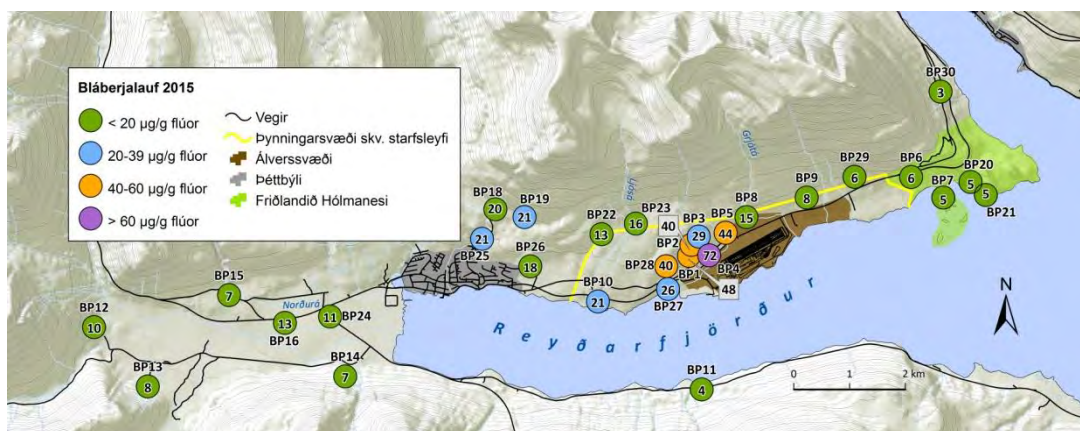
Mynd 44. Dreifingarmynstur köfnunarefnis í fléttum árið 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekking meðaltalanna (Mynd 34 sýnir svæðisskiptinguna).

Niðurstöður mælinga á flúor, brennisteini og köfnunarefni í fléttum fyrir árið 2015 er að finna í viðauka 7.

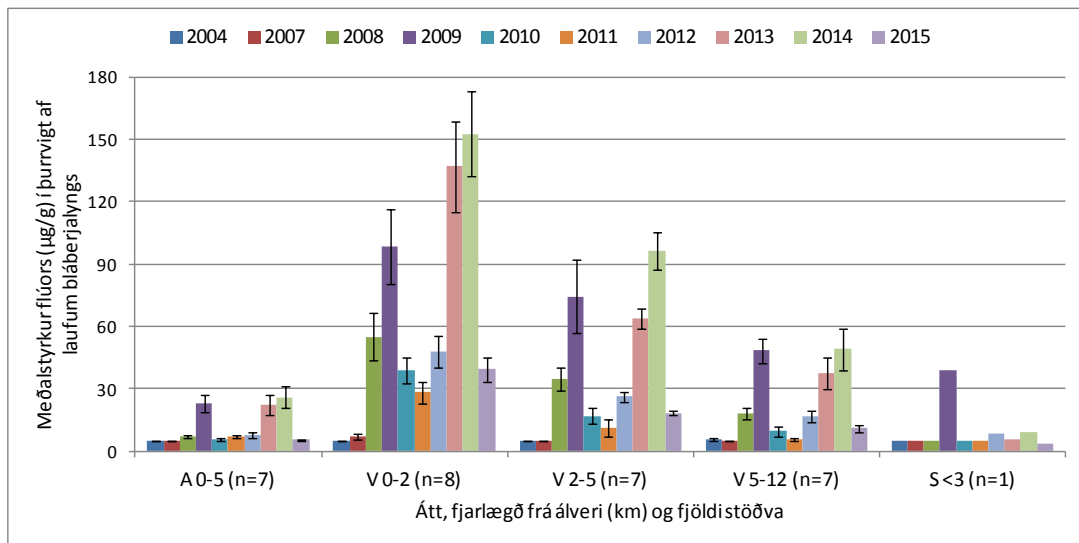
3.3.4 Bláberjalyng

3.3.4.1 Flúor

Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs mældist frá 3-72 $\mu\text{g/g}$ sem er talsvert lægri styrkur en árið 2014. Dreifingarmynstur flúors í bláberjalyngi var með svipuðum hætti og í öðrum gróðursýnum, þ.e. hæstu gildin mældust næst álveri og styrkurinn féll með fjarlægð frá því, en mismikið eftir áttum. Styrkurinn mældist hæstur rétt vestan við álverið en lægstur á sýnatökustað B30 sem er staðsettur norðaustur af álverinu og næstlægstur á BP11 sem er sunnan fjarðar (Mynd 45 og Mynd 46).

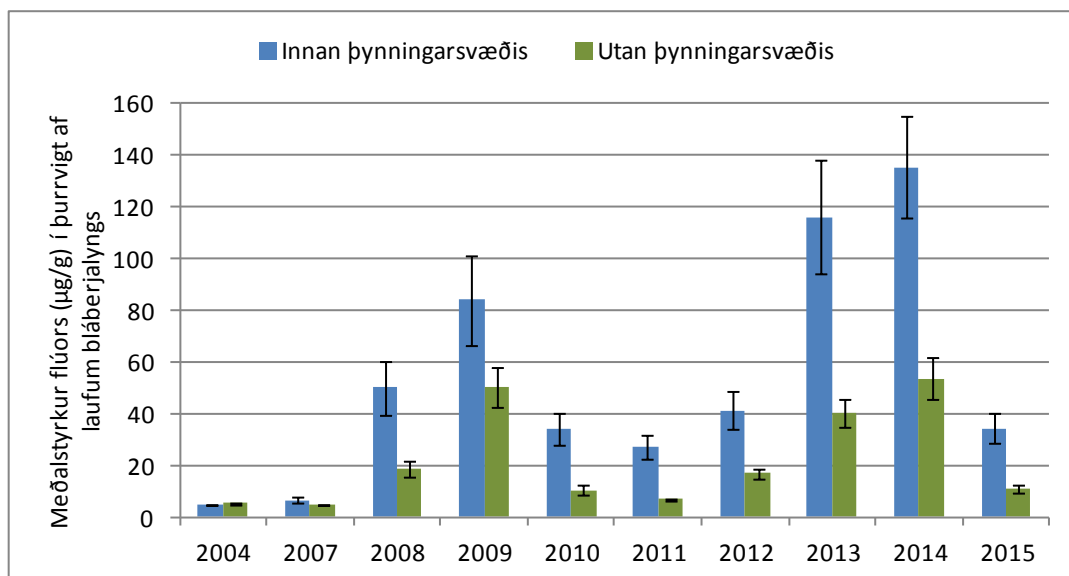


Mynd 45. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).



Mynd 46. Dreifingarmynstur flúors í bláberjalaufum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (Mynd 34 sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í laufum bláberjalyngs innan þynningarsvæðis árið 2015 mældist 34 µg/g og utan þynningarsvæðisins mældist það 11 µg/g sem eru lægstu meðalgildi frá því árið 2011 (Mynd 47). Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs var marktækt lægri árið 2015 en árið 2014 ($p < 0,01$) en árin 2013-2014 mældist styrkur flúors óvenju hár (Mynd 47).

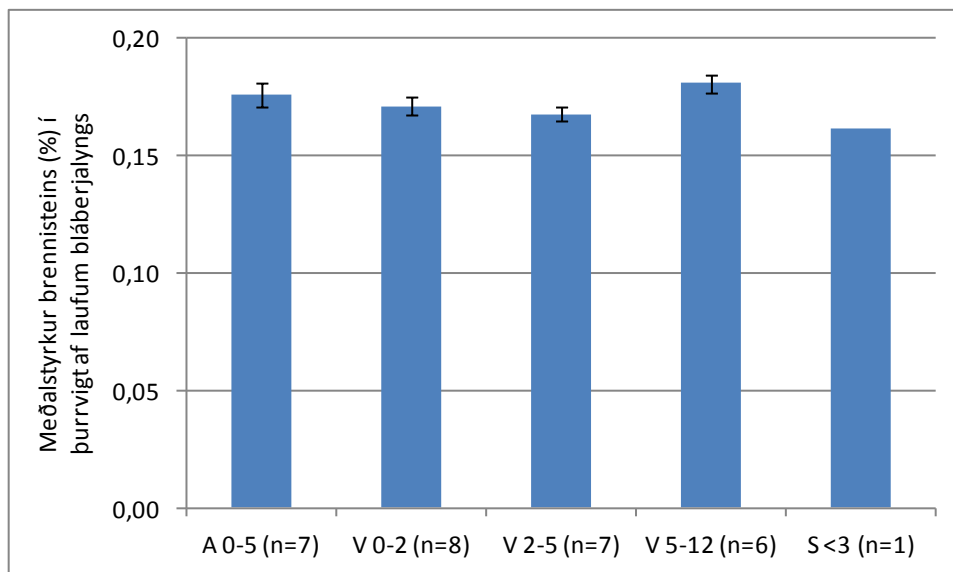


Mynd 47. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2015. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.

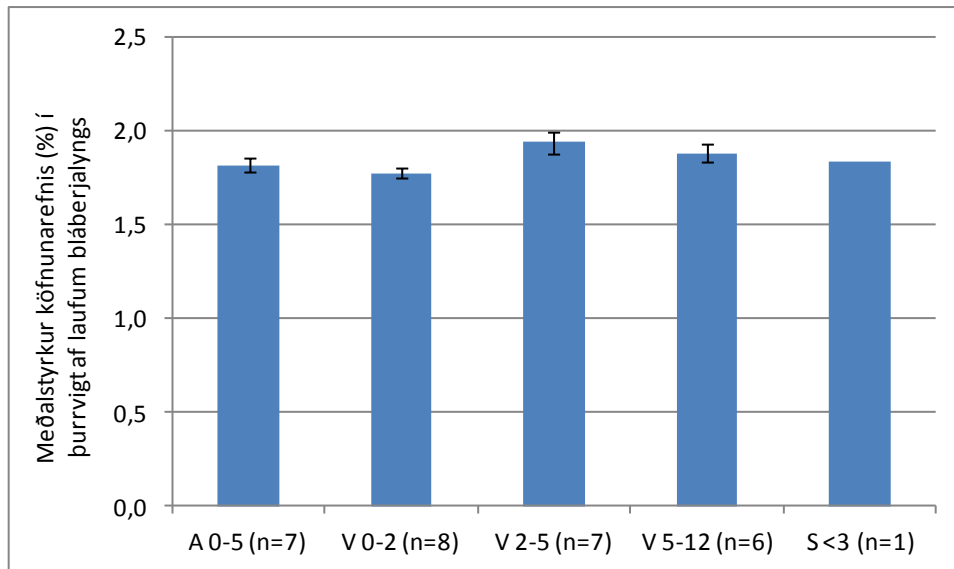
3.3.4.2 Brennisteinn og köfnunarefni

Styrkur brennisteins í laufum bláberjalyngs var að meðaltali 0,171% innan þynningarsvæðis og 0,175% utan þess. Styrkur köfnunarefnis í laufum bláberjalyngs var að meðaltali 1,8% innan þynningarsvæðis og 1,9% utan þess. Brennisteinn og köfnunarefni var mælt í laufum bláberjalyngs í fyrsta sinn árið 2015.

Mjög lítinn breytileika var að sjá í dreifingu brennisteins og köfnunarefnis í laufum bláberjalyngs eftir áttum og fjarlægð frá álveri (Mynd 48 og Mynd 49). Munur á styrk brennisteins og köfnunarefnis milli svæða var ekki marktækur (S: $p=0,18$; N: $p=0,11$).



Mynd 48. Dreifingarmynstur brennisteins í laufum bláberjalyngs árið 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (Mynd 34 sýnir svæðisskiptinguna).



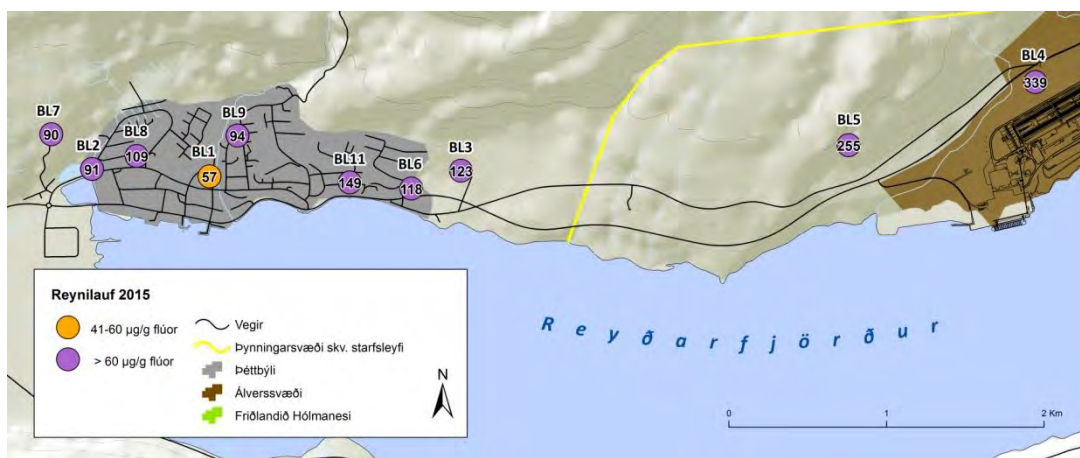
Mynd 49. Dreifingarmynstur köfnunarefnis í laufum bláberjalyngs árið 2015. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkingu meðaltalanna (Mynd 34 sýnir svæðisskiptinguna).

Niðurstöður mælinga á flúor, brennisteini og köfnunarefni í laufum bláberjalyngs árið 2015 er að finna í viðauka 7.

3.3.5 Reyniviður

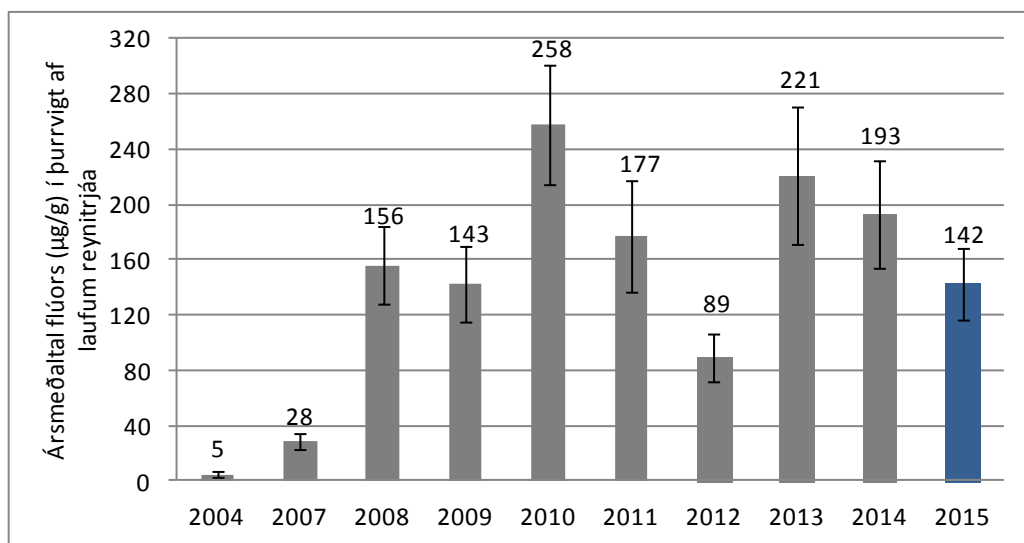
3.3.5.1 Flúor

Styrkur flúors í reynivið mældist frá 57-339 $\mu\text{g/g}$ og mældist hæsta gildið næst álverinu á sýnatökustað BL4, sem er rétt fyrir ofan álverið. Næsthæsta gildið, 255 $\mu\text{g/g}$, mældist á sýnatökustað BL5, sem er staðsettur í skógræktarreit rétt ofan álversins, en fyrir utan þynningarsvæði var styrkurinn alltaf $<150 \mu\text{g/g}$. Lægsta gildið mældist í sýni BL1, 57 $\mu\text{g/g}$ en það sýni var tekið í þéttbýlinu á Reyðarfirði (Mynd 50).



Mynd 50. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrjáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í lafi í ágúst 2015 (Landmælingar Íslands, 2012, 2013 og 2014).

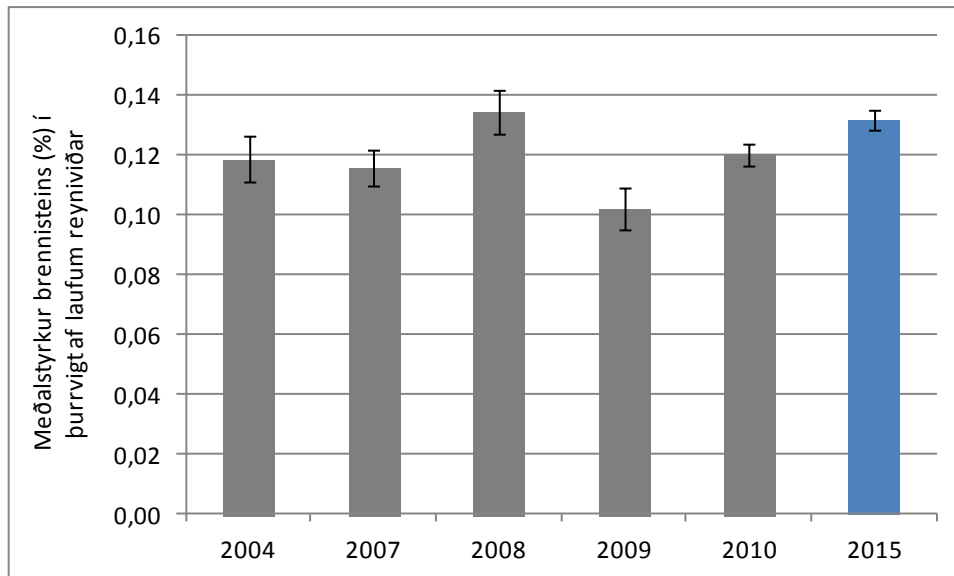
Ársmeðaltal flúors í reynilaufum var lægra árið 2015 en 2014 eða 142 µg/g á móti 193 µg/g. Ársmeðaltal flúors í reynilaufum árið 2015 er ekki fullkomlega samanburðarhæft við árin 2010-2014 þar sem sýni var ekki tekið á sýnatökustað BL4 þau ár. Ástæða þess er að öll tré í kringum Sómastaði voru fjarlægð árið 2009 en sprotar af reyni hafa síðan vaxið upp að nýju og því var aftur byrjað að taka sýni þar árið 2015. Styrkur flúors í reynilaufum á þeim níu stöðvum þar sem sýni voru tekin bæði árið 2015 og árið 2014 var marktækt lægri árið 2015 en 2014 ($p < 0,01$). Meðalstyrkur flúors í reynilaufum hefur hækkað mikið frá því að álverið hóf rekstur en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (Mynd 51).



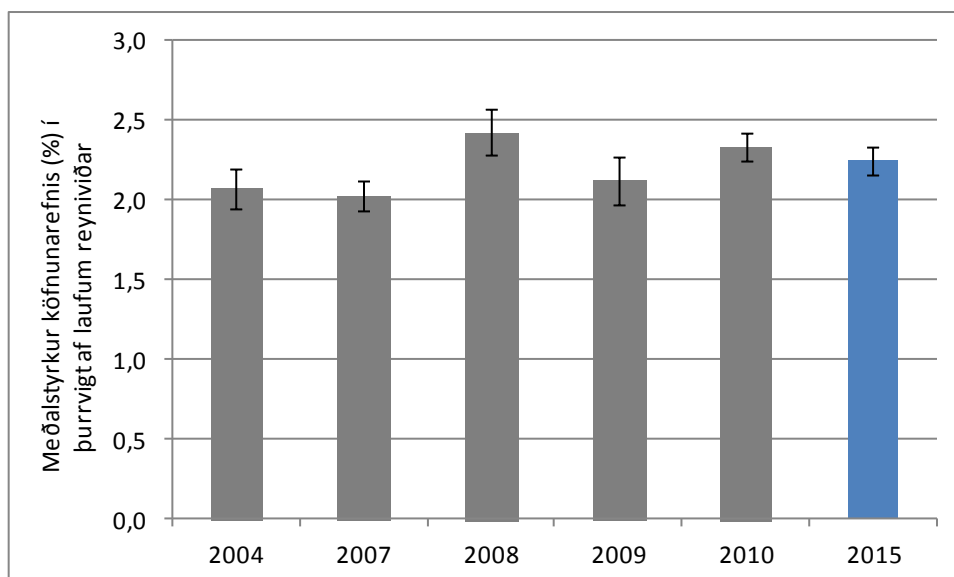
Mynd 51. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynirjää (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2015 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009 og 2015 en 9 sýnum árin 2010-2014.

3.3.5.2 Brennisteinn og köfnunarefni

Styrkur brennisteins í laufum reyniviðar var að meðaltali 0,13% árið 2015. Styrkur brennisteins í laufum reyniviðar hefur verið svipaður þau ár sem hann hefur verið mældur (Mynd 52) en þó var styrkur brennisteins árið 2009 marktækt lægri en hann var árin 2008 og 2015 ($p < 0,01$). Styrkur köfnunarefnis í laufum reyniviðar var að meðaltali 2,24% árið 2015 og hefur verið svipaður þau ár sem hann hefur verið mældur ($p = 0,12$) (Mynd 53).



Mynd 52. Meðalstyrkur brennisteins (%) í þurrvigt af laufum reyniviðar (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007-2010 og 2015 í Reyðarfirði.



Mynd 53. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af laufum reyniviðar (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007-2010 og 2015 í Reyðarfirði.

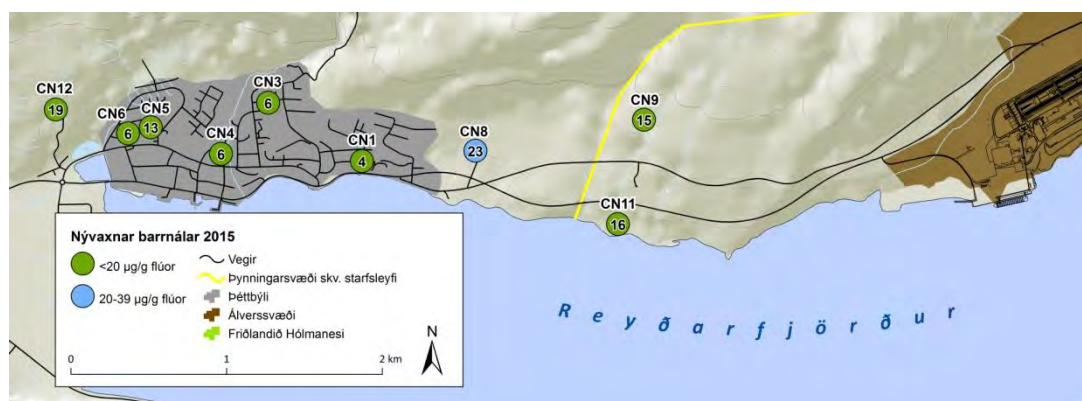
Í viðauka 8 má finna niðurstöður mælinga á styrk flúors, brennisteins og köfnunarefnis í laufum reynitrjáa á öllum sýnatökustöðum árið 2015.

3.3.6 *Barnálar*

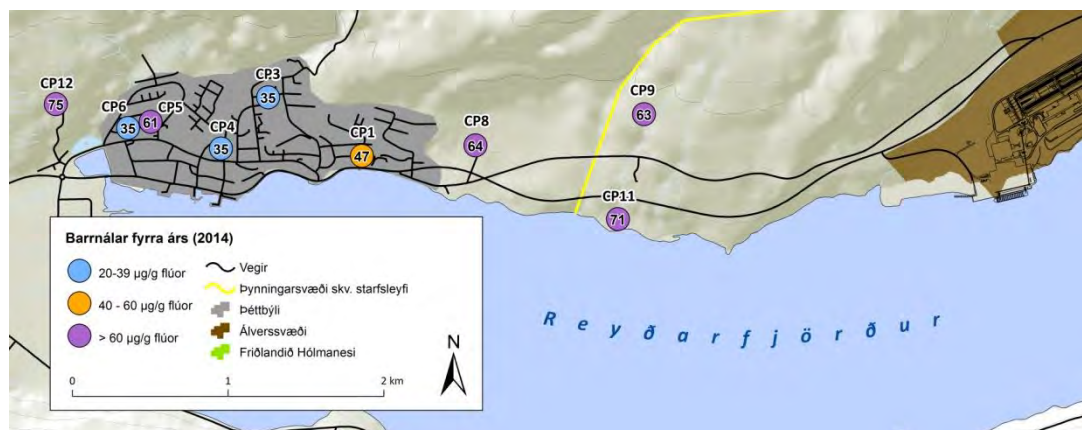
3.3.6.1 *Flúor*

Styrkur flúors í nývöxnu barri mældist frá 4 µg/g til 23 µg/g og í barnálum fyrra árs mældist styrkurinn frá 35 µg/g til 75 µg/g (Mynd 54 og Mynd 55). Dreifingarmynstur flúors í barnálum árið 2015 var með aðeins frábrugðnu móti en árið 2014. Hæstu gildin árið 2014 mældust rétt vestan álvers, innan þyningarsvæðis, en árið

2015 mældust hæstu gildin utan þynningarsvæðis á sýnatökustöðum CN/CP12 og CN/CP8, sitt hvorum megin við þéttbýlið (Mynd 54 og Mynd 55).

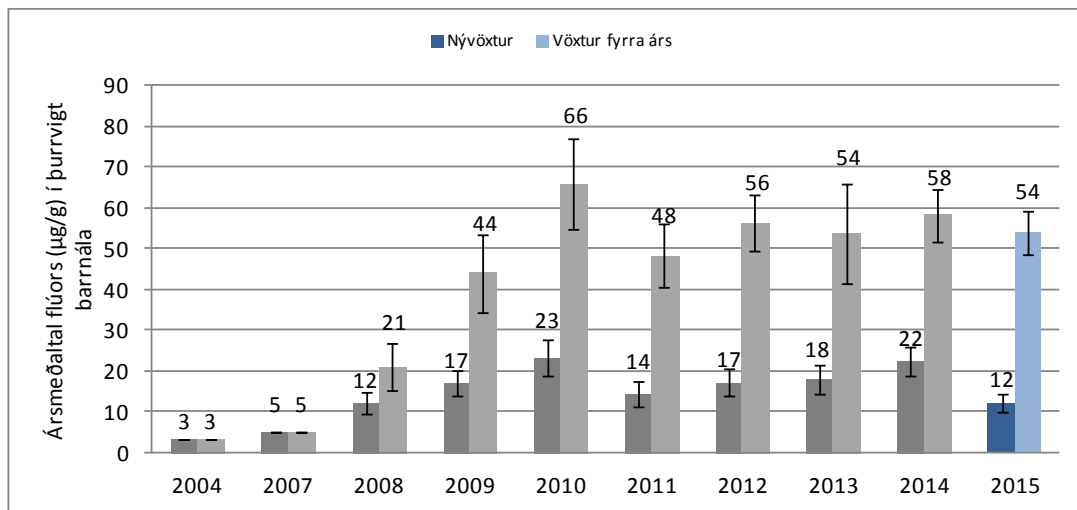


Mynd 54. Sýnatökustaðir barnnala í Reyðarfirði og styrkur flúors í nývöxnum barnnálum í október 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).



Mynd 55. Sýnatökustaðir barnnala í Reyðarfirði og styrkur flúors í barnnálum frá fyrra ári (2014), safnað í október 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).

Ársmeðaltal flúors í barnnálum árið 2015 var $12 \mu\text{g/g}$ í nývöxnum nálum og $54 \mu\text{g/g}$ í barnnálum fyrra árs. Styrkurinn var því lægri en hann mældist árið 2014, bæði í nálum fyrra árs og nývöxnum nálum (Mynd 56). Munurinn á styrk flúors milli 2014 og 2015 í nálum fyrra árs var þó ekki marktækur ($p=0,57$) en styrkur flúors í nýjum nálum var marktækt lægri árið 2015 en árið 2014 ($p<0,01$).



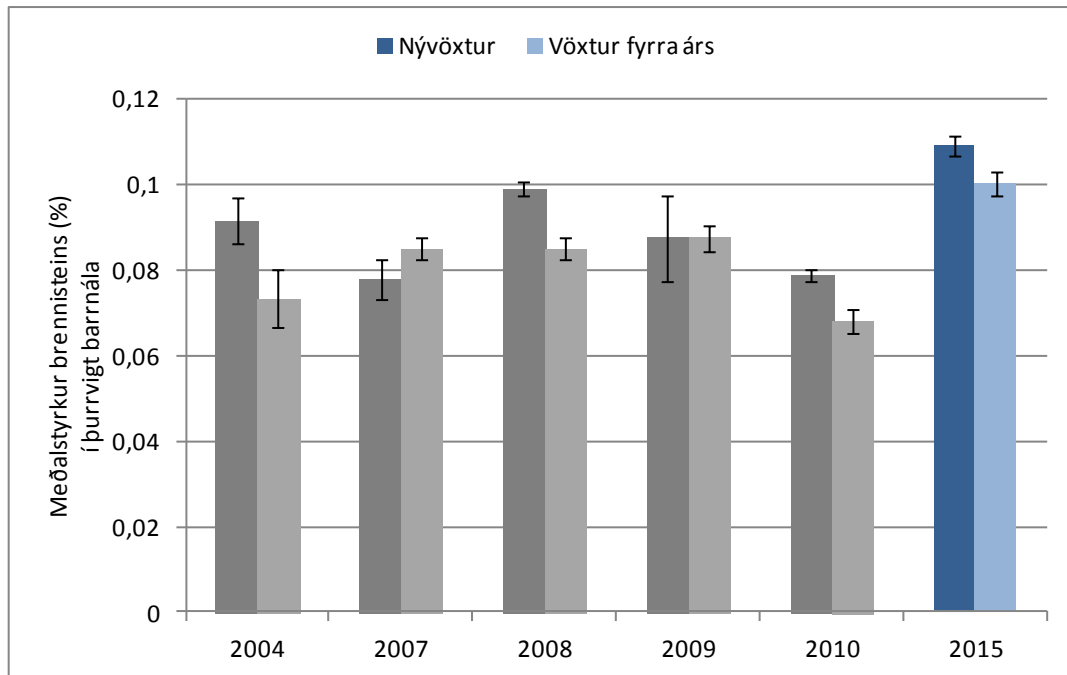
Mynd 56. Ársmeðaltal flúors í barnálum (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2015 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009, en 9 sýnum árin 2010-2014. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.

Sígræn tré fella ekki laufin á haustin og taka því upp flúor allan ársins hring. Mest er upptakan frá því nýjar nálar fara að myndast að vori og fram á veturinn. Flúor safnast fyrir í nálum og styrkurinn eykst milli ára þannig að eldri nálar mælast alltaf með hærri styrk en yngri nálar (Doley, 2010).

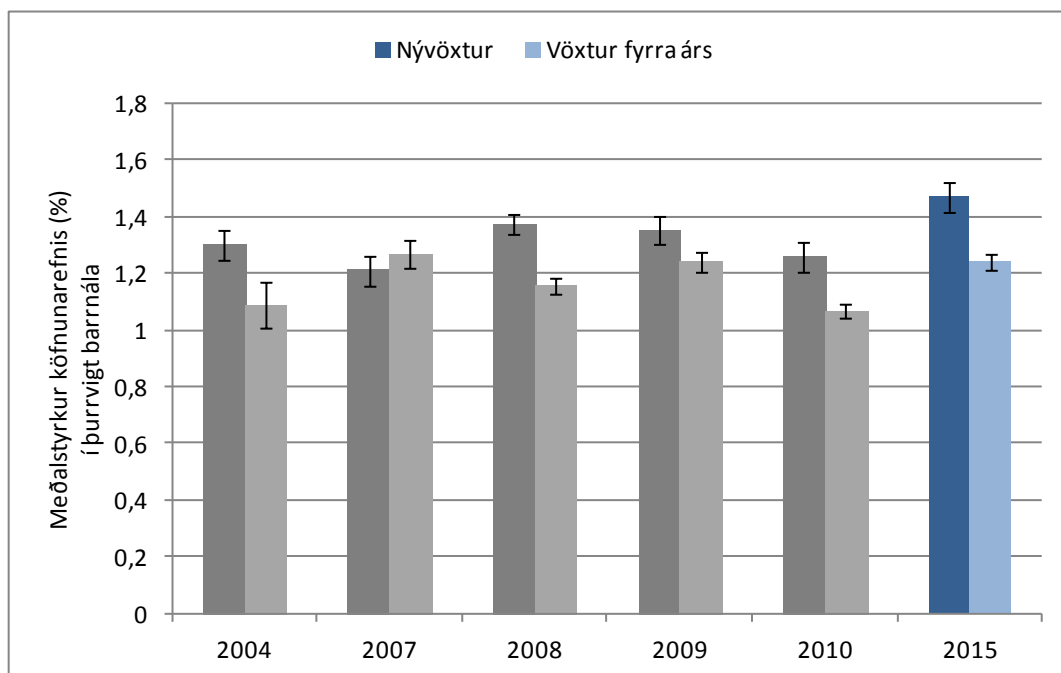
3.3.6.2 Brennisteinn og köfnunarefni

Styrkur brennisteins árið 2015 mældist að meðaltali 0,11% í nývöxnu barri og 0,10% í barnálum fyrra árs. Styrkur brennisteins í barnálum var aðeins hærri árið 2015 en hann hefur verið alveg frá því mælingar hófust (Mynd 57). Styrkur brennisteins í nýju barri var marktækt hærri árið 2015 en árin 2007 og 2010 ($p < 0,01$). Styrkur brennisteins í barri frá fyrra ári var marktækt hærri árið 2015 en öll árin á undan fyrir utan 2009 ($p < 0,01$). Árið 2010 var styrkurinn marktækt lægri en öll árin á undan, að undanskildu árinu 2004 ($p < 0,01$).

