

2007
2017
10 ári

2016

UMHVERFISVÖKTUN



Fjarðaál
alcoa.is



Alcoa Fjarðaál

Umhverfismælingun 2016

Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands
og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

- Egilsstaðir
 Neskaupstaður

Skýrsla nr: NA-170168	Dags (mánuður, ár): Apríl, 2017	Dreifing: Opin
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill): Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2016	Síðufjöldi: 78 Fjöldi viðauka: 18	
Höfundar, í starfrófsröð: Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flösdóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir.		
Unnið fyrir: Alcoa Fjarðaál		
Samvinnuaðilar: Efnagreiningar, Nýsköpunarmiðstöð Íslands		
Útdráttur: <p>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 2016 fór fram samkvæmt vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun. Vöktunin nær til loftgæða, veðurs, gróðurs, yfirborðsvatns og búfénaðar.</p> <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 reynitrjáa, bláberjum og krækiberjum, heyi og furunálum. Styrkur flúors var mældur í öllum gróðursýnum og styrkur þungmálma var mældur einu sinni í rabarbara. 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. Vatni var safnað ársfjórðungslega og var sýrustig, flúor, basarým, brennisteinn, leiðni 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.</p> <p>Helstu niðurstöður: A og V áttir voru ríkjandi í Reyðarfirði árið 2016. Sumarið var tiltölulega hlýtt, hægviðrasamt og þurrt. Heildarmeðaltal svifryks var svipað eða hærra en árin 2009-2013 en lægra en árið 2014, sem var þurrt ár með allnokkurri gosmengun á síðari hluta ársins. Dagar þar sem svifryk fór yfir heilsuverndarmörk mældust ekki á árinu. Ársmeðaltal gaskenns flúors og flúors í ryki var hærra árið 2016 en hefur mælst áður með þessum hætti. Styrkur fjölhringja arómatískra vetniskolefna var með lægsta móti. Sýrustig í úrkomu var svipað og árið 2015 á stöð 1 og 2, en heldur hærra á stöð 3 og 4. Brennisteinsstyrkur í úrkomu telst óvenju lágur árið 2016 og flúorstyrkur í úrkomu var í meðallagi. 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, rabarbaralaufum og kartöflugrösum mældist hærra en árið 2015 en í flestum tilfellum lægra eða sambærilegt við árið 2014. Ársmeðaltal flúors í fléttum, mosa og barrnálum mældist lægra en árið 2015. Styrkur flúors í rabarbarastilkum, kartöflum og berjum var lágur. Styrkur þungmálma (blýs og kadmíums) í stilkum og blöðum rabarbara var undir viðmiðunarmörkum. Sýnilegar skemmdir á gróðri sem mögulega má rekja til flúormengunar var helst að merkja innan þynningarsvæðis álversins en aðeins meira bar á þeim en árið 2015. Meðalstyrkur flúors í grasi á stöðvum utan þynningarsvæðis sumarið 2016 var undir íslenskum viðmiðunarmörkum á flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr en var yfir viðmiðunarmörkum fyrir mjólkandi jörturdýr á sex stöðvum utan þynningarsvæðis. Við skoðun dýralæknis virtist búfénaður 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 hærra en í kjálkabeinum lamba í viðmiðunarsýnum en öll lömbin voru við góða tannheilsu.</p>		
Lykilorð: Alcoa–Fjarðaál, gróðurrannsóknir, loftgæði, flúoríð, flúor, brennisteinstvíoxíð, brennisteinn, sýrustig, PAH-efni, mosi, fléttur, rabarbari, kartöflur, reynitré, bláberjalyng, gras, búfé, krækiber, bláber, sjaldgæfar tegundir, trjávöxtur, vatn, Reyðarfjörður, álver, mengun, þungmálmar		
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	12
2.3.1	Veðurgögn og veðurfar ársins	12
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)	25
2.3.6	Efnainnihald í úrkomu.....	28
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	34
3.2	Aðferðir og sýnatökudagar	35
3.2.1	Sýnatökuaðferðir og framsetning niðurstaðna	35
3.2.2	Töluleg úrvinnsla.....	35
3.2.3	Sýnatökudagar	36
3.3	Niðurstöður	37
3.3.1	Gras.....	37
3.3.2	Mosi	41
3.3.3	Fléttur	44
3.3.4	Bláberjalyng	45
3.3.5	Reyniviður	47
3.3.6	Barrnálar	48
3.3.7	Rabarbari	50
3.3.8	Kartöflur og grænmeti	53
3.3.9	Bláber og krækiber	54
3.3.10	Hey.....	56
4	Sjónræn skoðun á gróðri	57
4.1	Sjaldgæfar tegundir.....	58
4.2	Garðaplöntur og tré	60
4.3	Gróður í rannsóknarreitum	62
5	Trjávöxtur	63
6	Yfirborðsvatn	66
6.1	Inngangur	66
6.2	Niðurstöður	66
6.2.1	Flúor.....	66
6.2.2	Sýrustig (pH).....	67
6.2.3	Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH efni)	68
6.2.4	Brennisteinn (súlfat)	69
6.2.5	Basarýmd (e. alkalinity)	69

6.2.6	Leiðni.....	70
7	Búfánaður.....	70
7.1	Inngangur	70
7.2	Niðurstöður.....	70
7.2.1	Sjónræn skoðun á lifandi búfánaði.....	70
7.2.2	Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis	71
8	Samantekt og lokaorð	74
9	Heimildir	76

Myndaskrá

Mynd 1. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).....	11
Mynd 2. Vindrós mælistöð 1, Reyðarfirði 2016, allar mælingar (10 mín).	14
Mynd 3. Vindrós mælistöð 2, Reyðarfirði 2016, allar mælingar (10 mín).	15
Mynd 4. Vindrós mælistöð 3, Reyðarfirði 2016, allar mælingar (10 mín).	15
Mynd 5. Vindrós mælistöð 4, Reyðarfirði 2016, allar mælingar (10 mín).	16
Mynd 6. Svífryk, allar stöðvar 2016.	17
Mynd 7. Svífryk, ársmeðaltöl 2005-2016.	17
Mynd 8. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2016.	19
Mynd 9. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005-2016. Brotnar línur sýna meðaltöl ef gostímabilið er undanskilið.....	20
Mynd 10. Brennisteinstvíoxíð SO ₂ (µg/m ³), sem fall af vindátt 2016, allar stöðvar.	20
Mynd 11. Flúor gaskenndur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2016 (mælingar á síur).	22
Mynd 12. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2016 (mælingar á síur).	22
Mynd 13. Flúor í svífryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2016.....	25
Mynd 14. Flúor í svífryki, ársmeðaltöl 2005-2016.	25
Mynd 15. PAH16 í svífryki, allar stöðvar 2016. Sýni vantar frá febrúar.....	27
Mynd 16. PAH16 í svífryki, ársmeðaltöl 2006-2016.....	27
Mynd 17. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005-2016.	29
Mynd 18. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2016. Engin úrkomusýni söfnuðust frá miðjum apríl fram í miðjan júní.....	29
Mynd 19. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2016.	30
Mynd 20. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006-2016.	31
Mynd 21. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006-2016.....	31
Mynd 22. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2016.	32
Mynd 23. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	37
Mynd 24. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2016.....	38
Mynd 25. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir árum frá 2007 til 2016. Fjöldi sýnatökustaða: 2007-2012 (n=30), 2013 (n=41) og 2014-2016 (n=34).....	39
Mynd 26. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2016 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).....	40
Mynd 27. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekkju) sumarið 2016, skipt upp eftir svæðum.....	40
Mynd 28. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir ólíkum svæðum í Reyðarfirði árin 2007 til 2016. Fjöldi sýnatökustaða: 2007-2012 (n=30), 2013 (n=41) og 2014-2016 (n=34).	41
Mynd 29. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2016 upp í fimm mismunandi svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).....	42

Mynd 30. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).....	42
Mynd 31. Dreifingarmynstur flúors í mosa frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2016. 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 29 sýnir svæðisskiptinguna).	43
Mynd 32. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2016. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.	43
Mynd 33. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).....	44
Mynd 34. Dreifingarmynstur flúors í fléttum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2016. 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 29 sýnir svæðisskiptinguna).	44
Mynd 35. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2016. Gögnin eru byggð á 9-10 sýnum innan þynningarsvæðis og 18-20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.	45
Mynd 36. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).....	46
Mynd 37. Dreifingarmynstur flúors í bláberjalaufum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2016. 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 29 sýnir svæðisskiptinguna).	46
Mynd 38. 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 2016. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.	47
Mynd 39. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitryjáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	47
Mynd 40. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitryjáa (ásamt staðalskekkju) árið 2004 og árin 2007 til 2016 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009 og 2015 en 9 sýnum árin 2010-2014 og 2016.	48
Mynd 41. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nývöxnum barrnállum (CN) í október 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015). ...	49
Mynd 42. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barrnállum frá fyrra ári (CP, 2015), safnað í október 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	49
Mynd 43. Ársmeðaltal flúors í barrnállum (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2016 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009, en 9 sýnum árin 2010-2016. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.	50
Mynd 44. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum (V) í þremur sýnatökuferðum frá júní til ágúst sumarið 2016. Á einum sýnatökustað (V8) voru einungis tvær sýnatökur (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	51

Mynd 45. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004-2005 og 2007 til 2016 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 2014-2016 voru farnar þrjár sýnatökuferðir.....	51
Mynd 46. Sýnatökustaðir kartaflna og káls í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflugrösum sumarið 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).....	53
Mynd 47. Styrkur flúors í kartöflum og kartöflugrösum á þremur sýnatökustöðum sumrin 2004 og 2011-2016 en tveimur söfnunarstöðum 2007-2010.	54
Mynd 48. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2016. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	55
Mynd 49. Styrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2009-2016 í Reyðarfirði. Fram til ársins 2011 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum 5 µg/g.....	56
Mynd 50. Yfirlit yfir staðsetningu og styrk flúors í heysýnum sem tekin voru 19. og 27. október 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015). Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar á þessu korti.	57
Mynd 51. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júlí 2016 í Reyðarfirði.	59
Mynd 52. Þyrnirós af neðra svæði (t.v.) og af efra svæði (t.h.) í júlí 2016 í Reyðarfirði.	59
Mynd 53. Aronsvöndur (t.v.) og stóriburkni (t.h.) með skemmdum endum í júlí 2016 í Reyðarfirði.....	60
Mynd 54. Flúorskemmdir og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á grávíði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í ágúst 2016.....	60
Mynd 55. Sigurskúfur (t.v.), bergfura (í miðju) og blæösp (t.h.) við Framnes í Reyðarfirði í ágúst 2016.	61
Mynd 56. Reynir (t.v.), íris (í miðju) og fura (t.h.) í þéttbýlinu á Reyðarfirði í ágúst 2016.	62
Mynd 57. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust á þrettán stöðvum sumarið 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	62
Mynd 58. Rauðleit blöð bláberjalyngs við stöð 15 (t.v.) og gulnun í blöðum lúpínu (t.h.).	63
Mynd 59. Staðsetning 10 trjámæltreita í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árið 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).....	64
Mynd 60. Meðalársvöxtur stafafuru í níu trjámæltreitum í Reyðarfirði tímabilið 2003-2016.	65
Mynd 61. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1-W4) og neysluvatnssýna (W5-W9) auk Grænavatns (W10) (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	66
Mynd 62. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnsýnum (W1-W4) og Grænavatni (W10) fyrir árin 2004 til 2016.	67
Mynd 63. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7-W9) fyrir árin 2004-2016.	67
Mynd 64. Ársmeðaltöl af sýrustigi í árvatnssýnum fyrir árin 2004-2016.	68
Mynd 65. Ársmeðaltöl af sýrustigi í neysluvatni fyrir árin 2004-2016.	68

Mynd 66. Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá fjórum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinssdóttur, 2017).....	72
Mynd 67. Styrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár á Sléttu og Hallbjarnarstöðum 2 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinssdóttur, 2017).....	73

Töfluskrá

Tafla 1. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2016 aftur til ársins 2006.	13
Tafla 2. Árs- og mánaðarmeðaltöl svifryks í $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18
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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24
Tafla 6. Árs- og mánaðarmeðaltöl dagsmælinga rykkennds PAH í lofti í ng/m^3	26
Tafla 7. pH stig í úrkomu, ársmeðaltöl einingalaust (pH).	28
Tafla 8. Brennisteinsinnihald í úrkomu, ársmeðaltöl í mg/L	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 2016 og meðalstyrkur árið 2015. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon, 2013).	52
Tafla 11. Styrkur þungmálma ($\mu\text{g}/\text{g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árið 2016 og meðalstyrkur árið 2015. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon, 2013).	53
Tafla 12. Meðalvöxtur vaxtarsprota (cm) á stafafuru (staðsetning 1-9) og bergfuru (staðsetning 10) frá árinu 2006-2016 á tíu svæðum í Reyðarfirði. Staðalskekkja meðaltalanna segir til um breytileika í vexti fyrir hverja staðsetningu.	65
Tafla 13. Styrkur PAH efnanna benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren í vatnssýnum fyrir árin 2006- 2016.	69
Tafla 14. Meðalstyrkur súlfats (mg/L) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni í fjórum sýnatökuferðum árin 2010-2016 (tveimur til fjórum sýnatökuferðum fyrir Grænavatn).	69
Tafla 15. Meðaltal basarýmdar ($\text{mg CACO}_3/\text{L}$) í árvatni og neysluvatni árin 2010- 2016 og í Grænavatni frá árinu 2012-2016.	70
Tafla 16. Meðaltal leiðni í ám, neysluvatni og Grænavatni árin 2013-2016.....	70

Viðaukaskrá

- Viðauki 1. Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í loftgæðastöðvum 2016.
- Viðauki 2. Niðurstöður mælinga á flúor í lofti.
- Viðauki 3. Niðurstöður mælinga á PAH-16 í svifrykssíum.
- Viðauki 4. Niðurstöður efnagreininga í úrkomu.
- Viðauki 5. Samantekt hágilda á flúor, brennisteinstvíoxíði og svifryki í lofti.
- Viðauki 6. Samanburður veðurfarsþátta í Reyðarfirði og sýnatökudaga sumarið 2016.
- Viðauki 7. Niðurstöður mælinga á flúor í grasi fyrir árið 2016
- Viðauki 8. Niðurstöður mælinga á flúor í mosa, fléttum og bláberjalaufi fyrir árið 2016.
- Viðauki 9. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í laufum reyniviðar árið 2016.
- Viðauki 10. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í barrnállum árið 2016.
- Viðauki 11. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í rabarbara, kartöflum og salati auk niðurstaða mælinga á styrk þungmálma í rabarbara árið 2016.
- Viðauki 12. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í bláberjum og krækiberjum árið 2016.
- Viðauki 13. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í heysýnum árið 2016.
- Viðauki 14. Skrá yfir allar ljósmyndir teknar í Reyðarfirði árið 2016.
- Viðauki 15. Niðurstöður mælinga á ársvesti furu í Reyðarfirði 2016.
- Viðauki 16. Niðurstöður efnamælinga í vatnssýnum árið 2016.
- Viðauki 17. Sjónrænt skoðun á búfénaði í Reyðarfirði 2016. Skýrsla dýralæknis og myndaskrá.
- Viðauki 18. Niðurstöður efnagreininga á flúor í kjálkum og sjónræn skoðun tanna og beina í sláturfé sem gekk í Reyðarfirði. Skýrsla dýralæknis 2016.

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).

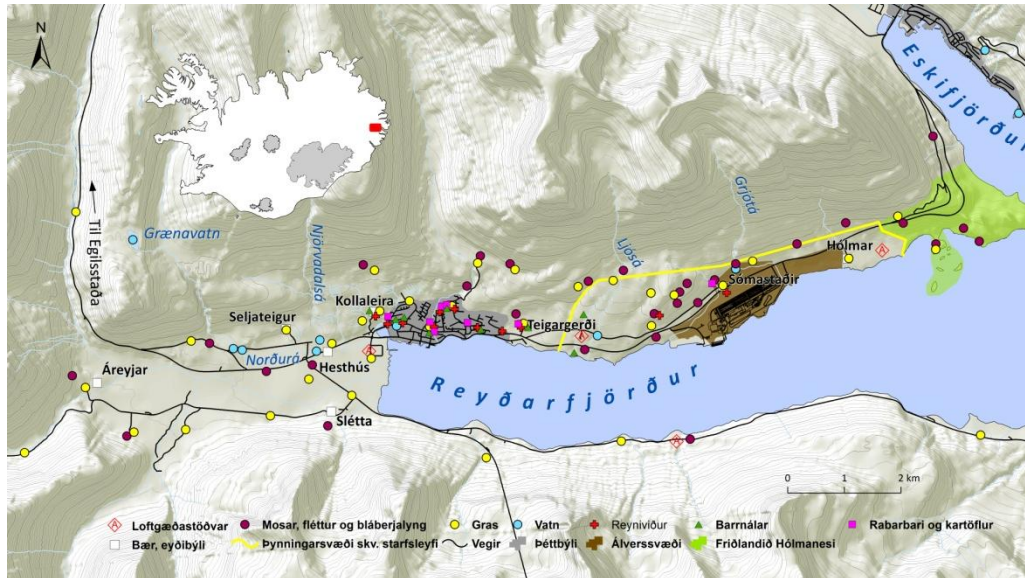
Umhverfisvöktuninni árið 2016 er skipt í eftirfarandi verkþætti:

1. Loftgæða- og veðurmælingar
2. Sýnatökur og efnamælingar gróðurs
3. Sjónrænt mat á heilbrigði gróðurs
4. Mælingar á vexti furutrjáa
5. Sýnatökur og efnamælingar yfirborðsvatns
6. Sjónræn skoðun á búfánaði og efnagreiningar og sjónrænt mat á kjálkum sauðfjár

Árið 2016 sá Náttúrustofa Austurlands um vöktun og sýnatöku á gróðri, yfirborðsvatni og kjálkum af sláturfé en Efnagreiningar, Nýsköpunarmiðstöð Íslands, önnuðust efnagreiningar á gróðri, vatni og kjálkum sauðfjár auk mælinga á loftgæðum og veðurfari. Mælingar á PAH efnunum í vatni voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi. Mynd 1 sýnir yfirlit yfir alla fasta vöktunarstaði umhverfisvöktunarinnar árið 2016. Ekki eru sýndar staðsetningar bæja þar sem sýnum af sláturfé var safnað til mælinga á flúor í kjálkum.

Vegna hás styrks flúors í grasi sumarið 2012 voru settar af stað auknar rannsóknir á búfánaði og heyi í Reyðarfirði, í samræmi við ákvæði vöktunaráætlunar. Í samráði við Umhverfisstofnun og Matvælastofnun skyldi þessum rannsóknum haldið áfram til og með ársins 2015 og ákvörðun tekin í framhaldi af þeim. Á grundvelli niðurstaðna árið 2015 var tekin sú ákvörðun að halda viðbótarrannsóknum áfram hvað búfánað varðar.

Í þessari skýrslu verða birtar niðurstöður úr öllum verkþáttum í umhverfisvöktuninni árið 2016. 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 og búfánaði. Að lokum eru helstu niðurstöður skýrslunnar dregnar saman. Starfsmenn Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands skrifuðu kafla tvö og sex en starfsmenn Náttúrustofu Austurlands skrifuðu aðra kafla. Kafli sjö byggir á skýrslum dýralækna. Skýrslunni fylgja 18 viðaukar sem prentaðir eru í sérstakri skýrslu. Þar má finna ítarlegri upplýsingar um umhverfisvöktunina.



Mynd 1. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

2 Loftgæði

2.1 Inngangur

2.1.1 Loftgæðamælingar í Reyðarfirði

Fjallað er um niðurstöður loftgæðamælinga fyrir árið 2016. Mælingar þessar eru hluti af umhverfissrannsóknum 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 sem þar stóðu 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, allt að 48 mælingar árlega. Úrkomu er safnað og fylgst með sýrustigi (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, raka- stigi 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, 2016). Mælingar eru gerðar í sérhæfðum mælibúnaði sem ætlaður er til þessara nota og uppfyllir skilyrði reglugerðar nr. 920/2016, 10.gr., 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 Vista 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 2016.

2.3 Niðurstöður

Samantekt yfir allar niðurstöður loftgæðamæla eftir mánuðum er að finna í viðaukum 1-5.

2.3.1 Veðurgögn og veðurfar ársins

Meðalhiti á Reyðarfirði árið 2016 mældist $4,8^\circ\text{C}$ og meðalvindhraði 4,0 m/s. Hitastigsmeðaltalið var það næsthæsta frá 2006 og vindhraði er með lægsta móti (Tafla 1).

Tafla 1. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2016 aftur til ársins 2006.

	Ár	Meðalhiti °C	Meðal- vindhraði m/s	Ár	Meðalhiti °C	Meðal- vindhraði m/s
Reyðarfjörður allar stöðvar	2016	4,8	4,0	2011	4,5	4,6
	2015	4,0	4,6	2010	4,1	4,0
	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
				2006	4,7	4,3

Í heild var árið 2016 býsna hagstætt víða um landið, þó veturinn í upphafi hafi verið fremur kaldur. Vindar voru með hægara móti og áfram um vorið, sem var í þurrara lagi en sæmilega hlýtt. Sumarið var tiltölulega hlýtt og hægviðrasamt og þurrt. Áfram var og óvenju hlýtt um haustið en einnig mjög úrkomusamt víða. Varla gerði nein vetrarveður fyrr en alveg undir lok ársins.

Veðurlýsing ársins (Veðurstofa Íslands, 2016)

Tíð var fremur hagstæð í janúar; hiti þó neðan meðallags síðustu tíu ára. Kalt var í veðri inn til landsins á landinu norðanverðu. Úrkoma var undir meðallagi um meginhluta landsins og sums staðar um landið norðvestanvert var þetta þurrasti janúar um langt skeið. Kalt var í veðri í febrúar, sérstaklega inn til landsins. Víða var snjópungt, en vindar voru oftast hægir. Úrkoma var yfir meðallagi um landið norðaustan- og austanvert en nærri meðallagi eða lítillega undir því um landið suðvestan- og vestanvert. Í mars var tíðarfar hagstætt að mestu og lengst af hlýtt í veðri utan fáeinna daga í upphafi mánaðarins og enda. Nokkuð illviðrasamt var í fáeina daga um miðjan mánuð.

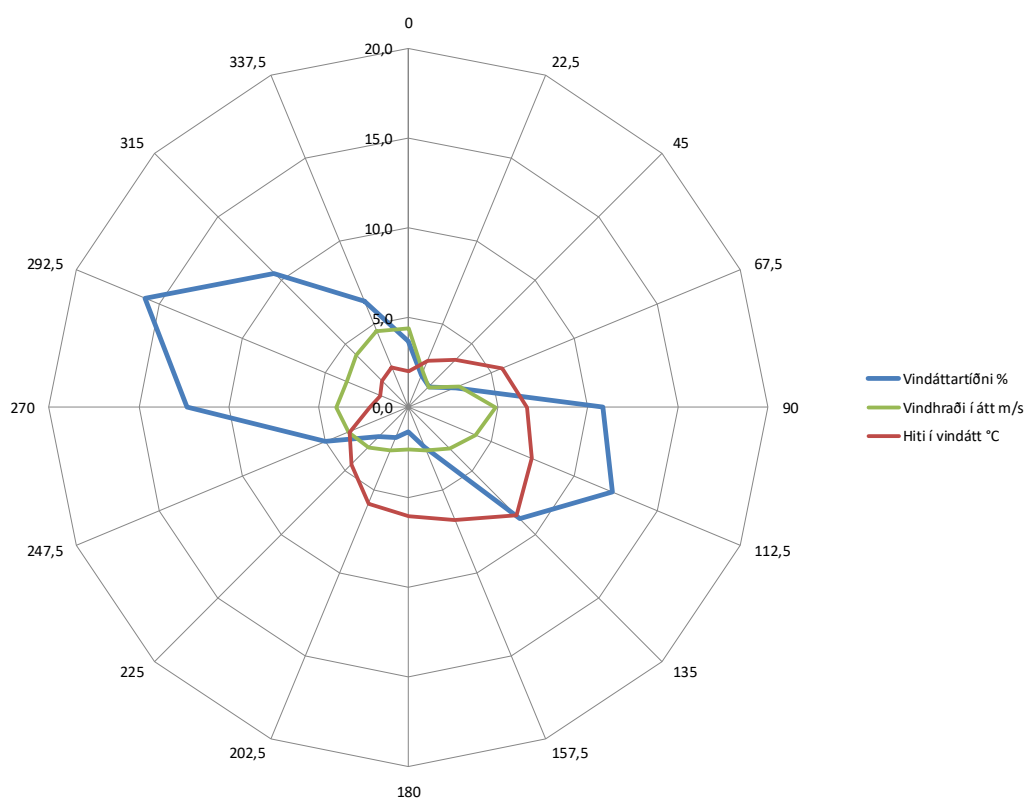
Tíðarfar í apríl var hagstætt að mestu, hiti sæmilegur, en þó var að tiltölu kaldara um landið austanvert heldur en í öðrum landshlutum. Úrkoma var mikil austast á landinu en þurrviðrasamt og sólríkt um landið vestanvert. Snjór var víðast hvar minni en í meðalári nema inn til landsins á Norðausturlandi. Þokkalegt tíðarfar var í maí, þurrkur háði þó víða gróðri langt fram eftir mánuði. Hiti var ofan meðallags 1961 til 1990 en þó kaldara um landið suðvestanvert. Þrátt fyrir þurrviðri var veður heldur þungbúið lengst af um landið sunnan- og vestanvert.

Tíð var góð í júní, þurrkur háði sums staðar gróðri en í heild varð úrkoma nærri meðallagi. Mjög hlýtt var í mánuðinum um nær allt land, á hálendinu er þetta hlýjasti júní síðan mælingar hófust þar fyrir rúmri hálfri öld og um meginhluta landsins er mánuðurinn í hópi þriggja til sjö hlýjustu júnímánaða frá upphafi mælinga. Sólskinsstundir voru venju fremur fáar suðvestanlands. Í júlí var tíðin sérlega hagstæð um landið sunnan- og vestanvert en nyrðra var hún daufari og jafnvel talin óhagstæð á stöku stað. Mánuðurinn telst þó veðragóður um land allt og lítið var um illviðri. Úrkoma var með allra mesta móti sums staðar austast á landinu en víðast hvar nokkuð eða talsvert undir meðallagi vestanlands. Sólríkt var suðvestanlands. Ágúst var hlýr og hagstæður um mikinn hluta landsins og úrkoma var víðast hvar undir meðallagi að magni til. Sólríkt var áfram suðvestanlands. Fyrsta vika mánaðarins var fremur svöl en síðan gerði mjög góðan hlýindakafli sem

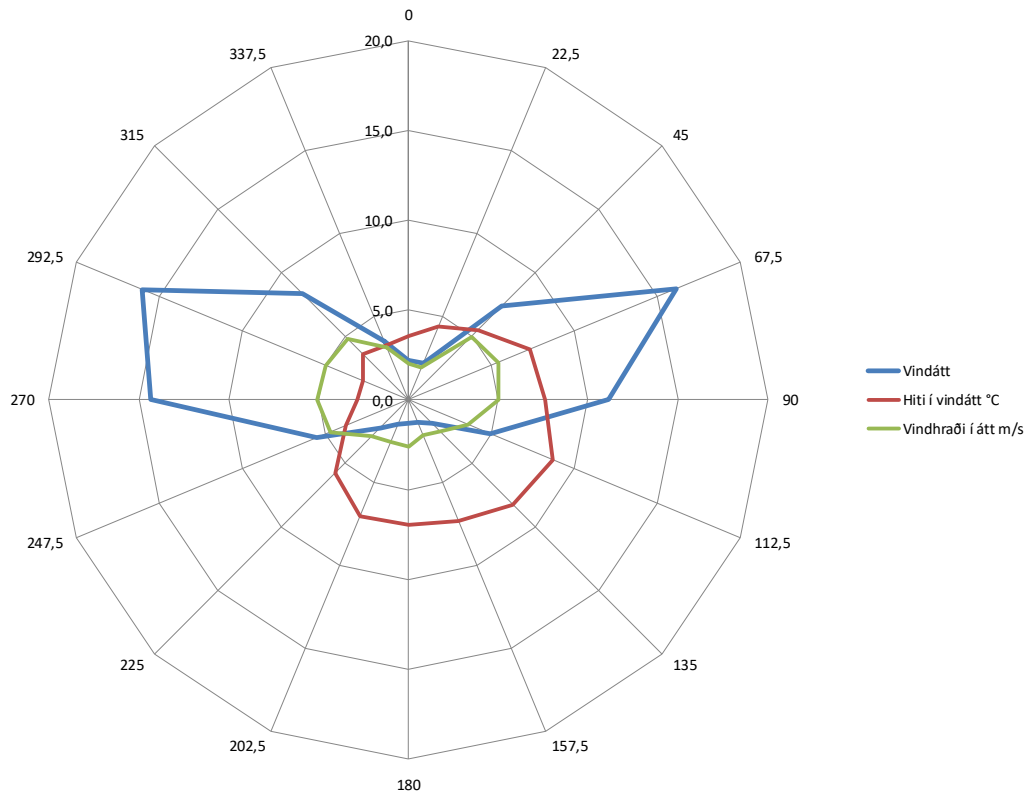
stóð nærri því til mánaðamóta. Í september var úrkomusamt víða norðaustan- og austanlands og sömuleiðis norðantil á Vestfjörðum en að öðru leyti var tíð hagstæð. Óvenjuhægviðrasamt var lengst af. Nokkrar frostnætur komu inn til landsins en víðast hvar var alveg frostlaust allan mánuðinn.

Októbermánuður var sérlega hlýr og víða á landinu sá hlýjasti síðan mælingar hófust. Tíð var mjög hagstæð um mestallt land, en sums staðar á Suður- og Vesturlandi var þetta úrkomusamasti októbermánuður sem vitað er um. Mánuðurinn var alveg frostlaus víða við strendur landsins og telst það óvenjulegt. Hlýtt var á landinu í nóvember. Mjög úrkomusamt var sunnanlands og nyrðra var úrkoma einnig ofan meðallags víða. Tíð var talin mjög hagstæð og veðragóð um mikinn hluta landsins, en veður var samt harla þungbúið og drungalegt lengst af. Tíð var lengst af hagstæð og snjólítill í desember. Óvenjuhlýtt var í veðri og um austanvert landið var mánuðurinn sums staðar sá hlýjasti frá upphafi mælinga og í hópi þeirra hlýjustu um land allt. Úrkomusamt var og dimmt. Ekki var mikið um illviðri að undanskildum fáeinum hvössum dögum undir lok mánaðar þegar kólnaði nokkuð.

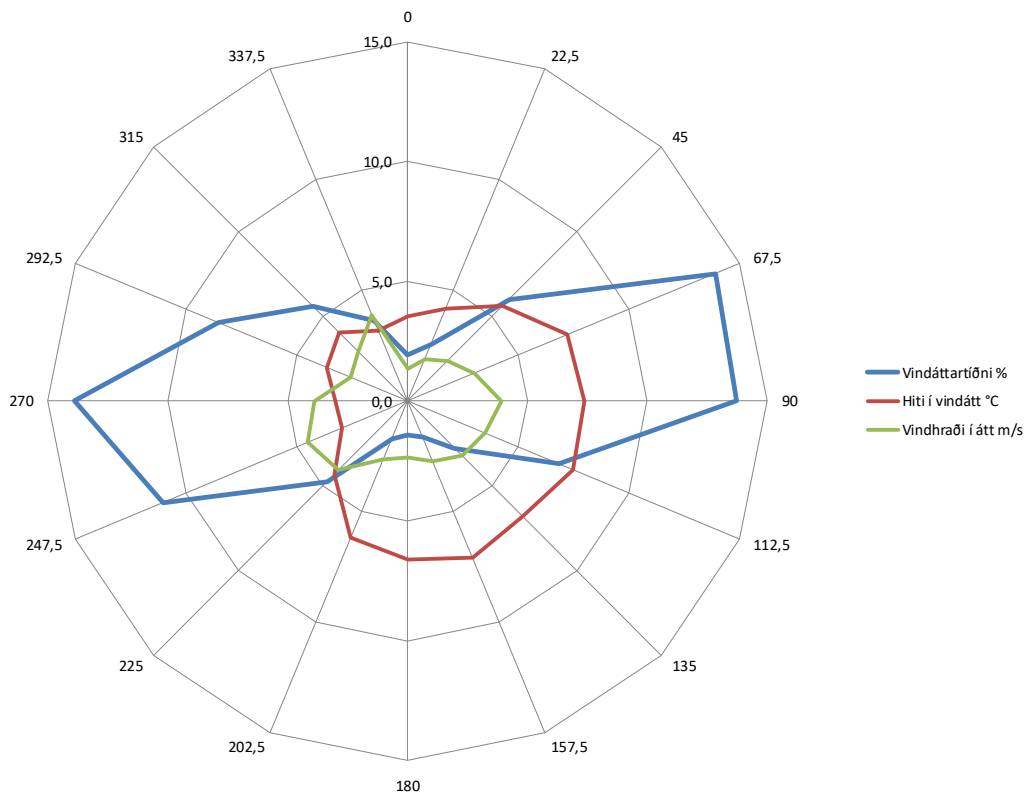
Vindrós í Reyðarfirði er einkennandi fyrir innlögn og útlögn í firðinum, austan- og vestanáttir eru langalgengastar og ráðandi 75% af tímanum. Sjá má vindrósir frá mælistöðvunum fjórum á myndum 2-5 hér undir.



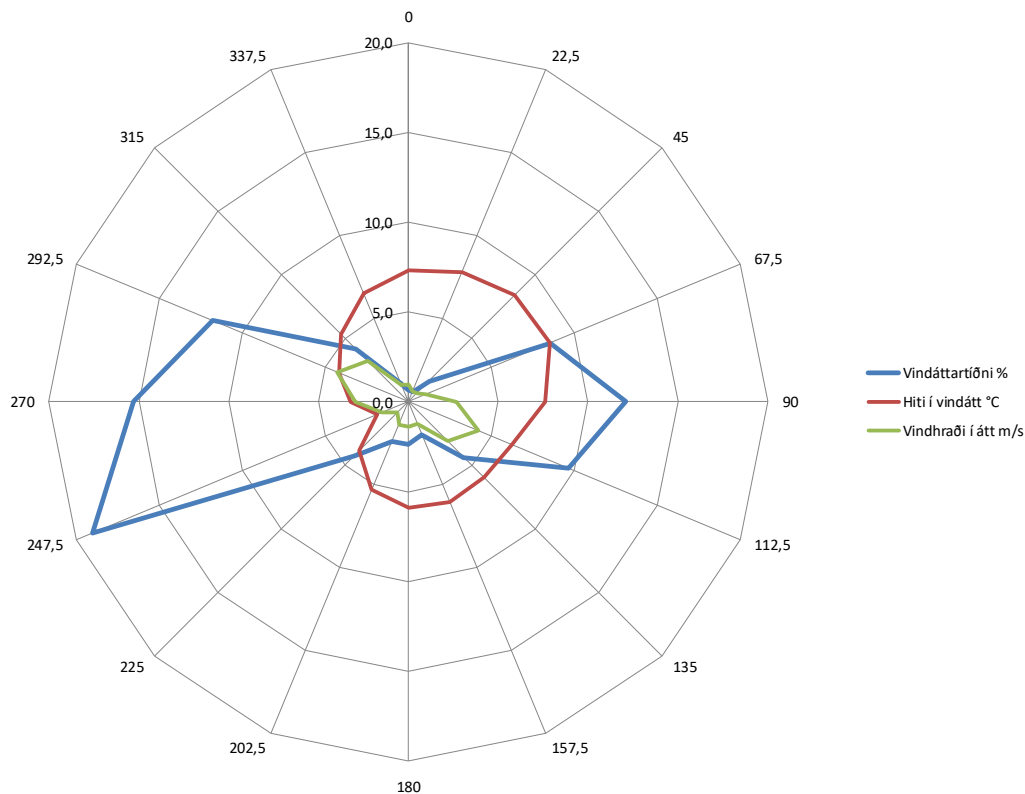
Mynd 2. Vindrós mælistöð 1, Reyðarfirði 2016, allar mælingar (10 mín).



Mynd 3. Vindrós mælistöð 2, Reyðarfirði 2016, allar mælingar (10 mín).



Mynd 4. Vindrós mælistöð 3, Reyðarfirði 2016, allar mælingar (10 mín).



Mynd 5. Vindrós mælistöð 4, Reyðarfirði 2016, 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 innlagn sem útlagn í firðinum.

Veðurgögn vantaði í júní frá stöð 3 og 4, en taka þurfti niður mælíbúnaðinn vegna viðhalds.

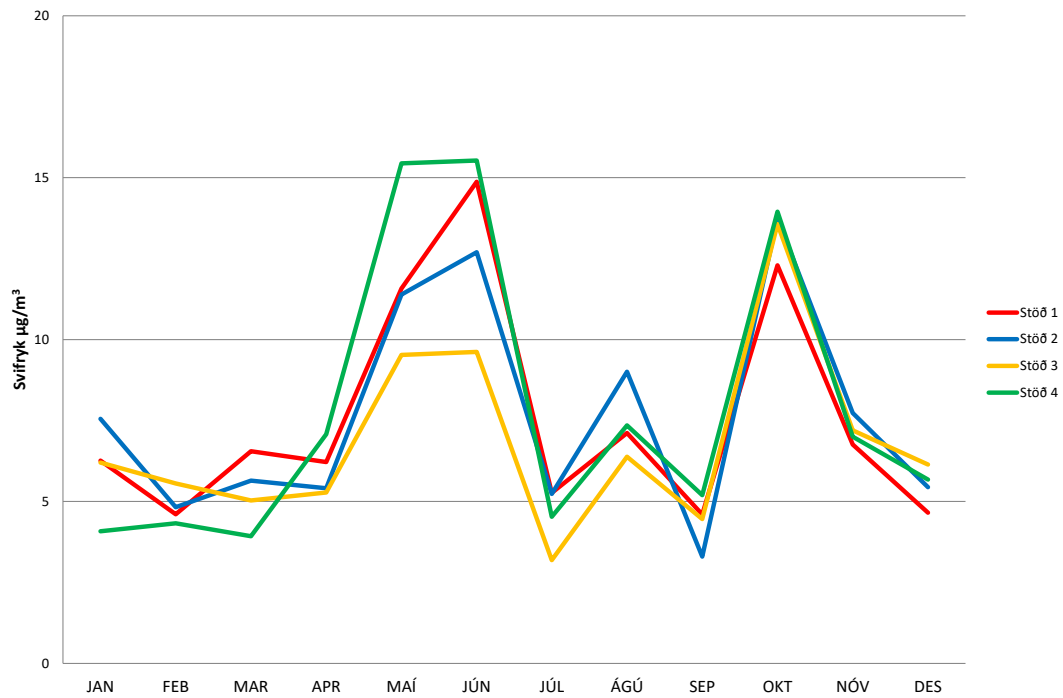
2.3.2 Svifryk, söfnun á síur (PM_{10} Hi-vol)

Svifryki er safnað á sex daga fresti á síur, sólarhring í senn. Mynd 6 og 7 og tafla 2 sýna mæld mánaðarmeðaltöl ársins 2016 ásamt ársmeðaltölum stöðvanna árin 2005 til 2016.

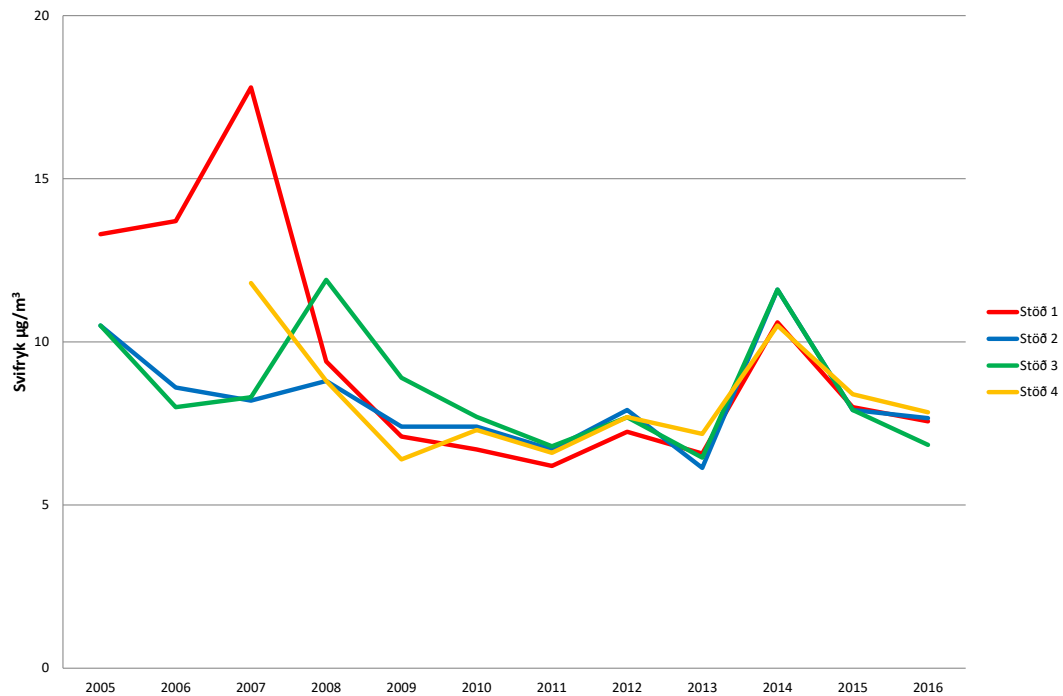
Heildarmeðaltal svifryks mældist $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og var svipað á öllum stöðvum og er eilítið lægri niðurstaða en árið áður. Þetta er svipað eða ívið hærra en á árabílinu 2009-2013 og töluvert lægra en árið 2014, sem bæði var fremur þurrt ár og með allnokkurri gosmengun á síðara hluta ársins. Dagar þar sem svifryk fór yfir heilsuverndarmörk ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -dag) mældust engir á árinu. Hæsta dagsgildi mældist $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ þ. 25. júní á stöð 1 í austsuðaustan hægviðri.

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. Líklega má telja þurrviðrið, sem ríkti frá síðari hluta apríl fram yfir miðjan júní, valda því að fram kemur heldur meiri svifryksmengun í maí og júní á

árinu. Svifryk mældist líka allhátt í október sem þó var með blautari mánuðum, en nokkuð kaflaskiptur.



Mynd 6. Svifryk, allar stöðvar 2016.



Mynd 7. Svifryk, ársmeðaltöl 2005-2016.

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
2016	7,6	7,7	6,8	7,8
2016				
JAN	6,3	7,6	6,2	4,1
FEB	4,6	4,8	5,6	4,3
MAR	6,5	5,6	5,0	3,9
APR	6,2	5,4	5,3	7,1
MAÍ	11,6	11,4	9,5	15,4
JÚN	14,9	12,7	9,6	15,5
JÚL	5,3	5,2	3,2	4,5
ÁGÚ	7,1	9,0	6,4	7,3
SEP	4,6	3,3	4,5	5,2
OKT	12,3	13,7	13,6	13,9
NÓV	6,8	7,7	7,2	7,0
DES	4,7	5,4	6,1	5,7

2.3.3 Brennisteinstvíoxíð í lofti

Tafla 3 og mynd 8 og 9 sýna mánaðarmeðaltöl ársins 2016 og ársmeðaltöl 2005-2016 fyrir SO_2 í lofti.

Meðaltöl brennisteinstvíoxíðs á árinu 2016 reyndust lítillega undir meðallagi ef miðað er við mælingar frá árinu 2008 og góstímabilið á árunum 2014 og 2015 (þegar mengunar frá gosinu í Holuhrauni gætti) er undanskilið. Á mynd 9 má sjá ársmeðaltöl á stöðvunum frá árinu 2005. Brotnar línur sýna meðaltölin ef góstímabilið er undanskilið.