Styrkur köfnunarefnis árið 2015 mældist að meðaltali 1,47% í nývöxnu barri og 1,24% í barnálum fyrra árs. Styrkur köfnunarefnis árið 2015 var með því hæsta sem mælst hefur (Mynd 58). Styrkur köfnunarefnis í nýju barri var marktækt hærri árið 2015 en árið 2007 ($p = 0,01$). Ekki var marktækur munur á styrk köfnunarefnis í barri frá fyrra ári milli ársins 2015 og fyrri ára en styrkurinn var hins vegar marktækt lægri árið 2010 en hann var árið 2007 ($p = 0,01$).



Mynd 57. Meðalstyrkur brennisteins (%) í þurrvigt af barnnálam (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007-2010 og 2015 í Reyðarfirði.



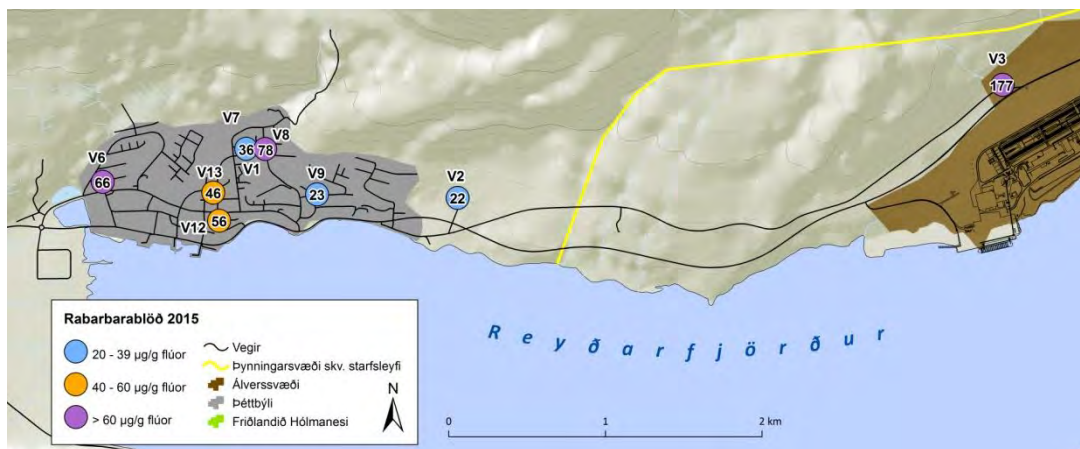
Mynd 58. Meðalstyrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af barnnálam (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007-2010 og 2015 í Reyðarfirði.

Í viðauka 9 má finna niðurstöður mælinga á styrk flúors, brennisteins og köfnunarefnis í barnnálam á öllum sýnatökustöðum árið 2015.

3.3.7 Rabarbari

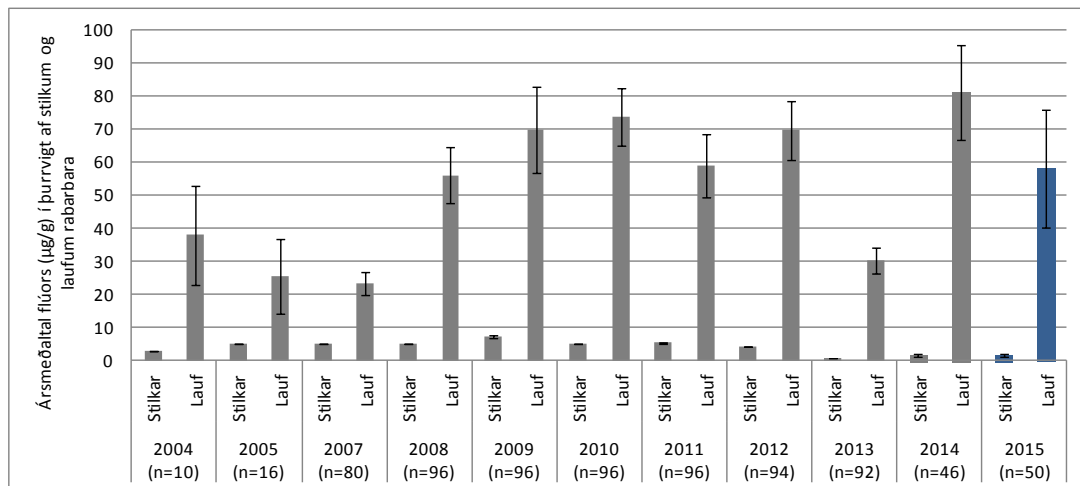
3.3.7.1 Flúor

Styrkur flúors í laufblöðum rabarbara mældist frá 12-264 µg/g. Hæsti styrkur flúors í rabarbarablöðum mældist í ágúst á sýnatökustað V3 sem er við Sómastaði, innan þynningarsvæðis, en lægsti styrkur flúors mældist í júní á sýnatökustað V13 sem er við Árgötu á Reyðarfirði. Flúor í stilkum mældist frá 0,7-6,4 µg/g og mældist hæsta gildið á Sómastöðum (V3) í ágúst líkt og í laufblöðum. Þessi niðurstaða undirstrikar þá staðreynd að þó að það mælist há gildi í blöðum rabarbara mælast lág gildi í stilkunum (Mynd 60). Ekki eru til nein viðmið hér á landi um hámarksstyrk flúors í grænmeti sem ætlað er til manneðis.



Mynd 59. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum í þremur sýnatökufærum frá júní til ágúst sumarið 2015. Á einum sýnatökustað (V9) var einungis ein sýnataka (Landmælingar Íslands, 2012, 2013 og 2014).

Ársmeðaltal flúors í laufblöðum rabarbara lækkaði talsvert milli árána 2014 og 2015 (Mynd 60) en munurinn var ekki marktækur ($p=0,28$). Ársmeðaltal flúors í stilkum rabarbara árið 2014 var hverfandi og hefur breyst lítið frá því áður en álverið var byggt (Mynd 60).

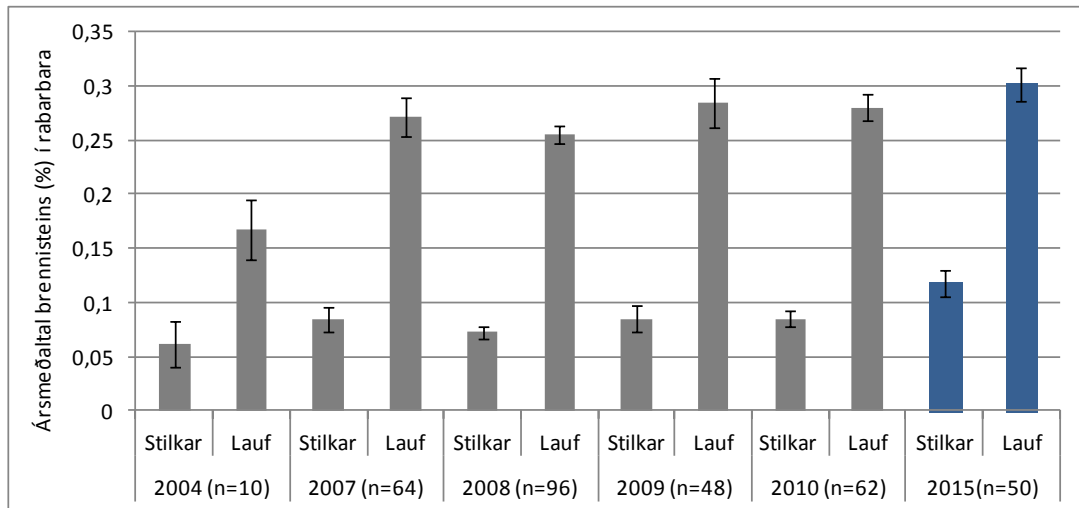


Mynd 60. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004 til 2015 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Árin 2004-2005 var farin ein sýnatökuferð, árin 2007-2013 voru farnar sex sýnatökuferðir og árið 2014-2015 voru farnar þrjár sýnatökuferðir.

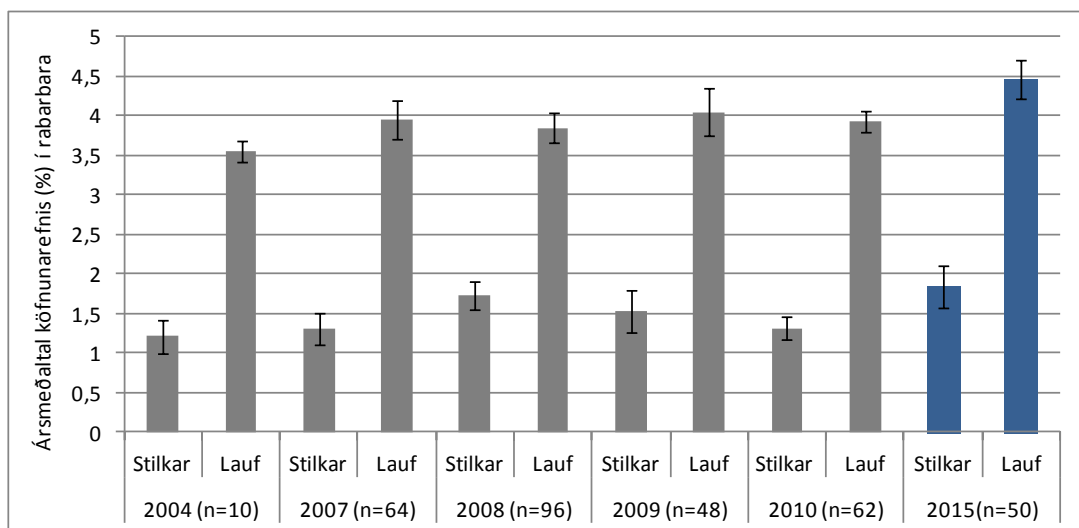
3.3.7.2 Brennisteinn og köfnunarefni

Styrkur brennisteins árið 2015 mældist að meðaltali 0,12% í stilkum rabarbara og 0,30% í laufum rabarbara. Styrkur brennisteins í rabarbara var aðeins hærrí árið 2015 en hann hefur verið frá því mælingar hófust (Mynd 61). Styrkur brennisteins í rabarbarastilkum var marktækt hærrí árið 2015 en árin 2008 og 2004 ($p < 0,05$). Ekki var marktækur munur á styrk brennisteins í laufum rabarbara milli ára frá 2007 til 2015 ($p > 0,05$). Árið 2004 var styrkur brennisteins var þó marktækt lægri en styrkurinn sem mældist öll árin þar á eftir ($p < 0,05$).

Styrkur köfnunarefnis árið 2015 mældist að meðaltali 1,9% í stilkum rabarbara og 4,5% í laufum rabarbara. Styrkur köfnunarefnis í rabarbara var einnig aðeins hærrí árið 2015 en hann hefur verið frá því mælingar hófust (Mynd 62) en munurinn var ekki marktækur, hvorki fyrir stilkum né laufum rabarbara ($p > 0,05$).



Mynd 61. Ársmæðaltal brennisteins í þurrvigt af rabarbara árin 2004, 2007-2010 og 2015 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Brennisteinn var mældur í sýnum úr einni sýnatökufærð árið 2004, fjórum árin 2007 og 2010, sex árið 2008 og þremur árin 2009 og 2015.



Mynd 62. Ársmæðaltal köfnunarefnis í þurrvigt af rabarbara árin 2004, 2007-2010 og 2015 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Brennisteinn var mældur í sýnum úr einni sýnatökufærð árið 2004, fjórum árin 2007 og 2010, sex árið 2008 og þremur árin 2009 og 2015.

3.3.7.3 Þungmálmur

Örlítill hækkun var á meðalstyrk kadmíums, kopars og nikkels í blöðum rabarbara milli árána 2014 og 2015. Töluverð lækkun var hins vegar á meðalstyrk sinks milli sömu ára en önnur gildi voru svipuð eða undir greiningarmörkum (Tafla 10). Styrkur þungmálma í rabarbarastilkum var almennt lægri en í laufblöðum. Styrkur kopars lækkaði lítillega og styrkur sinks töluvert milli ára í rabarbarastilkum en styrkur nikkels hækkaði lítillega (Tafla 11). Önnur gildi þungmálma í rabarbarastilkum voru svipuð milli ára eða undir greiningarmörkum.

Reglugerð nr. 265/2010 um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum skilgreinir hámarksgildi blýs og kadmíums í grænmeti. Hámarksgildi fyrir bæði kadmíum og blý í stöngul- og rôtargrænmeti er 0,1 mg/kg ($\mu\text{g/g}$) í blautvigt. Ekkert sýni af rabarbarastilkum mældist yfir þessum viðmiðum árið 2015. Hámarksgildi fyrir kadmíum í blaðgrænmeti er 0,2 $\mu\text{g/g}$ í blautvigt og fyrir blý í blaðgrænmeti er hámarksgildið 0,3 $\mu\text{g/g}$ í blautvigt. Ekkert sýni af rabarbarablöðum mældist yfir þessum viðmiðum árið 2015. Í reglugerðinni eru engin viðmið fyrir aðra þungmálma í grænmeti.

Tafla 10. Styrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árið 2015 og meðalstyrkur árið 2014. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon 2013).

Sýni	As $\mu\text{g/g}$	Cr $\mu\text{g/g}$	Cu $\mu\text{g/g}$	Hg $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Ni $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$
V1-815 Rabarbaralauf	< 0,07	0,02	0,79	< 0,009	0,036	0,764	< 0,03	3,51
V2-815 Rabarbaralauf	< 0,07	< 0,02	0,63	< 0,009	0,066	0,355	< 0,03	20,15
V3-815 Rabarbaralauf	< 0,07	< 0,02	0,92	< 0,009	0,118	0,991	< 0,03	29,74
V6-815 Rabarbaralauf	< 0,07	< 0,02	0,90	< 0,009	0,027	0,625	< 0,03	3,46
V7-815 Rabarbaralauf	< 0,07	0,04	1,23	< 0,009	0,021	1,488	< 0,03	7,64
V8-815 Rabarbaralauf	< 0,07	< 0,02	0,94	< 0,009	0,021	0,478	< 0,03	4,09
V12-815 Rabarbaralauf	< 0,07	< 0,02	1,00	< 0,009	0,037	0,405	< 0,03	11,88
V13-815 Rabarbaralauf	< 0,07	0,11	0,84	< 0,009	0,138	0,800	< 0,03	11,20
Meðaltal ársins 2015	< 0,07	0,033	0,907	< 0,009	0,058	0,738	< 0,03	11,459
Meðaltal ársins 2014	< 0,09	0,032	0,854	< 0,01	0,033	0,627	< 0,04	20,057
Vísbending um mengun í mosa*	0,32	0,15	6,47	22,18	0,14	9,42	3,46	55,10

*Sigurður H. Magnússon (2013)

Tafla 11. Styrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árið 2015 og meðalstyrkur árið 2014. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon 2013).

Sýni	As $\mu\text{g/g}$	Cr $\mu\text{g/g}$	Cu $\mu\text{g/g}$	Hg $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Ni $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$
V1-815 Rabarbarastilkar	< 0,07	< 0,02	0,25	< 0,009	0,022	0,205	< 0,03	1,71
V2-815 Rabarbarastilkar	< 0,07	< 0,02	0,25	< 0,009	0,027	0,116	< 0,03	6,25
V3-815 Rabarbarastilkar	< 0,07	< 0,02	0,19	< 0,009	0,011	0,189	< 0,03	2,99
V6-815 Rabarbarastilkar	< 0,07	< 0,02	0,16	< 0,009	0,004	0,226	< 0,03	0,96
V7-815 Rabarbarastilkar	< 0,07	< 0,02	0,27	< 0,009	0,009	0,361	< 0,03	1,93
V8-815 Rabarbarastilkar	< 0,07	< 0,02	0,25	< 0,009	0,006	0,169	< 0,03	0,94
V12-815 Rabarbarastilkar	< 0,07	< 0,02	0,18	< 0,009	0,004	0,154	< 0,03	1,74
V13-815 Rabarbarastilkar	< 0,07	< 0,02	0,19	< 0,009	0,015	0,217	< 0,03	2,11
Meðaltal ársins 2015	< 0,07	< 0,02	0,216	< 0,009	0,012	0,205	< 0,03	2,329
Meðaltal ársins 2014	< 0,09	0,011	0,294	< 0,01	0,013	0,176	< 0,04	4,159
Vísbending um mengun í mosa*	0,32	0,15	6,47	22,18	0,14	9,42	3,46	55,10

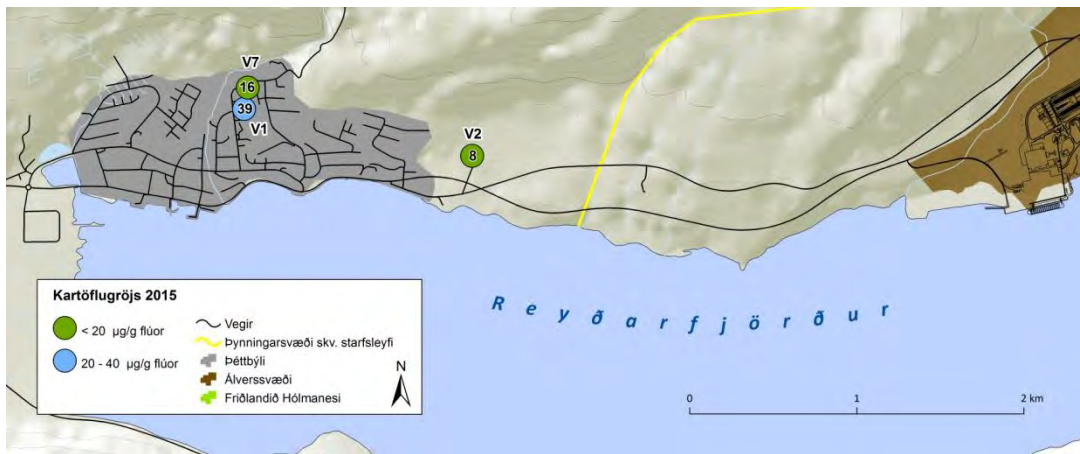
*Sigurður H. Magnússon (2013)

Niðurstöður mælinga á styrk flúors, brennisteins og köfnunarefnis í rabarbarasýnum árið 2015 má sjá í viðauka 10 og niðurstöður mælinga á þungmálum í rabarbarasýnum má sjá í viðauka 11.

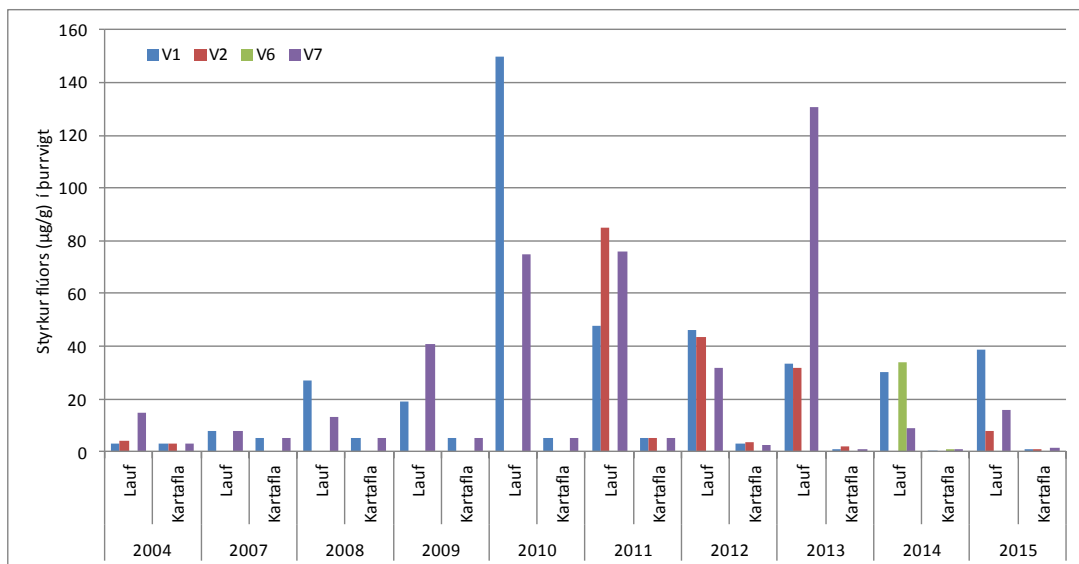
3.3.8 Kartöflur og grænmeti

3.3.8.1 Flúor í kartöflum og grænmeti

Styrkur flúors í kartöflugrösum mældist 39 $\mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V1, 8 $\mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V2 og 16 $\mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V7 (Mynd 63). Styrkur flúors í kartöflugrösum var örlítið hærri á sýnatökustöðum V1 og V7 árið 2015 en 2014. Styrkurinn var hins vegar töluvert lægri árið 2015 á sýnatökustað V2 (8 $\mu\text{g/g}$) en hann var árið 2013 (32 $\mu\text{g/g}$) þegar sýni var tekið á þeim stað síðast (Mynd 64). Kartöflugrösum á sýnatökustað V6 var bara safnað árið 2014, þá í staðinn fyrir sýnatökustað V2 þar sem ekki var safnað það ár. Styrkur flúors í kartöflum var lágur (í kringum 1 $\mu\text{g/g}$) í þeim þremur sýnum sem tekin voru (Mynd 64).



Mynd 63. Sýnatökustaðir kartafna og grænkáls í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflugrösum sumarið 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).



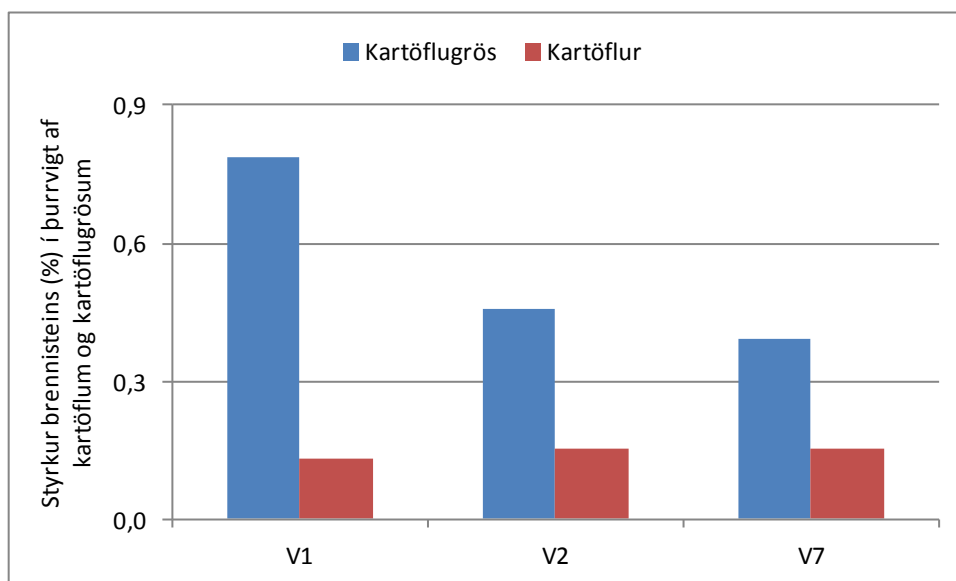
Mynd 64. Styrkur flúors í kartöflum og kartöflugrösum á þremur sýnatökustöðum sumrin 2004 og 2011-2015 en tveimur söfnunarstöðum 2007-2010.

Líkt og með rabarbarann má sjá að þó að styrkur flúors mælist hár í kartöflugrösum er styrkurinn lágur í kartöflunum sjálfum.

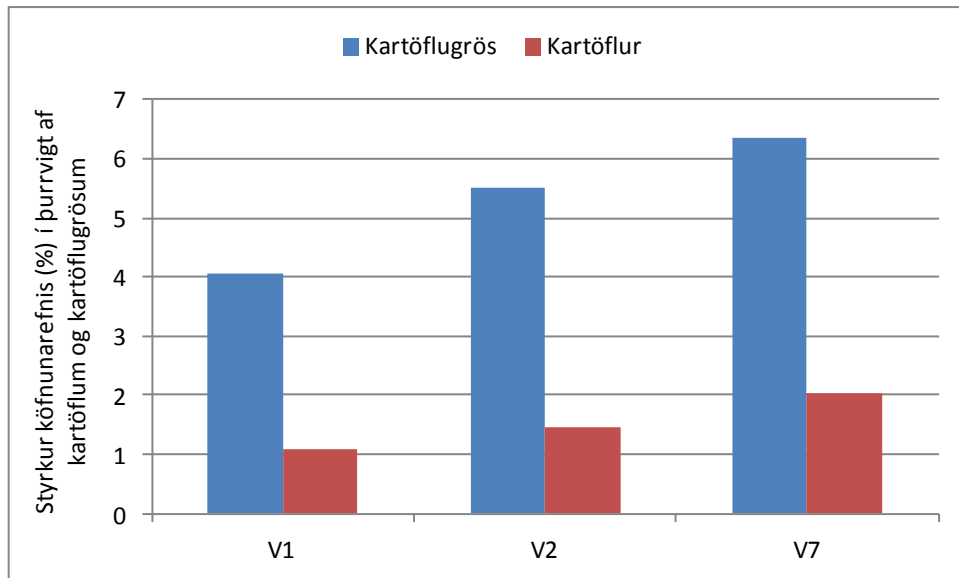
Á sýnatökustað V1 mældist styrkur flúors í salati 2 µg/g og í rauðu salati 3 µg/g. Styrkur flúors í lambhagasalati á sýnatökustað V7 var töluvert hærri, eða 32 µg/g. Styrkur flúors í grænkáli á sama stað var 16 µg/g sem er töluvert herra en það mældist árið 2014 (2 µg/g) en þó lægra en árið 2013 þegar það mældist 19 µg/g. Í bakgrunnsúttekt árið var styrkur þess <3 µg/g. Athyglisvert er að sjá muninn á styrk flúors í grænmeti sýnatökustöðunum V1 og V7 sem eru mjög nálægt hvor öðrum (Mynd 63), en hafa ber í huga að ekki er um að ræða sömu tegundir.

3.3.8.2 Brennisteinn og köfnunarefni í kartöflum

Meðalstyrkur brennisteins í kartöflugrösum árið 2015 var 0,54%. Meðalstyrkur brennisteins í kartöflum var töluvert lægri, eða 0,15%. Meðalstyrkur köfnunarefnis í kartöflugrösum árið 2015 var 5,3%. Meðalstyrkur köfnunarefnis í kartöflum var einnig töluvert lægri, eða 1,5%. Styrkur brennisteins og köfnunarefnis í kartöflum annars vegar og kartöflugrösum hins vegar er í samræmi við dreifingu á styrk flúors innan kartöfluplöntunnar, þ.e. styrkurinn mælist mun lægri í kartöflunum heldur en í laufblöðum plöntunnar.



Mynd 65. Styrkur brennisteins (%) í þurrvigt af kartöflum og kartöflugrösum árið 2015 í Reyðarfirði.



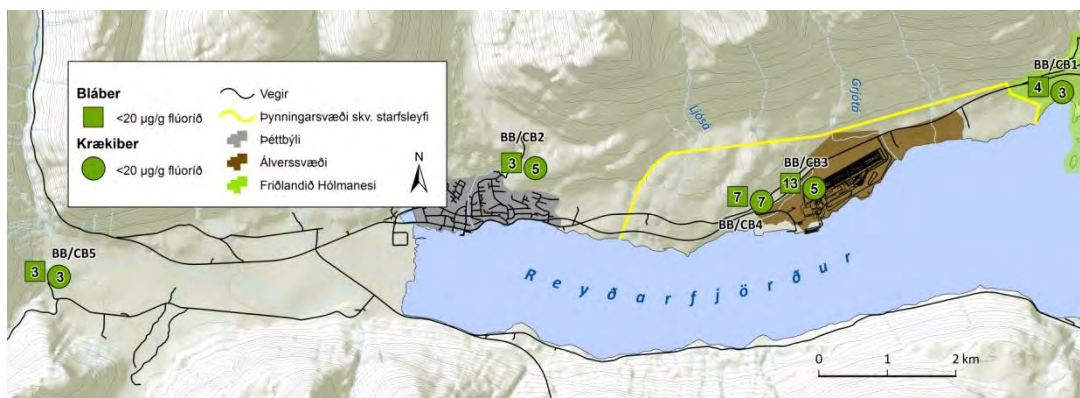
Mynd 66. Styrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af kartöflum og kartöflugrös árið 2015 í Reyðarfirði.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors í kartöflu- og grænmetissýnum og á styrk brennisteins og köfnunarefnis í kartöflusýnum árið 2015 má sjá í viðauka 10.

3.3.9 Bláber og krækiber

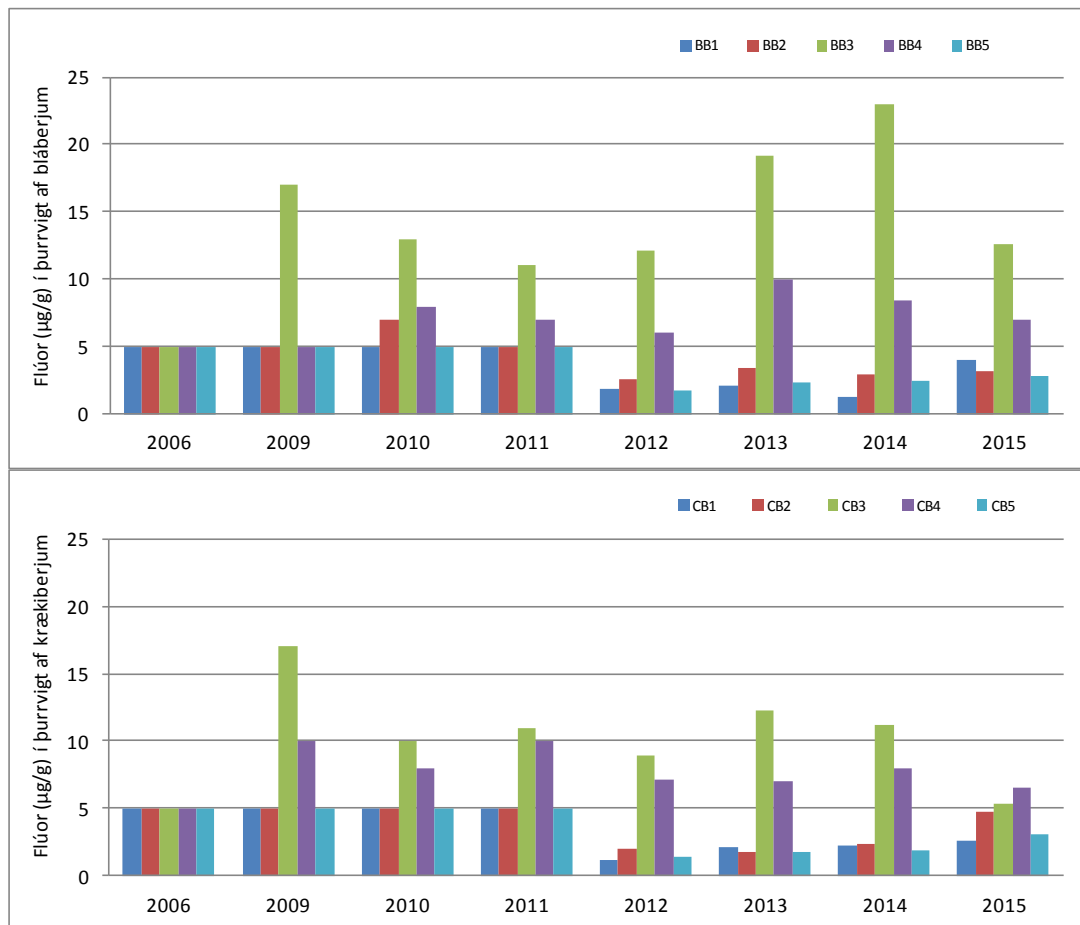
3.3.9.1 Flúor

Styrkur flúors í krækiberjum mældist frá 3-7 $\mu\text{g/g}$ og í bláberjum frá 3-13 $\mu\text{g/g}$. Hæstu gildin í bæði bláberjum og krækiberjum mældust innan þynningarsvæðis á sýnatökustöðum BB/CB3 og BB/CB4 (Mynd 67 og Mynd 68). Á sýnatökustöðum utan þynningarsvæðis mældust gildin í öllum tilvikum lægri en innan þess (Mynd 67).



Mynd 67. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í september 2015. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).

Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á sýnatökustað BB/CB3 var talsvert lægri árið 2015 en árið 2014 en minni mun var að sjá í styrk flúors milli ára á hinum sýnatökustöðunum (Mynd 68).



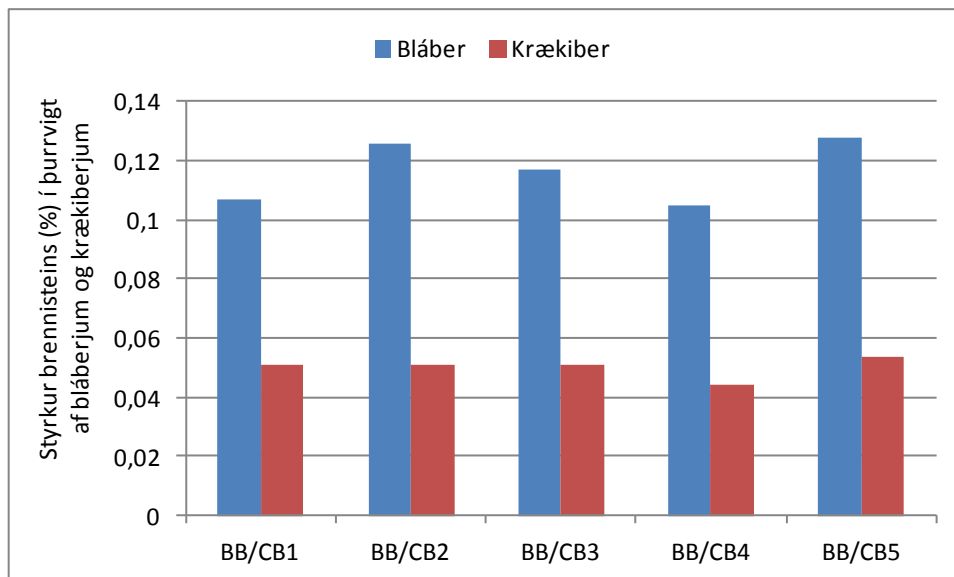
Mynd 68. Styrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2009-2015 í Reyðarfirði. Fram til ársins 2011 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum 5 µg/g.