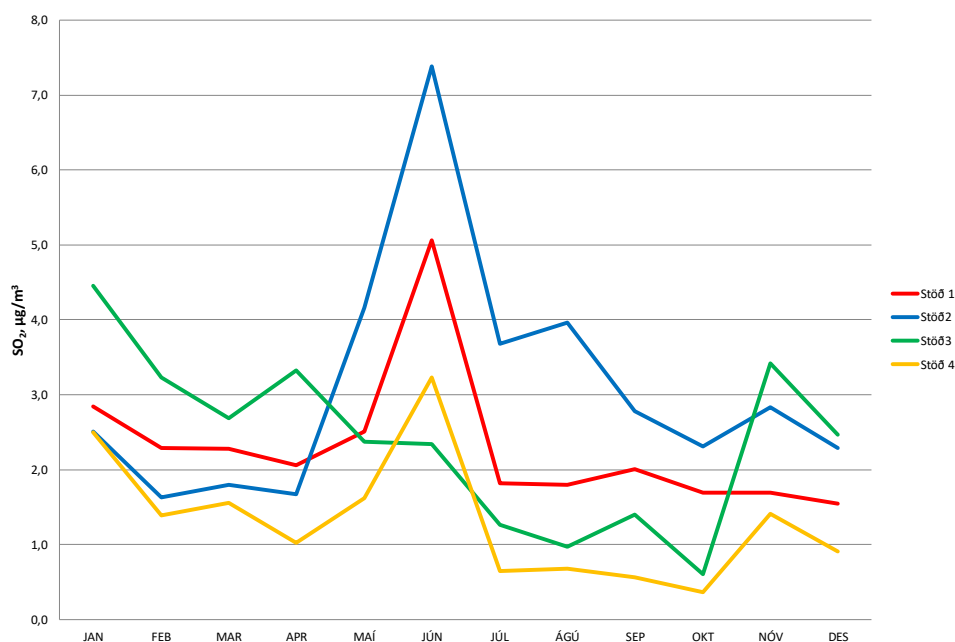
Engir dagar fóru yfir gróðurverndarmörk ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) á árinu. Hæsta dagsgildi mældist $27,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 2 í austanandvara þ. 10.júní, næst kom $25,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 3 þ. 20.janúar í vestan hægviðri eða logni.

Hæstu klukkustundargildi á öllum stöðvum mældust morguninn þ. 23.júní og öll undir heilsuverndarmörkum ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$) eða $97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 1, $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 2, $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 3 og $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 4, en snemma morguns fór vindátt að snúast úr vestanandvara og var komið yfir í hægt suðaustankul um tíuleytið.

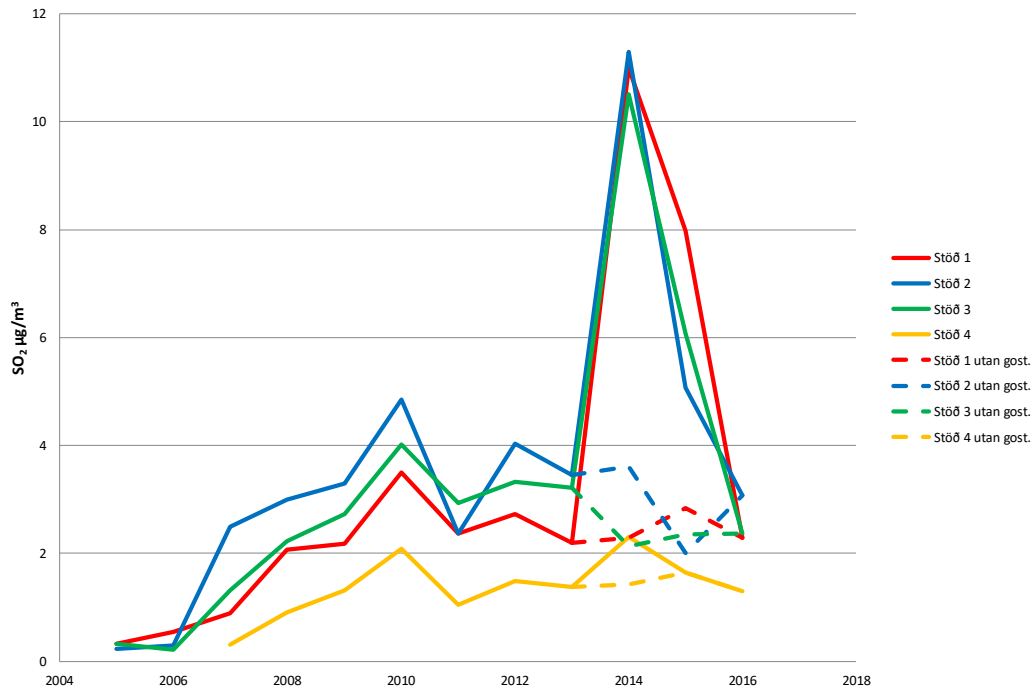
Tafla 3. Árs-og mánaðarmeðaltöl SO₂ í lofti* í µg/m³.

Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
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)
2016	2,29	3,08	2,37	1,30
2016				
JAN	2,8	2,5	4,5	2,5
FEB	2,3	1,6	3,2	1,4
MAR	2,3	1,8	2,7	1,6
APR	2,1	1,7	3,3	1,0
MAÍ	2,5	4,2	2,4	1,6
JÚN	5,1	7,4	2,3	3,2
JÚL	1,8	3,7	1,3	0,6
ÁGÚ	1,8	4,0	1,0	0,7
SEP	2,0	2,8	1,4	0,6
OKT	1,7	2,3	0,6	0,4
NÓV	1,7	2,8	3,4	1,4
DES	1,5	2,3	2,5	0,9

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

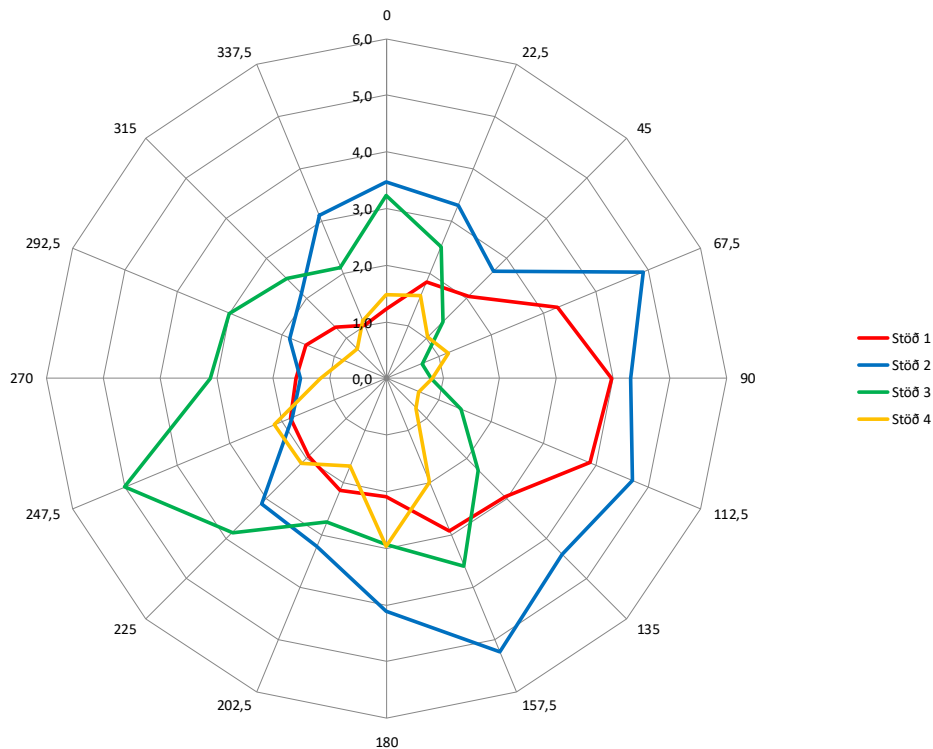


Mynd 8. Brennsteynstvíoxíð, allar stöðvar 2016.



Mynd 9. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005-2016. Brotnar línur sýna meðaltöl ef gostímabilið er undanskilið.

Á mynd 10 má sjá meðalmæligildi brennisteinstvíoxíðs á öllum stöðvum sem fall af vindátt. Álverið er stór uppspretta SO₂ og hæstu gildi brennisteinstvíoxíðs mælast í vestsuðvestanátt á stöð 3, í austlægum áttum á stöð 1 og 2 og norðnorðaustanátt á stöð 4. Þá eru líka áberandi há gildi sem mælast í hægum sunnanáttum á stöð 2, 3 og 4.



Mynd 10. Brennisteinstvíoxíð SO₂ (µg/m³), sem fall af vindátt 2016, allar stöðvar.

Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í stöðvum árið 2016 má sjá í viðauka 1.

2.3.4 Flúor í lofti

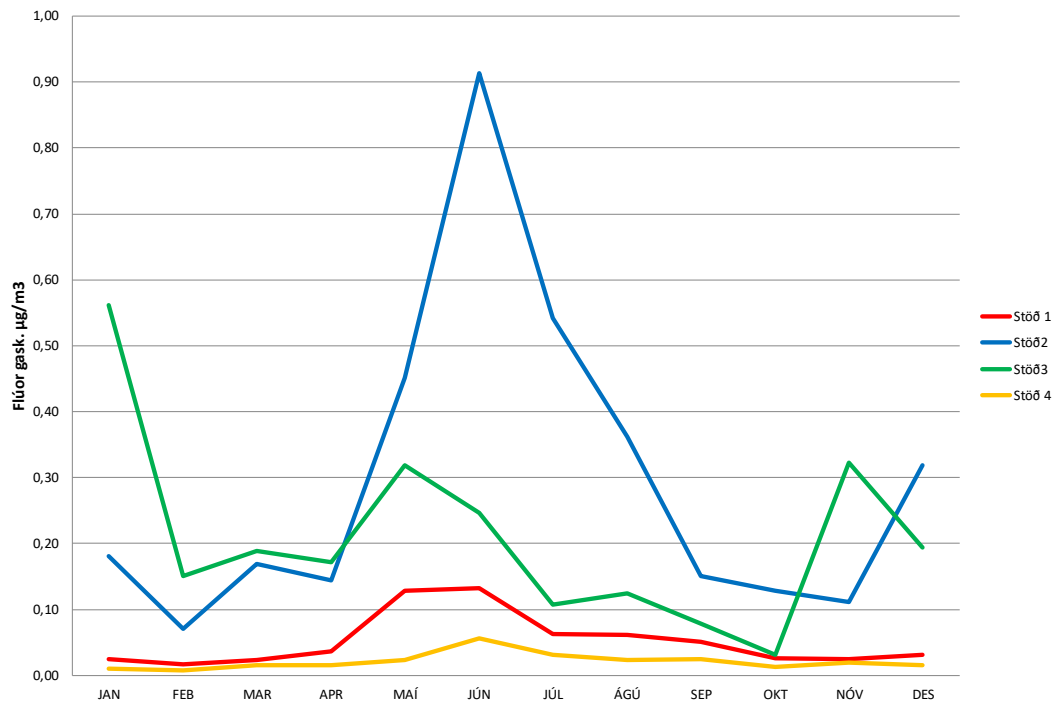
Mælingar á flúor í lofti eru gerðar með tvenns konar hætti:

- 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.

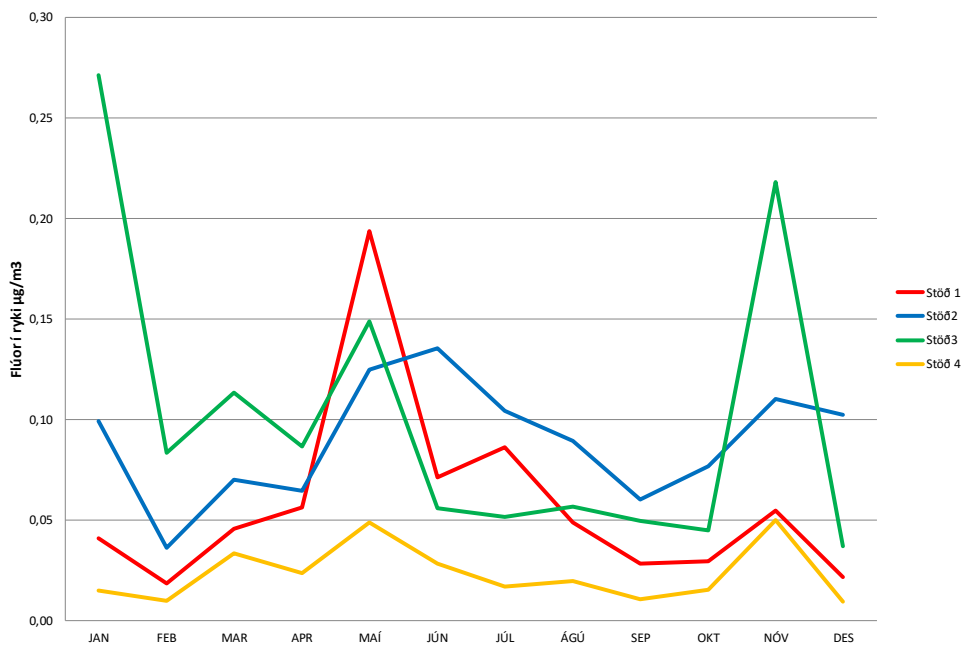
i) Flúor í lofti, safnað á 37 mm síur

Meðaltal flúors alls í lofti mældist $0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og flúor gaskenndur $0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tafla 4 sýnir niðurstöður fyrir mánaðarmeðaltöl árið 2016, og ársmeðaltöl áranna 2012-2016. Mynd 11 og 12 sýna mánaðarmeðaltöl fyrir gas- og rykkenndan flúor. Niðurstöður voru hærri árið 2016 en áður hefur mælt með þessum hætti. Flúor er svolítið breytilegur á hverri stöð yfir árið en yfirleitt hæstur á stöð 2, sérstaklega yfir sumartímann þegar innlögn er algeng í Reyðarfirði. Hæsta einstaka dagsgildi mældist á stöð 2 eða $2,05 \mu\text{g F}/\text{m}^3$ fyrir gaskennt flúoríð þ. 23.júní í hægu suðaustankuli.

Viðmiðunarmörk í starfsleyfi fyrir gaskenndan flúor sem vetnisflúoríð HF eru $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ meðaltal á tímabilinu apríl-september utan þynningarsvæðis og vetnisflúoríð fer ekki yfir þau mörk. Meðalgildið á stöð 3 er $0,18 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$ á þessu tímabili. Gildið á stöð 2 er hæst eða $0,45 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$ en sú stöð er innan þynningarsvæðis.



Mynd 11. Flúor gaskenndur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2016 (mælingar á síur).



Mynd 12. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2016 (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
2016	0,05	0,30	0,21	0,02
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
2016	0,06	0,09	0,10	0,02
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
2016	0,11	0,38	0,31	0,04
Flúor gas 2016				
JAN	0,02	0,18	0,56	0,01
FEB	0,02	0,07	0,15	0,01
MAR	0,02	0,17	0,19	0,01
APR	0,04	0,14	0,17	0,02
MAÍ	0,13	0,45	0,32	0,02
JÚN	0,13	0,91	0,25	0,06
JÚL	0,06	0,54	0,11	0,03
ÁGÚ	0,06	0,36	0,12	0,02
SEP	0,05	0,15	0,08	0,02
OKT	0,03	0,13	0,03	0,01
NÓV	0,02	0,11	0,32	0,02
DES	0,03	0,32	0,19	0,01
Flúor ryk 2016				
JAN	0,04	0,10	0,27	0,01
FEB	0,02	0,04	0,08	0,01
MAR	0,05	0,07	0,11	0,03
APR	0,06	0,06	0,09	0,02
MAÍ	0,19	0,12	0,15	0,05
JÚN	0,07	0,14	0,06	0,03
JÚL	0,09	0,10	0,05	0,02
ÁGÚ	0,05	0,09	0,06	0,02
SEP	0,03	0,06	0,05	0,01
OKT	0,03	0,08	0,04	0,02
NÓV	0,05	0,11	0,22	0,05
DES	0,02	0,10	0,04	0,01
Flúor alls 2016				
JAN	0,06	0,28	0,83	0,03
FEB	0,03	0,11	0,22	0,02
MAR	0,07	0,24	0,30	0,05
APR	0,09	0,21	0,26	0,04
MAÍ	0,32	0,55	0,47	0,07
JÚN	0,20	1,05	0,30	0,08
JÚL	0,15	0,65	0,16	0,05
ÁGÚ	0,11	0,45	0,18	0,04
SEP	0,08	0,21	0,13	0,03
OKT	0,06	0,21	0,08	0,03
NÓV	0,08	0,23	0,58	0,07
DES	0,05	0,42	0,23	0,02

ii) Flúor í svifryki

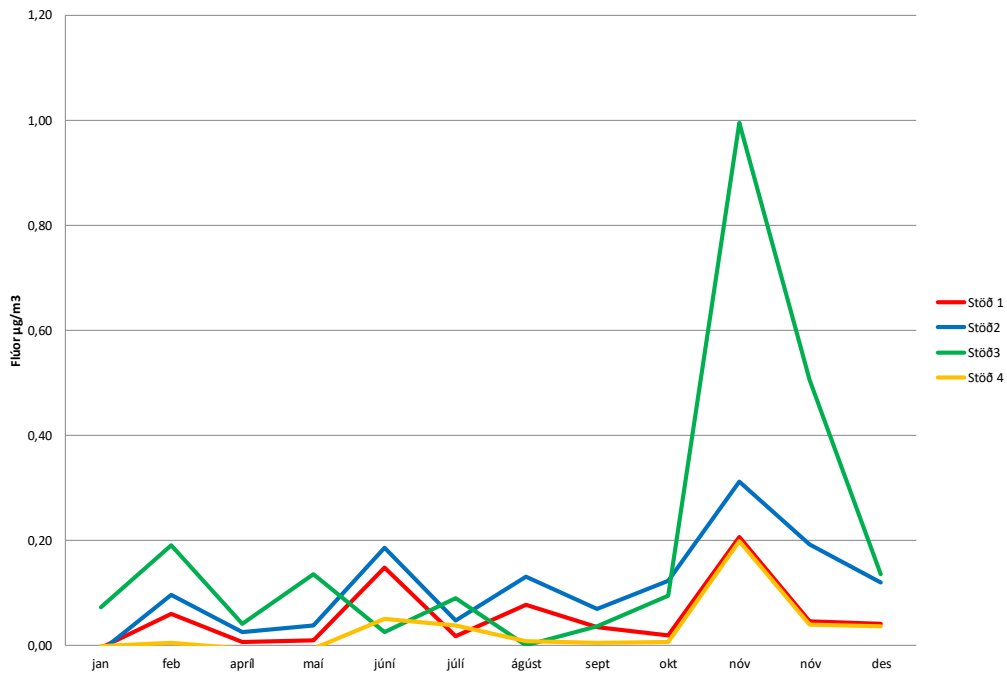
Heildarmeðaltal ársins var 0,010 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tafla 5 og mynd 13 og 14 sýna niðurstöður mælinga á flúor í svifryki.

Allnokkur breytileiki getur verið í mælingum á flúor í ryki í lofti, enda einungis um að ræða 1 dag í hverjum mánuði frá hverri stöð. Árið 2016 mældust tvö gildi óvenju há á stöð 3 seint á árinu, þegar útlögn er reyndar algeng, en öðrum stöðvum er niðurstaða ársins svipuð og undanfarin ár.

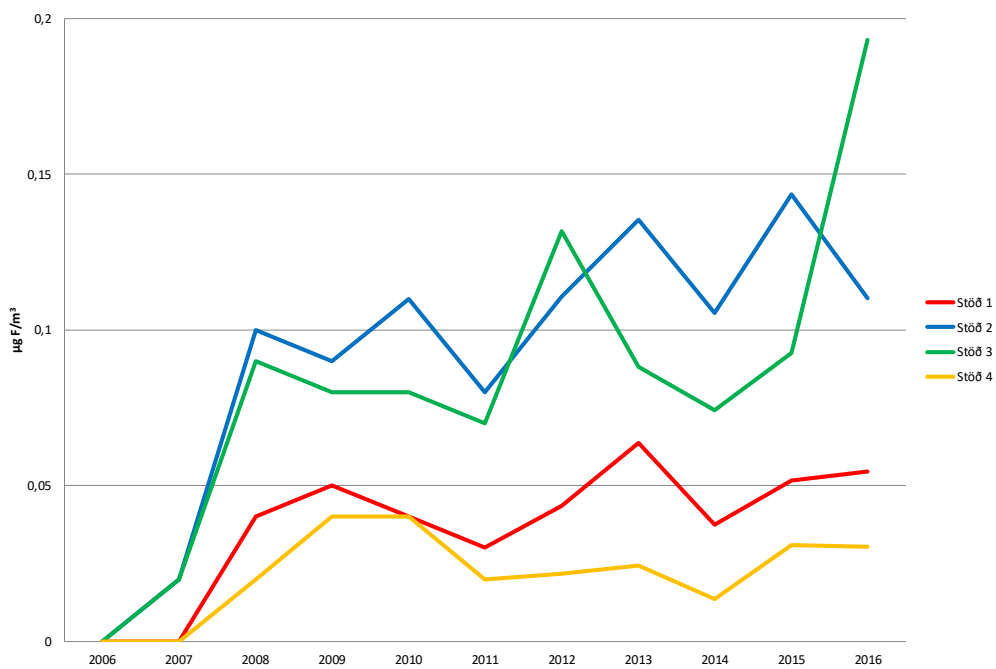
Tafla 5. Ársmeðaltöl og mæligildi rykkennds flúors í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ár/Mán.	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2006	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01
2007	≤ 0,01	0,02	0,02	≤ 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
2016	0,05	0,11	0,19	0,03
2016				
JAN	< 0,04	< 0,04	0,07	< 0,03
FEB	0,06	0,10	0,19	< 0,03
MAR	< 0,04	< 0,04	0,04	< 0,03
APR	< 0,04	< 0,04	0,14	< 0,03
MAÍ	0,15	0,19	< 0,03	0,05
JÚN	< 0,03	0,05	0,09	0,04
JÚL	0,08	0,13	< 0,03	< 0,04
ÁGÚ	< 0,03	(< 0,85)*	0,04	< 0,04
SEP	< 0,03	0,12	0,09	< 0,04
OKT	0,21	0,31	1,00	0,20
NÓV	0,05	0,19	0,51	0,04
DES	0,04	0,12	0,14	0,04

*Sýni mjög lítið vegna bilunar í safnara



Mynd 13. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2016.