Hæstu gildi ársins í bláberjalyngi mældust á sama svæði og í berjasýnunum BB3 og BB4 sem eru innan þynningarsvæðis. Styrkur flúors í blöðum bláberjalyngs reyndist alla jafna töluvert hærri en gildin í bláberjum á sömu stöðum. Þessar niðurstöður eru í samræmi við erlendar athuganir sem og athuganir í Reyðarfirði undanfarin ár sem hafa sýnt að jafnvel þó að styrkur flúors í andrúmslofti og blöðum plantna sé hér þá hafa ávextir, fræ og rætur lág gildi (Guðrún Óskarsdóttir 2015, Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2012, 2013 og 2014, Weinstein & Davison, 2004). Fyrir austan álver var styrkur flúors í bláberjalyngi þó það lágur árið 2015 að hann var sambærilegur styrk flúors í bláberjum á sama stað.

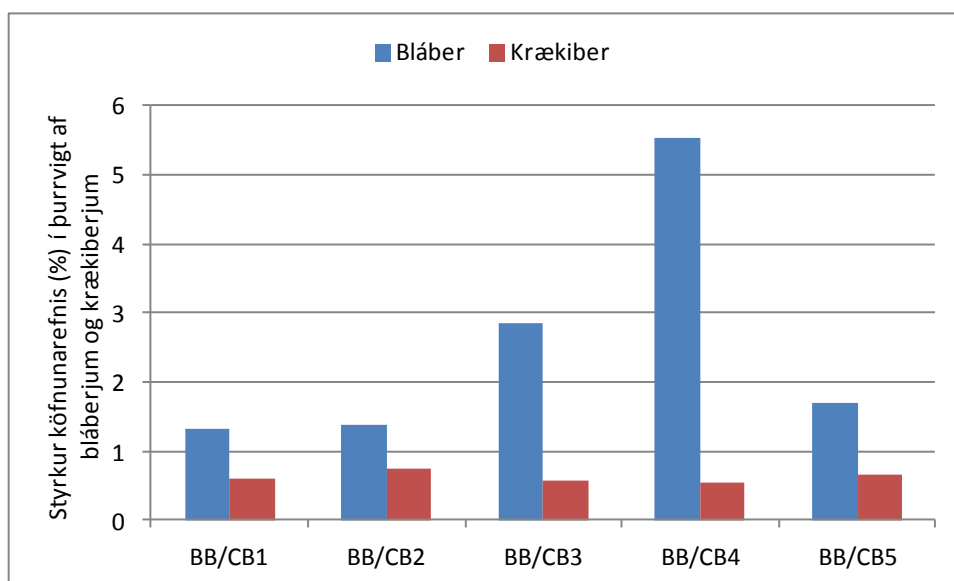
3.3.9.2 Brennisteinn og köfnunarefni

Meðalstyrkur brennisteins í bláberjum árið 2015 var 0,12%. Meðalstyrkur brennisteins í krækiberjum var talsvert lægri, eða 0,05%. Meðalstyrkur köfnunarefnis í bláberjum árið 2015 var 2,55% sem er að sama skapi talsvert hærri en meðalstyrkur köfnunarefnis í krækiberjum 2015, sem var 0,62%.

Brennisteinn og köfnunarefni var mælt í bláberjum og krækiberjum í fyrsta sinn árið 2015.



Mynd 69. Styrkur brennisteins (%) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árið 2015 í Reyðarfirði.



Mynd 70. Styrkur köfnunarefnis (%) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árið 2015 í Reyðarfirði.

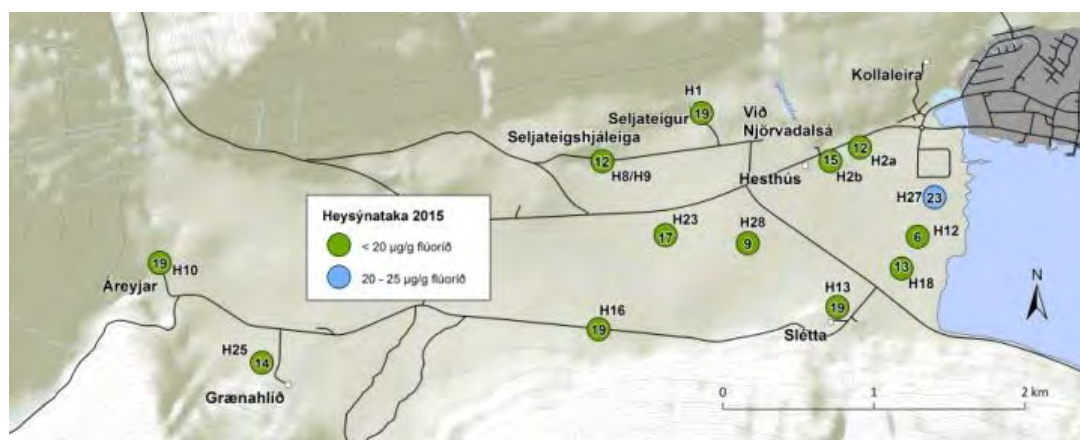
Niðurstöður mælinga á flúor, brennisteini og köfnunarefni í bláberjum og krækiberjum fyrir árið 2015 er að finna í viðauka 12.

3.3.10 Hey

3.3.10.1 Flúor

Styrkur flúors í heyi í sýnum sem tekin voru beint úr rúllum eða böggum í Reyðarfirði mældist frá 6-23 $\mu\text{g/g}$. Hæsta og lægsta gildið mældust hvoru tveggja á tónum austarlega í botni Reyðarfjarðar. Styrkur flúors mældist 19 $\mu\text{g/g}$ á fjórum stöðum

hér og þar um sýnatökusvæðið og ekki var að sjá neitt áberandi mynstur í dreifingu flúors í heyi árið 2015 (Mynd 71).

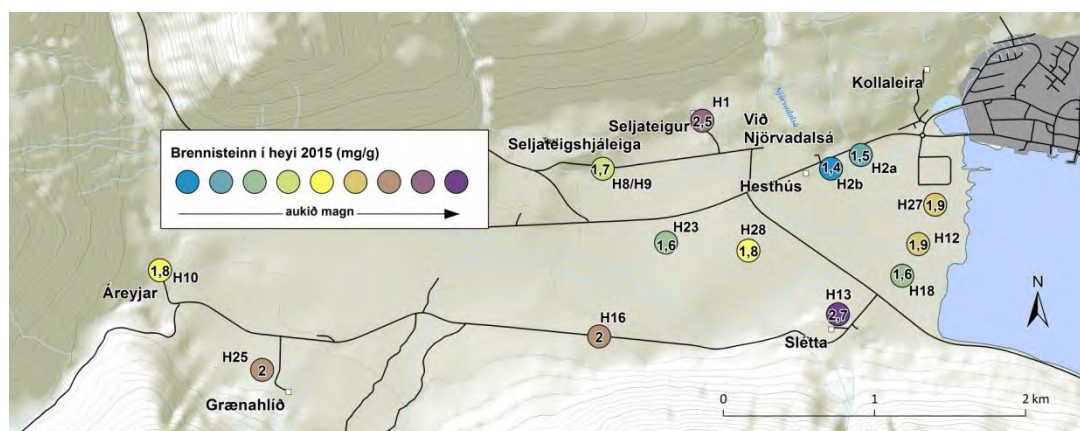


Mynd 71. Yfirlit yfir staðsetningu og styrk flúors í heysýnum sem tekin voru 1. og 2. september 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015). Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar á þessu korti.

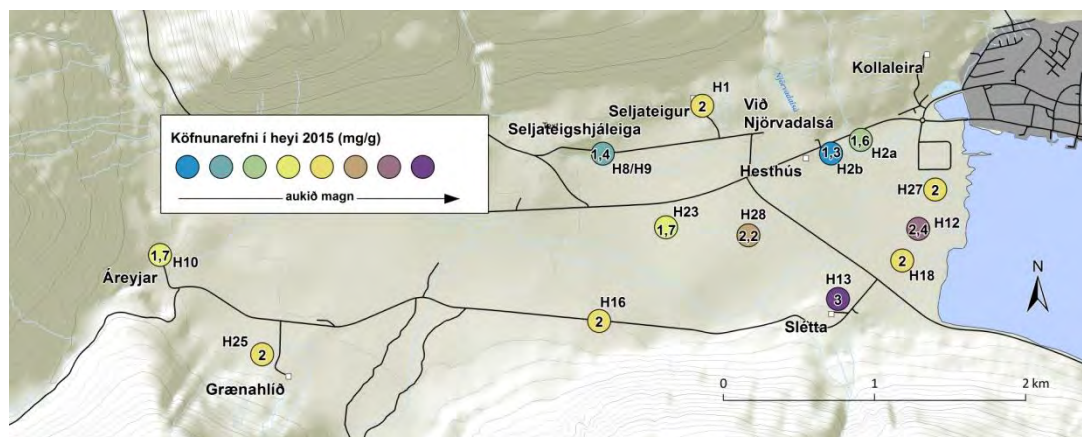
Styrkur flúors í vetrarheyi (heyi sem búið var að standa úti) var undir viðmiðunarmörkum fyrir búfénað eða frá 14 µg/g við Sléttu til 24 µg/g við Seljateigshjáleigu. Sýnið sem safnað var við Sléttu var reyndar tekið rétt eftir að ný stæða var sett út. Styrkur flúors við Áreyjar var 17 µg/g og við Njörvadalsá 18 µg/g.

3.3.10.1 Brennisteinn og köfnunarefni

Styrkur brennisteins í heyi mældist frá 0,14% á sýnatökustað H2b austan við hesthúsinn og upp í 0,27% á sýnatökustað H13 við Sléttu. Ekkert skýrt mynstur í dreifingu brennisteins í heyi árið 2015 var að sjá (Mynd 72). Styrkur köfnunarefnis í heyi mældist frá 1,3%, einnig á sýnatökustað H2b og upp í 3%, einnig á sýnatökustað H13. Ekkert skýrt mynstur var þó heldur að sjá í dreifingu köfnunarefnis í heyi um Reyðarfjörð árið 2015 (Mynd 73).



Mynd 72. Yfirlit yfir staðsetningu og styrk brennisteins í heysýnum sem tekin voru 1. og 2. september 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).



Mynd 73. Yfirlit yfir staðsetningu og styrk köfnunarefnis í heysýnum sem tekin voru 1. og 2. september 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).

Brennisteinn og köfnunarefni var ekki mælt í heysýnum sem höfðu staðið úti.

Niðurstöður mælinga á flúor, brennisteini og köfnunarefni í heysýnum fyrir árið 2015 er að finna í viðauka 13.

4 Sjónræn skoðun á gróðri

Eins og fram hefur komið berst flúor inn í laufblöð um loftaugu á yfirborði laufblaða. Inni í laufblaðinu leysist flúor upp í vatni og berst með því til jaðra blaðsins þar sem hann safnast fyrir og ferðast ekki frekar um laufblað plöntunnar (Weinstein & Davison, 2004).

Ef styrkur flúors verður hár veldur það skemmdum á frumuhimnu plöntunnar og hún fer að leka. Vefurinn deyr og breytir um lit, verður ljósbrúnn, brúnn eða svartur (e. necrosis). Þetta gerist vanalega í útjaðri laufblaðsins eða á milli æða. Einnig getur myndast röð dökkra strika í laufblaðinu þegar styrkur flúors er hár yfir vaxtartímann. Svo getur farið að dauði vefurinn þorni og detti af laufblaðinu sem veldur því að lögun blaðsins verður einkennileg, einkum fremst. Almennt eru ung blöð í þroska mun viðkvæmari fyrir flúor en eldri fullþroskuð blöð. Þannig getur sama plantan sýnt mjög ólík einkenni, háð því á hvaða þroskastigi blöðin eru þegar þau verða fyrir flúormengun (Weinstein & Davison, 2004).

Önnur áhrif eru þau að uppsöfnun flúors fremst í laufblaðinu dregur úr vexti frumna þar. Miðhluti laufsins heldur hins vegar áfram að vaxa og veldur því að blöðin verða kúpt þegar þau stækka (Weinstein & Davison, 2004).

Flúor getur valdið fölnun eða gulgungun (e. chlorosis) í laufblöðum. Slík einkenni eru oftast talin vera vegna ónógrar birtu eða vegna skorts á járni eða magnesíum í jarðvegi. Ástæður þess að flúor veldur gulgungun er binding þess við magnesíum í plöntunni og verður plantan þá fyrir magnesíumskorti (Weinstein & Davison, 2004).

Dreifingarmynstur skemmda í gróðri ákvarðast einkum af ríkjandi vindátt og að hluta til af landslagi. Í rannsóknnum sem gerðar voru í Noregi á skemmdum á

plöntuvef af völdum flúormengunar kom í ljós að skemmdir takmörkuðust við svæði innan tveggja kílómetra frá uppruna mengunar. Tengsl voru á milli skemmda í laufblaði og styrk flúors. Það var hins vegar mjög breytilegt eftir stöðum í Noregi hversu mikinn styrk flúors sömu tegundir þoldu áður en bera fór á skemmdum. Veðurfar og lega svæðis hafði þar mikið að segja (Vike, 1999).

Hafa ber í huga að mörg önnur atriði í umhverfinu geta valdið streitu í plöntum sem eru mjög líkar flúorskemmdum t.d. salt, frost og vatnsskortur (Weinstein & Davison, 2004).

Hér verður gerð grein fyrir niðurstöðum sjónrænnar skoðunar á plöntum í Reyðarfirði m.t.t. flúorskemmda sumarið 2015.

4.1 Sjaldgæfar tegundir

Sjónrænt mat á heilbrigði fimm sjaldgæfra plöntutegunda sem vaxa í Reyðarfirði var gert 20. júlí 2015. Þessar sjaldgæfu tegundir eru:

- Aronsvöndur (*Erysimum hieraciifolium*) í friðlandinu í Hólmanesi
- Stóriburkni (*Dryopteris filix-mas*) í friðlandinu í Hólmanesi
- Þyrnirós (*Rosa pimpinellifolia*) á nokkrum stöðum við Kollaleiru
- Giljaflækja (*Vicia sepium*) vex í gili í þéttbýlinu á Reyðarfirði
- Fuglaertur (*Lathyrus pratensis*) vaxa einnig í þéttbýlinu á Reyðarfirði

Þrjár þessara tegunda eru á tilgreindar á valista háplantna; Giljaflækja sem talin er í yfirvofandi hættu, þyrnirós sem einnig er í yfirvofandi hættu og jafnframt friðlýst og fuglaertur sem þó er metin ekki í hættu. (Náttúrufræðistofnun, 2008 og Auglýsing nr. 184/1978).

Plönturnar voru ljósmyndaðar og kannað hvort þær sýndu mögulega einkenni flúorskemmda eða hvort vaxtarstöðum þeirra væri á einhvern hátt ógnað.

Líkt og fyrri ár var vaxtarstað giljaflækju og fuglaertna ógnað af ágengu tegundunum kerfli (*Myrrhis odorata*) og njóla (*Rumex longifolius*). Á svæðinu óx einnig nokkuð af túnfíflum og mikið af maríustakk var að finna meðfram læknum. Giljaflækjur voru í blóma og fuglaertur höfðu myndað knúbbu en voru ekki farnar að blómstra. Á þeim blöðum þessara tveggja tegunda sem fundust var ekki að greina neinar skemmdir (Mynd 74).



Mynd 74. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júlí 2015 í Reyðarfirði.

Engar sjáanlegar skemmdir sem líkjast flúorskemmdum fundust á plöntum þyrnirósar (Mynd 75). Um tvo vaxtarstaði er að ræða, annars vegar rétt vestan við Kollaleiru-bæinn og hins vegar á svipuðum slóðum, nokkuð ofar. Efri vaxtarstaðurinn er staðsettur innan beitarhólfis hrossa. Á neðra svæðinu var þyrnirós komin að því að blómstra en flestar plöntur ekki búnar að opna knúbbi við athugun. Á efra svæðinu voru plöntur almennt litlar og ekki farnar að blómstra (Mynd 75).



Mynd 75. Þyrnirós af neðra svæði (t.v.) og af efra svæði (t.h.) í júlí 2014 í Reyðarfirði.

Aronsvöndur sýndi engin merki sem líkjast flúorskemmdum (Mynd 76). Flestar plöntur voru í blóma og í góðu ásigkomulagi. Aronsvöndur hefur breitt mikið úr sér á síðustu árum. Líkt og fyrri ár mátti greina skemmdir á endum smáblaða stóraburkna (Mynd 76). Þessar skemmdir voru minna áberandi árið 2015 en árið 2014 en þá höfðu þær verið meira áberandi en árin þar á undan.



Mynd 76. Aronsvöndur (t.v.) og stóraburkni með skemmdum endum (t.h.) í júlí 2015 í Reyðarfirði.

4.2 Garðaplöntur og tré

Garðagróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði og í trjáræktarsvæðum milli álversins og bæjarins var skoðaður þann 18. ágúst 2015. Gróður var ljósmyndaður og skoðaður m.t.t. mögulegra ummerkja um skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.

Öll tré kringum Sómastaði voru fjarlægð árið 2009 en sprotar af víði (*Salix* sp.), ösp (*Populus* sp.) og reyni (*Sorbus* sp.) hafa vaxið upp á ný. Greina mátti flúorskemmdir á nýjum laufblöðum. Á gulvíði voru blaðendar 3-5% nýrra laufblaða dauðir (e. necrosis) og þar sem skemmdir sáust var 25-50% laufblaðsins dautt (Mynd 77). Svipuð einkenni mátti sjá á 3-5% nýrra laufblaða á öllum asparsprotum, blaðendar voru svartir og vaxtarlag þeirra afbrigðilegt (Mynd 77).



Mynd 77. Flúorskemmdir (necrosis) og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á gulvíði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í ágúst 2015.

Fyrir ofan álverið á milli gamla og nýja vegarins vex birki (*Betula pubescens*) í þyrpingu. Það hefur stækkað töluvert frá því byrjað var að fylgjast með því árið 2007. Blöð voru kúpt en án blaðdauða og gulnunar (e. chlorosis) fyrir utan eitt tré. Trén voru almennt heilbrigð að sjá.

Í ræktunarreit á neðsta hjallanum norðvestur af álverinu er samansafn af ýmsum trjátegundum, einkum birki og reyni. Tré voru í nokkuð góðu ástandi samanborið við fyrri ár og öll tré án athugasemda.

Við Framnes var sigurskúfur (*Chamaenerion angustifolium*) ekki í blóma. Flestar plöntur voru ekki með sjáanleg einkenni sem líkjast flúorskemmdum en þó voru u.þ.b. 2% plantna með dauða blaðenda (e. necrosis) (Mynd 78). Á víði voru 0-2% blaða efstu greina einnig með dauða blaðenda á um 0-2% plantnanna. Blöð elris (*Alnus* sp.) voru falleg og glansandi og engin flúorlík einkenni sjáanleg. Blátoppur (*Lonicera caerulea*) var í blóma og blöð hans voru kúpt og gulnuð í jöðrunum (Mynd 78). Á bergfuru (*Pinus uncinata*) mátti greina dauða enda á nálum frá fyrra

ári, mest á toppgreinum (Mynd 78). Koparreynir (*Sorbus frutescens*) og blæösp (*Populus tremula*) sem vaxa á svæðinu voru án athugasemda.



Mynd 78. Sigurskúfur (t.v.), blátoppur (í miðju) og bergfura (t.h.) við Framnes í Reyðarfirði í ágúst 2015.

Við Teigagerði var gróður almennt heilbrigður að sjá og engin sjáanleg flúorlík einkenni.

Við kirkjugarðinn sem er staðsettur rétt utan þéttbýlisins á Reyðarfirði var flestur gróður án athugasemda fyrir utan skemmdir af völdum skordýra í birki og víði.

Gróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði var að miklu leyti án athugasemda en þó mátti sjá skemmdir af völdum skordýra, einkum í birki og viðju (*Salix myrsinifolia* subsp. *borealis*). Líkt og fyrri ár sáust skemmdir sem líkjast flúorskemmdum á íris (*Iris* sp.) (Mynd 79). Einnig sáust einkenni sem líkjast flúorskemmdum á smáblöðum nokkurra reynitjára og á nálum nokkurra furutjára (Mynd 79). Þá var rabarbari á stað sem ekki hefur verið skoðaður áður ljótur að sjá með gulnuð blöð (Mynd 79).

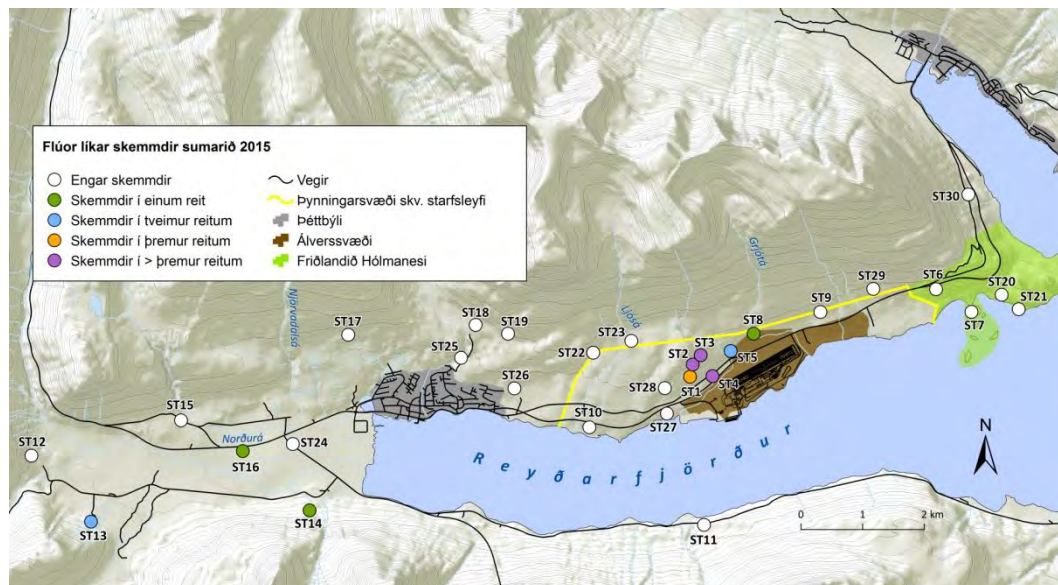


Mynd 79. Íris (t.v.), fura (í miðju) og rabarbari (t.h.) í þéttbýlinu á Reyðarfirði í ágúst 2015.

4.3 Gróður í rannsóknarreitum

Villtur gróður í 150 rannsóknarreitum á 30 vistfræðistöðvum í Reyðarfirði var skoðaður dagana 15.-16. júlí 2015 (Mynd 80). Reitir voru ljósmyndaðir og ummerkja leitað um mögulegar skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.

Almennt var gróður á stöðvunum í góðu ásigkomulagi og án athugasemda fyrir utan skemmdir af völdum traðks og beitar sem voru nokkuð áberandi. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust á nokkrum stöðvum innan þynningarsvæðis álversins (Mynd 80) og sáust einkennin aðallega á bláberjalyngi (*Vaccinium uliginosum*), stinnastör (*Carex bigelowii*) og beitleyngi (*Calluna vulgaris*) en einnig á móasefi (*Juncus trifidus*) og mosa (*Racomitrium spp.*). Utan þynningarsvæðis fundust einkenni á þremur stöðvum í botni Reyðarfjarðar (Mynd 80) og sáust einkennin á stinnastör og bláberjalyngi. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust einnig á nokkrum stöðvum utan reita en þau voru ekki merkt á korti.



Mynd 80. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust á níu stöðvum sumarið 2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).

Sýnilegar skemmdir á gróðri innan rannsóknarreita voru minna áberandi árið 2015 en árið 2014. Árið 2014 höfðu sýnilegar skemmdir þó verið óvenju mikið áberandi og fundust á öllum stöðvum innan þynningarsvæðis álversins og á fimm stöðvum utan þess. Líkt og fyrri ár sáust ýmiskonar skemmdir á gróðri af völdum annarra þátta s.s. skordýra og sveppasýkinga. Skemmdir af völdum traðks og beitar voru meira áberandi árið 2015 en árið 2014 og dauðar greinar bláberja- og krækilyngs var víða að sjá.

Ásigkomulag gróðurs utan rannsóknareita hefur ekki verið skráð kerfisbundið. Samt sem áður er vert að benda á að víða um Reyðarfjörð hefur bláberjalyng verið áberandi rautt og blöðin oft mjög lítil undanfarin ár (Mynd 81). Árið 2015 var rautt

bláberjalyng einnig áberandi. Að líkindum stafar þessi rauði litur af kulda- eða frostáhrifum.



Mynd 81. Rauðleit blöð bláberjalyngs við stöð 1.

Myndalista er að finna í viðauka 14.

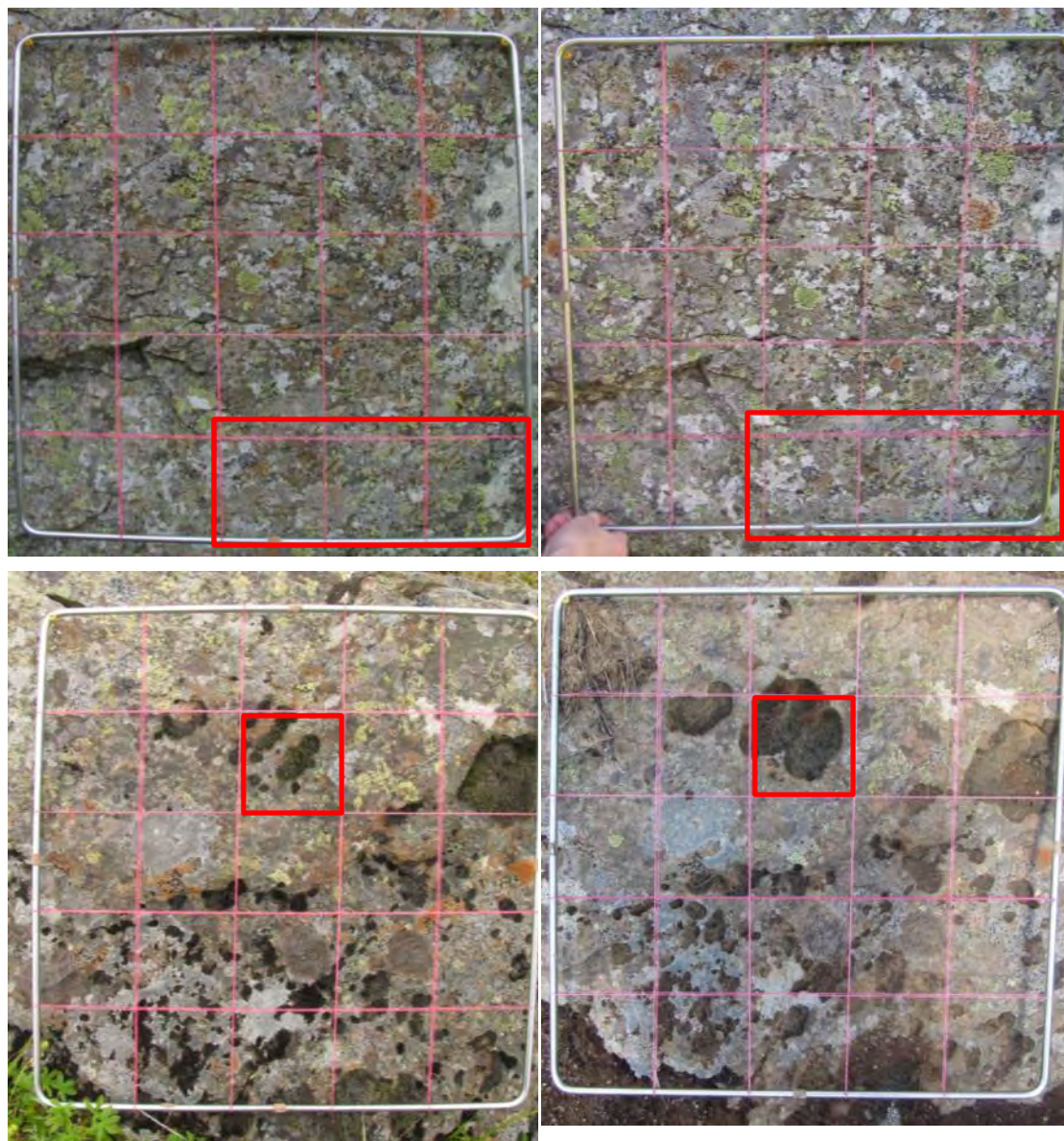
4.4 Fléttur og mosar á grjóti

Frá árinu 2005 hefur verið fylgst með fléttum og mosum í föstum reitum á steinum og klöppum í Reyðarfirði. Reitirnir (50 x 50 cm) hafa verið ljósmyndaðir til að fylgjast með breytingum á þekju þeirra. Árlega hafa myndir verið bornar saman við fyrra ár. Árið 2015 voru fléttureitir ljósmyndaðir dagana 15., 16. og 21. júlí, 11., 17. og 18. ágúst. Hér eru ljósmyndir frá árinu 2015 bornar saman við myndir frá árinu 2010 til að fá betri mynd af breytingum til lengri tíma. Frá upphafi hafa þrír steinar eða klappir ýmist verið fjarlægðir, ekki verið hægt að endurstaðsetja eða hafa hrunið (LQ3, LQ20 og LQ50). Alls voru 45 reitir myndaðir árið 2015 og 41 reitur myndaður árið 2010. Alls var hægt að bera saman 39 reiti milli áráanna 2010 og 2015. Í fimm tilfellum var notast við myndir frá árinu 2009 og í einu tilfalli var notast við mynd frá árinu 2011, þar sem ekki voru til myndir frá árinu 2010. Alls voru því bornir saman 45 fléttureitir.

Reitunum var skipti í 25 smáramma (10 x 10 cm). Myndirnar voru bornar saman og smárammar skoðaðir með tilliti til breytinga á vexti mosa og flétta (Mynd 82). Reynt var að meta hvort þekja flétta og mosa í reitunum jókst eða minnkaði á þessu fimm ára tímabili. Ekki var farið í tegundagreiningu á einstaklingum.

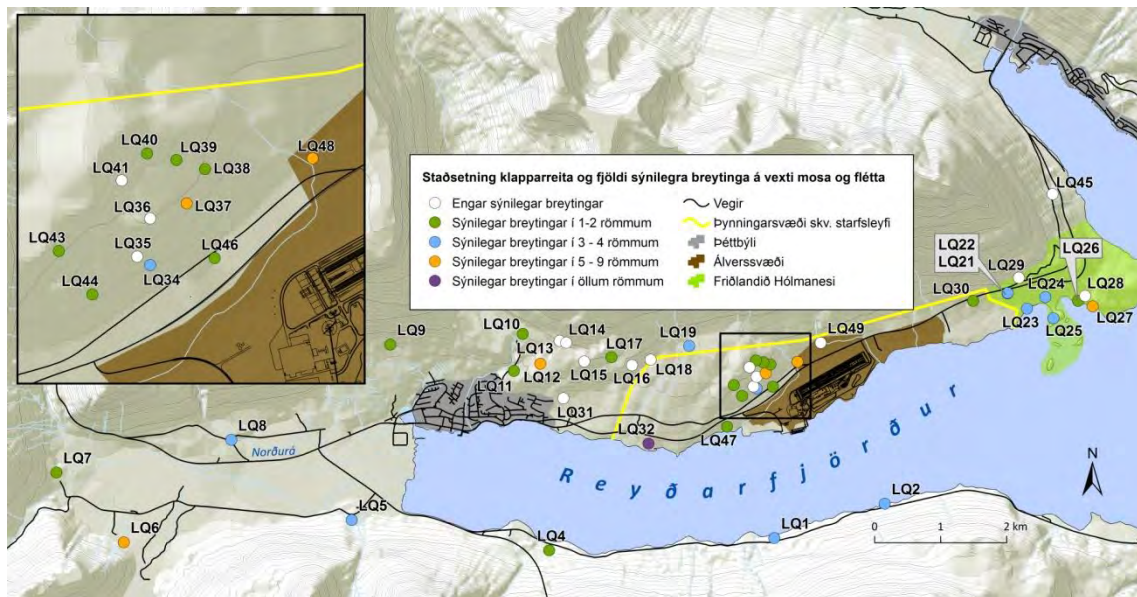
2010

2015



Mynd 82. Samanburður LQ5 (efri) og LQ9 (neðri) reita milli árunna 2010 og 2015. Breytingar í smárömmum voru auðkenndar með rauðum ramma.

Af þeim 45 reitum sem hægt var að bera saman voru 16 innan þynningarsvæðis og 29 utan þynningarsvæðis (Mynd 83). Almennit voru litlar þekjubreytingar flétta á föstum reitum. Ekki fundust neinar sjáanlegar breytingar á mosum og fléttum á 31% reitanna. Á um 31% reita voru breytingar í einum til tveimur smárömmum, á fjórðungi reita voru breytingar í þremur til fjórum smárömmum. Fimm reitir (11%) höfðu breytingar á fimm til níu smárömmum. Í sumum tilfellum breytinga var um að ræða aukna þekju einstaklinga, í öðrum tilfellum var minnkun einstaklinga en einnig var um að ræða breytingar á þekju vegna stækkun einstakra tegunda og minnkun annarra.