Mynd 14. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2005-2016.

Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2016 má sjá í viðauka 2.

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/ParComm) fram til 2009 og svo aftur árið 2012 en PAH16 (EPA PAH16) 2009-2011 og 2013-2016. Munur á þessu tvennu er óverulegur í mati á heildarmeðaltali.

Niðurstaða ársins var með lægsta móti (Tafla 6 og Mynd 16). Mynd 15 sýnir mánaðarmeðaltöl fyrir 2016. Þessi efni greinast í litlum mæli og mældust um 0,04 ng/m³ á árinu 2016 að heildarmeðaltali. Ársmeðaltöl á hverri stöð hafa verið í öllum tilfellum undir 0,1 ng/m³ undanfarin fimm ár.

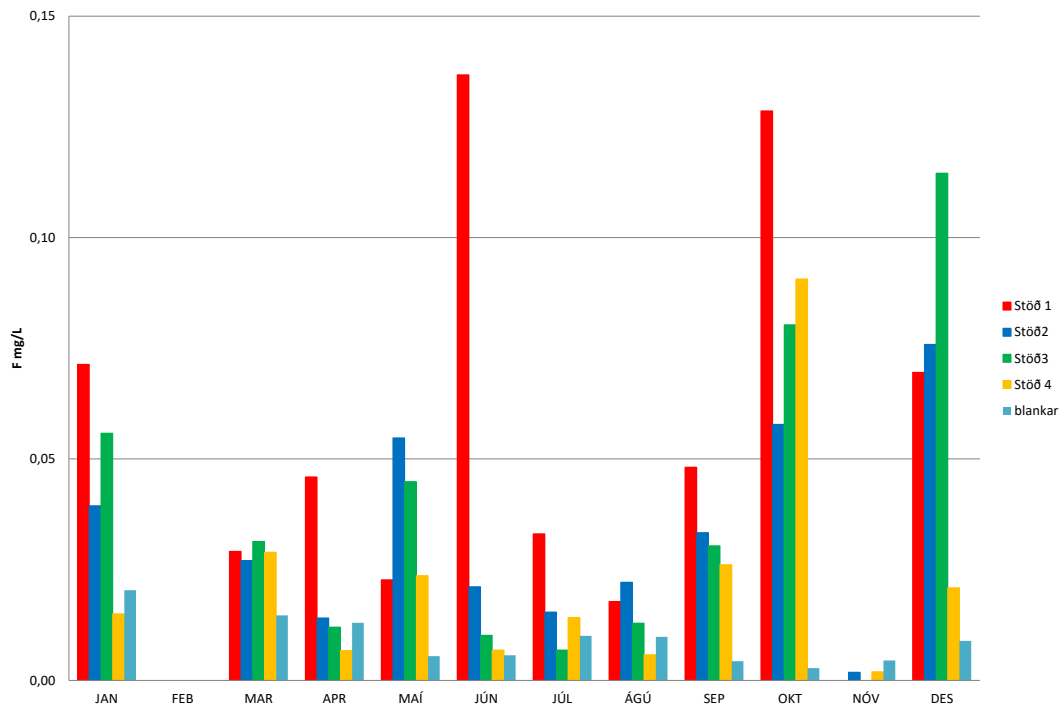
Tafla 6. Árs- og mánaðarmeðaltöl dagsmælinga rykkennds PAH í lofti í ng/m³.

Ár/Mán.	PAH (ng/ m ³)			
	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	0,07	0,05	0,06	0,02
2016	0,06	0,03	0,04	0,02
2016				
JAN	0,07	0,04	0,06	0,02
FEB	ES	ES	ES	ES
MAR	0,03	0,03	0,03	0,03
APR	0,05	0,01	0,01	0,01
MAÍ	0,02	0,05	0,04	0,02
JÚN	0,14	0,02	0,01	0,01
JÚL	0,03	0,02	0,01	0,01
ÁGÚ	0,02	0,02	0,01	0,01
SEP	0,05	0,03	0,03	0,03
OKT	0,13	0,06	0,08	0,09
NÓV	ND	0,00	ND	0,00
DES	0,07	0,08	0,11	0,02

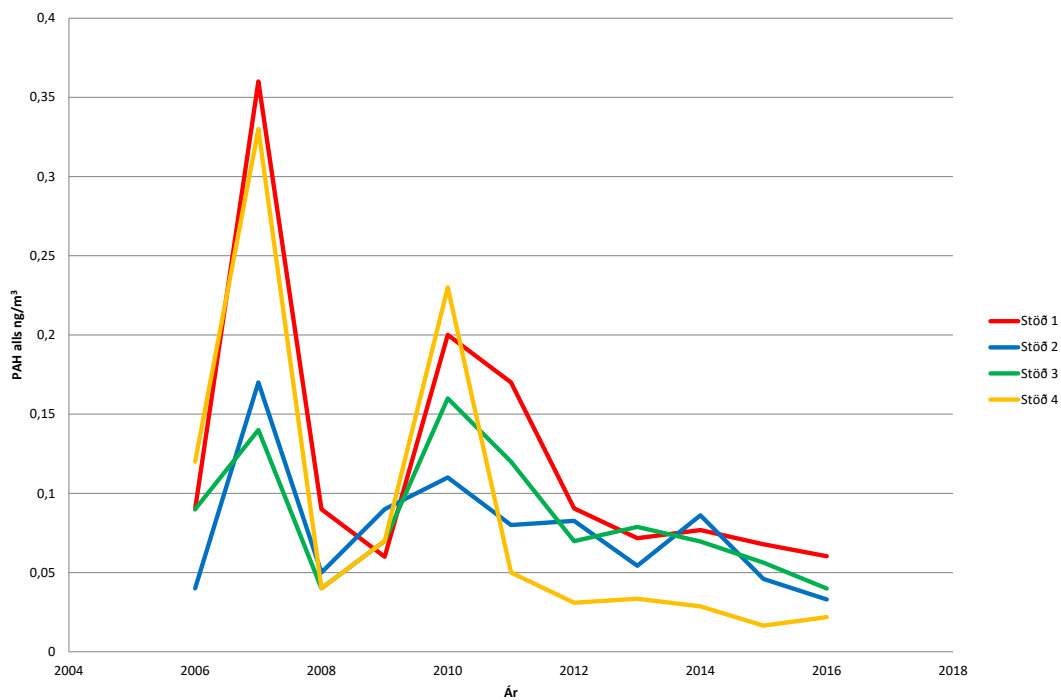
ES = Ekkert sýni. ND = Undir greiningarmörkum (not detected).

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. Sýni vantaði frá febrúar vegna vangáar.

Umhverfismörk fyrir bensó[a]pýren (BaP) eru 1 ng/m³ skv. reglugerð nr. 410/2008. Mæld BaP gildi árið 2016 voru vel undir þeim mörkum. BaP greindist í 9 síum af 40 og reiknaðist hæst í jún 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 mældist hæsta gildið 0,012 ng/m³ á stöð 1 í október af benzó[b]flúoranten og benzó[j]flúoranten (mæld saman sem summa).



Mynd 15. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2016. Sýni vantar frá febrúar.



Mynd 16. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006-2016.

Niðurstöður mælinga á PAH16 í svifrykssíum má sjá í viðauka 3.

2.3.6 Efnainnihald í úrkomu

Úrkoma er mæld og henni er jafnframt safnað í Reyðarfirði á öllum stöðvum. Úrkoma hefur verið nokkuð misjöfn eftir árum. Þannig er meðalúrkomumagn sem mælt hefur verið úr söfnurum undanfarin 5 ár (2012-2016) helmingi lægra en næstu 5 ár (2007-2011) þar á undan. Árin 2012 og 2015 voru sérstaklega úrkomulítill, en árin 2008 og 2009 var úrkoma mikil og munur á milli ára getur verið allt að fjórfaldur. Úrkomumagn getur haft mikil áhrif á styrk mengunarefna. Í mikilli úrkomu getur styrkur mælst lægri vegna þynningar, en áfall mengunarefna á jörð getur engu að síður verið töluvert. Og svo öfugt, í lítilli úrkomu mælast stundum háir styrkir mengunarefna en uppsafnað áfall þeirra kann að vera lítið vegna þess hve takmörkuð úrkoman er í heild. Í heild virðist reiknað áfall mengunarefna frá árinu 2008 sæmlega stöðugt í Reyðarfirði, þó með töluverðum breytileika milli ára. Árið 2016 taldist nokkuð úrkomusamt, en úrkoman á árinu í Reyðarfirði telst samt ekki mjög mikil til lengri tíma lítið, raunar sú fjórða minnsta á undanförunum tíu árum.

Sýrustig (pH) í úrkomu

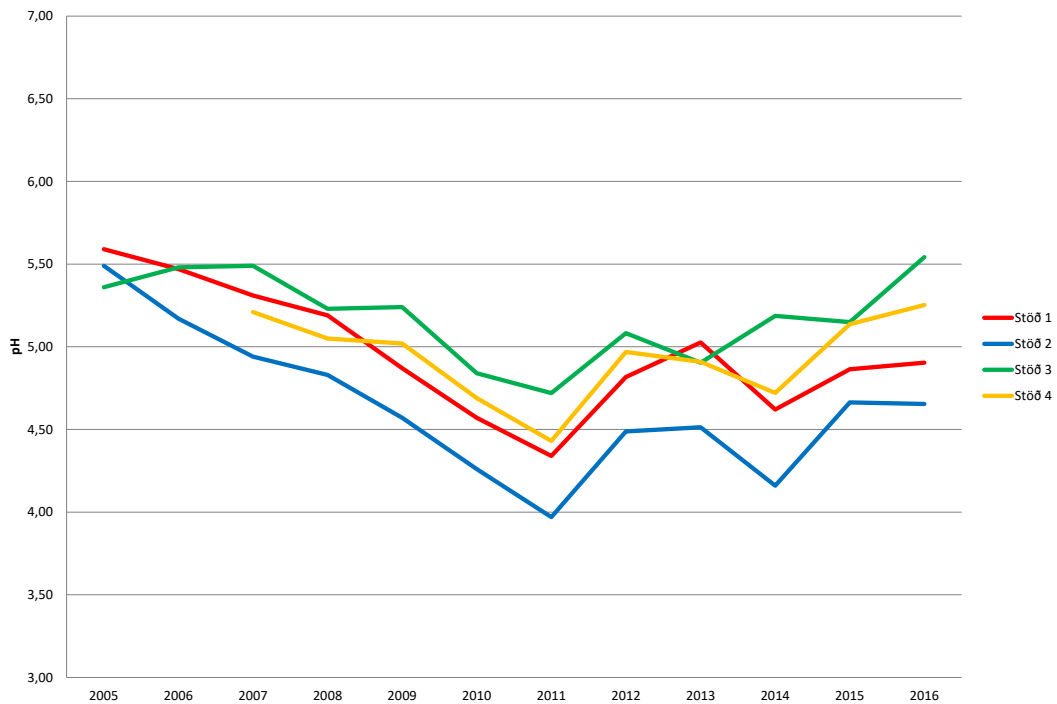
Tafla 7 og mynd 17 sýna meðaltöl árána 2005-2016 fyrir sýrustig í úrkomu. Mynd 18 sýnir mánaðarmeðaltöl fyrir 2016.

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

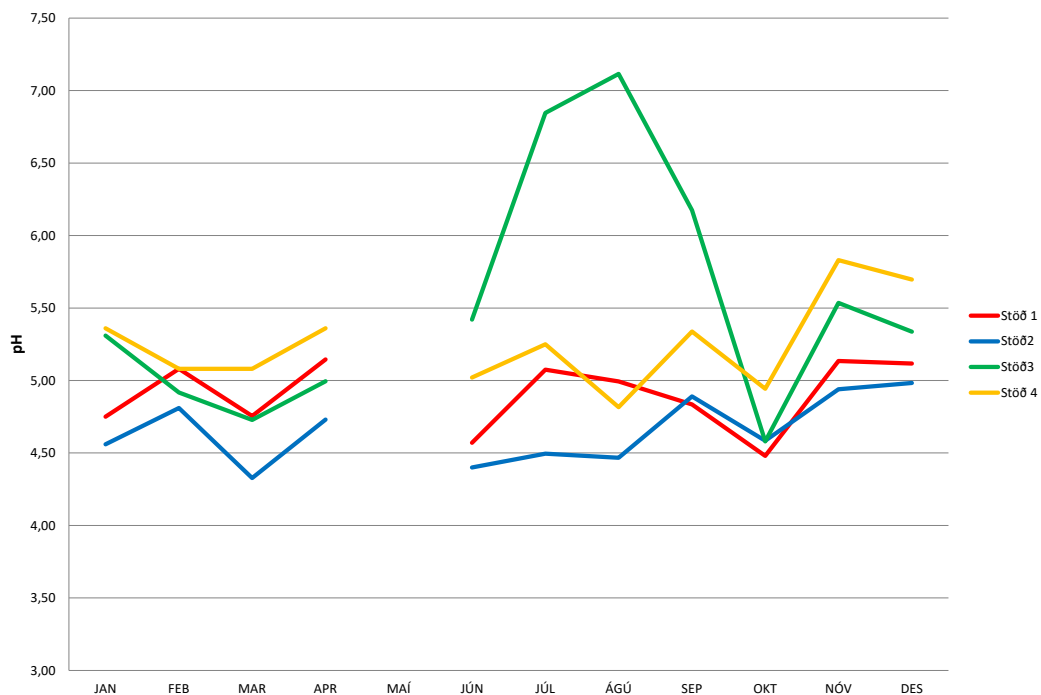
Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
2005	5,59	5,49	5,36	
2006	5,47	5,17	5,48	
2007	5,31	4,94	5,49	5,21
2008	5,19	4,83	5,23	5,05
2009	4,87	4,57	5,24	5,02
2010	4,57	4,26	4,84	4,69
2011	4,34	3,97	4,72	4,43
2012	4,82	4,49	5,08	4,97
2013	5,03	4,51	4,90	4,91
2014	4,62	4,16	5,19	4,72
2015	4,86	4,66	5,15	5,14
2016	4,90	4,65	5,54	5,25

Sýrustig í úrkomu mældist svipað og árið áður á stöð 1 og 2, en heldur hærra á stöð 3 og 4 (Mynd 17). Helst rignir í austanáttum í Reyðarfirði og því gætir mengunar í úrkomu síst á stöð 3. Í regnvatni sem er lítt mengað má búast við sýrustigi á bilinu 5,5-6,5. Í heild verður að meta niðurstöðuna sem stöðuga á stöð 1 og 2 en mun betri á stöð 3 og 4 en næstu 5 ár á undan.

Á mynd 18 má sjá mánaðarmeðaltöl sýrustigs í úrkomusýnum ársins, en úrkomu er safnað í hverri viku frá öllum stöðvum. Árið var nokkuð kaflaskipt hvað varðar úrkomu og engin úrkomusýni söfnuðust um tveggja mánaða skeið, frá miðjum apríl fram í miðjan júní og því eru engin vatnssýni frá maí á árinu. Raunar var alltítt að ekki náðust vikuleg sýni á árinu, eða 17-18 sinnum eftir stöð.



Mynd 17. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005-2016.



Mynd 18. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2016. Engin úrkomusýni söfnuðust frá miðjum apríl fram í miðjan júní.

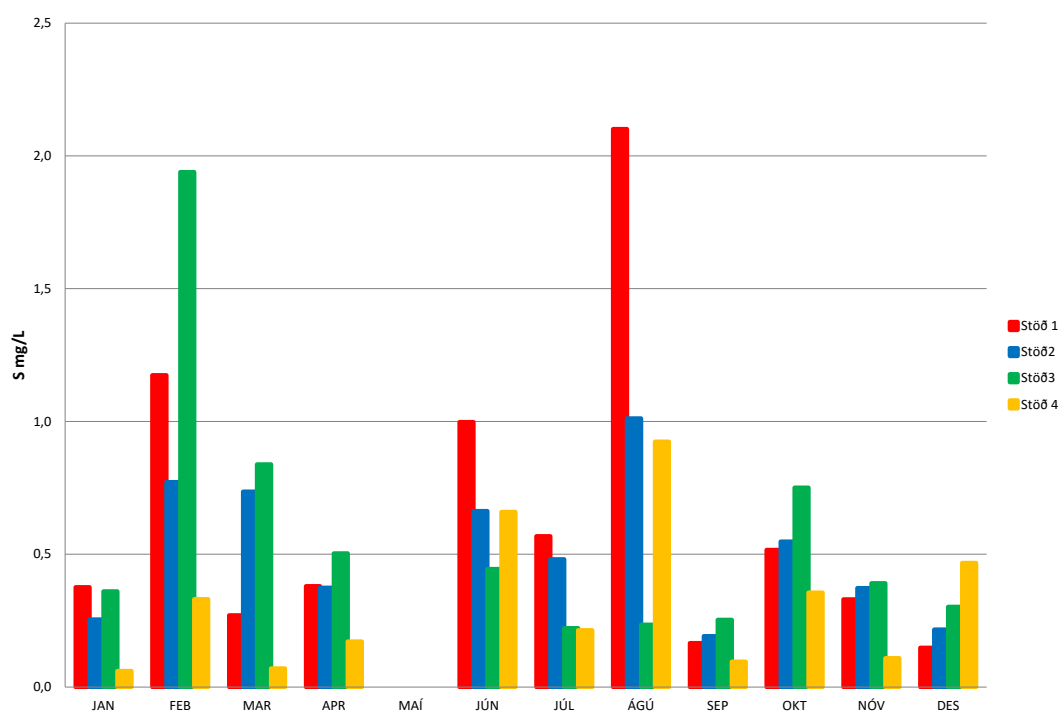
Brennisteinn í úrkomu

Brennisteinstyrkur í úrkomu verður að teljast óvenju lágur árið 2016 (Tafla 8 og Mynd 20). Uppruni brennisteins í úrkomu er einkum þrens konar, úr sjó, af

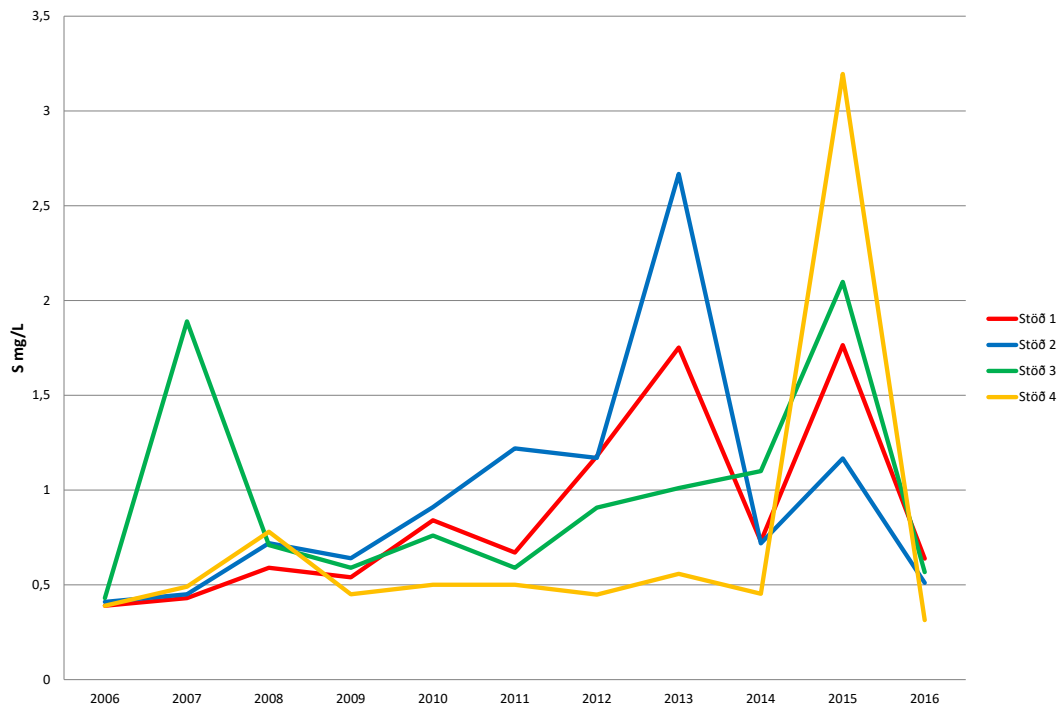
mannavöldum og svo frá eldgosum. Áhrif eldgosa voru nokkur árin 2010, 2014 og mjög mikil árið 2015. Meðaltalið árið 2016 í heild mældist 0,51 mg/L og hefur ekki mælst lægra, sem kemur á óvart og þarf að fara aftur til 2009 til að finna álíka lágt meðaltal. Heildaráfall brennisteins árið 2016 er svipað og má reikna fyrir árið 2012, þegar það var einnig mjög lágt, en það ár var mjög úrkomulítið. Mynd 19 sýnir mánaðarmeðaltöl mælinga á brennisteini í úrkomu fyrir 2016.

Tafla 8. Brennisteinsinnihald í úrkomu, ársmeðaltöl í mg/L.

Ár	Súlfat-S (mg/L)			
	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
2016	0,64	0,51	0,57	0,31



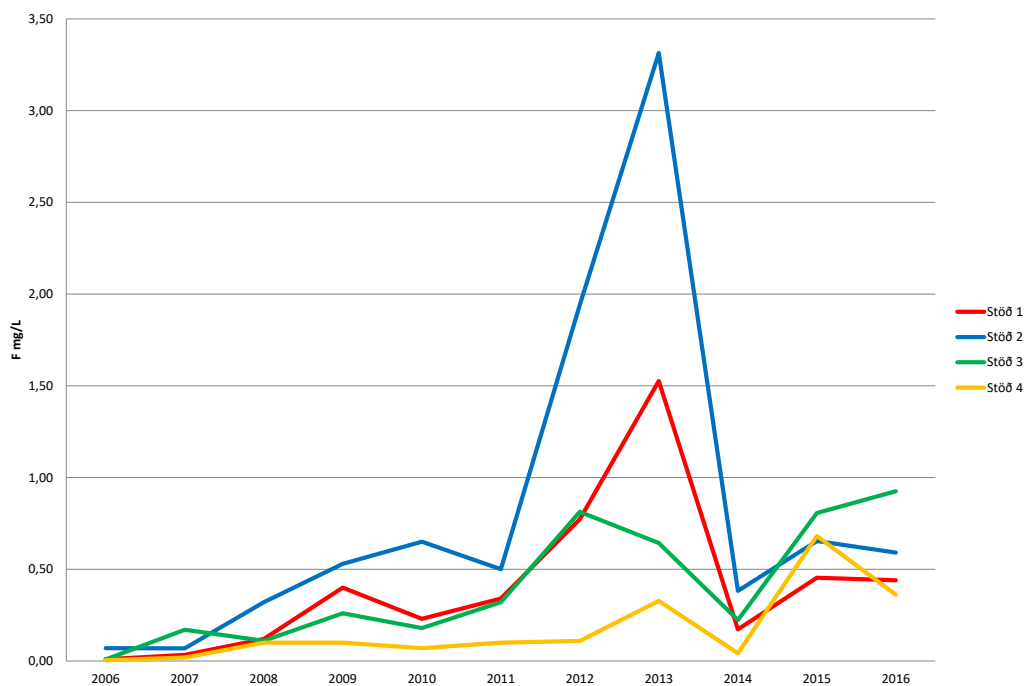
Mynd 19. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2016.



Mynd 20. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006-2016.

Flúor í úrkomu

Flúorgildi í úrkomu voru í meðallagi árið 2016 (Mynd 21 og Tafla 9). Mynd 22 sýnir mánaðarmeðaltöl fyrir árið 2016. Ársmeðaltalið var 0,58 mg/L árið 2016. Þessi breyta hefur verið mjög sveiflukennd undanfarin ár og mikill munur milli stöðva. Hæst fór meðaltalið árið 2013 eða 1,45 mg/L en hefur lægst verið 0,16 mg/L árið 2008 eftir að álverið tók til starfa.

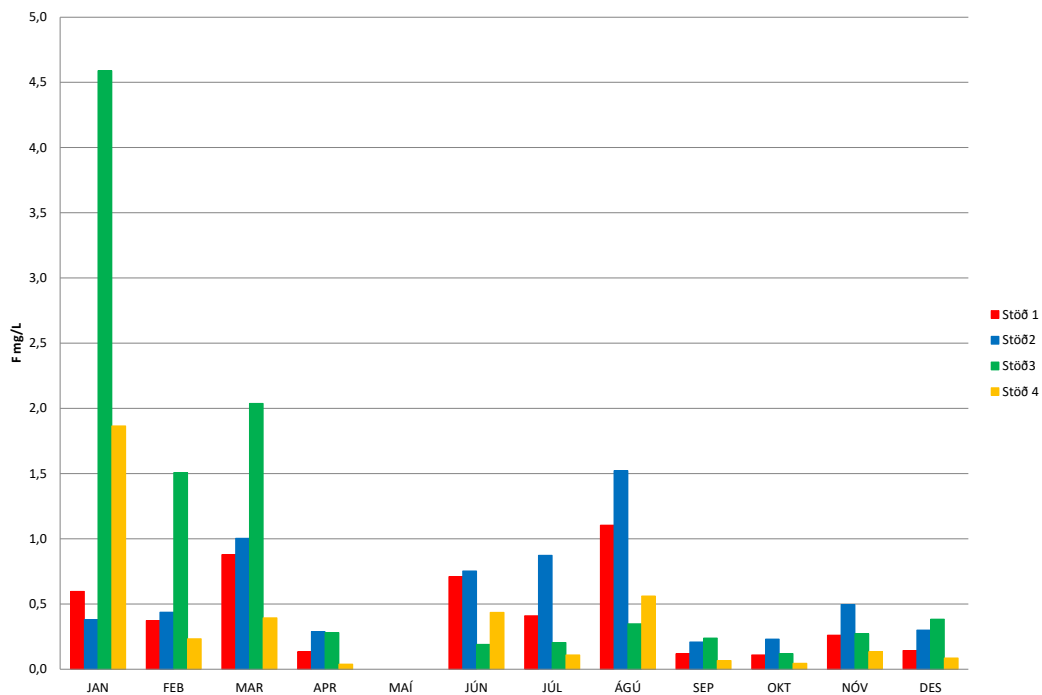


Mynd 21. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006-2016.

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

Ár/Mán.	F (mg/L)			
	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
2016	0,44	0,59	0,92	0,36
2016				
JAN	0,60	0,38	4,59	1,87
FEB	0,37	0,44	1,51	0,23
MAR	0,88	1,00	2,04	0,39
APR	0,14	0,29	0,28	0,04
MAÍ	ES	ES	ES	ES
JÚN	0,71	0,75	0,19	0,44
JÚL	0,41	0,87	0,21	0,11
ÁGÚ	1,10	1,52	0,35	0,56
SEP	0,12	0,21	0,24	0,07
OKT	0,11	0,23	0,12	0,05
NÓV	0,26	0,50	0,27	0,13
DES	0,14	0,30	0,38	0,09

ES = Ekkert sýni.



Mynd 22. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2016.

Niðurstöður efnagreininga í úrkomu má sjá í viðauka 4.

3 Efnamælingar í gróðri

3.1 Inngangur

3.1.1 Flúor og gróður

Flúor er almennt talið vera eitt skaðlegasta efnið fyrir gróður og búfénað sem berst frá álverum (Weinstein, 1983). Það kemst inn í lífríkið á formi gass (HF_g) og bundið rykögnum (flúor rykkendur í lofti) (Weinstein & Davison, 2003). Dreifing og þynning gaskennds flúors er háð veðurfari og landslagi hverju sinni. Hvas vindur getur aukið þynningu þess 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 gaskennds flúors og mælist flúor í gróðri meiri á svæðum undan ríkjandi vindátt en á móti henni (Koblar o.fl., 2011). Dreifing gaskennds 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 gaskenndur flúor 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 bundið í ryk) 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 minnkaði t.d. frostþol plantna á menguðum svæðum vegna breytinga í vaxtaferli sem leiddi 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 µg/g í þurrvigt. 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 og falla til jarðar og flyst hann þá í jarðveginn þar sem hann binst áli og kalsíum (Weinstein & Davison, 2004).

Styrkur flúors í gróðri vegna upptöku frá jarðvegi og ryki í ómengduðum umhverfi er minni en 5 µg/g af flúor í þurrvigt fyrir flestar tegundir. Einhverjar tegundir, hlutfallslega fáar þó, mælast með bakgrunnsgildi allt að 20 µg/g flúor í þurrvigt (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 rabarbara er alla jafna minni en 5 µg/g (Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2016; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 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 6 eru sýndir veðurfarslegir þættir og tími sýnasöfnunar sumarið 2016.

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 dýrategundir. 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 (Matvælastofnun, 2015; Reglugerð um (74.) breytingu á reglugerð nr. 340/2001). Fyrir jörturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé er hámarksgildið 50 µg/g en 30 µg/g ef dýrin eru mjólkandi. 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 samanburðarhæfar við reglugerðina þarf því að umreikna viðmið hennar. Umreiknuð hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir búfénað miðað við 0% rakainnihald eru: 56,8 µg/g fyrir jörturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé en 34,1 µg/g ef dýrin eru mjólkandi og 170,5 µg/g fyrir hross.

Í reglugerðinni sem í gildi er á Íslandi er ekki minnst á nein tímamörk. Í Bandaríkjunum 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% rakainihald 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 niðurstaðna

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 efna-greiningu. 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 sýnatökufærð. Allar niðurstöður flúormælinga í gróðri eru gefnar upp á þurrvigtagrunni en niðurstöður þungmálmagreiningar á rabarbarasýnum eru gefnar upp miðað við blautvig.

Breytingar voru gerðar á grassýnatökustöðum árin 2013 og 2014 til að betrumbæta vöktunina í samræmi við niðurstöður fyrri ára og koma til móts við ábendingar og athugasemdir Umhverfisstofnunar, Matvælastofnunar og hestaeigenda.

Breytingarnar felast í því að sumir sýnatökustaðir voru felldir út og öðrum bætt við, einkum í botni Reyðarfjarðar. Í heildina fjölgaði sýnatökustöðum um fjóra og er grasi safnað á samtals 34 sýnatökustöðum. Breytingunum er nánar lýst í skýrslum fyrir umhverfissvöktun áráanna 2013 og 2014 (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2014; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2015).

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.
- 20-40 µg/g flúor.
- 41-60 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 2015 og 2016. 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.

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

3.2.3 Sýnatökudagar

Grasi var safnað hálfsmánaðarlega frá júní til ágúst í Reyðarfirði sumarið 2016 (Mynd 23). Alls var 203 sýnum safnað í sex söfnunarferðum. Sýnataka fór fram dagana 6.-7. og 21.-22. júní, 4. og 18.-20. júlí, 2.-3. ágúst og 16. ágúst 2015.

Gras var klippt með skærum um 3 cm frá grassverði í 10 m radíus frá sýnatöku-staðsetningu. 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 Nýsköpunar-miðstöðvar Íslands til efnagreiningar á flúor.

Mosa (*Racomitrium* spp.), **fléttum** (*Cladonia* spp.) og **blöðum bláberjalyngs** (*Vaccinium uliginosum*) var safnað einu sinni á 30 sýnatökustöðum í Reyðarfirði dagana 28. júlí til 4. ágúst 2016 (Mynd 30, Mynd 33 og Mynd 36). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum. Ekki var unnt að safna fléttusýni á sýnatökustað 17 þar sem þar var litlar sem engar fléttur að finna. Þá er orðið að mestu ófært á sýnatökustað 25 vegna þétts gróðurs og var því ákveðið að taka sýni í um 20 m fjarlægð frá sýnatökustaðnum, hinu megin við ána.

Einu sýni af **blöðum reynitjrjáa** (*Sorbus* sp.) var safnað á 9 sýnatökustöðum 18. ágúst 2016 (Mynd 39). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Tvenns konar sýnum af **barnálum** var safnað á níu söfnunarstöðum þann 18. október 2016. Annars vegar var safnað nývöxnum nálum (frá 2016, táknað CN) og hins vegar nálum sem uxu árið áður (frá 2015, táknað CP). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Stilkum og laufum rabarbara var safnað einu sinni í mánuði frá júní til ágúst á átta sýnatökustöðum. Alls var 46 sýnum safnað dagana 22. júní, 19. júlí og 16. ágúst 2016 (Mynd 44). Rabarbara var ekki safnað í júní á sýnatökustað V8 þar sem þar fannst ekki nóg af rabarbara þar til að taka sýni. Í júlí hafði allur rabarbarinn við V8 verið fjarlægður svo að frá og með þeirri sýnatöku voru rabarbarasýni V8 tekin í nærliggjandi garði. Styrkur flúors 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 18. ágúst 2016, alls sex sýnum (Mynd 46). Einnig var einu sýni af **grænkáli** og einu sýni af **lambhagasalati** safnað á sýnatökustað V7 og einu sýni af **grænu salati** (e. lettuce) safnað á V1 þann sama dag. Í öllum sýnum var mældur styrkur flúors.

Bláberjum og krækiberjum var safnað einu sinni á fimm sýnatökustöðum þann 18. ágúst 2016 (Mynd 48). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Heysýnum var safnað dagana 19. og 27. október 2016, alls var 17 sýnum safnað frá 14 túnum í Reyðarfirði (Mynd 50). 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 2015. Fleiri sýni voru tekin árið 2016 en árið 2015 enda var

grasspretta með lélegra móti sumarið 2015. Sýni voru tekin á túnum sem hesteigendur heyja, frá Sléttu og frá Áreyjum.

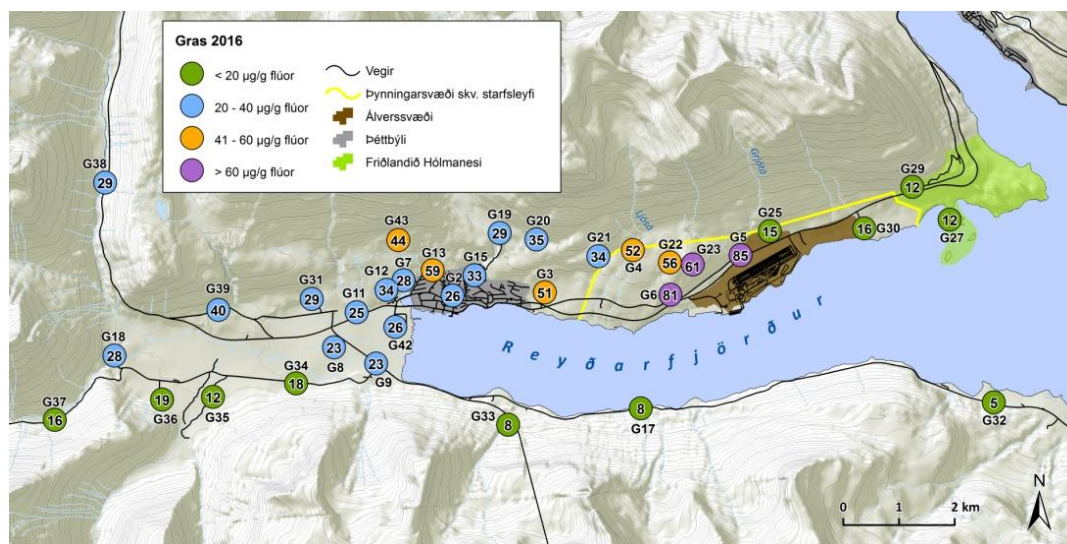
Við sýnatöku voru plastaðar heyrúllur opnaðar með hnif og heysýni togað út. Að lokinni sýnatöku var límt fyrir heyrúlluna. Á Áreyjum voru sýni einnig tekin úr böggum sem geymdir voru innandyrá. Sýnum var safnað í merkta bréfpoka og þau þurrkuð í blástursofni við 80°C í 24 tíma innan sólarhrings frá söfnun. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum. Allar niðurstöður eru gefnar upp miðað við 0% rakainnihald.

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. Þremur heysýnum sem sett voru út fyrir hross var safnað 25. janúar 2017. Sýnunum var safnað við Sléttu, Seljateigshjáleigu, skúr Vegagerðarinnar við Njörvadalsá og á Áreyjum. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum. Allar niðurstöður eru gefnar upp miðað við 0% rakainnihald.

3.3 Niðurstöður

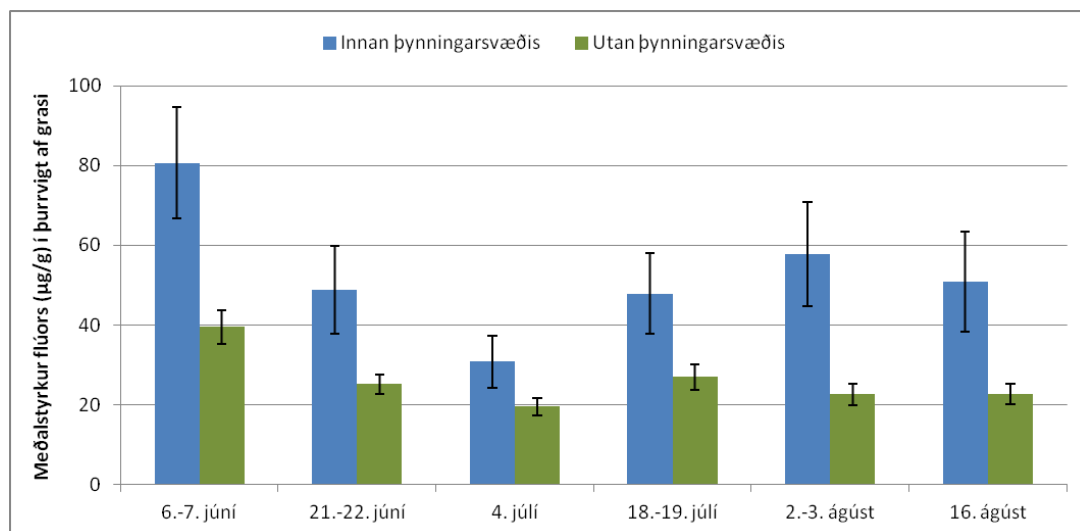
3.3.1 Gras

Hæsti styrkur flúors sumarið 2016 var 123 µg/g á sýnatökustað G6 í fyrstu sýnatökuferð sumarsins. Á sýnatökustað G6 mældust oftast hæstu gildi flúors eða í þremur sýnatökuferðum af sex en í tveimur sýnatökum mældist hæsta gildið á G5 og í einni sýnatöku mældist það á G4. Sýnatökustaðirnir þrír eru allir innan þynningarsvæðis álversins (Mynd 23).



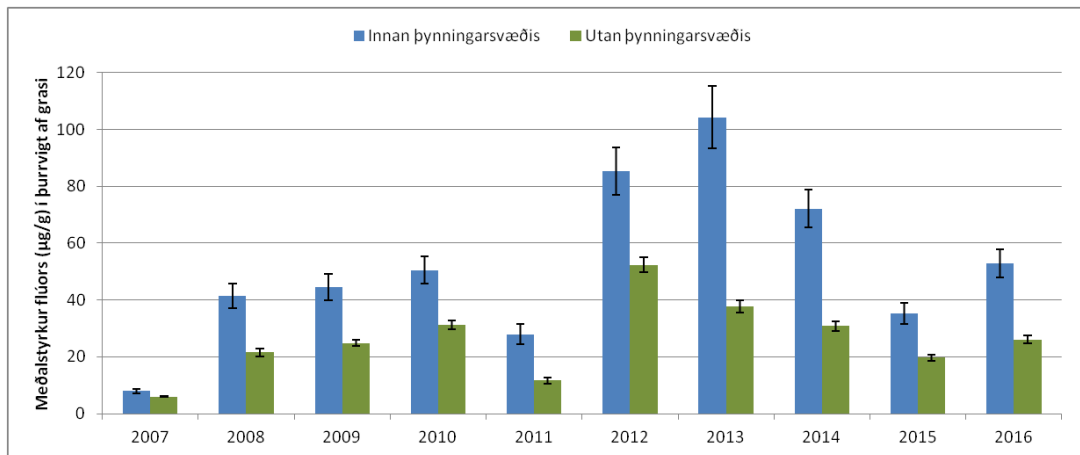
Mynd 23. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Meðalstyrkur flúors í grasi í Reyðarfirði mældist á bilinu 19-39 $\mu\text{g/g}$ utan þynningarsvæðis og á bilinu 31-81 $\mu\text{g/g}$ innan þess í einstaka sýnatökum sumarsins 2016. Styrkurinn mældist hærri innan þynningarsvæðis álversins en utan þess í öllum sýnatökuferðum sumarsins (Mynd 24).



Mynd 24. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2016.

Meðalstyrkur flúors í grasi var marktækt hærri árið 2016 en árið 2015 innan ($p=0,02$) og utan ($p<0,01$) þynningarsvæðis (Mynd 25). 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. Árin 2014-2016 eru þó samanburðarhæf og þó að gildin hafi hækkað frá því árið 2015 voru þau marktækt lægri árið 2016 en þau voru árið 2014 ($p<0,01$).

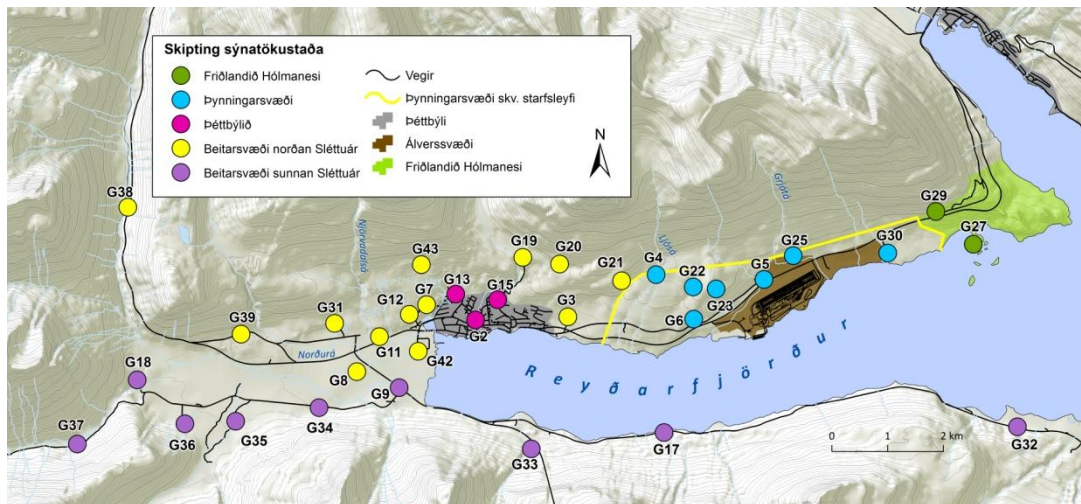


Mynd 25. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði eftir árum frá 2007 til 2016. Fjöldi sýnatökustaða: 2007-2012 ($n=30$), 2013 ($n=41$) og 2014-2016 ($n=34$).

Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2016 utan þyningarsvæðis var $26 \mu\text{g/g}$ 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 2016 yfir hámarksgildum fyrir mjólkandi jórturdýr á sex stöðum utan þyningarsvæðis. Það var á sýnatökustöðum G3, G13, G20, G21, G39 og G43 sem eru allir vestan við mörk þyningarsvæðis (Mynd 23). Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2016 innan þyningarsvæðis var $53 \mu\text{g/g}$.