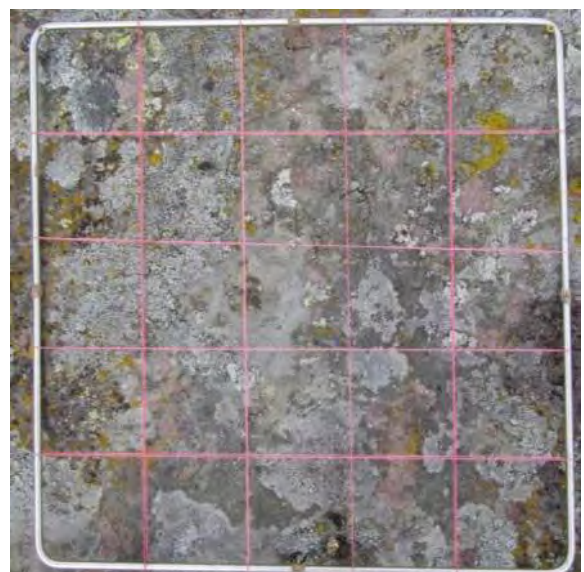


Mynd 83. Staðsetning klappareita og fjöldi sýnilegra breytinga á smárömmum (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).

Ekki var augljós munur á breytingum innan og utan þynningarsvæðis. Algengast var að breytingar voru sjáanlegar á 1-2 smárömmum (á 50% reita innan þynningarsvæðis og um 20% reita utan þynningarsvæðis) (Mynd 83). Engar sýnilegar breytingar voru á 9% reita innan þynningarsvæðis en 22% reita utan þynningarsvæðis. Mesta einstaka breytingin var á reit LQ 32 (Mynd 84) þar sem töluverðar breytingar á þekju og hlutfalli tegunda hafði átt sér stað í öllum smárömmum reits, þó klöppin væri enn hlulin fléttum líkt og árið 2009. Þá voru töluverðar breytingar skráðar (í 9 smárömmum) á reit LQ 27, staðsettur í friðlandinu í Hólmanesi, þar sem mosabekja hafði aukist (Mynd 85).

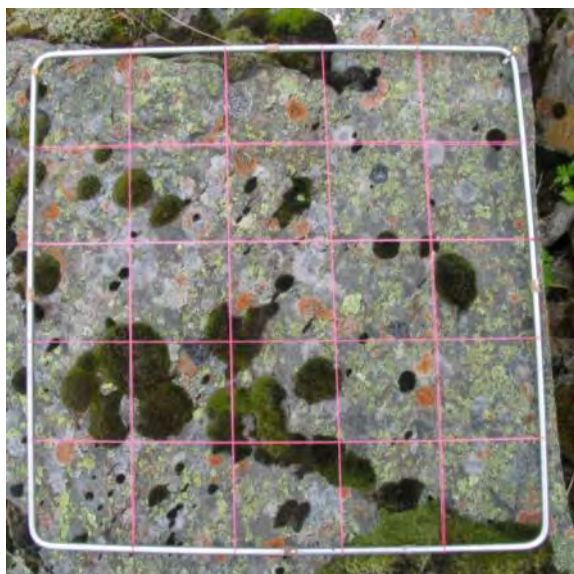
2009

2015

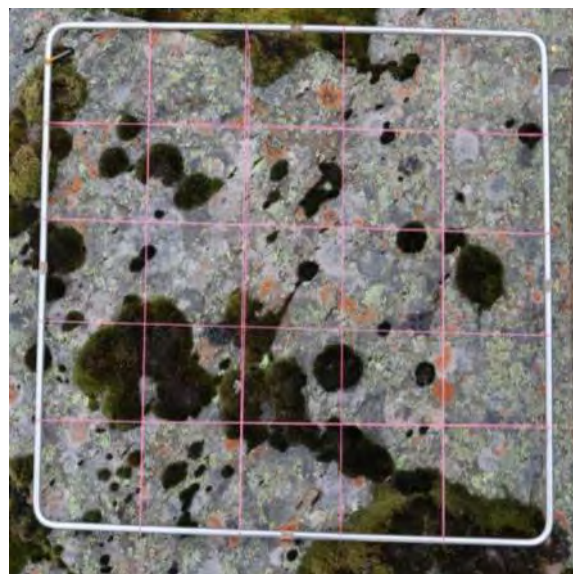


Mynd 84. Samanburður LQ32 milli ára 2009 og 2015. Allir einstaklingar á klöppinni höfðu breytt lögun og stærð

2010



2015



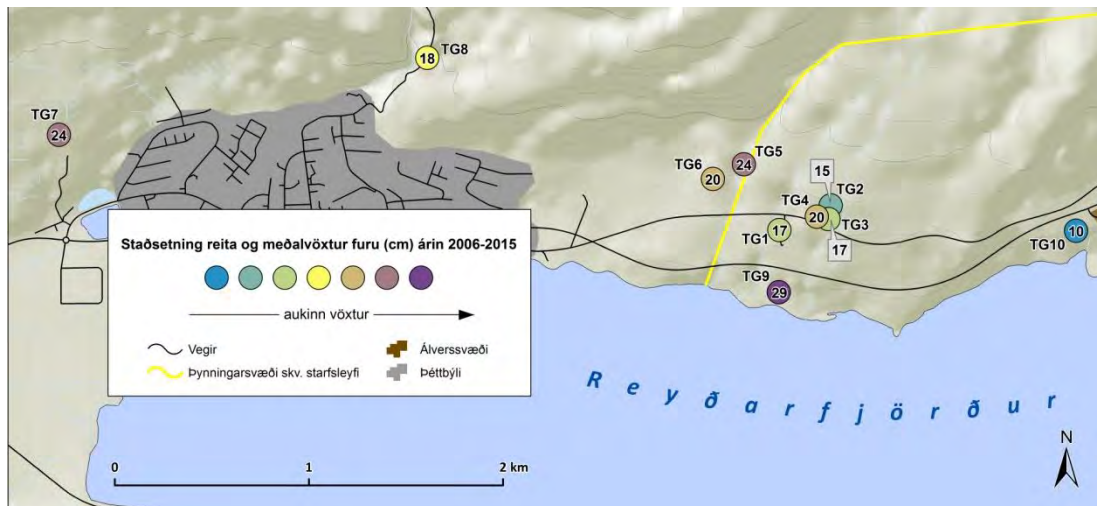
Mynd 85. Samanburður LQ27 milli ára 2010 og 2015. Þekja mosa á klöppinni hefur aukist

Sjónrænn samanburður á breytingum á þekju mosa og flétta í 47 fléttureitum árin 2005, 2010 og 2015 er að finna í viðauka 15 og yfirlit yfir allar ljósmyndir er að finna í viðauka 14.

5 Trjávöxtur

Furutegundir (*Pinus* spp.) eru taldar viðkvæmar fyrir flúor. Þolmörk viðkvæms gróðurs gagnvart loftbornum flúor eru talin vera um $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yfir 5-6 mánaða tímabil og koma skemmdir fram í nálum plöntunnar og í minni vexti (Weinstein & Davison, 2004; R. Liteplo o.fl., 2002; Ongstad o.fl., 1994).

Í Reyðarfirði hefur furutrjám verið plantað víða. Mest er af stafafuru (*Pinus contorta*) en einnig er bergfura (*P. uncinata*) á Framnesi (staðsetningu 10) og víðar. Staðsetningu trjámæltreita má sjá á Mynd 86.

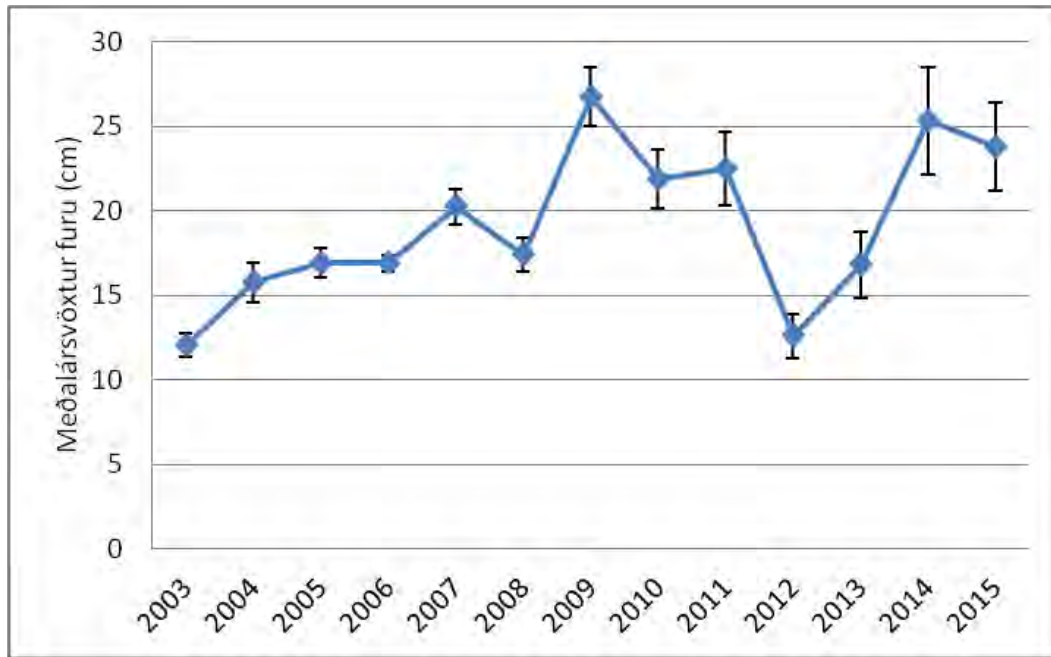


Mynd 86. Staðsetning 10 trjámælireita í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árin 2006-2015 (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).

Árið 2005 voru gerðar frumathuganir á vexti furu á 10 stöðum í Reyðarfirði. Toppsprótar voru mældir með tommustokk. Tíu tré voru mæld í trjáræktarreit 1-9 en átta tré í trjáræktarreit 10 eða samtals 98 tré. Öll tré voru staðsett með GPS tæki og merkt með númeri og borða til að hægt væri að finna þau aftur.

Mælingar hafa verið endurteknaðar árin 2009, 2011, 2012, 2013, 2014 og 2015. Hægt er að bera saman vöxt furu fyrir og eftir að álver hóf rekstur því þegar fyrstu mælingar voru gerðar árið 2005 var mældur vöxtur aftur til ársins 2003. Árið 2015 voru mælingar framkvæmdar 12. og 13. október og þá var vöxtur ársins 2015 mældur. Vegna þess hve trén eru orðin há var orðið erfitt að mæla toppvöxt með tommustokk. Því var sérstök trjámælistika notuð í fyrsta sinn í ár. Mælistikan var borin að stofni trjánna og heildarhæð þeirra mæld, þvínæst var hæð fyrra árs mæld. Að lokum var hæð fyrra árs dregin frá heildarhæð og toppvöxtur árið 2015 þannig reiknaður út.

Meðalársvöxtur vaxtarsprota stafafuru á öllum svæðum árið 2015 var 23,8 cm. Vöxturinn var nokkuð breytilegur milli staðsetninga eða frá 13,0 - 39,4 cm (staðsetningar 1-9) og 9,1 cm hjá bergfuru (staðsetning 10). Vöxturinn árið 2015 var meiri á fimm staðsetningum samanborið við árið á undan. Meiri munur var þó á þeim fjórum staðsetningum þar sem vöxturinn var minni árið 2015 en árið 2014. Mestur var munurinn á meðalvexti stafafuru milli ára á svæði nr. sjö, við Kollaleiru (7,6 cm minni en árið áður) en minnstur var munurinn á staðsetningum 3 og 10, um 0,2 cm minni vöxtur en árið áður (Tafla 12 og Mynd 87). Þegar meðalvöxtur furu árin 2006-2015 er skoðað m.t.t. staðsetninga kemur í ljós að minnstur er vöxturinn í bergfurunni (staðsetning 10) næst álverinu (10 cm á ári) og í stafafuru á staðsetningu 2 (15 cm á ári) innan þynningarsvæðis. Mestur er vöxturinn í stafafuru á staðsetningu 9 (29 cm á ári) innan þynningarsvæðis (Mynd 86).



Mynd 87. Meðalársvöxtur stafafuru í níu trjámælireitum í Reyðarfirði tímabilið 2003-2015.

Tafla 12. Meðalvöxtur vaxtarsprota (cm) á stafafuru (staðsetning 1-9) og bergfuru (staðsetning 10) frá árinu 2006-2015 á tíu svæðum í Reyðarfirði. Staðalskekkja meðaltalanna segir til um breytileika í vexti fyrir hverja staðsetningu.

Staðsetning		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
TG1	Meðalvöxtur	15,2	18,3	12,5	25,1	20,8	18,9	12,2	13,8	17,5	18,8
	Staðalskekkja	2,2	2,2	2,3	1,8	2,4	2,3	2,0	2,9	3,4	2,4
TG2	Meðalvöxtur	16,7	24,1	17,4	21,2	15,4	13,8	8,9	10,6	12,4	13,0
	Staðalskekkja	1,7	1,6	1,9	1,6	2,2	2,5	1,9	2,4	3,4	2,8
TG3	Meðalvöxtur	15,9	21,0	14,7	19,7	17,9	18,2	11,6	12,6	19,9	20,1
	Staðalskekkja	2,3	1,4	1,8	3,6	1,7	2,5	1,8	2,4	3,6	3,4
TG4	Meðalvöxtur	17,1	21,6	15,1	30,3	24,9	23,5	10,2	12,4	24,4	23,8
	Staðalskekkja	2,0	1,1	1,6	1,4	0,8	1,5	1,3	1,8	1,9	2,2
TG5	Meðalvöxtur	18,3	18,8	20,6	28,2	25,7	28,4	13,8	19,8	33,0	28,0
	Staðalskekkja	1,7	2,6	2,3	2,5	2,0	1,5	1,7	1,9	2,6	3,4
TG6	Meðalvöxtur	15,1	16,4	15,5	27,1	22,2	23,7	10,9	18,0	28,8	24,6
	Staðalskekkja	2,6	2,4	2,4	2,6	1,7	2,0	0,9	1,7	3,4	2,5
TG7	Meðalvöxtur	19,3	15,7	20,1	30,0	27,0	29,5	12,0	19,0	36,8	29,2
	Staðalskekkja	1,9	2,8	3,5	3,4	2,5	1,9	1,3	2,2	1,3	2,7
TG8	Meðalvöxtur	18,2	24,2	21,2	22,5	14,1	15,1	11,2	14,9	16,1	17,4
	Staðalskekkja	1,2	2,7	3,8	3,1	1,1	1,4	1,4	0,9	2,1	2,1
TG9	Meðalvöxtur	16,5	22,3	19,5	36,3	29,1	31,4	22,6	30,1	39,2	39,4
	Staðalskekkja	1,7	1,5	2,9	1,7	3,8	3,9	3,0	3,2	3,5	10,4
TG10	Meðalvöxtur	6,8	9,0	5,9	9,4	12,1	9,2	11,3	11,3	12,1	9,1
	Staðalskekkja	0,6	0,8	0,6	0,7	0,5	0,5	0,7	0,8	0,7	1,0
Meðaltal staðsetninga 1-9		16,9	20,2	17,4	26,7	21,9	22,5	12,6	16,8	25,3	23,8

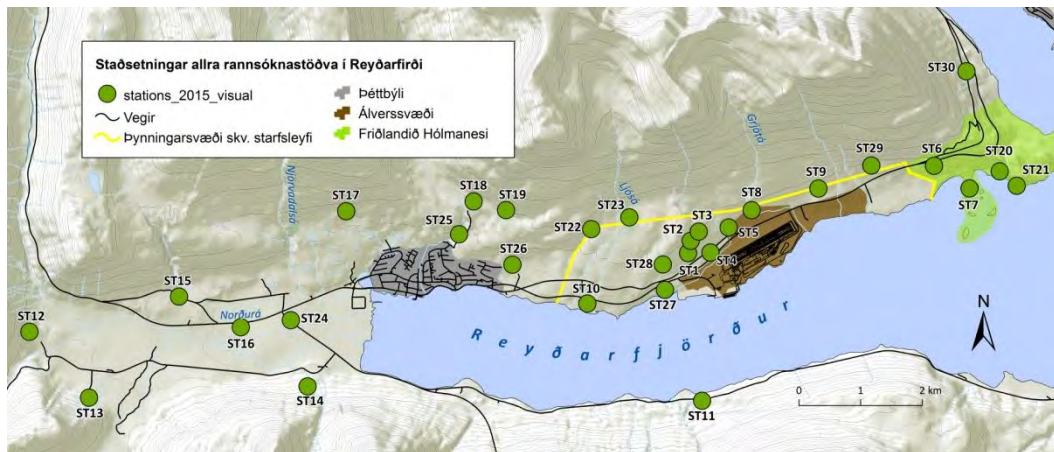
Niðurstöður trjávaxtarmælinga árið 2015 má finna í viðauka 16.

6 Þekja og fjöldi tegunda í rannsóknarreitum

6.1 Gagnasöfnun

Af 30 vistfræðistöðvum (Mynd 88) voru 29 þeirra heimsóttar dagana 15. og 16. júlí 2015. Rannsóknir á gróðurþekju og -samsetningu fóru fram á fimm 1 m² rannsóknarreitum innan hvernar stöðvar og til afmörkunar þeirra var notaður 1 x 1 m

stálrammi. Ramminn var settur niður á tilviljanakenndum stöðum við fyrstu gróðurfarsrannsókn vöktunarinnar árið 2005 en þá voru þeir staðir merktir með flöggum og seinna tréhælum og ramminn alltaf lagður niður á sömu stöðum við seinni rannsóknir (árin 2009 og 2015). Samskonar aðferðir voru notaðar við rannsóknir á gróðurþekju og -samsetningu árið 2015 og árin 2005 og 2009.



Mynd 88. Staðsetning vistfræðistöðvanna 30 í Reyðarfirði (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).

Hlutfallsleg þekja allra háplöntutegunda af yfirborði lands innan ramma var metin sjónrænt. Þekja mosa og flétta var einnig metin en þær voru ekki greindar til tegunda. Þekja ógróins yfirborðs og grjóts var metin og ljósmynd tekin af hverjum ramma. Við þekjumatið var notast við kvarða með mismunandi þekjubílum (Tafla 13). Kvarðinn er afbrigði af Hults-Sernander þekjukvarða (Sjors, 1956) og þekjubílin eru misstór til þess að reyna að taka sem best tillit til breytileika í algengi og þekju mismunandi plöntutegunda.

Tafla 13. Breyttur Hult-Sernander kvarði sem var notaður við þekjumælingar.

Þekjubíl (%)	Miðgildi þekjubíls (%)
< 1	0,5
1 - 6,25	3,6
6,25 - 12,5	9,4
12,5 - 25	18,8
25 - 50	37,5
50 - 100	75

Bláberjalyngs-, mosa- og fléttusýnum til flúormælinga var safnað á og við stöðvarnar (kaflar 3.3.2 til 3.3.4). Vegna ómögulegs aðgengis voru ekki gerðar þekju- og tegundamælingar á vistfræðistöð 25.

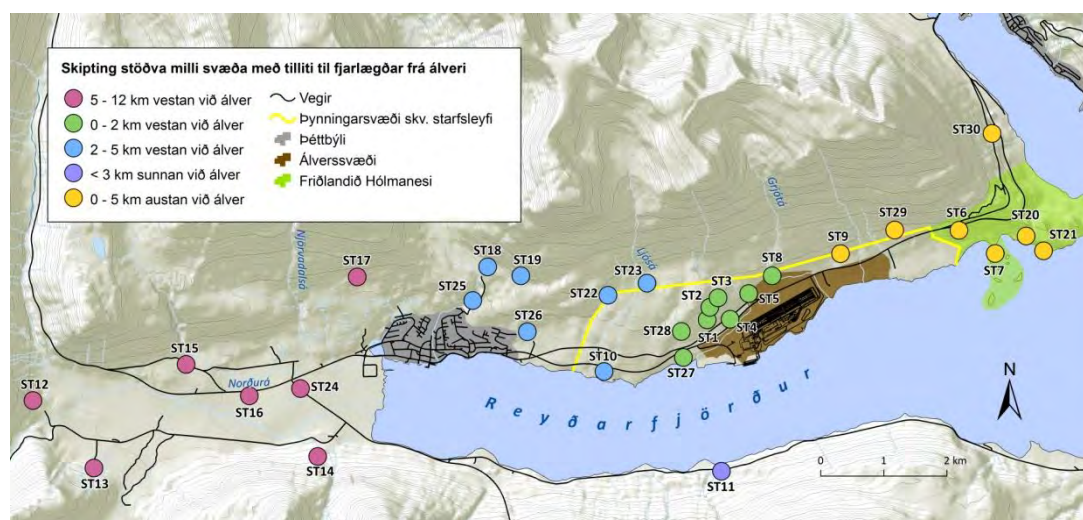
Að vettvangsvinnu unnu Dagný Á. Rúnarsdóttir, Elín Guðmundsdóttir, Erlín E. Jóhannsdóttir, Guðrún Á. Jónsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Kristín Ágústsdóttir,

Líneik A. Sævarsdóttir og Skarphéðinn G. Þórisson. Frekar svalt var í veðri dagana sem vettvangsvinna fór fram og skúrir með köflum.

6.2 Úrvinnsla gagna

Við úrvinnslu gagna var kannað hvort sjá mætti einhverjar breytingar á gróðurfari stöðvanna milli athugunarára. Meðalþekja plantna og ógróins yfirborðs í hverri stöð var reiknuð þannig að í hverjum ramma var þekjubilum skipt út fyrir miðgildi hvers bils (Tafla 13) og meðaltöl innan hverjar stöðvar síðan reiknuð. Hver mæli-eining náði því yfir alla ramma í hverri stöð eða 5 m^2 . Fyrir hverja stöð var heildarfjöldi háplöntutegunda reiknaður sem og samanlögð þekja allra tegunda í nokkrum tegundahópum, þ.e. blómjurta, grasa, hálfgrasa, smárunna og byrkninga.

Við hverja stöð voru einnig ákveðnir umhverfispættir skráðir; hæð yfir sjávarmáli, jarðvegsdýpt, hvort stöð er staðsett uppi á hæð eða í lægð, hvort stöð snúi að eða frá álveri og fjarlægð frá álveri. Auk þess var stöðvunum skipt niður á fimm rannsóknarsvæði eftir staðsetningu með tilliti til álvers; austan við (A 0-5 km), vestan við (V 0-2 km, V 2-5 km og V 5-12 km) og sunnan við álver (S < 2 km) (Mynd 88).



Mynd 89. Skipting rannsóknarsvæða með tilliti til átta og fjarlægð frá stropmi álvers (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).

Breytingar í þekju fyrir algengustu háplöntutegundir, mosa og fléttur voru bornar saman milli ára með pöruðu t-prófi. Gögnum sem ekki uppfylltu skilyrði um normaldreifingu var umbreytt með kvaðratrót eða $\log_{10}(x+1)$. Wilcoxon rank próf var notað í þeim tilvikum þar sem gögn uppfylltu ekki skilyrði normaldreifingar þrátt fyrir umbreytingu. Í öllum tilvikum voru niðurstöður frá árinu 2015 bornar saman við bæði niðurstöður frá árinu 2009 og 2005.

Breytingar á heildarþekju og tegundaaðgi fyrir hvert rannsóknarsvæði voru kannaðar með einþátta og tvíþátta ferveikagreiningu (e. one and two way ANOVA) á óumbreytt gögn. Kruskal-Wallis próf var notað í þeim tilvikum þar sem gögn uppfylltu ekki skilyrði normaldreifingar. Einþátta ferveikagreining var notuð fyrir samanburð milli rannsóknarsvæða árið 2015 og tvíþátta ferveikagreining fyrir

samanburð milli ára og rannsóknarsvæða. Gögn fyrir rannsóknarsvæðið sunnan álver ($S < 2$ km) voru ekki notuð í þau tölfræðipróf þar sem það rannsóknarsvæði innihélt aðeins eina stöð.

Tengsl tegundasamsetningar og umhverfisbreyta voru könnuð með fjölbreytugreiningu. Aðeins háplöntutegundir með 2% þekju eða meira í a.m.k. einni stöð eitthvert athugunarárið voru notaðar en auk þess var þeim tegundum sleppt sem komu aðeins fimm sinnum fyrir eða sjaldnar í gegnum öll árin. Alls var því 31 háplöntutegund af 89 höfð með í fjölbreytugreiningu, auk flétta og mosa. Stöð 25 var tekin út úr gagnasafninu fyrir fjölbreytugreiningar vegna þess að sú stöð var ekki heimsótt árið 2015. Gögnum var umbreytt með $\log_{10}(x+1)$ fyrir fjölbreytugreiningar.

Óskilyrt hnitunargreining (e. Detrended correspondence analysis (DCA)) (Lepš & Šmilauer, 2006) var notuð til þess að sjá hvernig fjölbreytugreining væri hentugust fyrir gögnin. Samkvæmt DCA greiningu var lengsti ás DCA hnitakerfisins 1,74 staðalskekkjueiningar (e. SD units) sem benti til þess að RDA (e. Redundancy analysis) væri hentug fjölbreytugreining (Lepš & Šmilauer, 2006).

Umhverfisbreytur sem notaðar voru í RDA greiningu voru bæði nafnbreytur og samfelldar breytur. Samfelldar breytur voru meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í bláberjalýngi, mosa og fléttum fyrir (2004-05) og eftir (2008-9 og 2014-15) gangsetningu álvers, samanlögð þekja tegundahópa, hæð yfir sjávarmáli, fjarlægð stöðvar frá álveri og jarðvegsdýpt (mæld árið 2005). Nafnbreytur voru staðsetning stöðvar í landslagi (uppi á hæð eða ofan í dæld) og með tilliti til hvernig þær snéru við álverinu (að eða frá álveri), hin mismunandi rannsóknarsvæði og ár vettvangsathugana. Samspil umhverfisbreyta var kannað með dreifni mögnun (e. Variance inflation factors - VIF). Marktækni umhverfisbreyta og ása RDA hnitakerfisins var könnuð með ferkaggreiningu með 999 umröðunum (e. permutations).

Tölfræðiúrvinnsla var unnin í R, útgáfu 3.2.2 (R Core Team, 2015) og viðbótarpakkinn *Vegan* (Oksanen o.fl., 2015) var notaður við fjölbreytugreiningar.

6.3 Niðurstöður

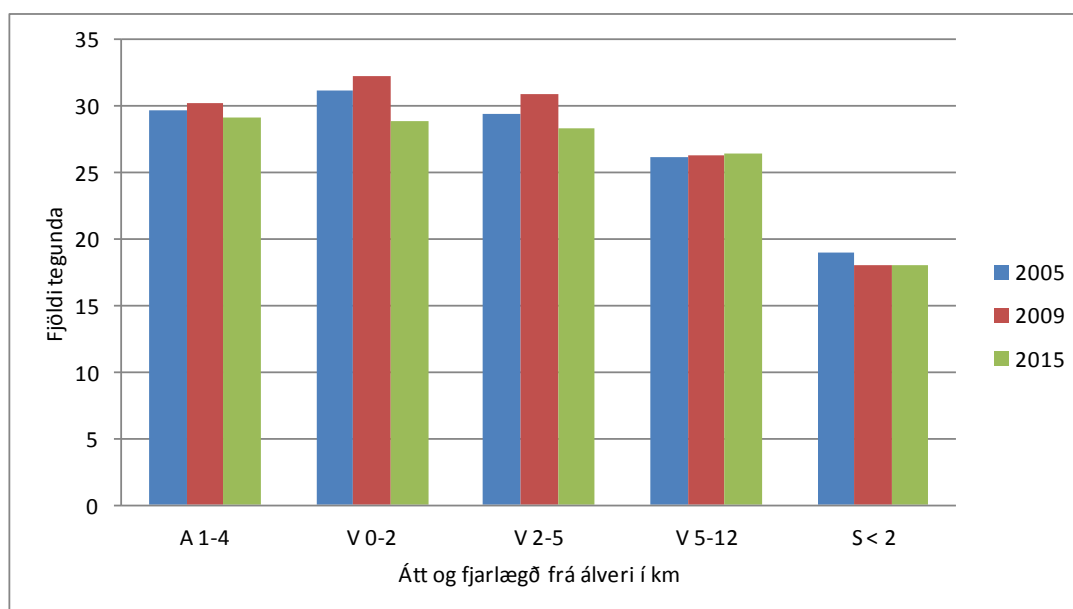
6.3.1 Breytingar í tegundaauðgi milli ára

Árið 2005 voru 72 tegundir háplantna skráðar, árið 2009 voru 80 tegundir skráðar og árið 2015 voru 75 tegundir skráðar. Tegundir sem voru einungis greindar til ættkvíslar voru ekki teknar með í þessum tölum ef aðrar tegundir sömu ættkvíslar fundust það ár. Árið 2015 fundust tvær tegundir sem ekki höfðu fundist við fyrri athuganir (brönugrös og reyrgresi), en auk þess voru þrjár tegundir sem einungis voru greindar til ættkvíslar sökum smæðar skráðar fyrst 2015 (stör, vingull og víðir). Sjö tegundir sem fundist höfðu áður fundust ekki árið 2015 (augnfró, fjallalógresi, fjallastör, geldingahnappur, gulvíðir, mosasteinbrjótur og skriðlíngresi).

Fimm háplöntutegundir komu fyrir í öllum stöðvunum árið 2005, sex árið 2009 og þrjár árið 2015. Þær þrjár tegundir sem komu fyrir í öllum stöðvunum árið 2015 komu einnig fyrir í öllum stöðvunum fyrri árin og það voru bláberjalýng, blávingull

og krækilyng. Bláklukka og kornsúra fundust á öllum stöðvum árin 2005 og 2009. Bláklukka fannst á öllum stöðvum nema einni árið 2015 og kornsúra á öllum stöðvum nema tveimur. Beitieski fannst á öllum stöðvum árið 2009 en öllum nema einni árið 2015. Mosi var skráður á öllum stöðvum öll árin og fléttur á öllum stöðvum nema einni árin 2005 og 2009 og öllum nema tveimur árið 2015. Tuttugu og fjórar tegundir komu fyrir 15 sinnum eða oftar á stöðvunum 29 þar sem athuganir voru gerðar árið 2015.

Samanburður milli rannsóknarsvæða sem innihéldu fleiri en eina stöð (A 0-5 km, V 0-2 km, V 2-5 km og V 5-12 km) árið 2015 sýndi ekki marktækan mun á tegundaauðgi milli rannsóknarsvæða ($p=0,62$). Ekki var að finna marktækan mun í tegundaauðgi milli ára frá 2005 til 2015 ($p=0,36$) og ekkert marktækt samspil breyta var að finna milli rannsóknarsvæða og athugunarára ($p=0,97$). Á öllum rannsóknarsvæðunum nema einu (V 5-12 km) fundust aðeins færri tegundir árið 2015 en fyrri ár (Mynd 90).



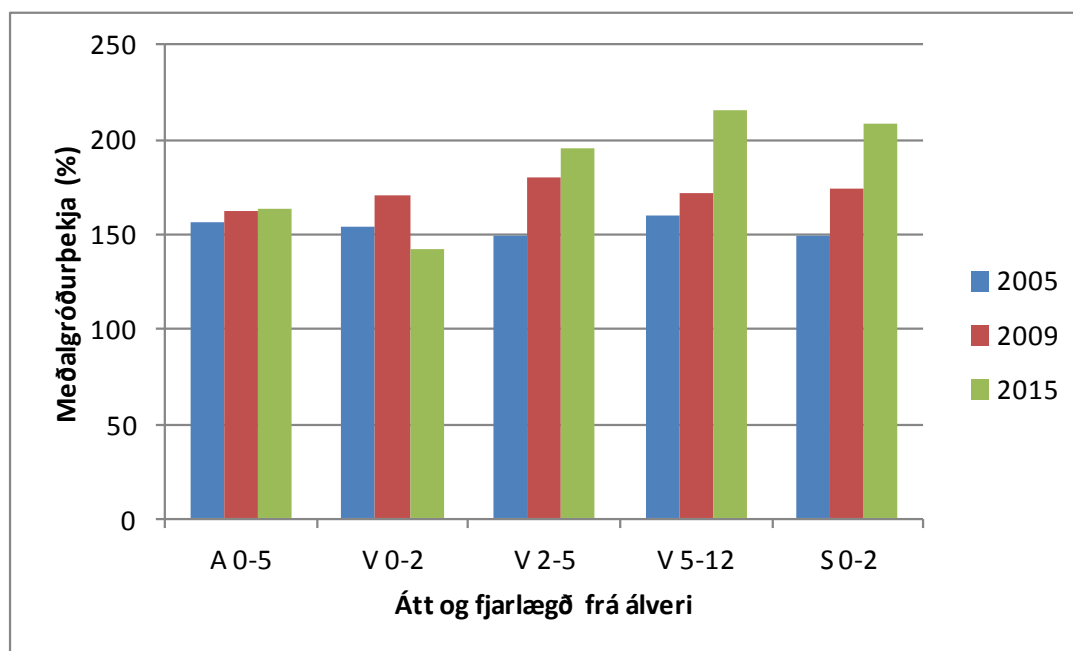
Mynd 90. Fjöldi háplöntutegunda á mismunandi rannsóknarsvæðum árin 2005, 2009 og 2015.

6.3.2 Breytingar í gróðurþekju milli ára

Meðalgróðurþekja var meiri árið 2015 en árin 2009 og 2005 á öllum rannsóknarsvæðunum nema því sem er rétt vestan við álver (Mynd 91). Meðalgróðurþekja var marktækt meiri árið 2015 en árið 2005 ($p=0,03$) en meðalaukningin var ekki marktæk milli 2005 og 2009 né milli 2009 og 2015 ($p>0,05$).

Breytingar í heildargróðurþekju voru mismunandi milli reita og því voru breytingar á meðalgróðurþekju hvers rannsóknarsvæðis skoðaðar á öllum svæðum sem innihéldu meiri en eina stöð.

Marktækur munur var á gróðurþekju milli rannsóknarsvæða árið 2015 ($p < 0,01$). Gróðurþekja var marktækt minni á rannsóknarsvæði V 0-2 en á rannsóknarsvæði V 2-5 ($p = 0,04$) og V 5-12 ($p < 0,01$).

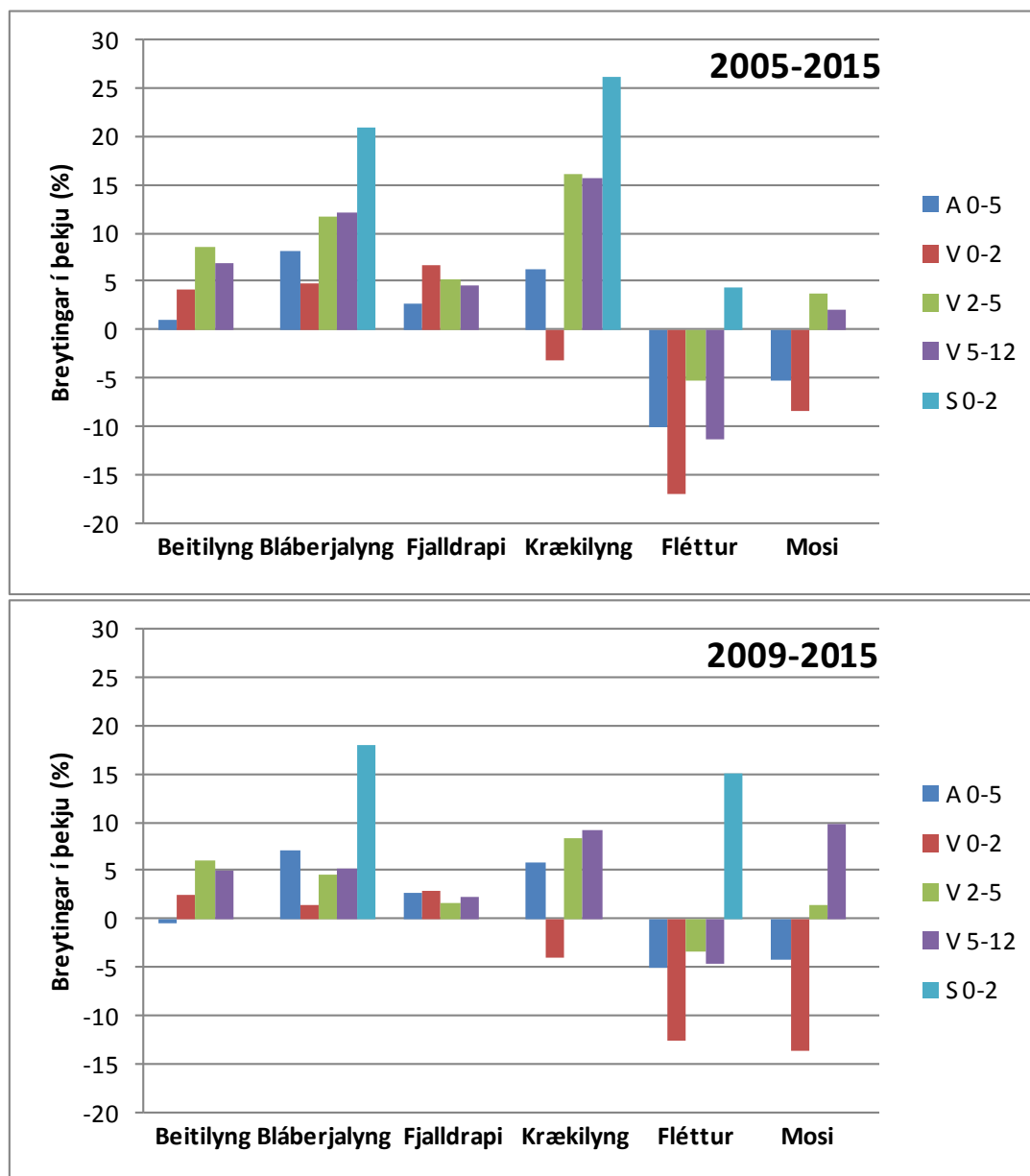


Mynd 91. Meðalgróðurþekja á mismunandi rannsóknarsvæðum árin 2005, 2009 og 2015.

Heildarþekja háplantna var marktækt meiri árið 2015 (110%) en árin 2009 (94%) og 2005 (73%) ($p < 0,05$). Af öllum skráðum háplöntutegundum árið 2015 var krækilyng (*Empetrum nigrum*) mest áberandi með 47% meðalþekju. Krækilyng hafði líka mestu meðalþekjuna árið 2009 (42%) og 2005 (38%) og hún hefur farið hækkandi á öllum rannsóknarsvæðunum nema því sem er rétt vestan við álverið þar sem þekjan lækkaði lítillega milli ára (Mynd 92). Næstmestu meðalþekjuna árið 2015 hafði bláberjalyng (*Vaccinium uliginosum*), rétt eins og fyrri athugunarár. Meðalþekja þess hefur farið hækkandi á öllum rannsóknarsvæðunum frá því vöktun hófst (Mynd 92). Báðar þessar tegundir höfðu marktækt meiri meðalþekju árið 2015 en 2005 ($p < 0,05$) og aukningin milli 2009 og 2015 var marktæk fyrir bláberjalyng ($p < 0,01$) en ekki fyrir krækilyng ($p = 0,08$). Af öðrum tegundum sem höfðu meira en 2% meðalþekju jókst þekja beityllyngs (*Calluna vulgaris*) og fjalldrapa (*Betula nana*) töluvert milli ára ($p < 0,05$) (Mynd 92) en þekja holtasóleyjar (*Dryas octopetala*) og grávíðis (*Salix callicarpea*) var minni árið 2015 en árið 2009 (meðalþekja þessara tegunda var þó örlítið meiri árið 2015 en 2005).

Meðalþekja flétta minnkaði milli ára og var munurinn marktækur bæði milli árána 2005 og 2015 og milli árána 2009 og 2015 ($p < 0,05$). Á öllum rannsóknarsvæðum nema einu minnkaði meðalþekja flétta um á milli 3% og 17% (Mynd 92). Þekja flétta jókst á milli ára á rannsóknarsvæðinu fyrir sunnan álver (Mynd 92) en þar var aðeins ein stöð. Meðalþekja mosa minnkaði einnig örlítið milli ára en munurinn var ekki marktækur ($p > 0,05$). Ef litið er til einstakra rannsóknarsvæða er munurinn þó áberandi, meðalþekja mosa á svæðinu fyrir austan álver og rétt fyrir vestan

minnkaði töluvert á milli ára á meðan þekjan jókst milli ára á svæðunum lengra vestan við álverið (Mynd 92). Meðalþekja mosa á stöðinni fyrir sunnan álverið hefur haldist óbreytt frá því vöktun hófst og hefur alltaf mælst í hæsta þekjubili þekjuskalans (50-100%).



Mynd 92. Breytingar í þekju nokkurra algengra tegunda, flétta og mosa á rannsóknarsvæðunum milli árunna 2005 og 2015 annars vegar og 2009 og 2015 hins vegar.

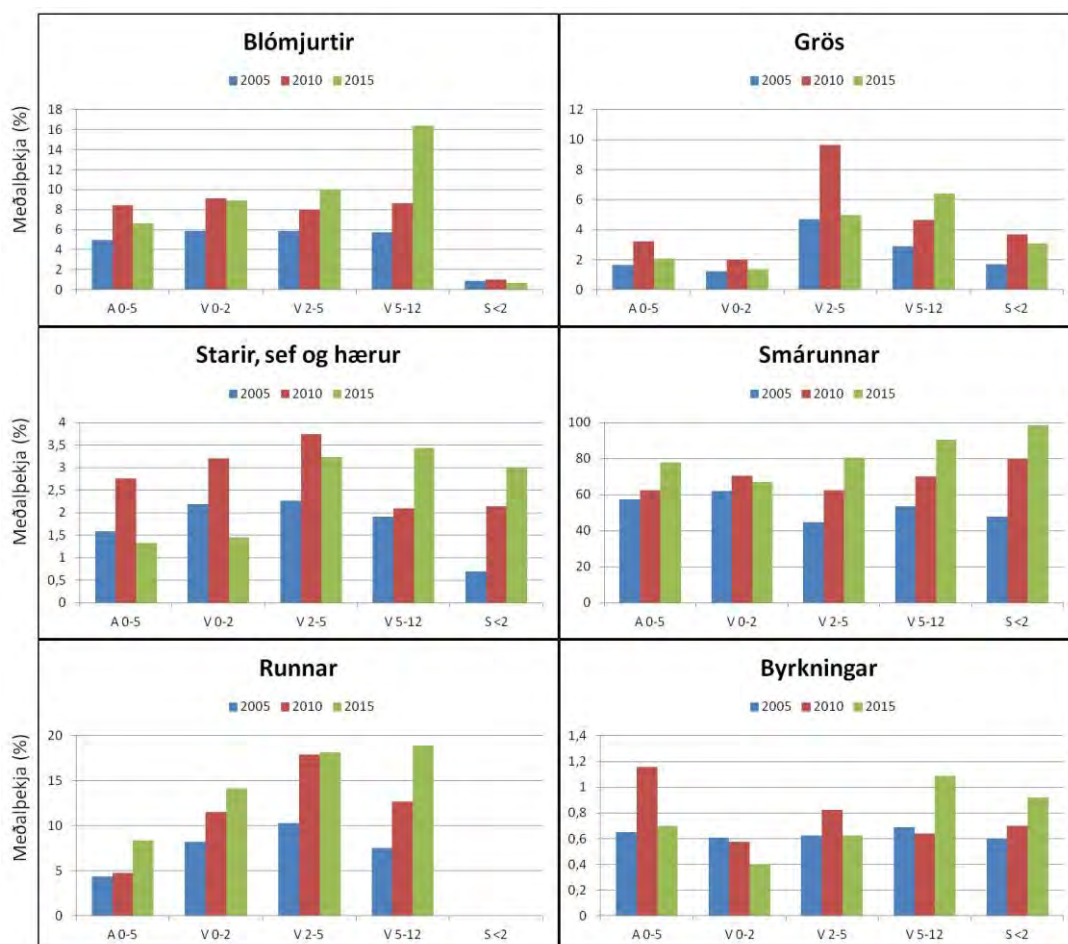
6.3.3 Breytingar í gróðursamsetningu milli ára

Samanlögð þekja blómjurta jókst milli ára í tveggja til tólf km fjarlægð vestur af álveri milli 2009 og 2015 en hélst nokkuð stöðug eða minnkaði aðeins á öðrum rannsóknarsvæðum (Mynd 93). Þekja blómjurta jókst marktækt milli árunna 2005 og 2015 ($p < 0,01$). Samanlögð þekja grasa hafði aukist frá 2005-2009 en minnkaði svo aðeins milli 2009 og 2015 á öllum svæðum nema því sem er lengst í vestur frá álveri (V 5-12 km). Enginn marktækur munur fannst þó á þekju grasa milli ára

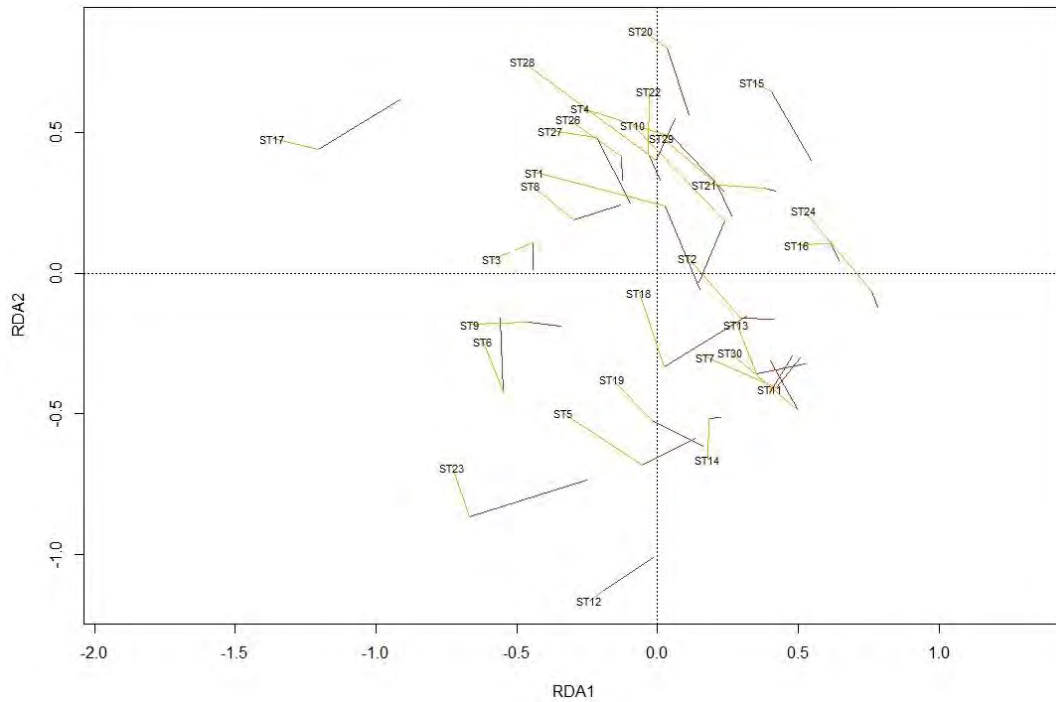
($p=0,17$). Samanlögð þekja stara, sefa og hæra hafði einnig aukist á öllum svæðum frá 2005 til 2009. Þekjan jókst áfram fyrir sunnan álver og á svæði V 5-12 á milli 2009 og 2015 en minnkaði á öðrum svæðum (Mynd 93). Enginn marktækur munur fannst á þekju stara, sefa og hæra milli ára ($p=0,07$).

Samanlögð þekja smárunna jókst jafnt og þétt milli ára á öllum svæðum nema V 0-2 þar sem hún hélst nokkurn veginn í stað milli 2009 og 2015 (Mynd 93). Þekja smárunna jókst marktækt milli árána 2005 og 2015 ($p<0,01$). Samanlögð þekja runna jókst milli ára á öllum svæðum nema þar sem runnar fundust ekki áður, þ.e. á stöð 11 sem er sunnan fjarðar en sú aukning var ekki marktæk milli ára ($p=0,58$).

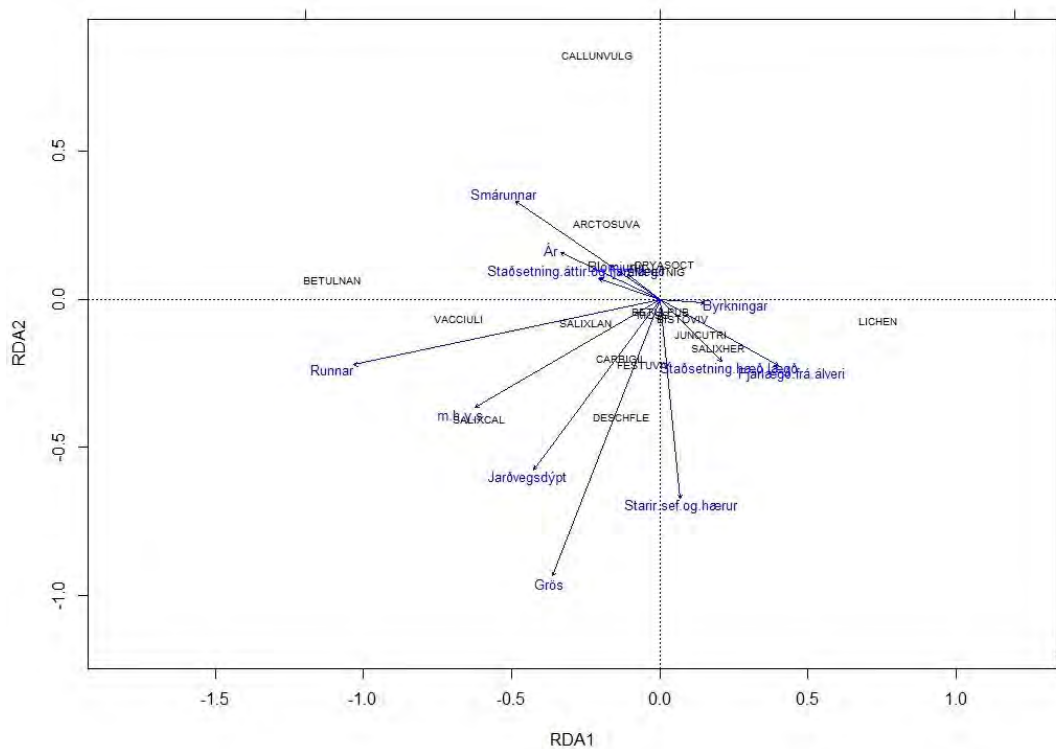
Enginn marktækur munur fannst á samanlagðri þekju byrkninga milli ára ($p=0,73$). Þekja byrkninga var almennt lítil og eins náði meðalþekja stara, sefa og hæra á hverju rannsóknarsvæði aldrei 5%. Meðalþekja smárunna var hins vegar venjulega á milli 50-100% enda voru tegundirnar krækilyng og bláberjalyng mjög áberandi í flestum stöðvum. Á einu rannsóknarsvæði, V 5-12 km, var þekja allra tegundahópanna sem hér hafa verið tilgreindir meiri árið 2015 en árið 2005 (Mynd 93).



Mynd 93. Meðalþekja ýmissa tegundahópa í mismunandi rannsóknarsvæðum árin 2005, 2010 og 2015 (gögn fyrir stöð 25 vantar fyrir árið 2015 en hún er á svæði V 2-5 km). Skali á y-ás er mismunandi milli súlurita.



Mynd 94. Niðurstöður RDA hnitunargreiningar á þekju 31 háplöntutegundar, mosa og flétta á öllum stöðvum nema ST25. Brúna línur sýna breytingu hvernar stöðvar milli árunna 2005 og 2009 og gular línur sýna breytingu milli árunna 2009 og 2015. Heiti hvernar stöðvar er svo sýnt við staðsetningu fyrir árið 2015 í hnitakerfinu. Eigingildi fyrsta áss (RDA1) var 0,45 og eigingildi annars áss (RDA2) var 0,21.



Mynd 95. Niðurstöður RDA hnitunargreiningar á þekju 31 háplöntutegundar, mosa og flétta sem sýnir hvernig umhverfisbreyturnar (blátt) og algengustu tegundirnar (svart) röðuðust upp í RDA hnitakerfinu. Tegundir með minna en 0,6% meðalþekju eru ekki sýndar. Lengd örva samsvarar mikilvægi viðkomandi umhverfisbreyta í sambandi við ása RDA1 og RDA2 og átt þeirra gefur vísbendingar um í hverju breytingar á stöðvum eru fólgnar.

Samkvæmt RDA greiningu á þekju 31 háplöntutegundar auk mosa og flétta var ekki mikill munur á gróðursamsetningu flestra stöðva milli ára (Mynd 94). Þó mátti sjá svipaðar breytingar milli ára hjá nokkrum stöðvum, t.d. færðust allnokkrar stöðvar ofar og lengra til vinstri í RDA hnitakerfinu milli ára. Mynd 95 sýnir þær umhverfisbreytur sem höfðu áhrif samkvæmt marktækniþrófi. Við samanburð uppröðunar stöðva milli ára og umhverfisbreyta má áætla að aukin þekja runna og smárunna milli ára hafi áhrif á færslu stöðvanna upp og til vinstri sem virðist vera sú breyting á gróðursamsetningu milli ára sem er mest áberandi (Mynd 93, Mynd 94 og Mynd 95). Minni þekja flétta milli ára var einnig áberandi. Við RDA hnitunargreiningu röðuðust fléttur lengra til hægri í hnitakerfinu en aðrar tegundir (Mynd 95). Færsla stöðva til vinstri milli ára í RDA hnitakerfinu (Mynd 94) getur því einnig endurspeglað minni þekju flétta á stöðvunum.

Samkvæmt leiðréttu skýringarhlutfalli (e: adjusted R squared) á RDA greiningunni mátti rekja 53% breytileikans í gagnasafninu til umhverfisbreytanna á Mynd 95. Dreifni mögnun (VIF) sýndi ekki mikið samspil á milli mismunandi umhverfisbreyta ($VIF < 8$). Fyrsti ás RDA hnitakerfisins (RDA1) útskýrði 22% breytileikans í gagnasafninu og annar ásinn (RDA2) útskýrði 10% svo hafa verður í huga að breytingar í gróðursamsetningu milli ára (Mynd 94) geta stjórnast af öðrum þáttum sem ekki voru skoðaðir í þessari greiningu.

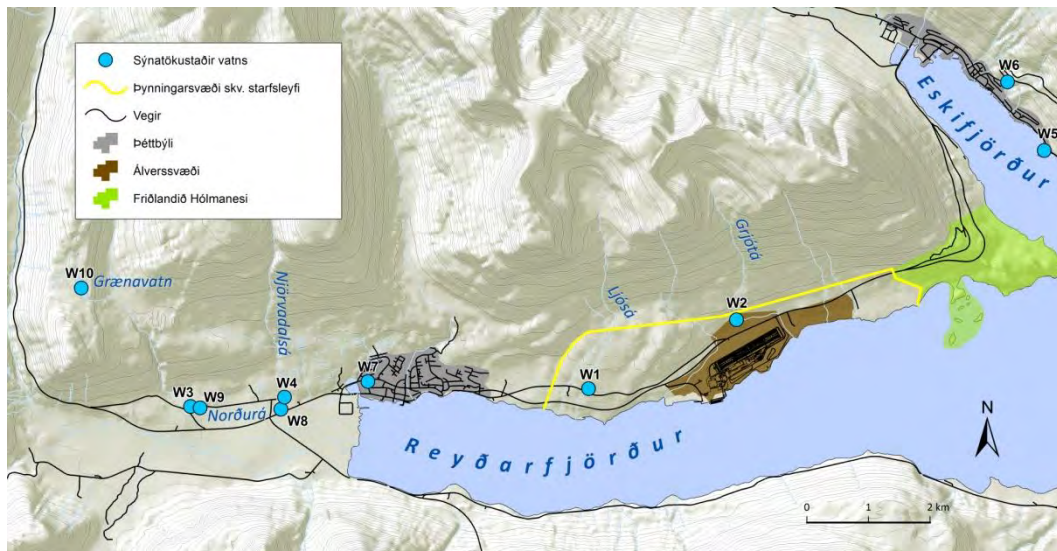
Niðurstöður tegundaskráningar og þekjumats á öllum stöðvum má sjá í viðauka 17.

7 Yfirborðsvatn

7.1 Inngangur

Sýni voru tekin á samtals 10 sýnatökustöðum. Fjögur árvatnssýni voru tekin úr eftirfarandi ám: Ljósá (W1), Grjótá (W2), Norðurá (W3) og Njörvadalsá (W4). Fimm neysluvatnssýni voru tekin á eftirfarandi stöðum: úr krana á Mjóeyri á Eskifirði (W5), vatnstanki á Eskifirði (W6), úr krana í Olís sjoppu á Reyðarfirði (W7) og tveimur vatnstönkum á Reyðarfirði, gamla (W8) og nýja (W9). Auk þess var sýni tekið úr Grænavatni (W10) (Mynd 96). Sýni voru tekin fjórum sinnum yfir árið á stöðum W1-W9; dagana 22. janúar, 28. apríl, 29. júlí og 20. október en tvisvar á stað W10; 29. júlí og 20. október. Í öllum sýnamengjum var mælt sýrustig (pH), basarýmd (alkalinity), styrkur flúors og styrkur brennisteins (súlfata) hjá Efnagreiningum, Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Auk þess var ákvarðaður styrkur fjölhringa arómatískra vetniskolefna (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH) í sýnum sem tekin voru í október. PAH mælingar voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi.

Niðurstöður efnamælinga í vatnssýnum fyrir árið 2015 má finna í viðauka 18.

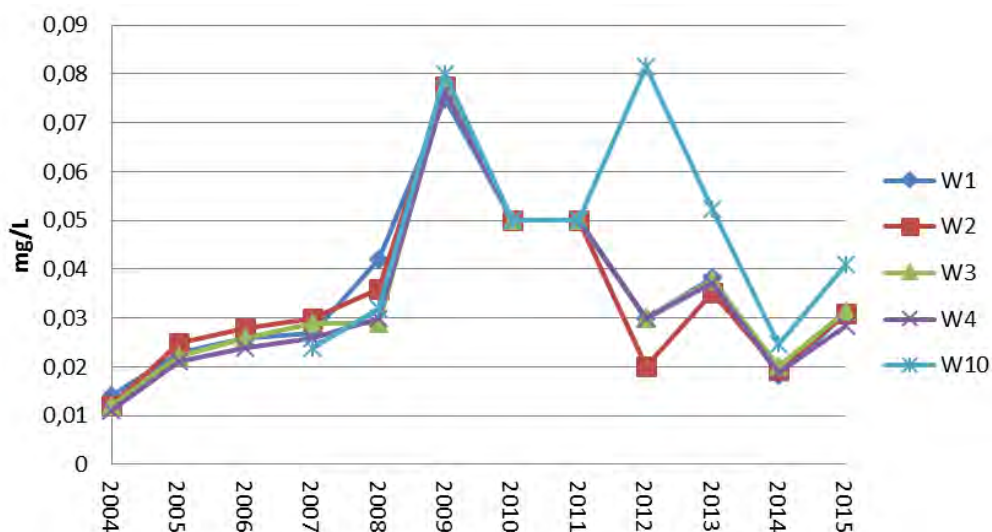


Mynd 96. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1-W4) og neysluvatnssýna (W5-W9) auk Grænavatns (W10) (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).

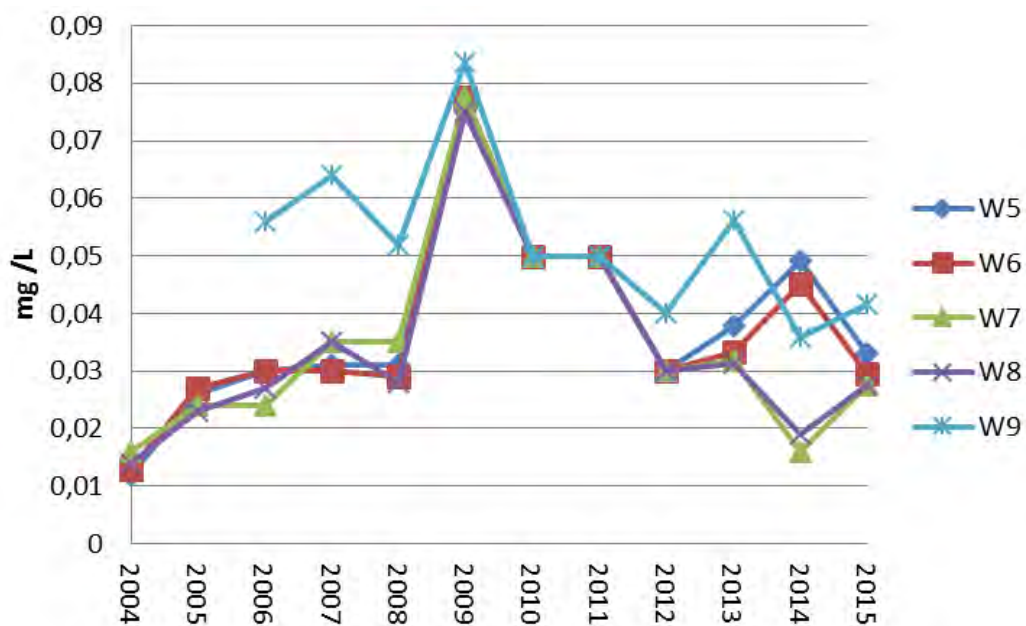
7.2 Niðurstöður

7.2.1 Flúor

Samkvæmt reglugerð um neysluvatn (nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008) er hámarksgildi fyrir flúorinnihald neysluvatns 1,5 mg/L. Heildarársmeðaltal flúors í öllum vatnssýnum árið 2015 var 0,032 mg/L. Meðaltal fyrir ár (W1-W4) er 0,031 mg/L en það hefur hækkað frá síðasta ári (0,019 mg/L árið 2014). Styrkur flúors í Grænavatni hækkaði úr 0,025 mg/L í 0,041 mg/L. Ársmeðaltal fyrir neysluvatn (W5-W9) mældist 0,033 mg/L sem er sambærilegt við ársmeðaltal neysluvatns 2014 (0,032 mg/L). Styrkur flúors í vatni fyrir árin 2004 til 2015 má sjá á Mynd 97 og Mynd 98. Greiningarmörk (LOD) fyrir magngreiningar flúors í vatni eru 0,009 mg/L, og magngreiningarmörk (LOQ) 0,03 mg/L.



Mynd 97. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnssýnum (W1-W4) og Grænavatni (W10) fyrir árin 2004 til 2015.



Mynd 98. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7-W9) fyrir árin 2004-2015.

7.2.2 Sýrustig (pH)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð nr. 536/2001) er tekið fram að sýrustig neysluvatns skuli vera á bilinu 6,5 til 9,5. Heildarársmeðaltal sýrustigs vatns árið 2015 var pH 7,31, lítið breytt frá fyrra ári. Hæst mældist ársmeðaltalið í neysluvatnssýni W9 (pH 7,65) og lægst í Grænavatni (pH 7,10). Ársmeðaltal sýrustigs í ám (W1-W4) var 7,29 og í neysluvatni (W5-W9) 7,36. Sýrustigsbreyting í ám telst ekki veruleg á milli ára, en sýrustig í neysluvatni hefur í öllum tilfellum lækkað lítillega frá 2014, enda var meðaltalskýrustig neysluvatns hærra þá en áður. Sýrustig allra sýna voru innan leyfilegra marka reglugerða, sjá Mynd 99 og Mynd 100).



Mynd 99. Ársmeðaltöl af sýrustigi í árvatnssýnum fyrir árin 2004-2015.



Mynd 100. Ársmeðaltöl af sýrustigi í neysluvatni fyrir árin 2004-2015.

7.2.3 Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH efni)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð nr. 536/2001) er fjallað um arómatísk fjölhringja vetniskolefni (PAH). Þar er gefið hámarksgildið 0,10 µg/L þar sem viðmiðunargildið er summa af styrk efnasambandanna benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren. Öll sýni mældust undir greiningarmörkum PAH efnasambandanna fjögurra (0,004 µg/L) og því eru tölurnar gefnar upp sem <X (minna en). Þetta er sambærilegt við niðurstöður frá og

með 2011. Tafla 14 sýnir niðurstöður fyrir heildarmagn PAH efna fyrir árin 2006-2015.

Tafla 14. Styrkur PAH í vatnssýnum fyrir árin 2006-2015.

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	Meðaltal
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
2006	0,100	0,260	0,250	0,530	0,090	0,130	0,110	0,240	0,690		0,267
2007	1,190	0,000	0,140	0,000	0,110	0,120	0,110	0,170	0,150	0,630	0,262
2008	0,460	0,080	7,880	0,090	0,080	0,080	0,140	0,090	0,070	8,830	1,780
2009	0,000	2,370	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,242
2010	0,160	4,610	0,070	1,530	0,130	0,090	0,090	0,090	0,090	0,120	0,698
2011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2012	*	<0,0796	<0,0607	*	<0,0618	*	<0,0578	<0,0588	<0,0549	<0,145	<0,0073
2013	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
2014	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,0083	<0,008
2015	<0,004	<0,0039	<0,0036	<0,0039	<0,0038	<0,0036	<0,0039	<0,0037	<0,0038	<0,004	<0,008

7.2.4 Brennisteinn (súlfat) og basarýmd (alkalinity)

Styrkur súlfats hækkaði lítillega í árvatni á milli ára 2014 og 2015, en lækkaði hins vegar í neysluvatni og Grænavatni (sjá Tafla 15).

Tafla 15. Meðalstyrkur súlfats (mg/L) í árvatni (W1-W4), neysluvatni (W5-W9) og Grænavatni (W10) í fjórum sýnatökuferðum árin 2010-2015 (tveimur til fjórum sýnatökuferðum fyrir W10).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Árvatn	0,35	0,36	0,31	0,37	0,40	0,45
Neysluvatn	0,43	0,47	0,39	0,43	0,55	0,49
W10	0,33	0,6	0,56	0,36	0,59	0,50

Basarýmd (alkalinity) árvatnssýna hækkaði lítillega miðað við árið 2014, en lækkaði hinsvegar í neysluvatni (sjá Tafla 16). Árið 2015 eru gildin sambærileg við árið 2013.

Tafla 16. Meðalstyrkur basarýmdar (mg CaCO₃/L) í árvatni (W1-W4) og neysluvatni (W5-W9) í fjórum sýnatökuferðum árin 2010-2015.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Árvatn	15,3	16,3	13,0	13,6	11,79	13,49
Neysluvatn	20,9	22,3	18,2	18,3	20,36	18,51

8 Jarðvegur

8.1 Inngangur

Jarðvegssýni voru tekin þann 25. ágúst 2015 á níu sýnatökustöðum í um og innan við 2 km radíus frá álverinu í Reyðarfirði (Mynd 101). Jarðvegssýnataka 2015 fór fram á sömu stöðum og með sama hætti og sýnatökur árin 2004-2006 og 2010 fyrir utan að ekki var tekið sýni á sýnatökustað S10 árin 2010 og 2015 þar sem hann eyðilagðist vegna framkvæmda við álverið. Sýni á hverjum sýnatökustað samanstóð af fimm hlutsýnum úr kjarnabor sem var 6 cm í þvermál. Hlutsýnin voru tekin innan 1 m radíuss frá sýnatökustaðnum. Efsta lagið, þar sem finna mátti plöntuleifar og rætur, var fjarlæggt og um 5 cm þykkt sýni tekið þar fyrir neðan úr hverju hlutsýni og blandað í eitt sýni. Í öllum sýnum var mældur heildarstyrkur flúors auk styrks flúors, klórs, brennisteins og fosfórs í lausn úr skoluðum jarðvegi hjá Efnagreiningum, Nýsköpunarmiðstöð Íslands.