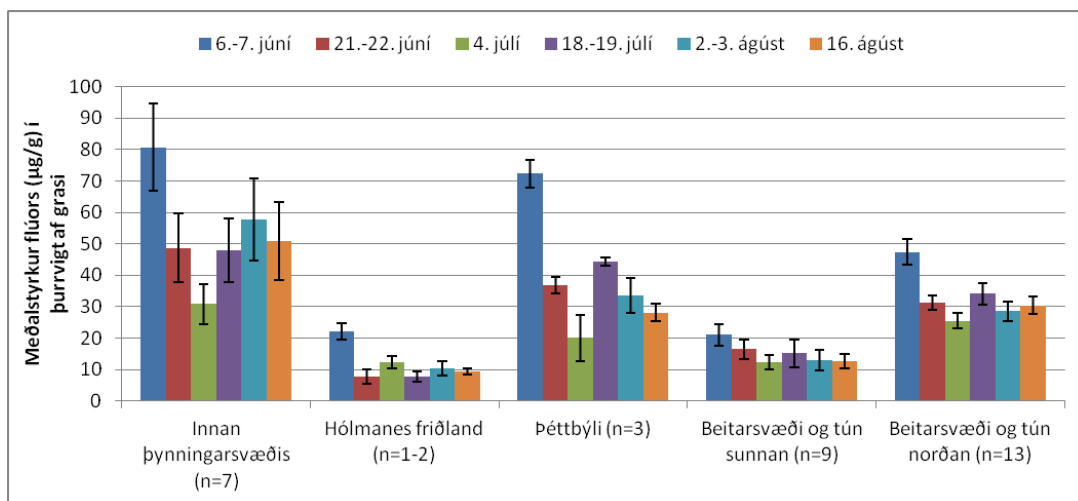
Til að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors dreifist utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á grasi skipt í fimm svæði (Mynd 26):

1. Innan þyningarsvæðis skv. starfsleyfi, samtals sjö sýnatökustaðir.
2. Friðlandið og fólkvangurinn í Hólmanesi, samtals tveir sýnatökustaðir.
3. Þéttbýli, samtals þrjú 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.



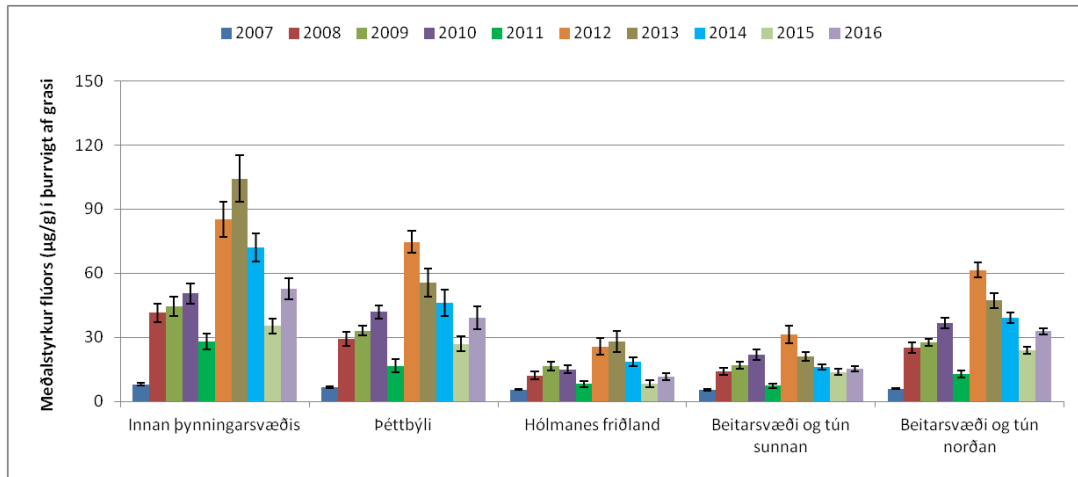
Mynd 26. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2016 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015)

Hæsti meðaltalstyrkur flúors í hverri sýnatöku mældist alltaf innan þynningar-svæðis. Lægstu gildin mældust alltaf á Hólmanesi og á beitararsvæðum og túnum sunnan fjarðar (Mynd 27). Hæstu meðalgildi ársins innan hvers svæðis mældust í fyrstu sýnatöku ársins, þann 6.-7. júní á öllum svæðum. Lægstu meðalgildi ársins innan hvers svæðis mældust hins vegar á nær öllum svæðunum um mánuði seinna, í fyrri sýnatökunni í júlí (Mynd 27).



Mynd 27. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekku) sumarið 2016, skipt upp eftir svæðum.

Meðalstyrkur flúors í grasi yfir sumartímann hækkaði á öllum svæðum milli ára 2015 og 2016 (Mynd 28). 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 28. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir ólíkum svæðum í Reyðarfirði árin 2007 til 2016. Fjöldi sýnatökustaða: 2007-2012 ($n=30$), 2013 ($n=41$) og 2014-2016 ($n=34$).

Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum sumarið 2016 var undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jórturdýr (mörkin eru $56,8 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) og rétt undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jórturdýr (mörkin eru $34,1 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald).

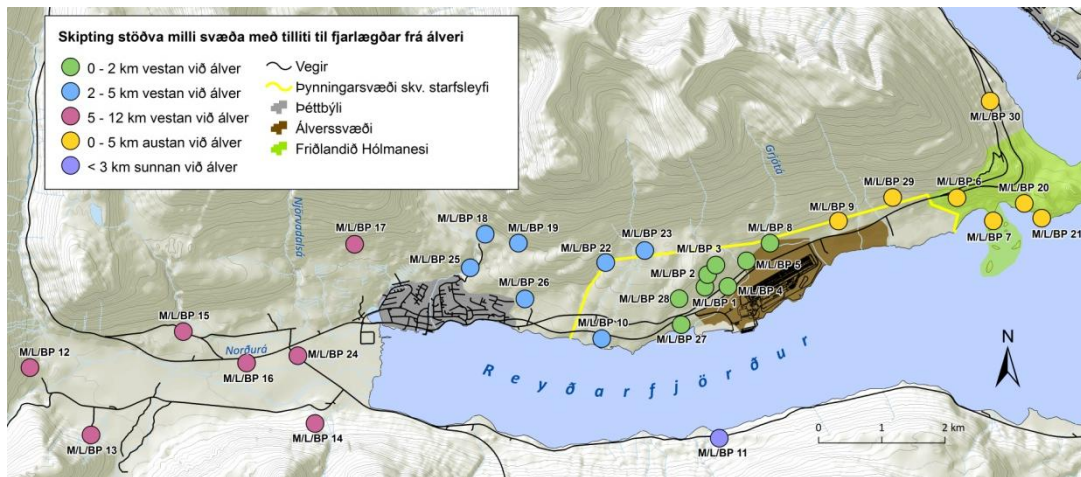
Niðurstöður allra mælinga á flúor í grasi fyrir árið 2016 er að finna í viðauka 7.

3.3.2 Mosi

Til þess að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors dreifist í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á mosa, fléttum og bláberjalyngi skipt í fimm svæði (Mynd 29).

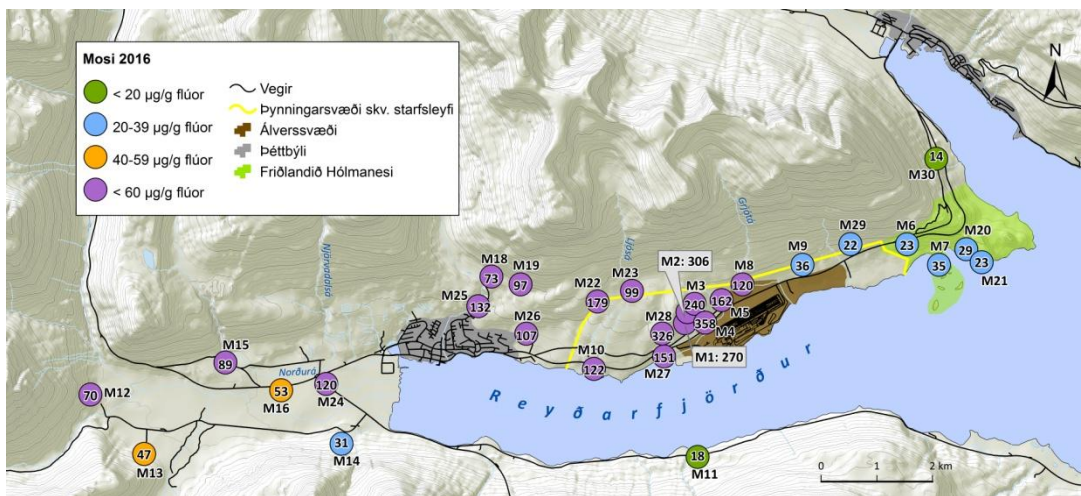
- Í 0-2 km fjarlægð vestur af álveri, samtals átta sýnatökustaðir.
- Í 2-5 km fjarlægð vestur af álveri, samtals sjö sýnatökustaðir.
- Í 5-12 km fjarlægð vestur af álveri, samtals sjö sýnatökustaðir.
- Í 0-5 km fjarlægð austur af álveri, samtals sjö sýnatökustaðir.
- Í < 3 km fjarlægð suður af álveri,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

Þegar fjallað er um dreifingarmynstur flúors í þessum gróðri m.t.t. áttar og fjarlægðar frá álveri er átt við þessa skiptingu.

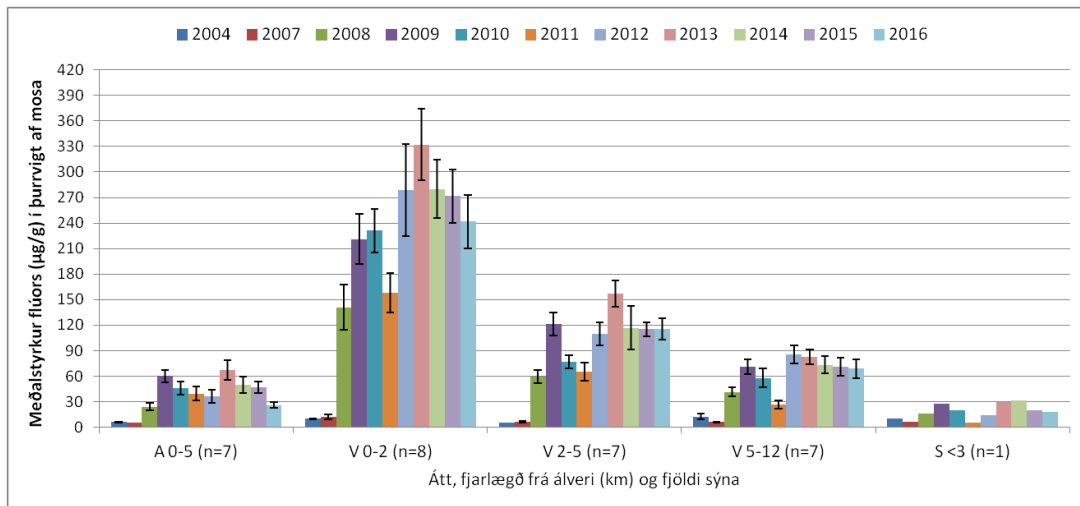


Mynd 29. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2016 upp í fimm mismunandi svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Styrkur flúors í mosa mældist frá 14-358 $\mu\text{g/g}$ 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 120 $\mu\text{g/g}$. Almennt mældust mun lægri gildi sunnan og austan álversins en vestan þess eða 18 $\mu\text{g/g}$ sunnan við það og að meðaltali 26 $\mu\text{g/g}$ austan við það (Mynd 30 og Mynd 31).

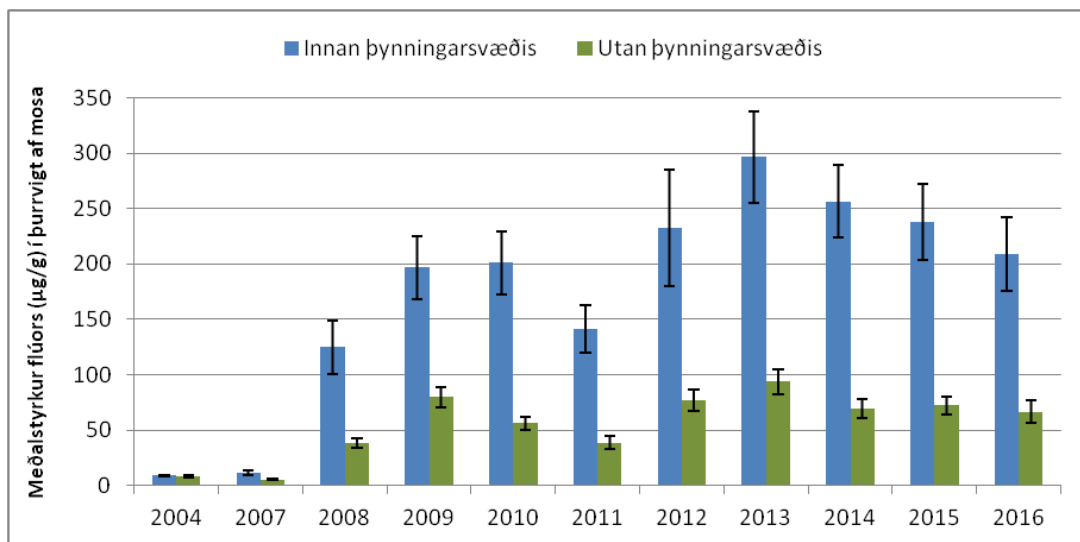


Mynd 30. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).



Mynd 31. Dreifingarmynstur flúors í mosa frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2016. 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 29 sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í mosa utan þýnningarsvæðis árið 2016 mældist 67 µg/g sem er mjög svipað gildunum frá 2015 ($p=0,12$) (Mynd 32). Ársmeðaltalið innan þýnningarsvæðis árið 2016 mældist 209 µg/g sem er lægra heldur en árið 2015 en munurinn milli ára var ekki marktækur ($p=0,06$). Styrkur flúors í mosa hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf starfsemi (Mynd 32).



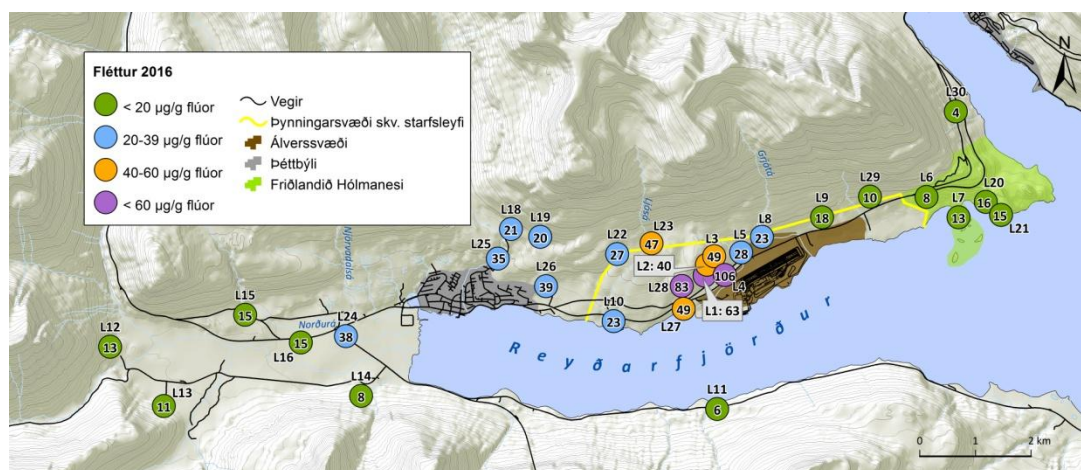
Mynd 32. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkingu) innan og utan þýnningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2016. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þýnningarsvæðis og 20 sýnum utan þýnningarsvæðis ár hvert.

Mosar eru frábrugðnir háplöntum á þann hátt að hlutfall yfirborðs miðað við þýngd þeirra er mun hærra en hjá háplöntum sem skýrir hærri styrk flúors í sömu þýngd af mosa en t.d. grasi (Weinstein & Davison, 2003).

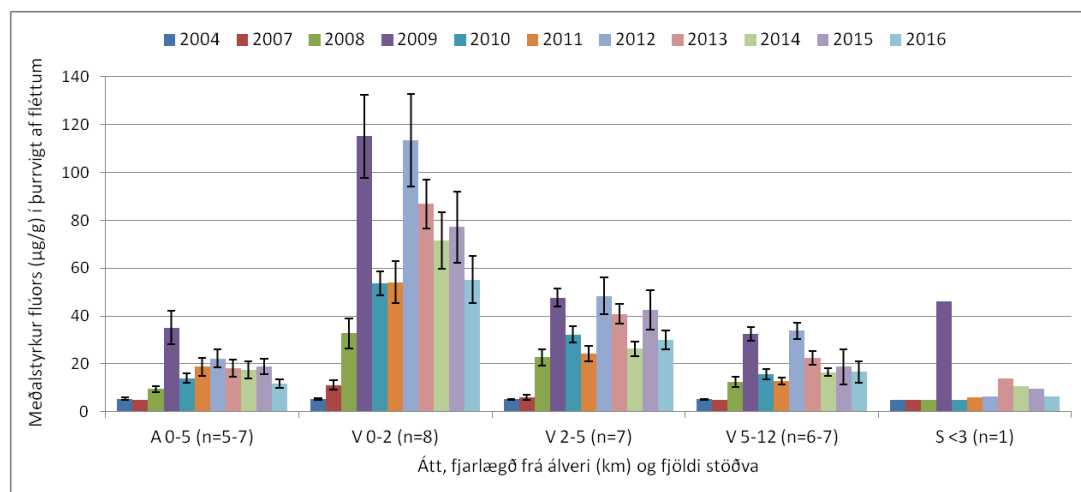
Niðurstöður mælinga á flúor í mosa fyrir árið 2016 er að finna í viðauka 8.

3.3.3 Fléttur

Styrkur flúors í fléttum mældist frá 4-106 $\mu\text{g/g}$ 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 23-106 $\mu\text{g/g}$ en styrkurinn féll þegar vestar dró og mældust sýni í 2-5 km fjarlægð frá álveri frá 20-47 $\mu\text{g/g}$ og í 5-12 km fjarlægð frá 8-38 $\mu\text{g/g}$. Mun lægri gildi mældust austan og sunnan við álverið en í sambærilegri fjarlægð vestan við það eða frá 4-18 $\mu\text{g/g}$ (Mynd 33 og Mynd 34).



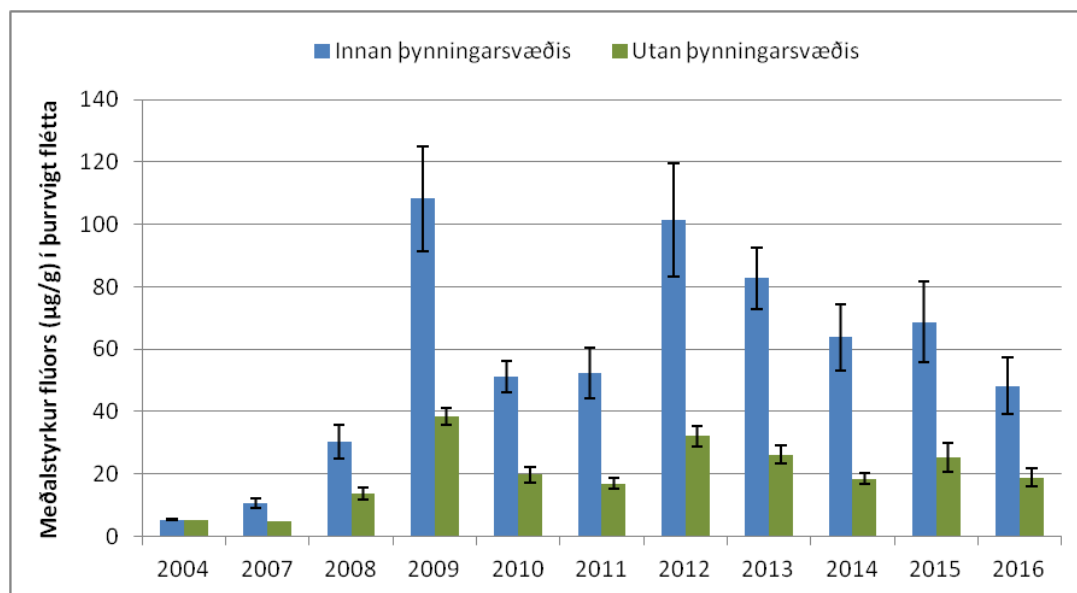
Mynd 33. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).



Mynd 34. Dreifingarmynstur flúors í fléttum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2016. 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 29 sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í fléttum innan þynningarsvæðis mældist 48 $\mu\text{g/g}$ árið 2016 og var styrkurinn talsvert lægri heldur en árið 2015. Ársmeðaltal flúors í fléttum utan

þyningarsvæðis mældist 19 µg/g sem var einnig aðeins lægra en það mældist árið 2015. Styrkur flúors í fléttum var marktækt lægri árið 2016 en árið 2015 bæði innan ($p=0,03$) og utan ($p=0,04$) þyningarsvæðis. Styrkur flúors í fléttum hefur, líkt og styrkur þess í mosanum, hækkað frá bakgrunnsgildum (mæld árið 2004) en er nokkuð breytilegur milli ára (Mynd 35).

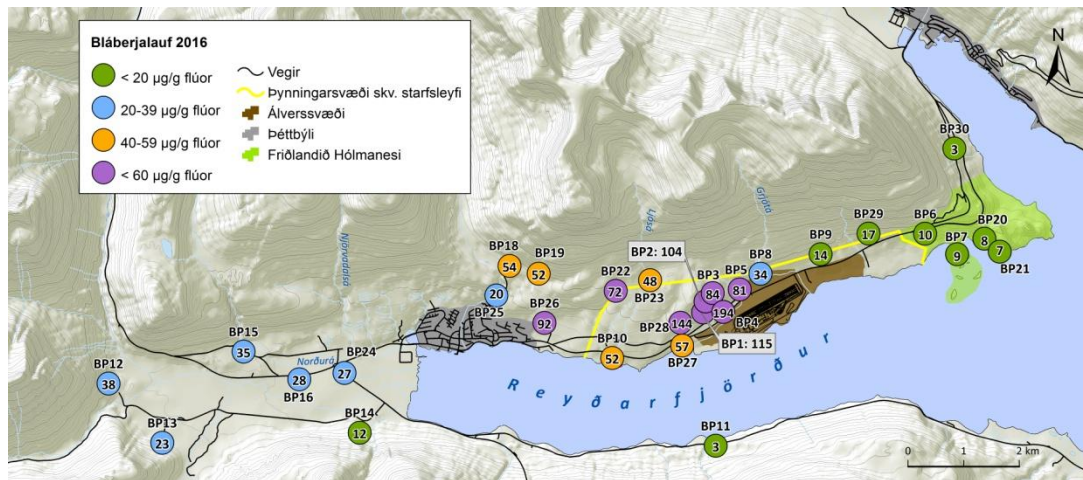


Mynd 35. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2016. Gögnin eru byggð á 9-10 sýnum innan þyningarsvæðis og 18-20 sýnum utan þyningarsvæðis ár hvert.

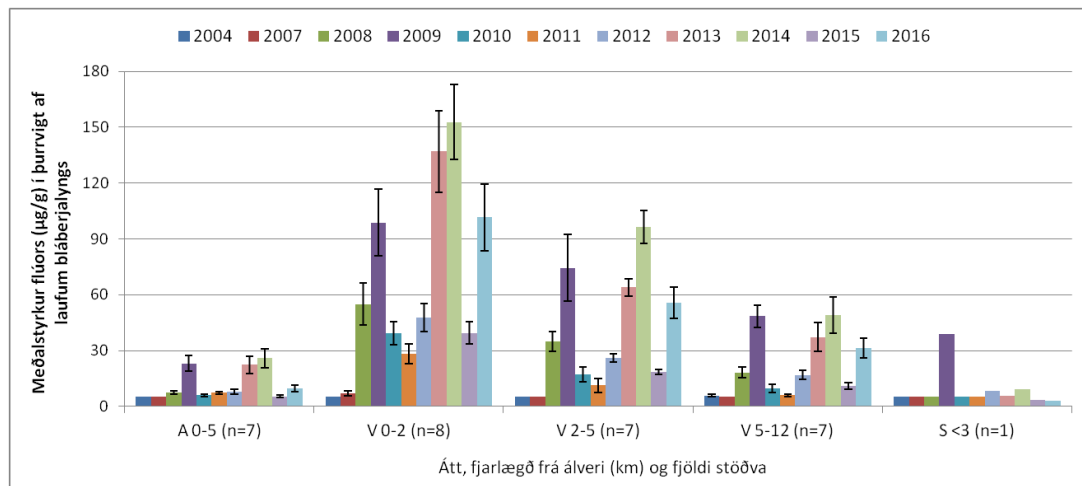
Niðurstöður mælinga á flúor í fléttum fyrir árið 2016 er að finna í viðauka 8.

3.3.4 Bláberjalyng

Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs mældist frá 3-194 µg/g sem er talsvert hærri styrkur en árið 2015 en það ár mældist styrkurinn reyndar óvenju lágur. Dreifingarmynstur flúors í bláberjalyngi var með svipuðum hætti og í öðrum gróðursýnum, þ.e. hæstu gildin mældust næst álveri og féll styrkurinn með vaxandi fjarlægð frá því, en mismikið eftir áttum. Styrkurinn mældist hæstur rétt vestan við álverið en lægstur á sýnatökustöðum B30 og B11 sem eru staðsettir norðaustur af álverinu og sunnan fjarðar (Mynd 36 og Mynd 37).

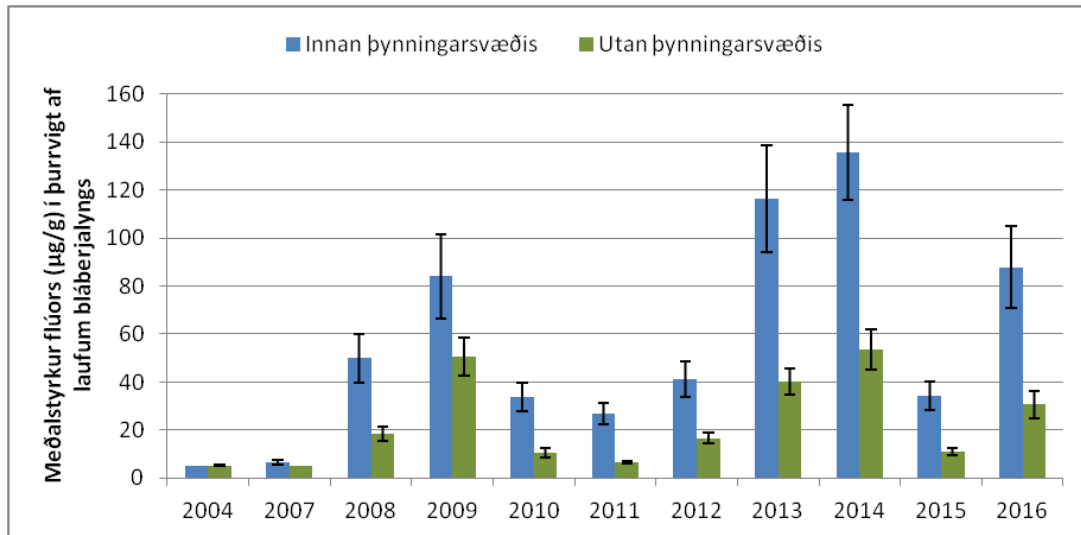


Mynd 36. Sýnatökustaðir laufa bláberjalýngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í lok júlí/ byrjun ágúst 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).



Mynd 37. Dreifingarmynstur flúors í bláberjalaufum frá árinu 2004 (bakgrunnsgildi) til ársins 2016. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykhláfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (Mynd 29 sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í laufum bláberjalýngs innan þýnningarsvæðis árið 2016 mældist 88 $\mu\text{g/g}$ og utan þýnningarsvæðisins mældist það 31 $\mu\text{g/g}$ sem eru mun hærri meðalgildi en þau sem mældust árið 2015 en samt mun lægri en þau sem mældust árið 2014 (Mynd 38). Styrkur flúors í laufum bláberjalýngs var marktækt hærri árið 2016 en árið 2015, bæði innan og utan þýnningarsvæðis ($p < 0,01$). Styrkur flúors var þó marktækt lægri árið 2016 en árið 2014, bæði innan og utan þýnningarsvæðis ($p < 0,01$), en þá mældist styrkur flúors óvenju hár (Mynd 38).

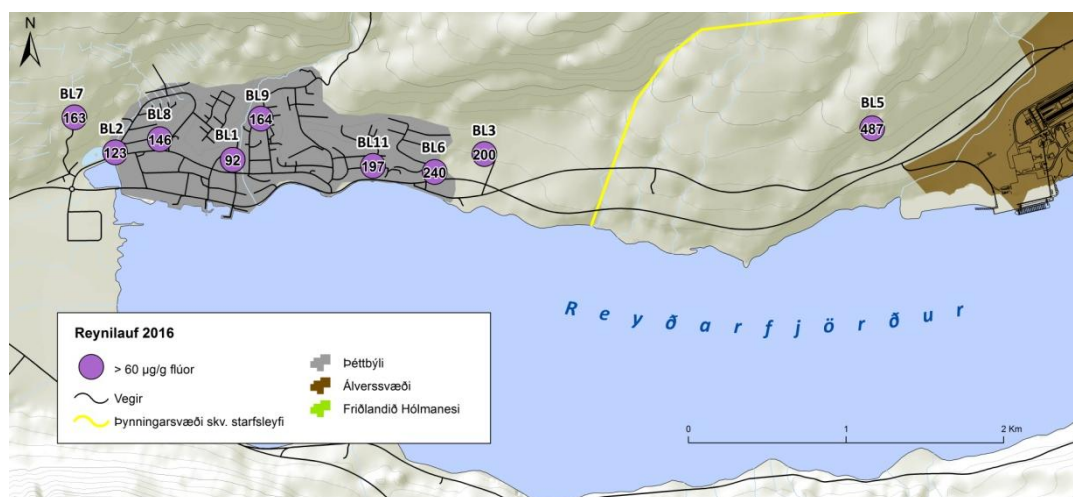


Mynd 38. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2007 til 2016. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þyningarsvæðis og 20 sýnum utan þyningarsvæðis ár hvert.

Niðurstöður mælinga flúors í laufum bláberjalyngs árið 2016 er að finna í viðauka 8.

3.3.5 Reyniviður

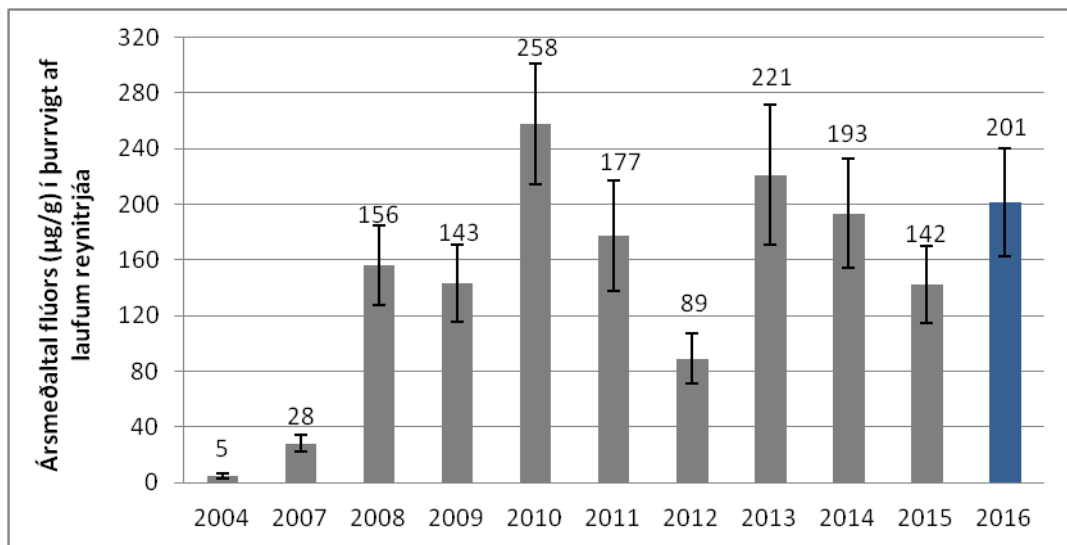
Styrkur flúors í reynivið mældist frá 92-487 µg/g og mældist hæsta gildið næst álverinu á sýnatökustað BL5, sem er staðsettur í skógræktarreit rétt ofan álversins. Fyrir utan þyningarsvæðið var styrkurinn alltaf <200 µg/g fyrir utan á einum sýnatökustað, BL6 sem er austast í þéttbýlinu á Reyðarfirði. Lægsta gildið mældist í sýni BL1 en það sýni var einnig tekið í þéttbýlinu á Reyðarfirði (Mynd 39).



Mynd 39. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrija í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Ársmeðaltal flúors í reynilaufum var hærra árið 2016 en 2015 eða 201 µg/g á mótí 142 µg/g. Ársmeðaltal flúors í reynilaufum árið 2016 er ekki fullkomlega saman-

burðarhæft við árið 2015 og árin 2004-2009 þar sem sýni var einnig 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 tekið sýni þar árið 2015. Sýni var þó ekki tekið þar árið 2016 þar sem sprotarnir fundust ekki. Styrkur flúors í reynilaufum var marktækt hærri árið 2016 en 2015 ($p < 0,01$) en styrkurinn var svipaður árið 2016 og árið 2014 ($p = 0,20$). Þar sem reynilaufasýnin voru einu fleiri árið 2015 en árin á undan og á eftir hafði það sýni ekki áhrif á samanburð þar sem munur milli ára var prófaður með þöruðu prófi. Meðalstyrkur flúors í reynilaufum hefur hækkað mikið frá því að álverið hóf rekstur en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (Mynd 40).

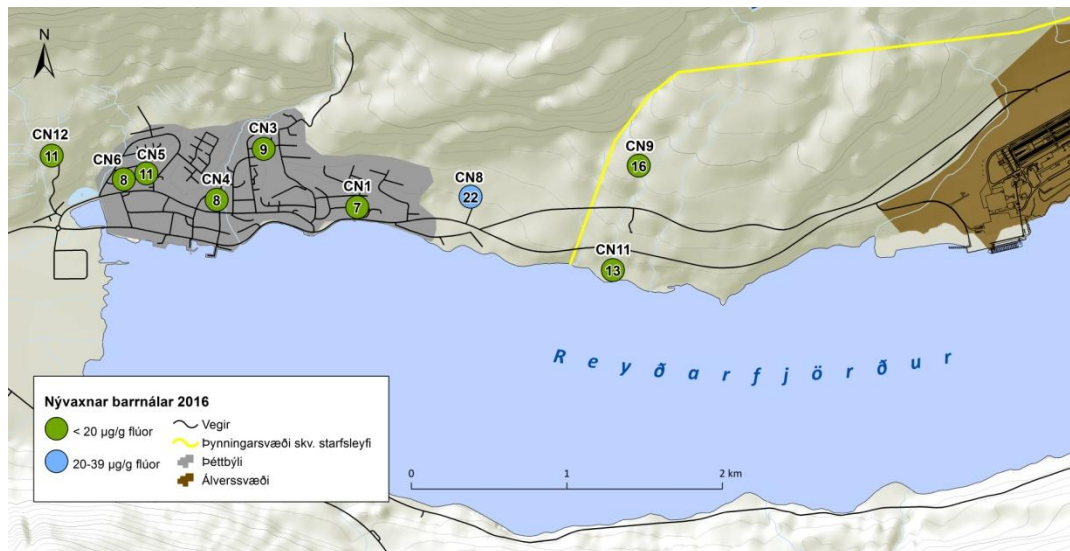


Mynd 40. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitrjáa (ásamt staðalskekkju) árið 2004 og árin 2007 til 2016 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009 og 2015 en 9 sýnum árin 2010-2014 og 2016.

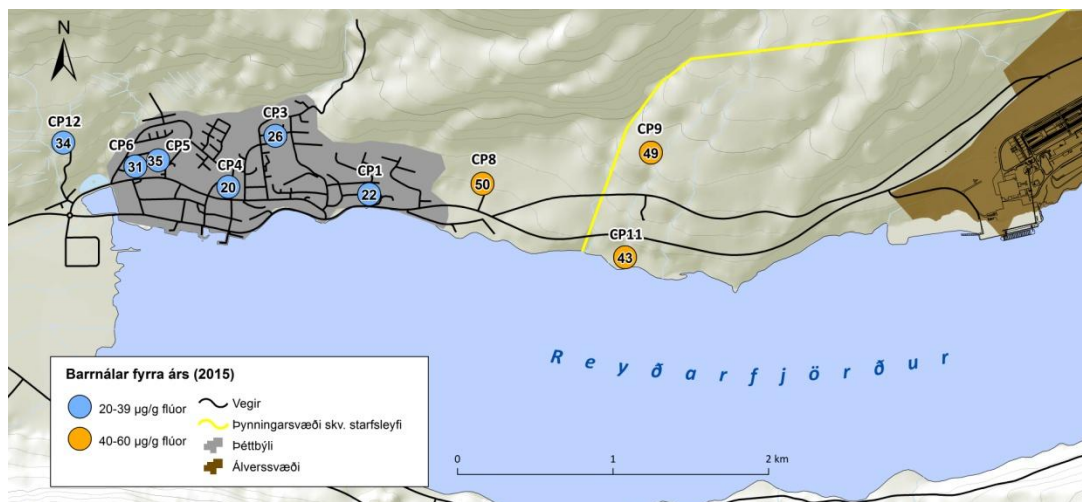
Í viðauka 9 má finna niðurstöður mælinga á styrk flúors í laufum reynitrjáa á öllum sýnatökustöðum árið 2016.

3.3.6 Barrnalar

Styrkur flúors í nývöxnu barri mældist frá 7 µg/g til 22 µg/g og í barrnálum fyrra árs mældist styrkurinn frá 20 µg/g til 50 µg/g (Mynd 41 og Mynd 42). Dreifingarmynstur flúors í barrnálum árið 2016 var með svipuðu móti og árið 2015. Hæstu gildin mældust rétt utan þynningarsvæðis á sýnatökustað CN/CP8 og þau lágstu innan þéttbýlis (Mynd 41 og Mynd 42).

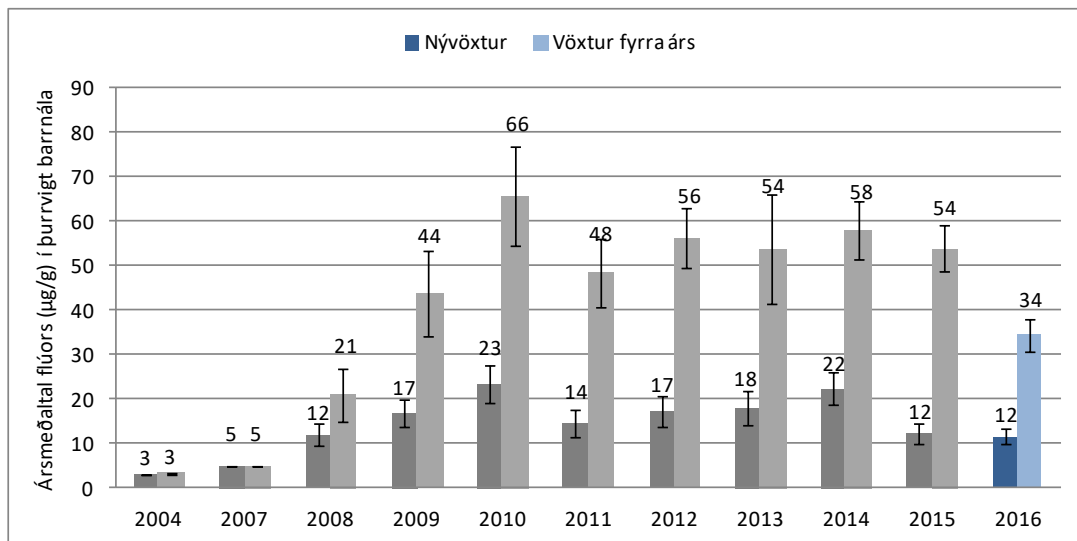


Mynd 41. Sýnatökustaðir barnnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nývöxnum barnnálam (CN) í október 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).



Mynd 42. Sýnatökustaðir barnnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barnnálam frá fyrra ári (CP, 2015), safnað í október 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Ársmeðaltal flúors í barnnálam árið 2016 var $12 \mu\text{g/g}$ í nývöxnum nálam og $34 \mu\text{g/g}$ í barnnálam fyrra árs. Meðalstyrkurinn í nývöxnum nálam var því hinn sami og árið 2015 en meðalstyrkurinn í nálam fyrra árs var talsvert lægri (Mynd 43). Munurinn á styrk flúors milli 2015 og 2016 í nýjum nálam var því ekki marktækur ($p=0,67$) en styrkur flúors í nálam fyrra árs var marktækt lægri árið 2016 en árið 2015 ($p<0,01$).



Mynd 43. Ársmeðaltal flúors í barnálum (ásamt staðalskekkju) árin 2004 til 2016 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árin 2004-2009, en 9 sýnum árin 2010-2016. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.

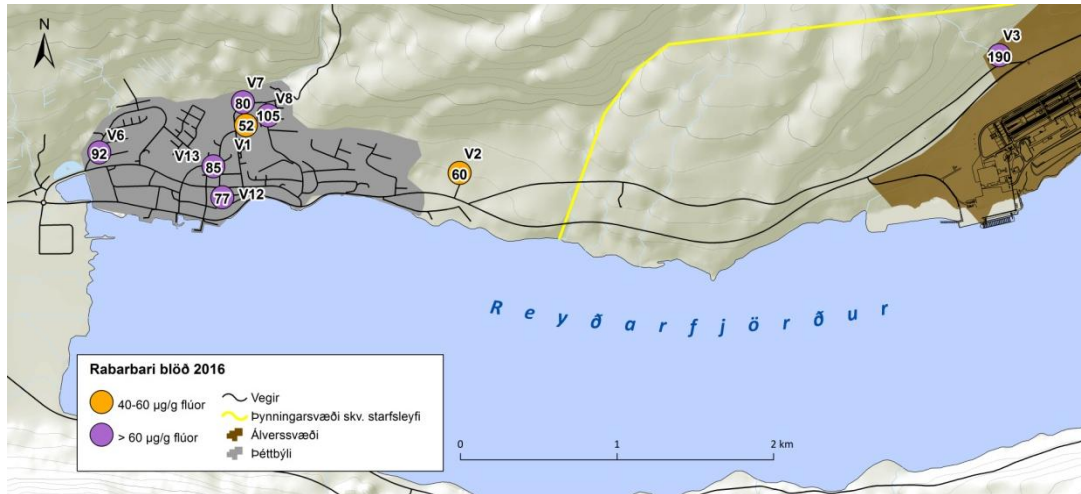
Sígræn tré fella ekki laufin á haustin og taka því upp flúor allan ársins hring. Mest er upptakan frá því nýjar nálar fara að myndast að vori og fram á veturinn. Flúor safnast fyrir í nálum og styrkurinn eykst milli ára þannig að eldri nálar mælast alltaf með hærri styrk en yngri nálar (Doley, 2010).

Í viðauka 10 má finna niðurstöður mælinga á styrk flúors í barnálum á öllum sýnatökustöðum árið 2016.

3.3.7 Rabarbari

3.3.7.1 Flúor

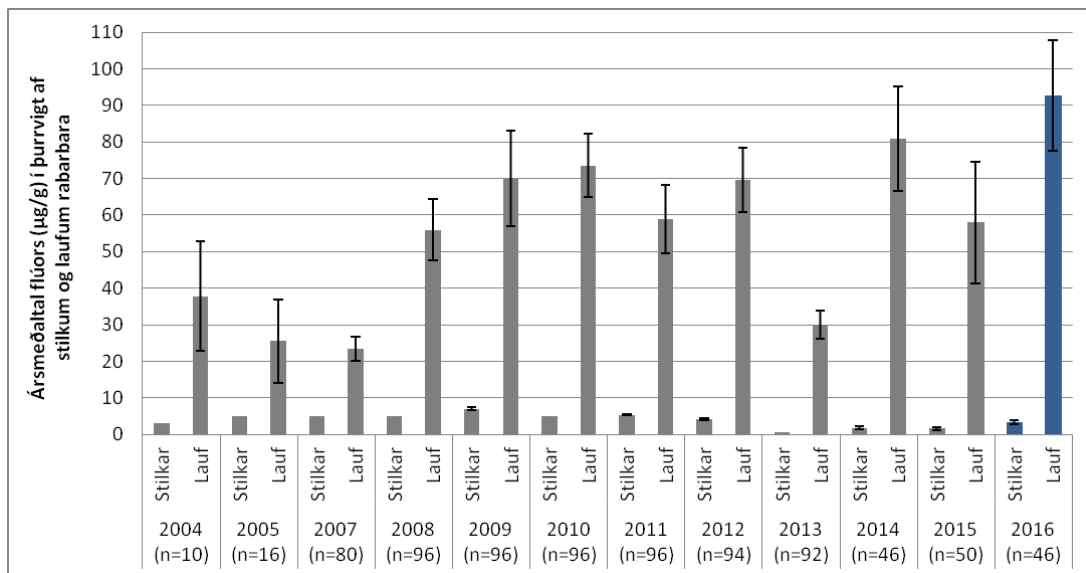
Styrkur flúors í laufblöðum rabarbara mældist frá 25-209 µg/g. Hæsti styrkur flúors í rabarbarablöðum mældist í ágúst á sýnatökustað V3 sem er við Sómastaði, innan þynningarsvæðis, en lægsti styrkur flúors mældist í ágúst á sýnatökustað V1 (Mynd 44). Flúor í stilkum mældist frá 0,1-12,2 µg/g og mældist hæsta gildið á sýnatökustað V13 í júlí. Þessi niðurstaða undirstrikar þá staðreynd að þó að það mælist há gildi í blöðum rabarbara mælast lág gildi í stilkunum (Mynd 45). Ekki eru til nein viðmið hér á landi um hámarksstyrk flúors í grænmeti sem ætlað er til manneldis.