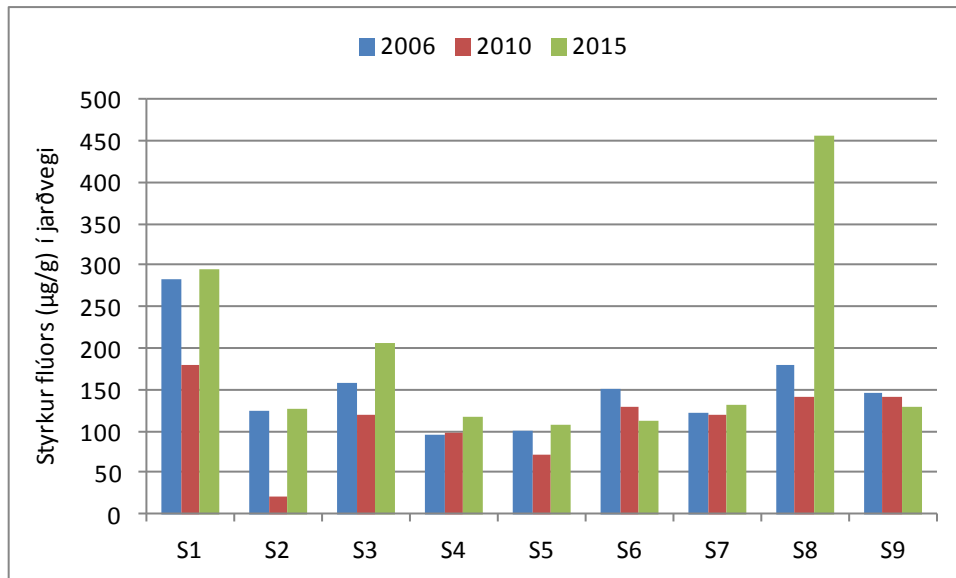
8.2 Niðurstöður

8.2.1 Flúor

Styrkur flúors í jarðvegi árið 2015 mældist frá 106-456 $\mu\text{g/g}$ (Mynd 101) og meðalstyrkurinn var 187 $\mu\text{g/g}$. Styrkur flúors í jarðvegi hafði áður verið mældur árin 2006 og 2010. Þau ár mældist meðalstyrkur flúors lægri en árið 2015, eða 151 $\mu\text{g/g}$ árið 2006 og 113 $\mu\text{g/g}$ árið 2010. Á flestum sýnatökustöðunum var samt styrkur flúors svipaður öll athugunarárin ($p=0,17$), undanteking er þó á sýnatökustað S8, sem er rétt norðvestur af álverinu (Mynd 101 og Mynd 102).



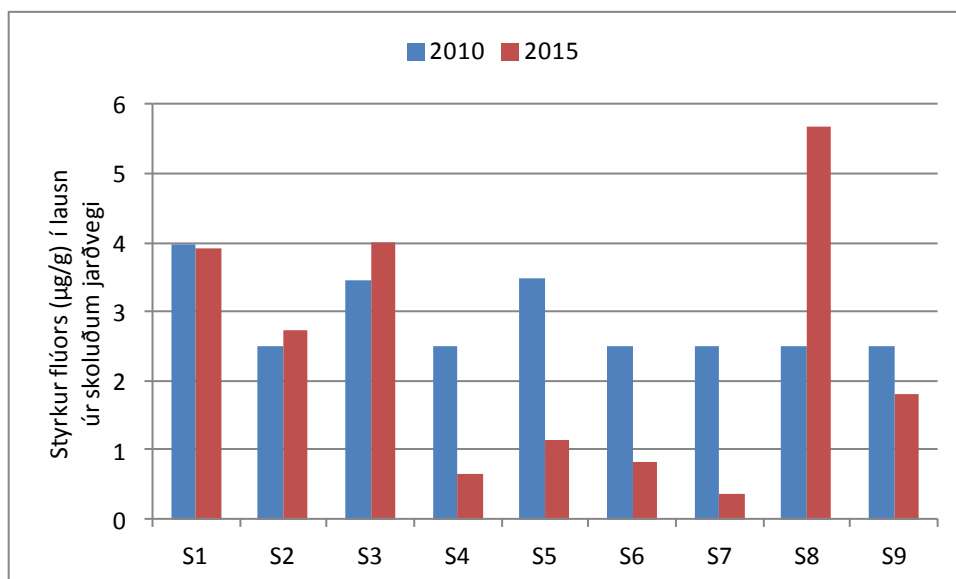
Mynd 101. Styrkur flúors í jarðvegi á níu sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2015. Tekin voru fimm hlutsýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013a, 2013b og 2015).



Mynd 102. Styrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í jarðvegi árin 2006, 2010 og 2015 í Reyðarfirði.

8.2.2 Flúor í lausn

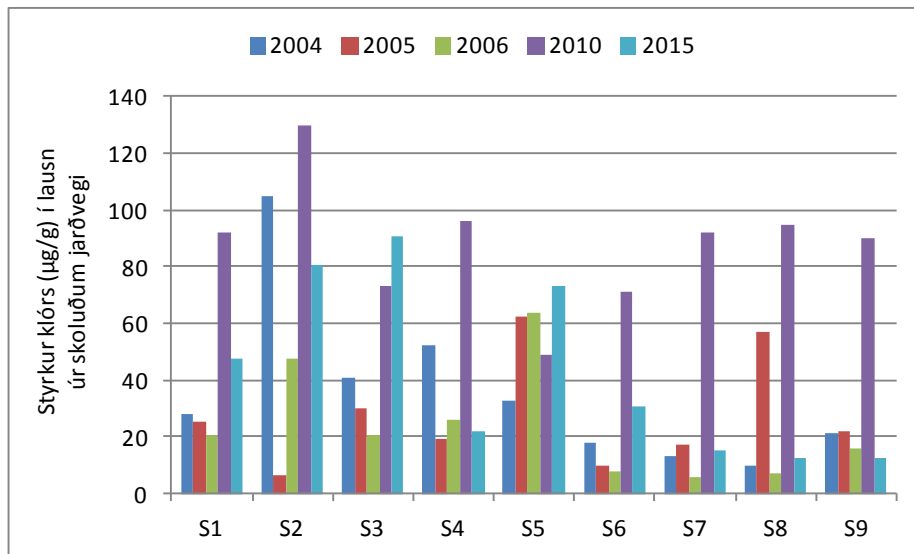
Árið 2015 var meðalstyrkur flúors í lausn $2,34 \mu\text{g/g}$. Styrkur flúors í lausn úr skoluðum jarðvegi hafði áður verið mældur árin 2010, 2005 og 2004. Aðrar aðferðir voru notaðar við mælingar á flúor í lausn árin 2004-2005 en árin 2010 og 2015 og niðurstöður eru þess vegna ekki samanburðarhæfar. Hér verður því einungis fjallað um niðurstöður árin 2010 og 2015. Árið 2015 var meðalstyrkur flúors í lausn örlítið lægri en hann var árið 2010, en þá mældist hann $2,88 \mu\text{g/g}$. Munur í styrk flúors í jarðvegi milli ára var þó ekki marktækur ($p=0,42$). Styrkur flúors var svipaður milli ára á sýnatökustöðum S1-S3 og S9 á meðan hann minnkaði töluvert milli ára á sýnatökustöðum S4-S7 en hækkaði hins vegar töluvert milli ára á S8 (Mynd 103).



Mynd 103. Styrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í lausn úr skoluðum jarðvegi árin 2004, 2005, 2010 og 2015 í Reyðarfirði.

8.2.3 Klór í lausn

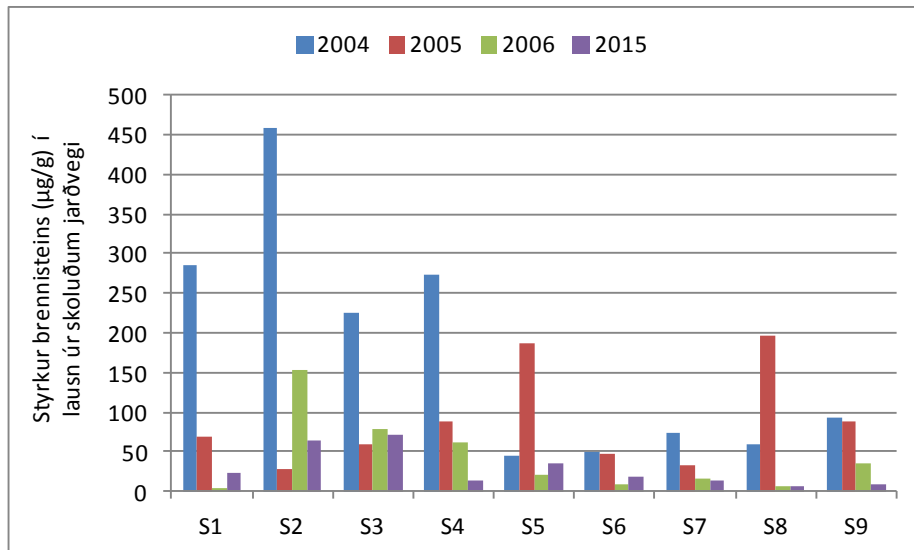
Meðalstyrkur klórs í lausn úr skoluðum jarðvegi árið 2015 var 43 $\mu\text{g/g}$. Klór var einnig mældur árin 2004-2006 og 2010 og var meðalstyrkurinn þá frá 24 $\mu\text{g/g}$ árið 2006 og upp í 88 $\mu\text{g/g}$ árið 2010. Styrkur klórs var mjög breytilegur milli sýnatökustaða öll athugunarárin og ekkert sýnilegt mynstur í styrk var að sjá, fyrir utan að styrkurinn var almennt talsvert hærri árið 2010 en hin athugunarárin ($p < 0,05$) (Mynd 104).



Mynd 104. Styrkur klórs ($\mu\text{g/g}$) í lausn úr skoluðum jarðvegi árin 2004-2006, 2010 og 2015

8.2.4 Brennisteinn í lausn

Meðalstyrkur brennisteins í lausn úr skoluðum jarðvegi árið 2015 var 29 $\mu\text{g/g}$. Brennisteinn var einnig mældur árin 2004-2006 og var þá talsvert hærri, eða að meðaltali frá 43 $\mu\text{g/g}$ árið 2006 upp í 174 $\mu\text{g/g}$ árið 2004. Styrkur brennisteins var þó mjög breytilegur milli sýnatökustaða öll athugunarárin (Mynd 105). Styrkurinn var marktækt lægri árið 2015 en árin 2004 og 2005 ($p < 0,05$) og einnig var marktækur munur á árunum 2004 og 2006 ($p < 0,01$).



Mynd 105. Styrkur brennisteins ($\mu\text{g/g}$) í lausn úr skoluðum jarðvegi árin 2004-2006 og 2015.

8.2.5 Fosfór í lausn

Styrkur fosfórs í lausn úr skoluðum jarðvegi mældist frá 0,5-14,1 og meðalstyrkurinn var $\mu\text{g/g}$ 5,4 $\mu\text{g/g}$. Fosfór hefur ekki verið mælt í jarðvegi áður.

Niðurstöður mælinga á flúor, klór, brennisteini og fosfór í jarðvegsvatni fyrir árið 2015 er að finna í viðauka 19.

9 Búfenaður

9.1 Inngangur

Vegna háls styrks flúors í grasi sumarið 2012 var ákveðið í samráði við Umhverfisstofnun og Matvælastofnun að kanna áhrif þess á búfenað í Reyðarfirði. Rannsóknirnar felast í mælingu á styrk flúors í kjálkum sauðfjár og sjónrænni skoðun kjálka og tanna til að leita sýnilegra vísbendinga um skemmdir í tönnum og beinum af völdum flúors. Auk þess er framkvæmd sjónræn skoðun á lifandi búfenaði í sama tilgangi. Ákvörðun verður tekin um framhald þessara sérstöku rannsókna þegar niðurstöður fyrir árið 2015, sem hér eru kynntar, liggja fyrir.

Breyting varð á fyrirkomulagi rannsókna árið 2015 þegar Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum og Silvia Windmann dýralæknir hættu þátttöku í verkefninu. Nýsköpunarmiðstöð Íslands í samvinnu við Þórunni Láru Þórarinsdóttir dýralæknir tók þá við þeim hluta sem snéri að efnagreiningum og sjónrænu mati á kjálkum úr sláturfé sem varð áður sinnt frá Keldum. Eyrún Arnardóttir dýralæknir tók við þeim þætti er snéri að sjónrænu mati á lifandi búfenaði sem var sinnt af Silviu Windman árið 2014. Sömu aðferðafræði var áfram beitt.

Sjónrænt mat á mögulegum einkennum flúoreitrunar á lifandi búfenaði byggði á mælikarða NRC 1974 (National Research Council) sem felur í sér bæði sjónrænt

mat og þreifingu tanna (Livesey & Payne 2011). Kvarðinn er fimm til sex þrepa og eru áhrif greind í eðlileg, óviss áhrif, minni háttar áhrif, nokkur eða umtalsverð áhrif og alvarleg áhrif.

Hér á eftir verður fjallað um helstu niðurstöður sjónrænnar skoðunar á lifandi búfenaði og rannsókna á kjálkum úr sláturfé árið 2015. Samantektin er unnin upp úr skýrslum sérfræðinga sem finna má í viðauka 20 og viðauka 21.

9.2 Niðurstöður

9.2.1 Sjónræn skoðun á lifandi búfenaði

Dýralæknir skoðaði hesta og kindur í Reyðarfirði dagana 10. desember 2015 og 19. febrúar 2016. Sauðfé var skoðað í lok árs 2015 en ekki reyndist unnt að skoða hross í sömu skoðunarferð þar sem þau voru þá úti. Hrossin voru því skoðuð í byrjun árs 2016 en eru samt sem áður hluti af umhverfisvöktun ársins 2015. Engin hross voru skoðuð á Áreyjum þar sem erfitt var að nálgast þau. Í hesthúshverfinu á Reyðarfirði voru þau hross skoðuð sem höfðu verið skoðuð í fyrri skoðunum og voru enn á svæðinu. Auk þess voru nokkur unghross sem alist hafa upp í Reyðarfirði skoðuð. Á Sléttu voru skoðaðar 13 af þeim 16 kindum sem voru skoðaðar árið 2014 en ákveðið var að bæta ekki lífgimbrum í hópinn fyrr en árið 2016 (Eyrún Arnardóttir, 2016, viðauki 20).

Öll dýr sem skoðuð voru virtust heilbrigð, í góðum holdum og sýndu ekki holti eða stirðleika í hreyfingum (Eyrún Arnardóttir, 2016). Tennur sauðfjár voru almennt heilbrigðar, fyrir utan að í tveimur gripum fundust breytingar sem hugsanlega gætu verið flúortengdar. Flúortengdar breytingar á tönnum verða við mikla inntöku flúors á þeim tíma sem glerungur á tönnum er að myndast, þ.e. áður en tennur vaxa í gegnum tannholdið. Ekki var hægt að fullyrða að um áhrif af völdum flúormengunar væri að ræða en eigandi umræddra kinda taldi þær báðar ganga á sama svæðinu, sem er svæði þar sem flúorgildi hafa mælst há inn af Sléttu. Dýralæknir taldi ólíklegt að kindurnar komi til með að finna fyrir neikvæðum afleiðingum þessara tannskemmda en mælti þó með því að flúorstyrkur í beinum þeirra yrði mældur þegar þeim verður lógað (Eyrún Arnardóttir, 2016).

Tennur hrossa voru einnig almennt heilbrigðar, fyrir utan að tvö hross voru með brotna tönn. Í einu hrossi fundust breytingar á tannpari í neðri góm sem hugsanlega gætu verið flúortengdar en ekki er þó hægt að fullyrða að um áhrif flúormengunar sé að ræða (Eyrún Arnardóttir, 2016).

9.2.2 Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis

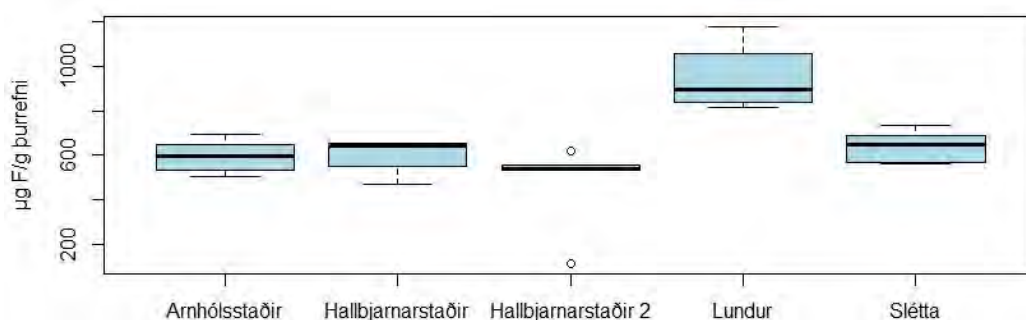
Hausum af sauðfé var safnað haustið 2015 frá nokkrum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði að sumarlagi, þ.e. Sléttu í Reyðarfirði, Lundi á Héraði og Hallbjarnarstöðum, Hallbjarnarstöðum 2 og Arnhólsstöðum í Skriðdal. Þetta var í annað skipti sem hausum var safnað frá bæjum ofan af Héraði og úr Skriðdal. Gagnasöfnun var unnin í samvinnu við bændur og sláturhús. Óskað var eftir fimm hausum af lömbum og fimm af fullorðnu fé (æskilegur aldur 4-5 vetra) frá hverjum bæ. Þar sem fé frá Héraði og Skriðdal gengur ekki allt í Reyðarfirði voru bændur beðnir um að velja handahófskennt úr fé sem talið var ganga í og við Reyðarfjörð.

Þegar til kom bárust einungis hausar úr sláturhúsum frá tveimur bæjum: Sléttu og Hallbjarnarstöðum 2. Alls var 31 sýni skoðað og efnagreint af fé sem gekk í Reyðarfirði (24 lömb og 7 fullorðnar kindur). Til samanburðar voru 16 viðmiðunarsýni einnig mæld og skoðuð (8 lömb og 8 fullorðnar kindur). Þessi sýni komu frá tveimur bæjum utan Austurlands: Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi og frá Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi (Þórunn Lára Þórarinsdóttir 2016, viðauki 21).

Fastamerki vantaði á fullorðið fé frá Hallbjarnarstöðum 2 þegar hausar komu úr sláturhúsi. Síðar var hægt með hjálp bóndans á Hallbjarnarstöðum 2 að fá staðfestan aldur kindanna með tengingu við lambamerki. Skýrsla dýralæknis í viðauka 21 er skrifuð áður en þær upplýsingar fengust og kemur því ekki fram þar hver aldur fullorðina kindu á Hallbjarnarstöðum 2 er. Einnig er sýnum lamba frá Hallbjarnarstöðum (4 hausar) og Hallbjarnarstöðum 2 (5 hausar) skellt saman í einn hóp í umfjöllun dýralæknis (sjá viðauka 21).

Flúorinnihald í kjálkabeinum var breytilegt eftir aldri dýra, bæjum og einnig var breytileiki meðal sýna frá sama bæ (Mynd 106 og Mynd 107).

Eins og við var að búast mældist styrkur flúors í kjálkabeinum lamba lægri en í fullorðnu fé, en rannsóknir hafa sýnt fram á að flúormagn í beinum eykst með aldri (Livesey & Payne, 2011). Hæst mældist styrkur flúors í kjálkabeinum lamba frá Lundi, að meðaltali um 947 $\mu\text{g/g}$ og þar var einnig að finna mesta breytileikann milli sýna. Lægsti styrkur mældist á í lömbum Hallbjarnarstöðum 2, að meðaltali um 474 $\mu\text{g/g}$. Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba lækkaði milli ára 2014 og 2015 á Sléttu (-240 $\mu\text{g/g}$) og á Hallbjarnarstöðum (-490 $\mu\text{g/g}$) en hækkaði í lömbum frá Lundi (+95 $\mu\text{g/g}$). Lítil breyting var á styrk flúors í kjálkabeinum lamba frá Arnhólsstöðum milli ára. Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði mældist miklu hærri en í kjálkabeinum lamba í viðmiðunarsýnum frá bæjum utan Austurlands. Meðaltalsgildi flúors í beinösku lamba frá bænum Lundi eru u.þ.b. nífalt hærri en frá viðmiðunarbæjunum og ca. sexfalt hærri frá Sléttu (Þórunn Lára Þórarinsdóttir 2016).



Mynd 106. Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba á fimm bæjum í Reyðarfirði, Skriðdal og á Héraði. Í öllum tilvikum fjöldi gilda á bak við kassana 5, nema á Hallbjarnarstöðum þar sem einungis fengust 4 hausar af lömbum. Kassarnir innihalda 50% gildanna, frá neðri til efri 25% hlutfallsmarka og strikin út frá kössunum marka meginþorra allra gilda. Svarta línan í miðjunni er miðgildið. Hringir eru skilgreindir útlagar í gögnunum.

Sýnataka af fullorðnu fé var ekki fullnægjandi en einungis 7 hausar af fullorðnu fé frá tveimur bæjum skilaði sér. Meðaltal flúors í beinösku var meira en fimmfalt hærrí á Sléttu og nær þrefalt hærrí á Hallbjarnarstöðum 2 samanborið við viðmiðunarbæina. Hæsta flúormagn mældist í fullorðinni kind frá bænum Sléttu, 4042 $\mu\text{g/g}$. Einnig mældist hæsta meðaltal flúors á þeim bæ, 3653 $\mu\text{g/g}$. Það ber að hafa í huga að meðalaldurinn á Sléttu er hár (8,5 ár). Þessi flúorgildi eru samt sem áður áberandi há, miðað við þau gildi sem mælst hafa hérlendis (Þórunn Lára Þórarinsdóttir 2016).



Mynd 107. Styrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár á Sléttu (n=5) og Hallbjarnarstöðum 2 (n=3). Sjá skýringar við mynd 106.

Styrkur flúors í kjálkabeinum á Sléttu mældist lægri í ár samanborið við árið 2014, eða að meðaltali 3653 $\mu\text{g/g}$ í stað 4863 $\mu\text{g/g}$ árið 2014, þrátt fyrir að sýni í ár væru af eldra fé (meðalaldur 8,5 ár 2015 vs. 7,4 ár 2014). Á Hallbjarnarstöðum 2 var meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár 2060 $\mu\text{g/g}$. Ekki voru til samanburðartölur þaðan fyrir árið 2014 (Þórunn Lára Þórarinsdóttir 2016, Ólöf G. Sigurðardóttir 2014).

Öll lömbin voru við góða tannheilsu. Hvað varðar eldra féð þá mætti sýnasafnið vera stærra og betra. Sýnin eru of fá og óvissa var með aldur á öllum kindunum þegar skoðun dýralæknis fór fram en það er mikilvægur þáttur í rannsókn sem þessari. Þess vegna er erfitt að álykta um tannheilsu eldra fjár út frá þessum gögnum (Þórunn Lára Þórarinsdóttir 2016).

10 Botndýr og kræklingar

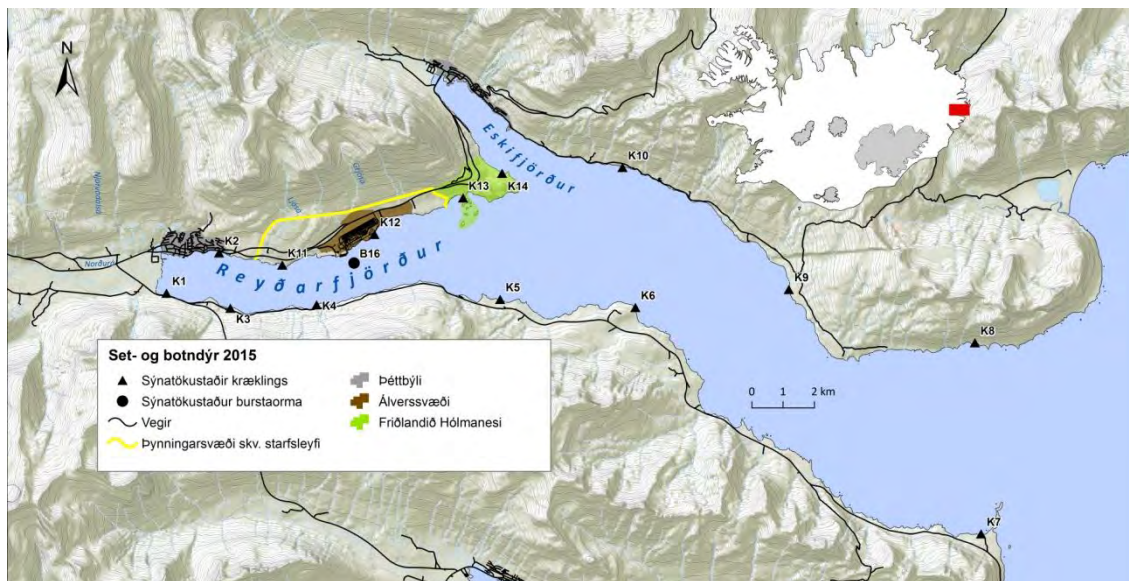
10.1 Inngangur

Markmið rannsóknarinnar er að meta hugsanleg mengunaráhrif álvers Alcoa Fjarðaáls á lífríki sjávar í Reyðarfirði. Grunnaástand á PAH-16 efnum var kannað árið 2000 í kræklingi og burstormum (Hafsteinn G. Guðfinnsson o.fl., 2001) og endurtekið árið 2010, auk þess voru þungmálmar mældir það ár (HRV, 2010). Hér verður greint frá niðurstöðum vöktunarmælinga á sýnum frá 2015 og niðurstöður bornar saman við fyrri mælingar.

10.2 Aðferðir

10.2.1 Sýnataka og meðferð sýna

Sýnum af kræklingi var safnað á stórstraumsfjöru dagana 31. ágúst og 1.-3. september 2015 á 14 stöðum í Reyðarfirði (Tafla 17 og Mynd 108). Staðsetningar sýnatökustöðva voru þær sömu og árið 2000 þegar grunnástand var mælt (Hafsteinn G. Guðfinnsson o.fl., 2001) og árið 2010 (HRV, 2010). Á hverjum sýnatökustað voru um 80 kræklingar settir í plastpoka og sýnin merkt og fryst samdægurs. Á rannsóknastofu voru 50 einstaklingar af svipaðri stærð (4–5 cm) valdir til mælinga á heildarþyngd kræklinga, lengd skelja og þyngd holds (þ.e.a.s. allur vöðvi og innfyli). Síðan var eitt einsleitt safnsýni gert úr holdi kræklinganna fyrir hverja stöð með *Bosch* blandara. Unnið var samkvæmt leiðbeiningum um undirbúning kræklingssýna fyrir mælingar á þungmálum frá Nýsköpunarmiðstöð Íslands (Guðjón Atli Auðunsson, Efnafræðingur, tölvupóstur 18. ágúst 2015) og voru sýnin unnin dagana 29. og 30. október og 2.- 5. nóvember 2015 (Tafla 17). Hverju safnsýni var skipt í þrennt og allir hlutarnir frystir. Einn hluti var sendur til ALS Scandinavia í Svíþjóð til mælinga á þungmálum (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn), annar hluti var sendur til Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi til mælinga á fjölhringa arómatískum vetniskolefnum (PAH-16) og þriðji hlutinn er geymdur í frysti á Náttúrustofu Austurlands til síðari tíma ef þörf verður á frekari rannsóknum.



Mynd 108. Staðsetning sýnatökustaða kræklinga úr fjöru (K1– K14) og burstaorma (B16) úr botnseti í Reyðarfirði árið 2015 (LMI, 2013a,2013b,2015).

Tíu sýnum af botndýrum var safnað á einni stöð (Mynd 108) til mælinga á fjölhringa arómatískum vetniskolefnum (PAH-16) og er staðsetning sýnatökustöðvarinnar sú sama og árið 2000 þegar grunnástand var mælt (Hafsteinn G. Guðfinnsson o.fl., 2001). Sýnin voru tekin með Van Veen greip þann 7. september og 1. október 2015 (Tafla 17 og Mynd 108). Sýnin voru sigtuð með 1 mm sigti og burstaormar og tilheyrandi leirþípur týnd úr sýnum. Burstaormum og leirþípum var haldið aðskilið og

gert úr hvoru um sig eitt einsleit sýni með *Bosch* blandara. Sýnin voru fryst og síðar send til Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi.

Tafla 17. Yfirlit yfir staðsetningar sýnatökustökustöðva kræklinga (K1–K14) og burstaorma (B16), dags sýnatöku, söfnunartíma og hvenær sýni voru unnin.

Sýni nr.	Breidd N	Lengd V	Dags	Söfnunartími	Dags unnið
K1	65°01.232	14°14.007	2.9.2015	11:45	29.10.2015
K2	65°01.855	14°11.749	2.9.2015	12:15	30.10.2015
K3	65°00.890	14°11.458	1.9.2015	12:46	30.10.2015
K4	65°00.836	14°07.952	1.9.2015	12:20	30.10.2015
K5	65°00.684	14°00.482	1.9.2015	11:50	2.11.2015
K6	65°00.359	13°55.018	1.9.2015	10:45	2.11.2015
K7	64°55.988	13°41.768	1.9.2015	09:22	3.11.2015
K8	64°59.274	13°41.370	3.9.2015	11:30	3.11.2015
K9	65°00.453	13°48.738	31.8.2015	10:39	3.11.2015
K10	65°02.777	13°55.084	31.8.2015	09:15	4.11.2015
K11	65°01.563	14°09.219	31.8.2015	12:05	4.11.2015
K12	65°01.967	14°05.379	2.9.2015	08:48	4.11.2015
K13	65°02.473	14°01.661	2.9.2015	09:50	4.11.2015
K14	65°02.841	14°00.000	2.9.2015	10:05	5.11.2015
B16	65°02.499	14°10.499	7.9. og 1.10.2015		5.11.2015

10.2.2 Töluleg úrvinnsla

Parað *t*-próf (e. paired *t*-test) var notað til þess að greina hvort marktækur munur væri á styrk þungmálma á milli árána 2010 og 2015. Að undangengnum prófum á normaldreifingu var gögnum umbreytt með kvaðratrót eða logra væri þess þörf.

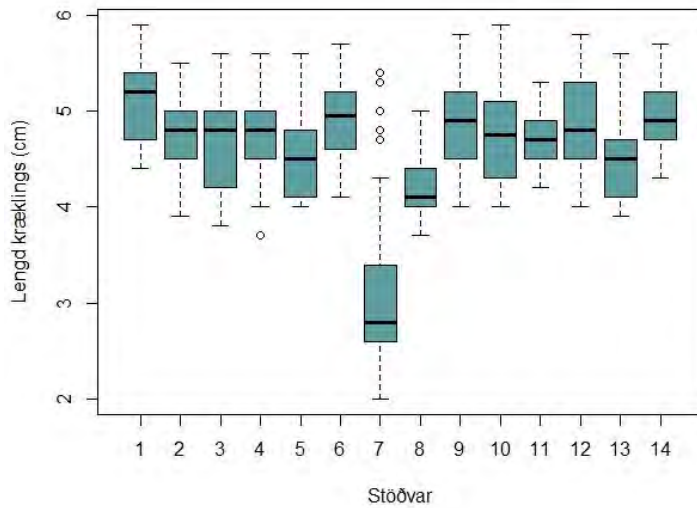
Tölfræðiúrvinnsla var unnin í R, útgáfu 3.2.2 (R Core Team, 2015).

10.2.3 Túlkun á styrk efna

Við túlkun niðurstaðna á styrk efna í kræklingi og burstaormum er stuðst við reglugerð 265/2010 um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum með síðari breytingum fyrir þau efni sem þar eru tilgreind. Jafnframt er stuðst við mengunarflokka sem Norðmenn hafa skilgreint á mengunaástandi í umhverfi og lífverum sjávar, þar á meðal talinn krækling sem er 4–6 cm og set. Flokkarnir eru frá I–V og telst svæði í flokki I bakgrunnsgildi en svæði í flokki V telst mjög mikið mengað (Molvær o.fl., 2004).

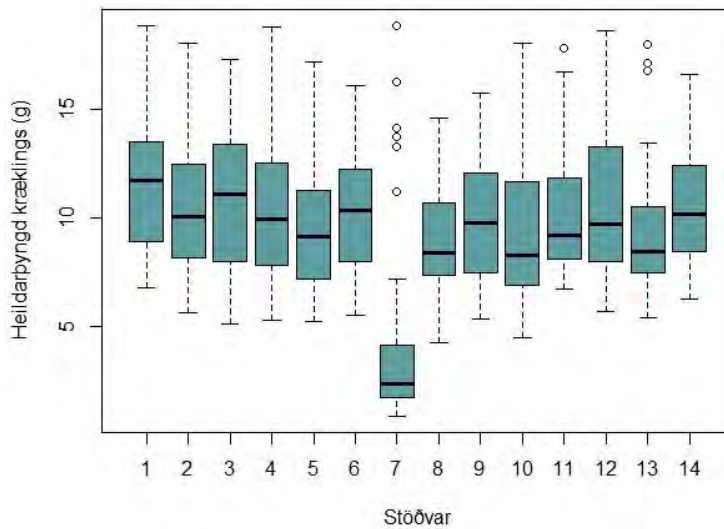
10.1 Niðurstöður og umræður

Á flestum stöðvum náðist sýni af 4–6 cm kræklingi að undanskilinni stöð sem staðsett er við Vattarnes (stöð 7) en þar var mikið af minni kræklingi að meðaltali 3,12 cm en stærstur var hann á stöð 1 að meðaltali 5,12 cm (Mynd 109).

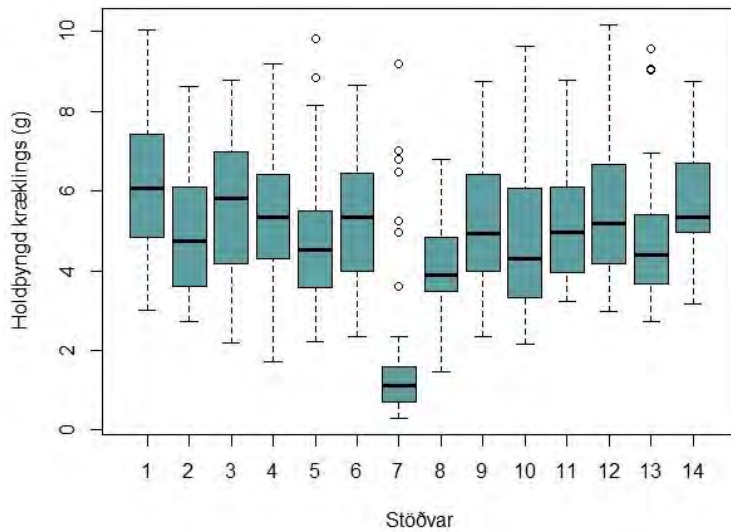


Mynd 109. Lengd kræklinga af 14 stöðum í Reyðarfirði árið 2015. Sjá skýringar við mynd. Sjá skýringar við mynd 106.

Heildarþyngd kræklinga var frá 4,08–11,76 g mest var þyngdin á stöð 1 eða 11,76 en minnst á stöð 4 (Mynd 110). Holdþyngd var að sama skapi minnst á stöð 7 eða 1,79 g en mest á stöð 1 6,30 g (Mynd 111).



Mynd 110. Heildarþyngd kræklinga af 14 stöðum í Reyðarfirði árið 2015. Sjá skýringar við mynd 106.

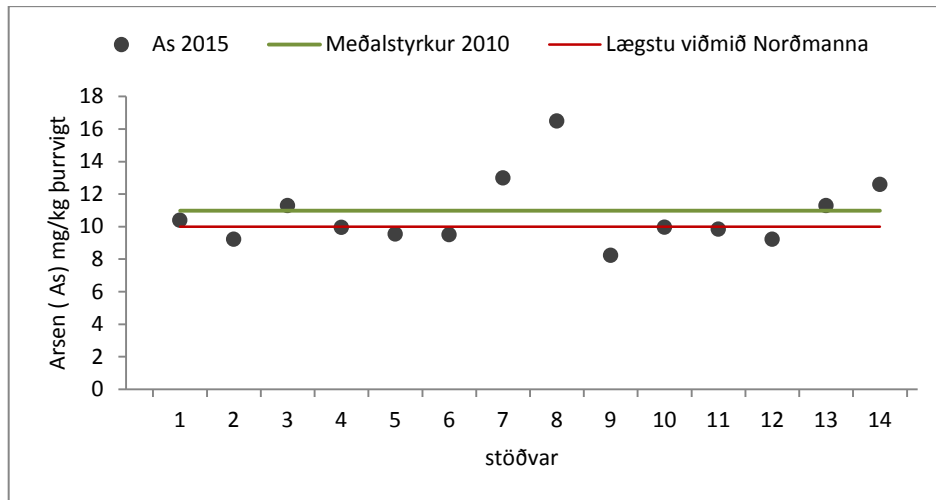


Mynd 111. Holdþyngd kræklinga af 14 stöðum í Reyðarfirði árið 2015. Sjá skýringar við mynd 106.

10.1.1 Þungmálmur

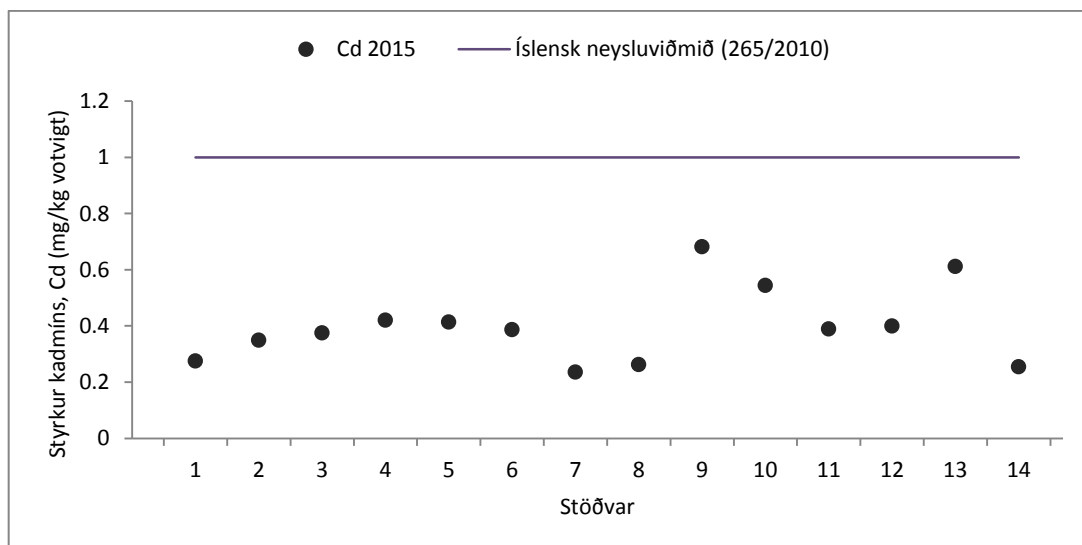
Mælingar á þungmálmum í kræklingi fara fram á mjúkvef hans en breytileiki getur verið í votþunga kræklinga því hann getur innihaldið mismikið magn af sjó þegar hann er frystur. Því er samburður niðurstaðna gerður á þurrvigargrunni og er það talið gefa réttari mynd af magni þungmálma í sýnunum. Það verður þó að hafa í huga að leyfileg hámarksgildi, t.d. til manneldis, miða yfileitt við votvigt. Samkvæmt reglugerð 265/2010 um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum með síðari breytingum er skilgreint hámarksgildi blýs (1,5 mg/kg blautvigt) og kadmíums (1,0 mg/kg blautvigt) í samlokum. Fyrir kvikasilfur er um tvö hámarksgildi að ræða, annars vegar lægra hámarksgildi (0,5 mg/kg blautvigt) fyrir sjávarfang sem oft er neytt og hins vegar hærra hámarksgildi (1,0 mg/kg blautvigt) fyrir sjávarfang sem neytt er sjaldan og fellur kræklingur í síðari flokkinn. Ekki er getið um leyfilegt hámarksgildi fyrir arsen, króm, kopar, nikkell og sink í samlokum til manneldis í fyrrgreindri reglugerð nr. 265/2010.

Styrkur **Arsens** mældist að meðaltali 10,76 mg/kg þurrvigt (spönn 8,24–16,50 mg/kg) árið 2015. Ekki var marktækur munur á styrk arsens milli ára 2010 og 2015 ($p=0.7664$) (Mynd 112). Sýni eru lang flest um eða yfir lægstu viðmiðunargildum Norðmanna, 10 mg/kg, og flokkast því í annan flokk af fimm. Rannsóknir sýna að selta og fita geta haft áhrif á heildarstyrk arsens í kræklingi því arsensamböð geta verið fituleyst eða fitutengd og einnig er stærsti hluti arsens í kræklingi á formi óeittraðs arsenobetaine sem kræklingurinn notar við stjórnun á osmótískum þrýstingi (Clowes og Francesconi, 2004). Styrkur arsens getur einnig verið mismunandi milli ára. Þó svo að styrkur arsens hafi verið yfir eða við lægstu viðmiðunarmörkum arsens í Noregi í Reyðarfirði árið 2015 er hann ekki ósvipaður og styrkur arsens í innlendum sem erlendum gagnagrunnum fyrir krækling af ómenguðum svæðum hérlendis (Erla Sturludóttir o.fl., 2013; Hrönn Jörundsdóttir o.fl., 2013). Því er styrkur arsens í mjúkvöðva kræklinga í Reyðarfirði 2015 í svipuðum styrk og í kræklingi frá ómenguðum stöðum umhverfis landið.

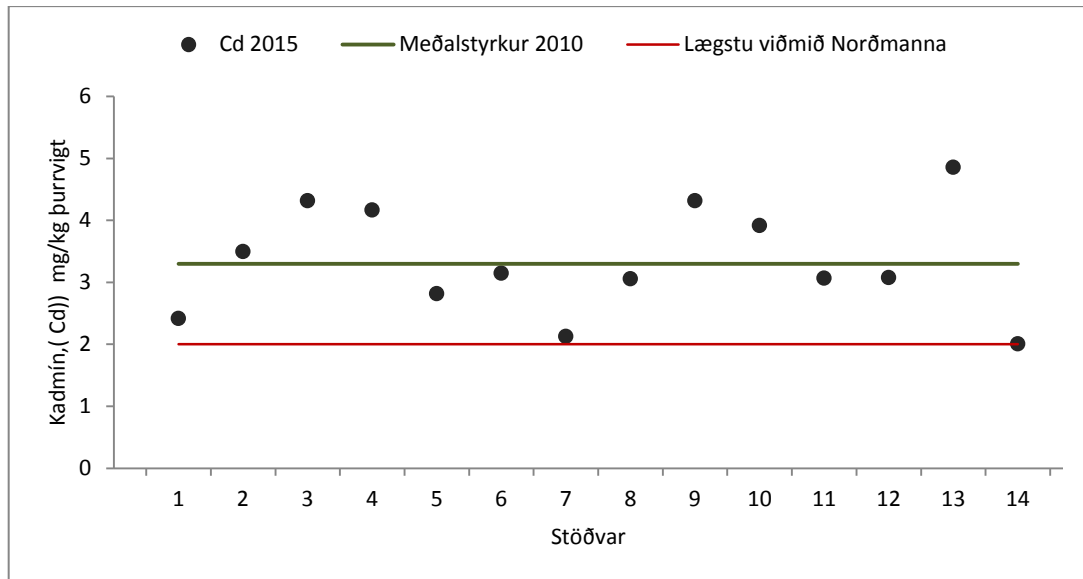


Mynd 112. Styrkur arsens (As) í mjúkvöðva kræklinga á þurrvigtargrunni í Reyðarfirði.

Styrkur **kadmíns** mældist að meðaltali 3,35 (spönn 2,01–4,86 mg/kg) á þurrvigtargrunni árið 2015. Ekki var marktækur munur á styrk kadmíns milli ára 2010 og 2015 ($p=0.883$). Leyfilegt hámarksgildi fyrir kadmín í samlokum til mannaeldis er 1 mg/kg votvigtar (reglugerð 265/2010) en styrkur kadmíns í þessari rannsókn mældist á bilinu 0,24–0,68 mg/kg uppreiknað á votvigt og var hann í öllum tilfellum undir neysluviðmiðum (Mynd 113). Miðað við viðmiðmiðunarmörk í Noregi (Molvær o.fl., 2004) lendir svæðið í öðrum flokk (Mynd 114). Styrkurinn í Reyðarfirði er þó nokkuð hærri á þurrvigtargrunni en styrkur kadmíns frá 11 sýnatökustöðum umhverfis landið árið 2011 en hann mældist að meðaltali 1,9 mg/kg á þurrvigtargrunni (Hrönn Jörundsdóttir o.fl., 2013) og á bilinu 1,3 – 1,7 mg/kg (þurrvigt) í kræklingasýnum sem hefur verið safnað árlega á sömu stöðum í Hvalfirði yfir 20 ára tímabil (Erla Sturludóttir o.fl., 2013). Ekki var þó hægt að sjá að styrkurinn mældist hærri á sýnatökustöðum nærri álverinu.

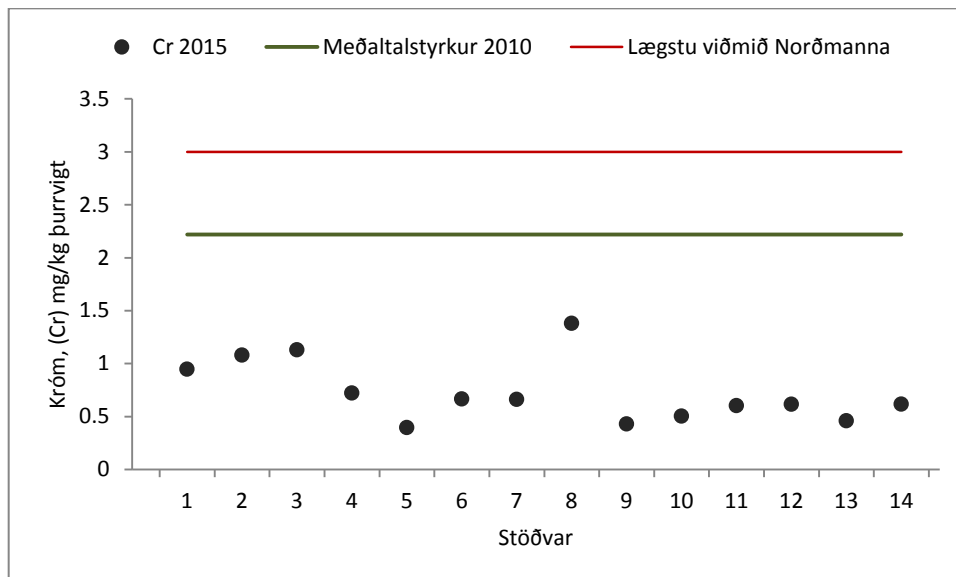


Mynd 113. Styrkur kadmíns (Cd) í mjúkvöðva kræklinga á votvigtargrunni í Reyðarfirði.



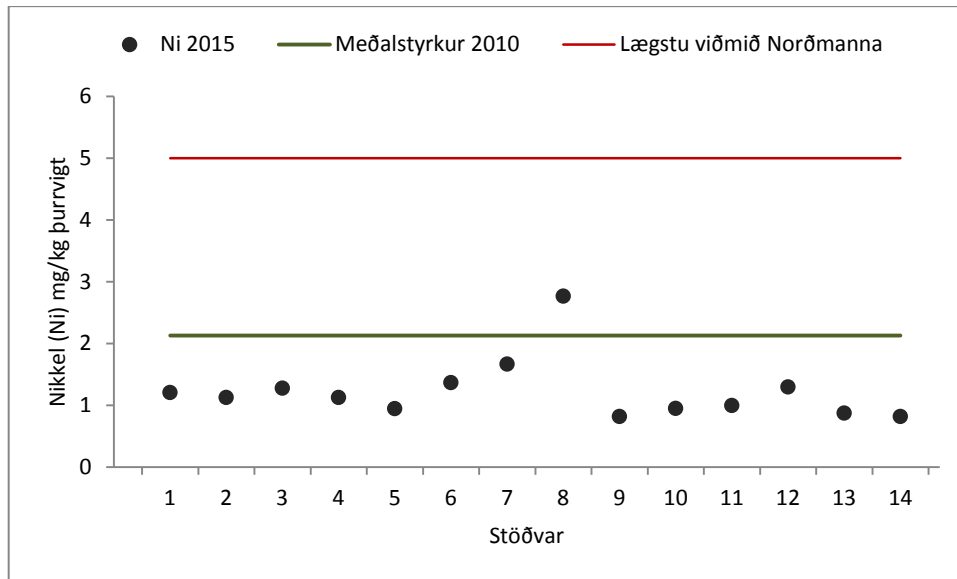
Mynd 114. styrkur kadmíns (Cd) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtagrunni.

Styrkur **króms** mældist að meðaltali 0,73 mg/kg á þurrvigtagrunni (spönn 0,40–1,38) árið 2015 og var hann marktækt lægri heldur en árið 2010 ($p < 0.001$) (Mynd 115). Öll sýni voru langt fyrir neðan meðaltalið árið 2010 sem og lægstu viðmið Norðmanna (3 mg/kg þurrvigt) (Molvær o.fl., 2004). Ekki er hægt að sjá að styrkurinn hækki eða lækki miðað við fjarlægð frá álverinu.



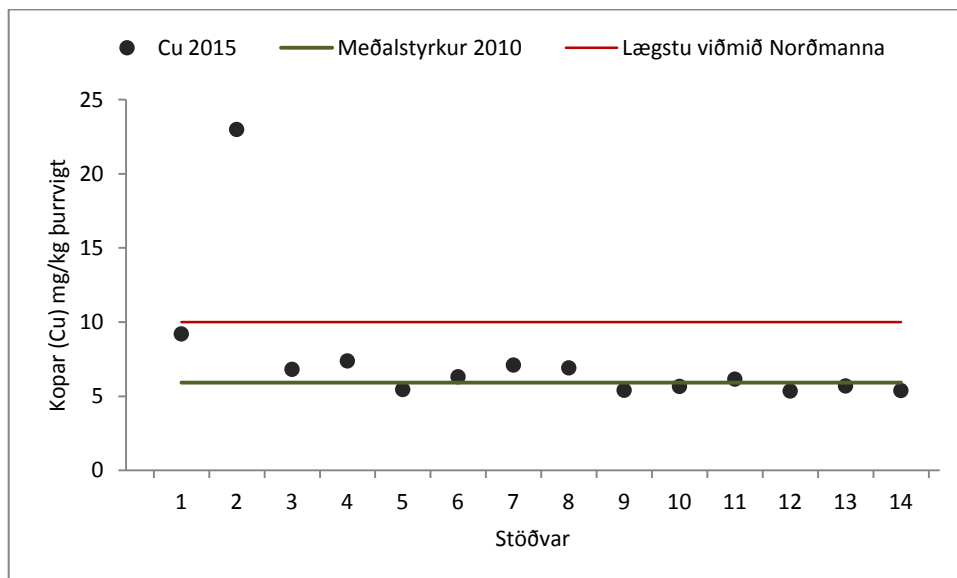
Mynd 115. Styrkur króms (Cr) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtagrunni.

Styrkur **nikkels** var að meðaltali 1,23 mg/kg í þurrvigt (spönn 0,82–2,77 mg/kg) og var hann marktækt lægri en gildin árið 2010 ($p = 0.0117$) og er hann jafnframt lægri en lægstu viðmið í Noregi (Molvær o.fl., 2001) (Mynd 116).



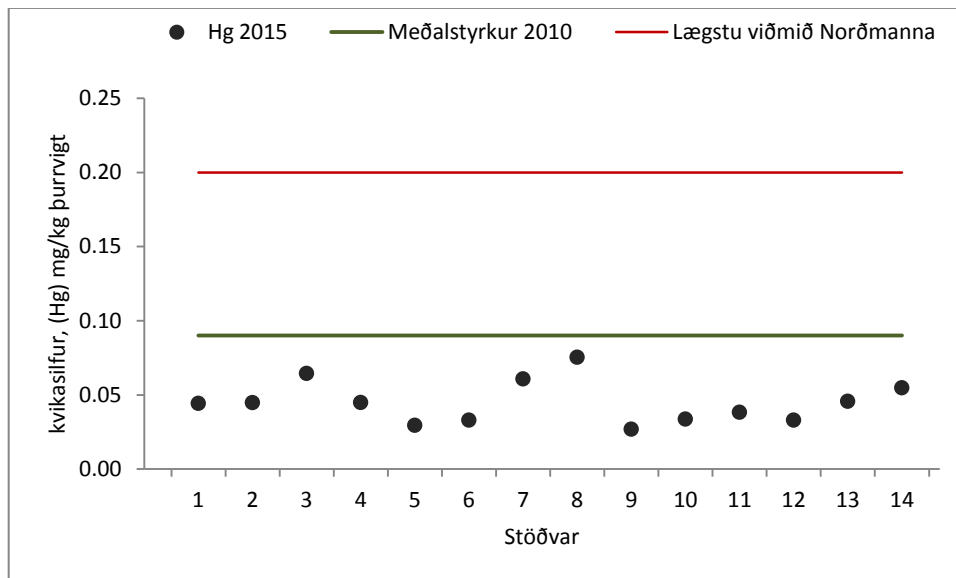
Mynd 116. Styrkur nikkels (Ni) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtargrunni.

Styrkur **kopars** mældist að meðaltali 7,57 mg/kg á þurrvigtargrunni (spönn 5,36–23,00 mg/kg) árið 2015 og var ekki marktækur munur á styrk kopars miðað við árið 2010 ($p = 0.2128$). Öll sýni mældust svipuð og meðaltalsgildið árið 2010 fyrir utan eitt sýni (stöð 2) sem er staðsett í fjörunni neðan þéttbýlisins í Reyðarfirði og gæti skýringin á svo háu gildi eða 23,00 mg/kg kopars verið vegna þess. Styrkurinn mældist í öllum tilfellum, nema á stöð 2, undir lægstu viðmiðum Norðmanna fyrir kopar (10 mg/kg þurrvigt) (Mynd 117).

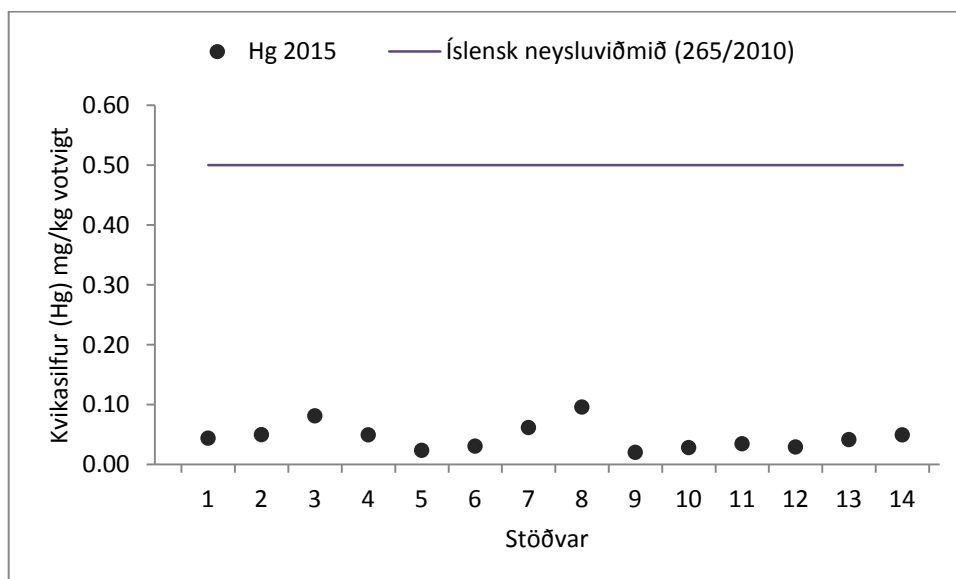


Mynd 117. Styrkur kopars (Cu) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtargrunni.

Styrkur **kvikasilfurs** (Hg) mældist að meðaltali 0,04 mg/kg á þurrvigtargrunni (spönn 0,03–0,08 mg/kg) og var hann marktækt lægri en árið 2010 ($p < 0,001$) og langt fyrir neðan lágstu viðmið Norðmanna sem eru 0,2 mg/kg þurrvigt (Molvær o.fl. 2004) (Mynd 119). Árið 2015 voru greiningarmörk á mælingum kvikasilfurs lægri heldur en árið 2010 og skýrir það að öllum líkindum þennan mun. Leyfilegur hámarksstyrkur kvikasilfurs fyrir sjávarfang sem sjaldan er neytt er 1,0 mg/kg en 0,5 mg/kg votvigt fyrir sjávarfang sem oft er neytt og fellur kræklingur í fyrri flokkinn (reglugerð 265/2010). Styrkur kvikasilfurs á votvigtargrunni í kræklingi í Reyðarfirði mældist frá 0,02–0,10 mg/kg votvigt og falla öll gildi langt fyrir neðan þau gildi ef miðað er við lægri viðmið reglugerðarinnar (Mynd 119).

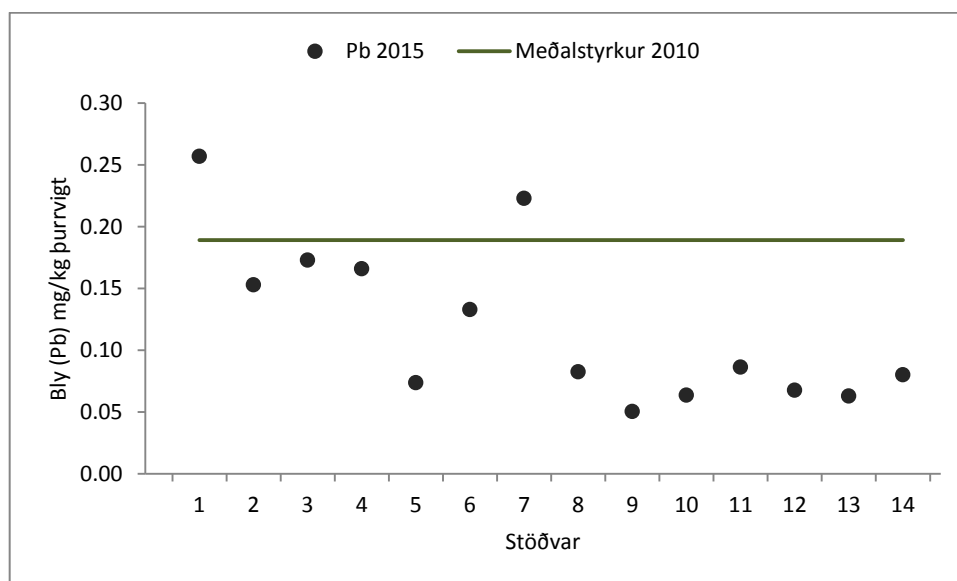


Mynd 118. Styrkur kvikasilfurs (Hg) í mjúkvöðva kræklinga á þurrvigtargrunni.



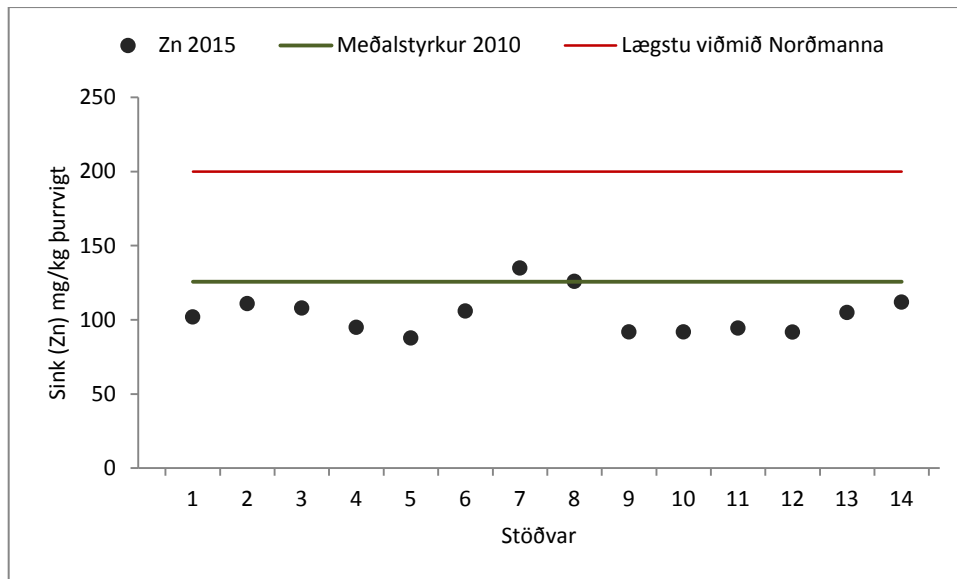
Mynd 119. Styrkur kvikasilfurs (Hg) í mjúkvöðva kræklinga í votvigt.

Blýstyrkur var að meðaltali 0,12 mg/kg þurrvigt (spönn 0,05–0,26 mg/kg) og var styrkurinn nokkuð lægri en árið 2010 (0,19 mg/kg þurrvigt) en þó ekki marktækt ($p=0,058$). Öll sýni voru langt fyrir neðan lægstu viðmið Norðmanna sem er 3,0 mg/kg og er það gildi því ekki sýnt á myndinni (Mynd 120). Styrkur blýs mældist að meðaltali 0,01 mg/kg votvigtar (spönn 0,01–0,03 mg/kg). Samlokur til neyslu hafa hámarksgildið 1,5 mg/kg votvigtar fyrir blý og falla öll gildi langt fyrir neðan þau viðmið.



Mynd 120. Styrkur blýs (Pb) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtargrunni. Lægstu viðmið Norðmanna og íslensk neyslviðmið eru miklu hærri en þessar mælingar og því ekki sýnd.

Sinkstyrkur var að meðaltali 104 mg/kg þurrvigt (spönn 87–135 mg/kg) og var hann marktækt lægri heldur en árið 2010 ($p = 0.006$). Gildin voru öll undir lægstu viðmiðum Norðmanna sem er 200 mg /kg (Molvær o.fl., 2004).

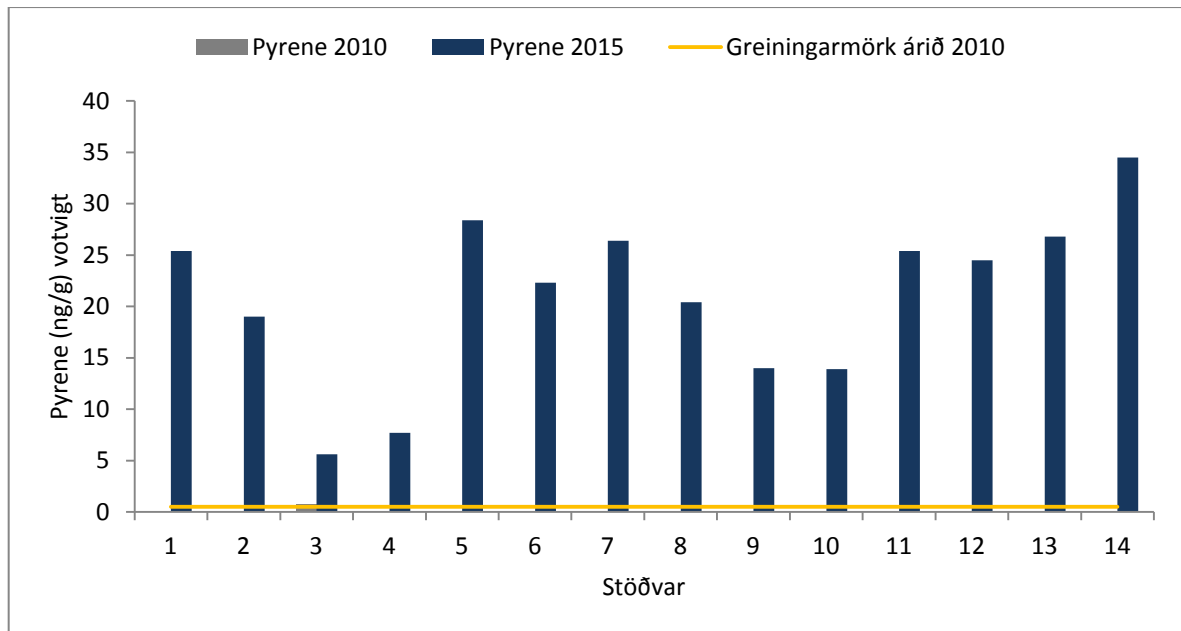


Mynd 121. Styrkur sinks (Zn) í mjúkvöðva kræklings á þurrvigtargrunni.

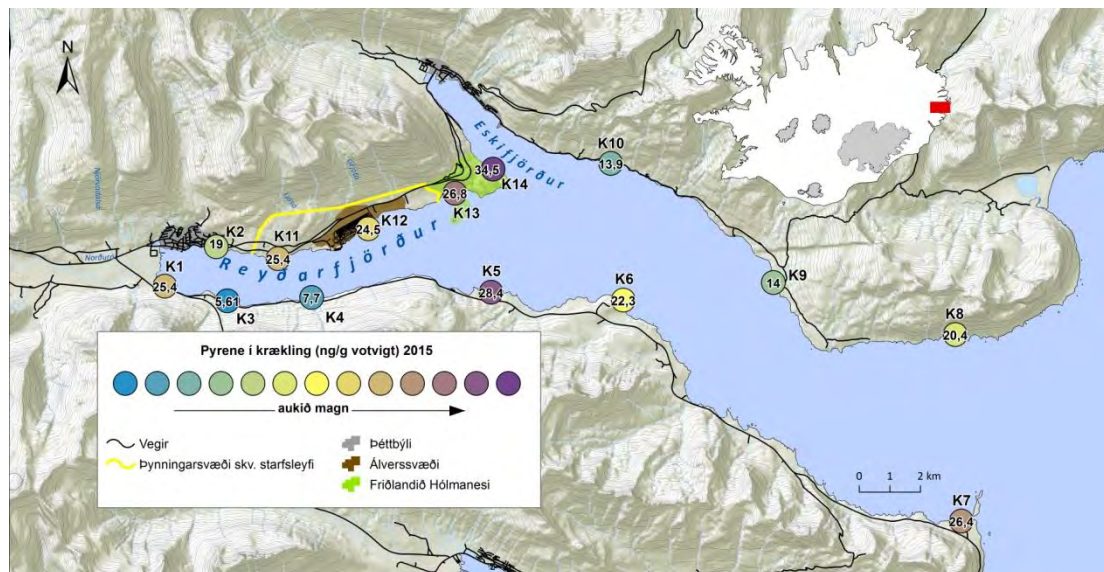
10.1.2 Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH efni)

Af sextán PAH efnum sem voru mæld í mjúkvöðva kræklings mældust þrjú efni yfir greiningarmörkum en greiningarmörk voru breytileg eftir efnum (Viðauki 22). Þau efni sem mældust yfir greingarmörkum voru pyrene sem mældist á öllum stöðvum, chrysene sem mældist á níu stöðvum og fluoranthene sem mældist á sex stöðvum.

Pyrene mældist frá 5,61–34,5 ng/g votvigtar árið 2015. Hækkun var á styrk pyrene frá árinu 2010 en þá mældist það undir greiningarmörkum (<0,5 ng/g) í öllum sýnum nema einu þar sem það mældist mjög lágt (0.75 ng/g) (Mynd 122). Ekki var hægt að sjá að styrkurinn mældist hærri nálægt álverinu (Mynd 123). Straumar í Reyðarfirði liggja í megindráttum inn að norðanverðu og út að sunnanverðu (Hafsteinn Guðfinnsson o.fl. 2001). Hæsta gildið (34,5 ng/g) mældist á norðanverðu Hólmanesi og næst hæsta gildið (28,4 ng/g) við Eyri í sunnanverðum Reyðarfirði. Athygli vekur að eitt af hærri gildunum (26,4 ng/g) mældust við Vattarnes yst í Reyðarfirði sunnanverðum. Lægstu gildin mældust í sunnanverðum Reyðarfirði, innan við Eyri en þó var styrkur pyrene í botni Reyðarfjarðar nokkuð hár (25,4 ng/g) (Mynd 123).

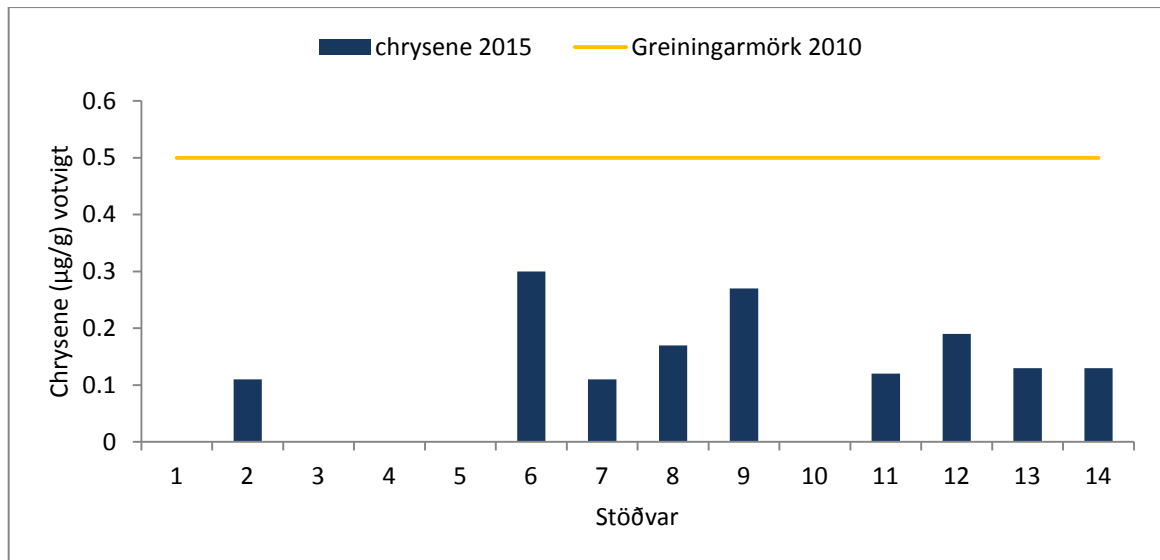


Mynd 122. Styrkur pyrene (ng/g votvigt) í mjúkvöðva kræklings árið 2010 og 2015 í Reyðarfirði.

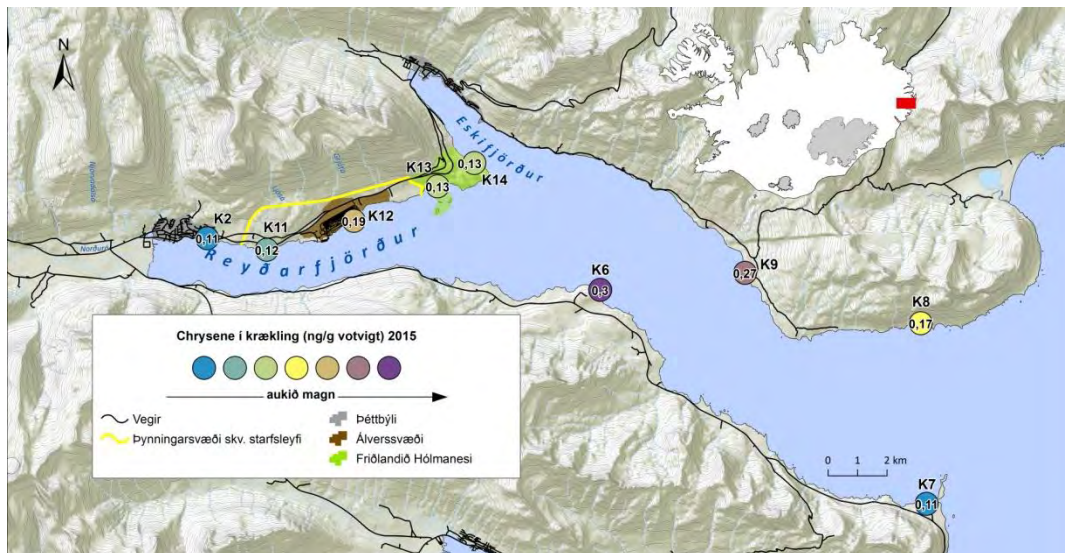


Mynd 123. Styrkur pyrene (ng/g votvigt) í mjúkvöðva kræklings af 14 stöðum í Reyðarfirði árið 2015. K1-K14 vísar í sýnatökustöðvar 1-14 fyrir krækling.

Chrysene mældist í níu sýnum árið 2015. Styrkurinn var í öllum tilvikum lægri samanborið við árið 2010 en þá voru greiningarmörkin hærri (<0,5 µg/kg) (Mynd 124). Ekki var hægt að sjá að styrkurinn mældist hærri nálægt álverinu (Mynd 125).

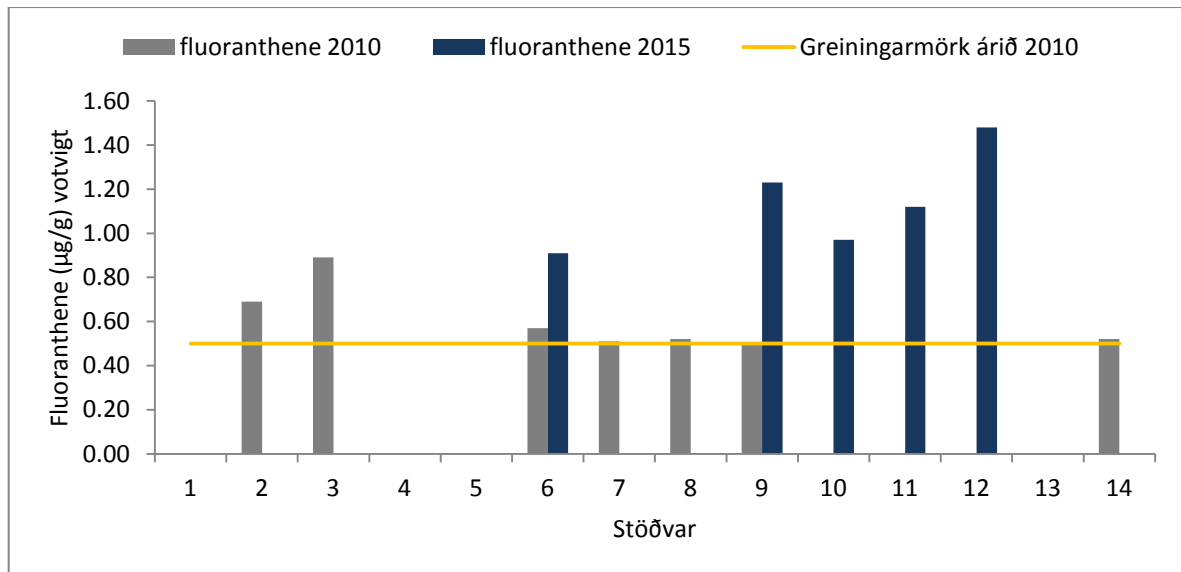


Mynd 124. Styrkur chrysene (ng/g votvigt) í mjúkvöðva kræklings árið 2015 í Reyðarfirði. Einnig eru sýnd greiningarmörkin árið 2010. Ekki eru sýnd gildi ef styrkur efnisins mældist undir greiningarmörkum árið 2015.

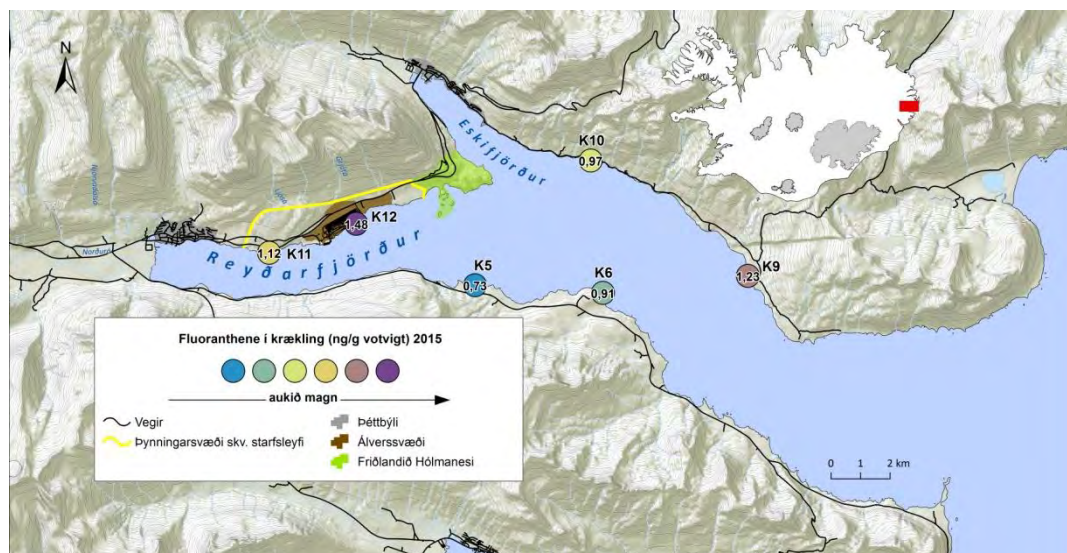


Mynd 125. Styrkur chrysene (ng/g votvigt) í mjúkvöðva kræklings í Reyðarfirði árið 2015. Gildi eru ekki sýnd ef styrkurinn var undir greiningarmörkum. K1-K14 vísar í sýnatökustöðvar 1-14 fyrir krækling.

Fluoranthene mældist í sex sýnum árið 2015 en í sjö sýnum árið 2010 (Mynd 126). Á stöðvum 6 og 9 mældist styrkurinn hærri árið 2015 en 2010 sem og á stöðvum 10, 11 og 12 en þar mældist styrkurinn undir greiningarmörkum (<0,5 µg/kg) árið 2010 (Mynd 126). Hins vegar mældist fluoranthene á stöðvum 2, 3 og 14 árið 2010 en ekki árið 2015. Hæsti styrkurinn mældist á sýnatökustað fyrir neðan álverið (Mynd 127).



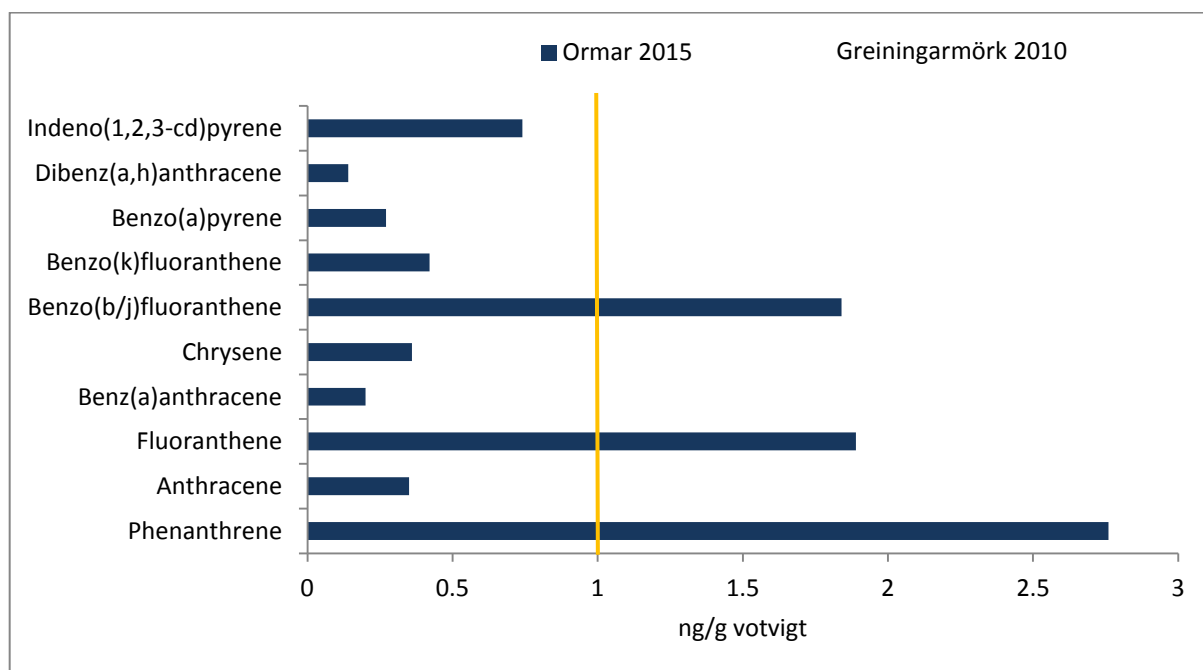
Mynd 126. Styrkur fluoranthene (ng/g votvigt) í mjúkvöðva kræklings árið 2010 og 2015 í Reyðarfirði. Ekki eru sýnd gildi ef styrkur efnisins mælist undir greiningarmörkum.



Mynd 127. Styrkur fluoranthene (ng/g votvigt) í mjúkvöðva kræklings í Reyðarfirði árið 2015. Gildi eru ekki sýnd ef styrkurinn var undir greiningarmörkum. K1-K14 vísar í sýnatökustöðvar 1-14 fyrir krækling.

Samkvæmt reglugerð nr. 265/2010 er hámarksgildi fyrir benzo(a)pyrene í samlokum til manndis hér á landi 10 µg/kg í votvigt. Styrkur þess efnis var undir greiningarmörkum á öllum stöðvum í kræklingi í Reyðarfirði árið 2015 eða minna en 0,1 ng/g og því undir íslenskum neysluviðmiðum eins og raunin var í grunnmælingum árið 2000 og einnig árið 2010 (Hafsteinn G. Guðfinnsson o.fl., 2001; HRV, 2010). Gildin mælast einnig öll undir neðstu viðmiðunarmörkum Norðmanna fyrir krækling (<50 µg/kg) og falla því í flokkinn lítt menguð svæði (Molvær o.fl., 2004).

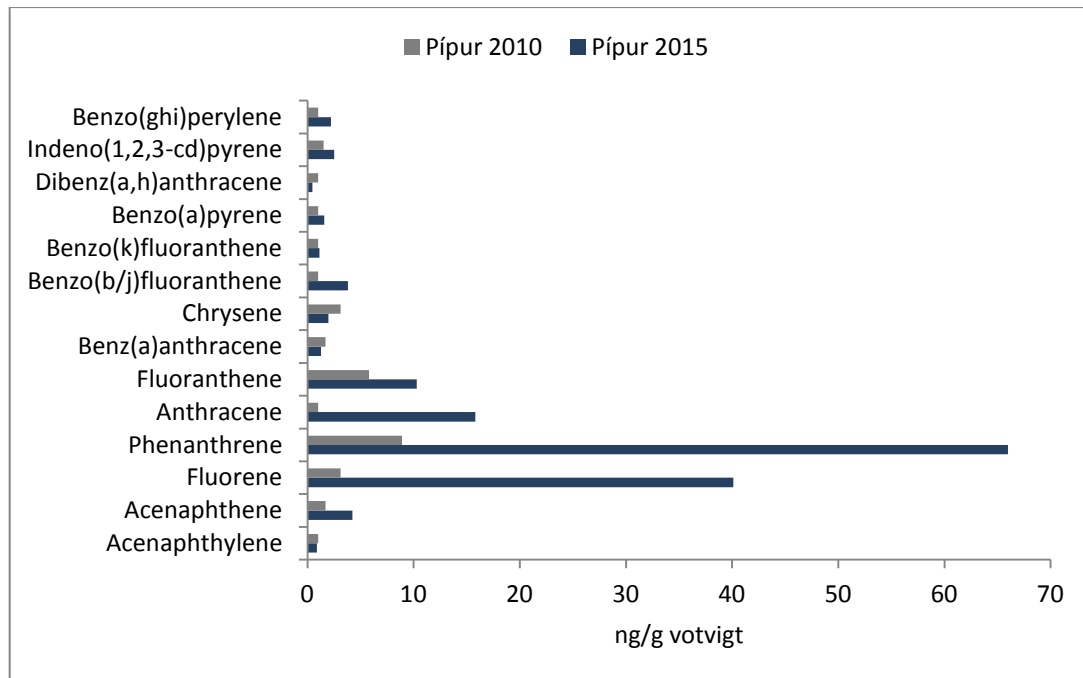
Af þeim sextán PAH efnum sem voru mæld í burstaormum mældust ellefu efni yfir greiningarmörkum. Styrkurinn var hærri árið 2015 samanborið við árið 2010 fyrir phenanterene, fluoranthene, benzo (b/j)fluoranthene og pyrene. Mesta hækkunin var í pyrene milli ára en það efni mældist 38,8 ng/g votvigt árið 2015 en undir greiningarmörkum (<1 µg/kg votvigt) árið 2010.



Mynd 128. Styrkur 10 PAH efna sem mældust í burstaormum á einni stöð í Reyðarfirði árið 2015 og greiningarmörk fyrir sömu efni árið 2010. Athugið að pyrene er ekki sýnt á mynd en styrkur þess mældist 38,8 (ng/g votvigt).

Af þeim 16 PAH efnum sem voru mæld í pípum burstaorma mældust öll efni nema naphtalene yfir greiningarmörkum. Mesta hækkun var á pyrene milli ára 2015 og 2010 en það efni mældist 320 ng/g votvigt en 5,0 µg/kg votvigt árið 2010.

Einnig hækkaði styrkur acenaphtene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene og benzo(b/j)fluoranthene frá árinu 2010. Önnur efni mældust svipuð eða lægri samanborið við mælingar frá árinu 2010 (Mynd 129).



Mynd 129. Styrkur 14 PAH efna í pípum burstaorma af einni stöð í Reyðarfirði árið 2015 og 2010. Athugið að pyrene er ekki sýnt á myndinni en það efni mældist 320 ng/g votvigt árið 2015.

Við samanburð á summu PAH efna fyrir orma og pípur árið 2015 við sömu PAH efni árið 2010 má sjá að um töluverða hækkun er að ræða. Árið 2015 var samanlagt gildi fyrir orma og pípur 519 ng/g votvigt en 191 µg/kg votvigt árið 2000 (Hafsteinn G. Guðfinnsson o.fl., 2001)

Niðurstöður þungmálma í kræklingi og mælingar á PAH- efnum í kræklingi og burstaormum er að finna í viðauka 22.

11 Samantekt og lokaorð

Styrkur þeirra efna sem mæld eru í lofti og vatni voru sambærileg við síðastliðin ár. Frá upphafi mælinga hefur úrkoman súrnað um 0,5-1 pH, sem að líkindum tengist auknum styrk brennisteinstvíoxíðs og koltvíoxíðs í lofti.

Styrkur flúors í öllum gróðri hefur haldið áfram að lækka frá því að gildi mældust hæst árin 2012-2013 og meðalstyrkur flúors í grasi og heyi var undir hámarks-gildum fyrir jörturdýr á öllum stöðum utan þynningarsvæðis. Í sumum tilvikum er um að ræða lægstu gildi sem mælst hafa í gróðri, fyrir utan árið 2011 þegar gildi mældust heilt yfir hvað lægst frá því álverið komst í fullan rekstur. Styrkur flúors í gróðri hefur þó hækkað umtalsvert frá því áður en álverið tók til starfa. Breytingar á styrk brennisteins og köfnunarefnis frá því fyrir rekstur álvers eru ekki augljósar. Eldgosið í Holuhrauni er fyrsta eldgosið frá því álverið tók til starfa sem veldur mengun í Reyðarfirði að einhverju marki. Svo virðist sem sú mengun hafi ekki haft mikil áhrif til hækkunar á mældum gildum ýmissa efna í gróðri eða í neysluvatni árið 2015.

Trjávöxtur hefur verið breytilegur milli ára, en ekki er hægt að greina augljósan mun innan og utan þynningarsvæðis. Mögulegar skemmdir af völdum flúors í gróðri voru minna áberandi árið 2015 en árið 2014.

Tegundaauðgi í mólendisreitum var svipuð milli ára frá 2005 til 2015 og lítil breyting var á gróðursamsetningu á þessu tímabili. Meðalgróðurþekja jókst á tímabilinu og var orðin marktækt meiri árið 2015 en hún var árið 2005. Mest áberandi breytingin var aukin þekja smárunna og minni þekja flétta.

Styrkur mældra efna í jarðvegi hafa ýmist hækkað, lækkað eða staðið í stað milli athugunarára en gildin eru gjarnan mjög breytileg milli sýnatökustaða. Enga augljósa breytingu er hægt að greina í efnainnihaldi jarðvegs að svo stöddu.

Flúor í beinösku kjálka í sauðfé, bæði lömbum og fullorðnu fé, sem gengur í Reyðarfirði mælist miklu hærrí en úr kjálkum af sauðfé sem gengur utan Austurlands. Í lömbum var munurinn allt að nifaldur en í fullorðnu fé fimmfaldur. Styrkur flúors í kjálkum hefur mælist breytilegur milli ára. Lægri gildi mældust þó í ár samanborið við árið 2014. Sýni eru fá og lítið hægt að álykta um þróun á styrk flúors í kjálkabeinum frá því álver tók til starfa. Sjónrænt mat kjálkana gaf til kynna að öll lömb væru við góða tannheilsu, en erfitt var að draga ályktanir um tannheilsu eldra fjár vegna fárra sýna. Sjónræn skoðun lifandi kinda og hesta í Reyðarfirði leiddi einnig í ljós að dýrin virtust almennt heilbrigð, en í tveimur kindum og einu hrossi sást þó breytingar í tönnum sem mögulega gætu verið flúorskemmdir en ekki er hægt að fullyrða að svo sé.

Styrkur þungmálma í kræklingi var lægri eða sambærilegur árið 2015 samanborið við árið 2010. Öll gildi mældust undir lægstu íslenskum neysluviðmiðum og í öllum tilvikum var styrkurinn í lægsta eða næstlægsta mengunarflokki skv. skilgreiningu Norðmanna. Styrkur PAH efna í kræklingi í Reyðarfirði mældist hærrí í 3 efnum af 16, samanborið við árið 2010. Styrkur þeirra var samt sem áður undir íslensku neysluviðmiði og undir viðmiðum fyrir lægsta mengunarflokk Norðmanna. Ekki var augljóst dreifingarmynstur á styrk PAH efna í Reyðarfirði. Hærrí gildin dreifðust víða um fjörðinn og því ekki hægt að draga ályktanir um eina uppsprettu mengunar. Samanlagður styrkur 16 PAH efna í vef burstaorma sem og pípum mældist hærrí árið 2015 en árið 2010 en þar var mesta hækkunin á efninu pyrene í bæði í vef orma og pípum þeirra.

12 Heimildir

- Auglýsing um friðlýsingu nokkurra plöntutegunda. Nr. 184/1978.
http://www.ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Fridlyst-svaedi/Auglysingar/r_184_1978_auglysing_plontutegundir.pdf Skoðað 25. apríl 2016.
- Alcoa Fjarðaál (2013). *Vöktunaráætlun*. Útbúið fyrir Umhverfisstofnun.
Reyðarfjörður: Álver Alcoa Fjarðaáls.
- HRV (2010). *Sjálfbærnisvísir: Mengunarefni í dýralífisjávur*. Reykjavík: verkfræðistofan HRV.
- Davison, A.W. & Weinstein, L.H. (2006). *Investigation of the sources of elevated fluoride in vegetation in the Reyðarfjörður area. Í: External Environmental Monitoring. Fjarðaál-Alcoa Smelter Reyðarfjörður. Summary of NA activities in 2006*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Davison, A.W., Erlín Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2010). *External Environmental Monitoring. Alcoa-Fjarðaál Smelter in Reyðarfjörður. Results of on-going monitoring from 2006 to 2009 and comparison with the baseline survey from 2004 and 2005*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Davison, A.W., Erlín Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2009). *External Environmental Monitoring. Fjarðaál-Alcoa Smelter Reyðarfjörður. Summary of activities in 2008 by Náttúrustofa Austurlands*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Clowes, L. A. & Francesconi, K. A. (2004). Uptake and elimination of selenobetaine by the mussel *Mytilus edulis* is related to salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 137, 35–42.
- Doley, D. (2010). Rapid quantitative assessment of visible injury to vegetation and visual amenity effects of fluoride. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 181-198.
- Erla Sturludóttir, Helga Gunnlaugsdóttir, Hrönn O. Jörundsdóttir Elín V. Magnúsdóttir, Kristin Olafsdóttir og Gunnar Stefánsson (2013). Spatial and temporal trends of contaminants in mussel sampled around the Icelandic coastline. *Science of the Total Environment*, 454-455, 500–509.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir og Hermann Þórðarson (2014). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2013*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Hermann Þórðarson og Kristmann Gíslason (2013). *Alcoa Fjarðaál, umhverfissvöktun árið 2012*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.

- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Davison, A.W. (2012). *Umhverfissvöktun í Reyðarfirði 2011. Gróður og yfirborðsvatn*. Unnið fyrir HRV. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2008). *External Environmental Monitoring. Fjarðaál-Alcoa Smelter Reyðarfjörður. Summary of activities in 2007 by Náttúrustofa Austurlands*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Evert, R. F. & Eichhorn, S. E. (2013). *Biology of plants 8th ed.* New York: W.H. Freeman and Company.
- Eyrún Arnardóttir (2016). *Eftirlitsskýrsla – fimmta skoðun dýralæknis á grasbitum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem áttu sér stað á árunum 2012–2014. Skoðun framkvæmd á Sléttu og í hesthúsahverfi við Kollaleiru*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Franzaring, J., Klumpp, A. & Fangmeier, A. (2007). Active biomonitoring of airborne fluoride near an HF producing factory using standardised grass cultures. *Atmospheric Environment*, 41, 4828–4840.
- Guðrún Á. Jónsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2005). *Baseline Survey Report. External Environmental Monitoring – Ecological Survey*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Guðrún Óskarsdóttir, Elín Guðmundsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2015). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2014*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Hafsteinn G. Guðfinnsson, Héðinn Valdimarsson, Steingrímur Jónsson, Jóhannes Briem, Jón Ólafsson, Sólveig Ólafsdóttir, Ástþór Gíslason og Sigmar A. Steingrímsson (2001). *Rannsóknir á straumum, umhverfispáttum og lífríki sjávar í Reyðarfirði frá júlí til október árið 2000*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Hermann Þórðarson (2015). *Viðhald og kvörðun loftmælingastöðva. Skýrsla vor og haust 2015*. Nýsköðunarmiðstöð Íslands, 6EM15008.
- Hörður Kristinsson, Eva G. Þorvaldsdóttir og Björgvin Steindórsson (2007). *Vöktun válistaplantna 2002–2006*. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Hrönn Jörundsdóttir, Natasa Desnica, Þuríður Ragnarsdóttir og Helga Gunnlaugsdóttir (2013). *Monitoring of the marine biosphere around Iceland 2011 and 2012*. Reykjavík: Matís.
- Koblar, A., Tavčar, G. & Ponikvar-Svet, M. (2011). Effects of airborne fluoride on soil and vegetation. *Journal of Fluorine Chemistry*, 132, 755–759.
- Kristín Ágústsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir og Davison, A.W. (2011). *Álver Alcoa Fjarðaáls Umhverfissvöktun í Reyðarfirði 2010. Gróður og yfirborðsvatn*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.

- Landmælingar Íslands (2013a). Gjaldfrjáls vektor gögn IS50v 4.1 - 010072013 útgáfa. Sótt í apríl 2013 á niðurhalssíðu LMÍ:
<http://atlas.lmi.is/LmiData/index.php>
- Landmælingar Íslands (2013b). Leyfi, samkvæmt 31. gr. upplýsingalaga nr. 140/2012 og lögum um landmælingar og grunnkortagerð nr. 103/2006, fyrir gjaldfrjáls gögn frá Landmælingum Íslands. Skoðað í desember 2015 á
<http://www.lmi.is/wp-content/uploads/2013/10/Almskilm.pdf>
- Landmælingar Íslands (2015b). Gjaldfrjáls vektor gögn IS50v 4.1 - 24122013 útgáfa. Sótt í desember 2015 á niðurhalssíðu LMÍ:
<http://atlas.lmi.is/LmiData/index.php>
- Lepš, J. & Šmilauer, P. (2006). *Multivariate Analysis of Ecological Data. Course Materials*. České Budějovice: University of South Bohemia.
- Liteplo, R., Gomes, R., Hower, P. & Malcolm, H. (2002). *Fluorides. Environmental Health Criteria 227*. World Health Organization.
- Livesey, C. & Payne, J (2011). Diagnosis and investigation of fluorosis in livestock and horses, 33, 454-461.
- Matvælastofnun (2015). *Hvað er fóður?* Skoðað í apríl 2015 á
<http://www.mast.is/frettaflokkar/frett/2015/03/26/Hvad-er-fodur/>
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., & Sorensen, J. (2004). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. 97:03; Norsk institutt for vannforskning.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2008). *Válisti háplantna*.
<http://www.ni.is/midlun/utgafa/valistar/plontur/valisti-haplantna> Skoðað 25. apríl 2016.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H. & Wagner, H. (2015). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2. 3-1. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Ongstad, L., Stoll, C.I. & Aasland, T. (1994). *The Norwegian aluminium industry and the local environment. Project to study the effects of industrial emission from primary aluminium plants in Norway- Summary report*. Oslo: Hydro Media.
- Ospar commission (2001). *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)*. Ospar priority substance series.
- Ólöf G. Sigurðardóttir (2014). *Vöktun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár fyrir Alcoa Fjarðaál - Reyðarfjörður*. Reykjavík: Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum.
- R Core Team (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Reglugerð um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkel og fjölhringa arómatísk vetniskolefni í andrúmslofti nr. 410/2008.

- Reglugerð um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýringu, svifryk og blý í andrúmslofti nr. 251/2002.
- Reglugerð um eftirlit með fóðri nr. 340/2001.
- Reglugerð um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum nr. 265/2010.
- Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001.
- Sigurður H. Magnússon (2013). *Þungmálmur og brennisteinn í mosa á Íslandi 1990-2010: áhrif iðjuvera*. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Sigurður Sigurðarson (á.á.). *Áhrif eldgosa á dýr*. Skoðað í febrúar 2011 á http://www.mast.is/Uploads/document/yd_eydublod/ahrif_eldgosa_a_dyr.pdf
- Sjörs, H. (1956). *Nordisk växgeografi*. Stockholm: Skandinavian University books.
- Umhverfisstofnun (2010). *Starfsleyfi fyrir álver Alcoa Fjarðaáls sf., Hrauni 1 í Reyðarfirði. kt. 5203034210*. Skoðað í apríl 2014 á http://www.ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Starfsleyfi-i-gildi/alver/Alcoa_Fjardaal_2026.pdf
- Veðurstofa Íslands (2015). *Mánaðaryfirlit Veðurstofu Íslands fyrir árið 2015*. Skoðað í mars 2016 á <http://www.vedur.is/vedur/vedurfar/manadayfirlit/>
- Vike, E. & Håbjørg, A. (1995). Variation in fluoride content and leaf injury on plants associated with three aluminum smelters in Norway. *The Science of the Total Environment*, 163, 25-34.
- Vike, E. (1999). Air-pollutant dispersal patterns and vegetation damage in the vicinity of three aluminum smelters in Norway. *The Science of the Total Environment*, 236, 75-90.
- Vike, E. (2005). Uptake, Deposition and Wash Off of Fluoride and Aluminium in Plant Foliage in the Vicinity of an Aluminium Smelter in Norway. *Water, Air, & Soil Pollution*, 160 (1-4), 145-159.
- Weinstein, L.H. & Davison, A.W. (2003). Native plant species suitable as bioindicators and biomonitors for airborne fluoride. *Environmental Pollution*, 125, 3-11.
- Weinstein, L.H. & Davison, A.W. (2004). *Fluorides in the Environment*. Wallingford, UK: CABI publishing.
- Weinstein, L.H. (1983). Effects of Fluorides on Plants and Plant Communities: An Overview. Í: Shupe, J.L., Peterson, H.B. & Leone, N.C. (ritstj.), *Fluorides: Effects on Vegetation, Animals, and Humans* (bls. 61-82). Salt Lake City, Utah: Paragon Press.

NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Mýrargötu 10 • 740 Neskaupstaður • Sími 477-1774 • Fax 477-1923 • Netfang: na@na.is
Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstaðir • Sími: 471-2813 og 471-2774 • Netfang: skarphedinn@na.is