Mynd 44. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum (V) í þremur sýnatökuförðum frá júní til ágúst sumarið 2016. Á einum sýnatökustað (V8) voru einungis tvær sýnatökur (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Ársméðaltal flúors í laufblöðum rabarbara var hærra árið 2016 en 2015 eða 93 µg/g á móts við 58 µg/g árið 2015 (Mynd 45) og var munurinn marktækur ($p < 0,01$). Ársméðaltal flúors í stilkum rabarbara árið 2016 var 3 µg/g og hefur breyst lítið frá því áður en álverið var byggt (Mynd 45).

Niðurstöður mælinga á styrk flúors í rabarbarasýnum árið 2016 má sjá í viðauka 11



Mynd 45. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004-2005 og 2007 til 2016 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Árin 2004-2005 var farin ein sýnatökuförð, árin 2007-2013 voru farnar sex sýnatökuförðir og árið 2014-2016 voru farnar þrjár sýnatökuförðir.

3.3.7.2 Þungmálmar

Svolítil hækkun var á meðalstyrk kadmíums og sinks í blöðum rabarbara milli ára 2015 og 2016 en gildi þessara efna hafa bæði mælst hærrí og lægri á árunum 2013-2015 en þau gerðu árið 2016. Töluverð hækkun var á meðalstyrk króms milli 2015 og 2016 sem hafði áður haldist stöðugur frá árinu 2013. Örlítil lækkun var hins vegar á meðalstyrk kopars og nikkels milli ára 2015 og 2016 sem hefur haldist frekar stöðugur síðan árið 2013 en þó ekki mælst lægri á þessum árum en hann gerði árið 2016. Önnur gildi höfðu árin 2013-2015 verið undir greiningarmörkum en með nákvæmari mæliaðferðum árið 2016 fengust gildi sem voru í öllum tilvikum lægri en fyrri greiningarmörk (Tafla 10). Styrkur þungmálma í rabarbarastilkum var almennt lægri en í laufblöðum. Styrkur kopars lækkaði lítillega og styrkur nikkels töluvert milli ára 2015 og 2016 í rabarbarastilkum en styrkur sinks lækkaði lítillega (

Tafla 11). Styrkur þessara efna árið 2016 var með því lægsta sem hefur mælst á árunum 2013-2016. Gildi annarra þungmálma í rabarbarastilkum voru svipuð milli ára, undir greiningarmörkum eða höfðu verið undir greiningarmörkum árið 2015 (og mældust árið 2016 lægri en fyrri greiningarmörk). Styrkur þungmálma í rabarbara var ekki skoðaður lengra aftur í tímann en til ársins 2013 til samanburðar milli ára vegna þess að þá voru gildin fyrst gefin upp fyrir blautvigt fyrir hvert sýni og eldri gildi því ekki samanburðarhæf.

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 rötargrænmeti er 0,1 mg/kg ($\mu\text{g/g}$) í blautvigt. Ekkert sýni af rabarbarastilkum mældist yfir þessum viðmiðum árið 2016. 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 2016. Í reglugerðinni eru engin viðmið fyrir aðra þungmálma í grænmeti.

Tafla 10. Styrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árið 2016 og meðalstyrkur árið 2015. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon, 2013).

Sýni	As $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Cr $\mu\text{g/g}$	Cu $\mu\text{g/g}$	Hg $\mu\text{g/g}$	Ni $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$
V1-816 Rabarbaralauf	0,0040	0,0520	0,023	0,7532	0,0012	0,7654	0,0039	3,83
V2-816 Rabarbaralauf	0,0144	0,0741	0,076	0,7183	0,0033	0,4283	0,0129	21,80
V3-816 Rabarbaralauf	0,0149	0,1210	0,019	0,6423	0,0027	0,6704	0,0111	23,14
V6-816 Rabarbaralauf	0,0074	0,0375	0,337	1,0628	0,0020	0,6469	0,0022	4,84
V7-816 Rabarbaralauf	0,0076	0,0877	0,064	0,8557	0,0022	0,8245	0,0031	12,54
V8-816 Rabarbaralauf	0,0045	0,0459	0,012	0,8445	0,0009	0,7579	0,0033	3,72
V12-816 Rabarbaralauf	0,0129	0,0399	0,086	0,9295	0,0016	0,3839	0,0346	13,06
V13-816 Rabarbaralauf	0,0083	0,0578	0,028	0,6958	0,0029	0,3148	0,0110	19,64
Meðaltal ársins 2016	0,0093	0,0645	0,081	0,8127	0,0021	0,5990	0,0103	12,822
Meðaltal ársins 2015	<0,07	0,058	0,033	0,907	<0,009	0,738	<0,03	11,459
Vísbending um mengun í mosa*	0,32	0,14	0,15	6,47	22,18	9,42	3,46	55,10

*Sigurður H. Magnússon (2013)

Tafla 11. Styrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árið 2016 og meðalstyrkur árið 2015. Einnig er sýndur mengunarstuðull í mosa (Sigurður H. Magnússon, 2013).

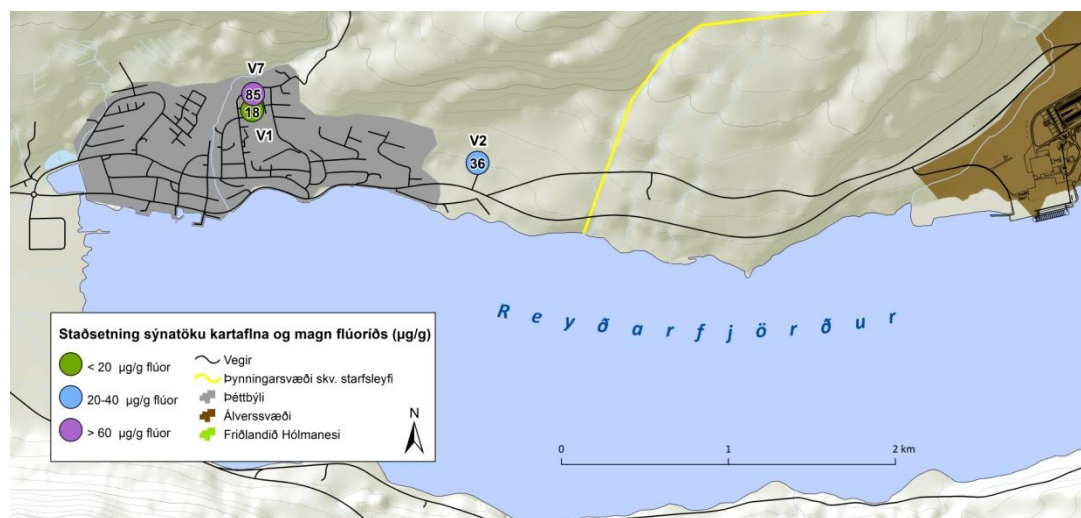
Sýni	As $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Cr $\mu\text{g/g}$	Cu $\mu\text{g/g}$	Hg $\mu\text{g/g}$	Ni $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$
V1-816 Rabarbarastilkar	0,0006	0,0215	0,0084	0,2135	0,0001	0,1154	0,00204	2,034
V2-816 Rabarbarastilkar	0,0008	0,0195	0,0220	0,2468	<0,0001	0,1257	0,00557	6,210
V3-816 Rabarbarastilkar	0,0008	0,0129	0,0119	0,1455	<0,0001	0,1085	0,00499	2,754
V6-816 Rabarbarastilkar	<0,0002	0,0033	0,0070	0,1657	<0,0001	0,1972	0,00060	0,791
V7-816 Rabarbarastilkar	<0,0002	0,0120	0,0096	0,1758	<0,0001	0,1620	0,00201	2,609
V8-816 Rabarbarastilkar	0,0003	0,0055	0,0081	0,1727	<0,0001	0,2114	0,00182	1,047
V12-816 Rabarbarastilkar	0,0003	0,0041	0,0111	0,1866	<0,0001	0,0688	0,01102	2,045
V13-816 Rabarbarastilkar	0,0005	0,0089	0,0280	0,1952	<0,0001	0,0906	0,00779	2,790
Meðaltal ársins 2016	0,0005	0,0110	0,0133	0,1877	<0,0001	0,1349	0,00448	2,53
Meðaltal ársins 2015	<0,07	0,012	<0,02	0,216	<0,009	0,205	<0,03	2,329
Visbending um mengun í mosa*	0,32	0,14	0,15	6,47	22,18	9,42	3,46	55,10

*Sigurður H. Magnússon (2013)

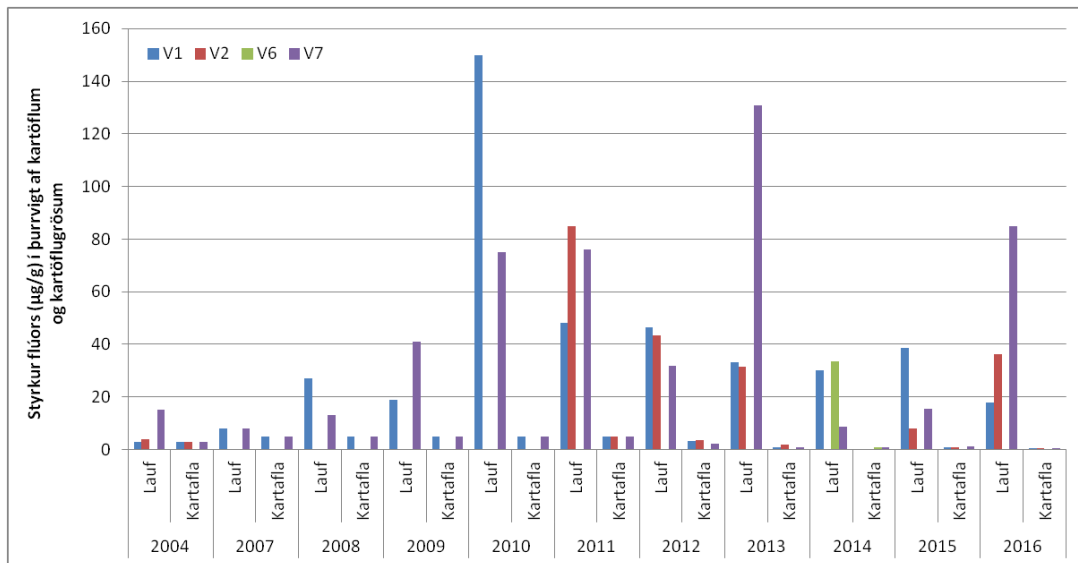
Niðurstöður mælinga á þungmálum í rabarbarasýnum má sjá í viðauka 11.

3.3.8 Kartöflur og grænmeti

Styrkur flúors í **kartöflugrösum** mældist $18 \mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V1, $36 \mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V2 og $85 \mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V7 (Mynd 46). Styrkur flúors í kartöflugrösum var lægri á sýnatökustað V1 árið 2016 en 2015. Styrkurinn var hins vegar hærri árið 2016 á sýnatökustað V2 og miklu hærri á sýnatökustað V7 en hann var árið 2015 (Mynd 47). 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 (undir $1 \mu\text{g/g}$) í þeim þremur sýnum sem tekin voru (Mynd 47). Líkt og með rabarbarann má sjá að þó að styrkur flúors mælist hár í kartöflugrösum er styrkurinn lágur í kartöflunum sjálfum.



Mynd 46. Sýnatökustaðir kartafna og káls í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflugrösum sumarið 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).



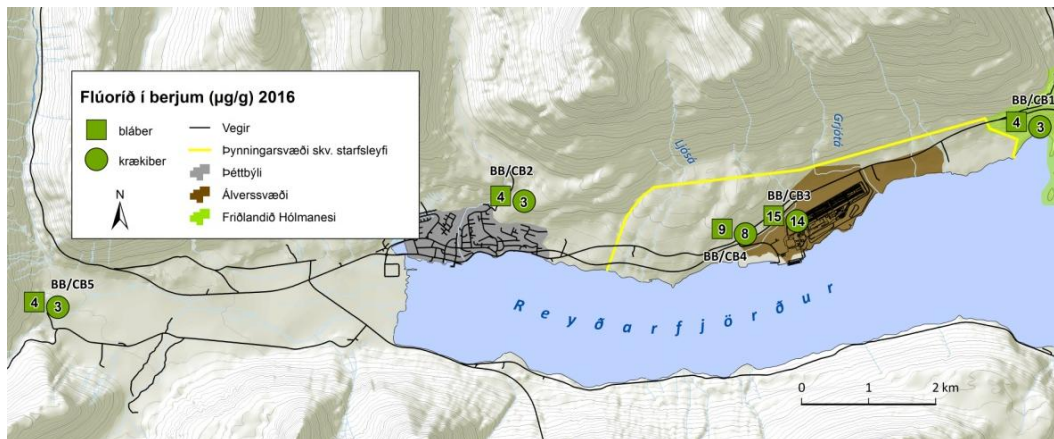
Mynd 47. Styrkur flúors í kartöflum og kartöflugrösnum á þremur sýnatökustöðum sumrin 2004 og 2011-2016 en tveimur söfnunarstöðum 2007-2010.

Í **salati** mældist styrkur flúors á sýnatökustað V1 9 µg/g. Styrkur flúors í lambhagasalati á sýnatökustað V7 var töluvert hærri, eða 24 µg/g. Styrkur flúors í grænkáli á sama stað var 14 µg/g sem er svipað og það mældist árið 2015 (16 µg/g) en töluvert herra en það mældist árið 2014 (2 µg/g) en þó lægra en árið 2013 þegar það mældist 19 µg/g. Í bakgrunnúttekt árið 2004 var styrkur þess <3 µg/g. Athyglisvert er að sjá mun á styrk flúors í grænmeti á sýnatökustöðunum V1 og V7 sem eru mjög nálægt hvor öðrum (Mynd 46), en það gæti stafað af því að ekki er um að ræða sömu tegundir.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors í kartöflu- og grænmetissýnum árið 2016 má sjá í viðauka 11.

3.3.9 Bláber og krækiber

Styrkur flúors í krækiberjum mældist frá 3-14 µg/g og í bláberjum einnig frá 3-14 µg/g. Hæstu gildin í bæði bláberjum og krækiberjum mældust innan þynningar-svæðis á sýnatökustöðum BB/CB3 og BB/CB4 (Mynd 48 og Mynd 49). Á sýnatökustöðum utan þynningarsvæðis mældust gildin í öllum tilvikum mun lægri en innan þess, eða 3-4 µg/g (Mynd 48).



Mynd 48. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2016. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Styrkur flúors í krækiberjum á sýnatökustað BB/CB3 var talsvert hærri árið 2016 en árið 2015 en minni mun var að sjá í styrk flúors milli ára á hinum sýnatökustöðunum og í bláberjasýnum (Mynd 49).

Hæstu gildi ársins í bláberjalyngi mældust á sama svæði og í berjasýnunum BB3 og BB4 sem eru innan þynningarsvæðis og nálægt álverinu. Styrkur flúors í blöðum bláberjalyngs reyndist alla jafna töluvert hærri en gildin í bláberjum á sömu stöðum. Sem fyrr er þetta 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 (Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2016; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2015; Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2012, 2013 og 2014; Weinstein & Davison, 2004). Fyrir austan og sunnan álver var styrkur flúors í bláberjalyngi þó það lágur árið 2016 að hann var í sumum tilfellum sambærilegur styrk flúors í bláberjum á sama stað (Mynd 38).

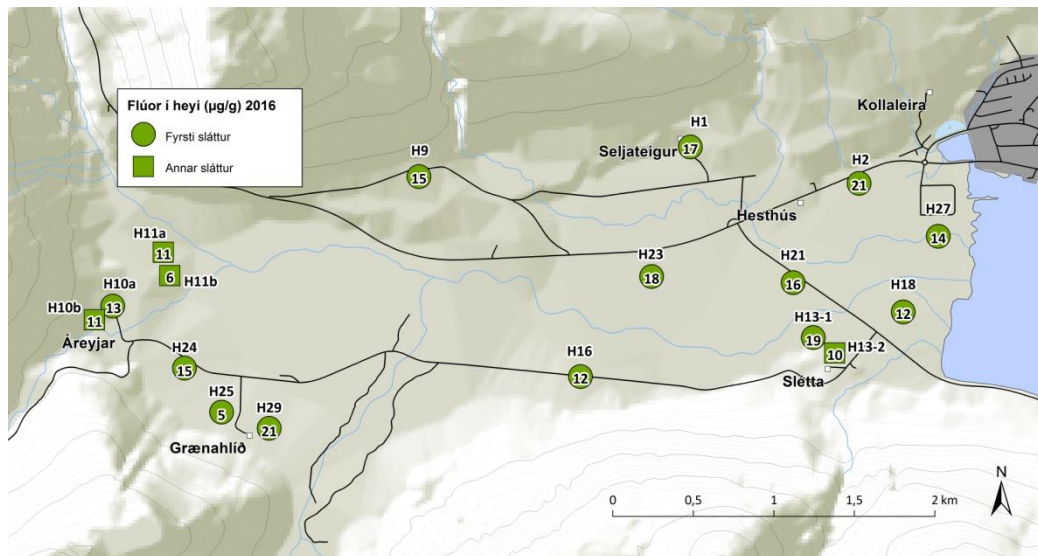


Mynd 49. Styrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2009-2016 í Reyðarfirði. Fram til ársins 2011 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum 5 $\mu\text{g/g}$.

Niðurstöður mælinga á flúor í bláberjum og krækiberjum fyrir árið 2016 er að finna í viðauka 12.

3.3.10 Hey

Styrkur flúors í heyi í sýnum sem tekin voru beint úr rúllum eða böggum í Reyðarfirði mældist frá 6-21 $\mu\text{g/g}$ miðað við 0% rakainnihald. Styrkurinn var í öllum tilvikum undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jórturdýr (56,8 $\mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) og undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jórturdýr (34,1 $\mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald). Ekki var að sjá neitt áberandi mynstur í dreifingu flúors í heyi árið 2016 (Mynd 50), ekki frekar en árið 2015.



Mynd 50. Yfirlit yfir staðsetningu og styrk flúors í heysýnum sem tekin voru 19. og 27. október 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015). Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar á þessu korti.

Styrkur flúors í vetrarheyi (heyi sem búið var að standa úti) var einnig undir viðmiðunarmörkum fyrir búfénað eða $20 \mu\text{g/g}$ við Sléttu, $23 \mu\text{g/g}$ við Seljateigshjáleigu og $27 \mu\text{g/g}$ við Vegagerðabragga hjá Njörvadalsá.

Niðurstöður mælinga á flúor í heysýnum fyrir árið 2017 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 frumhimnu 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. Almennu eru ung blöð í þroska mun viðkvæmari fyrir flúor en eldri fullproskuð 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 gulnun (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 gulnun 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 rannsóknum 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 2016.

4.1 Sjaldgæfar tegundir

Sjónrænt mat á heilbrigði fimm sjaldgæfra plöntutegunda sem vaxa í Reyðarfirði var gert 11. júlí 2016. 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 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 ekki metin 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 túnfíli og mikið af maríustakk var að finna meðfram læknum. Fuglaertur voru í blóma og giljaflækjur voru rétt að byrja að blómstra. Svæðið hafði nýlega verið slegið en á þeim blöðum þessara tveggja tegunda sem fundust var ekki að greina nein merki um flúorskemmdir (Mynd 51).



Mynd 51. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júlí 2016 í Reyðarfirði.

Engar sjáanlegar skemmdir sem líkjast flúorskemmdum fundust á plöntum þyrnirósar (Mynd 52). Um tvo vaxtarstaði er að ræða, annars vegar rétt vestan við Kollaleirubæinn og hins vegar nokkuð ofar en bærinn. Efri vaxtarstaðurinn er staðsettur innan beitarhólfs hrossa en engin hross voru í hólfinu þegar athugun fór fram. Á efra svæðinu voru plöntur almennt litlar og ekki farnar að blómstra (Mynd 52). Á neðra svæðinu var þyrnirós í blóma en á blöðum sumra plantnanna var mögulega ryðsveppur.



Mynd 52. Þyrnirós af neðra svæði (t.v.) og af efra svæði (t.h.) í júlí 2016 í Reyðarfirði.

Á vaxtarstað aronsvandar og stóraburkna voru flestar plöntur í blóma og í góðu ásigkomulagi. Aronsvöndur hefur breitt mikið úr sér á síðustu árum. Sum laufblöð aronsvandar voru gulnuð og dauð í endana (Mynd 53) en þær skemmdir mátti sennilega rekja til þurrka. Stóraburkni var að mestu leyti án athugasemda en nokkur smáblöð voru dökk í endana líkt og fyrri ár (Mynd 53).



Mynd 53. Aronsvöndur (t.v.) og stóraburkni (t.h.) með skemmdum endum í júlí 2016 í Reyðarfirði.

4.2 Garðaplöntur og tré

Garðagróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði og á trjáræktarsvæðum milli álversins og bæjarins var skoðaður þann 18. ágúst 2016. 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* spp.) og alaskaösp (*Populus trichocarpus*) hafa vaxið upp á ný. Greina mátti flúorskemmdir á 0-2% nýrra laufblaða aspar, gulvíðis (*Salix phylicifolia*) og grávíðis (*Salix arctica*) (Mynd 54). Einkennin sáust aðallega á efstu greinum gulvíðiplantna. Einnig mátti greina afbrigðilegt vaxtarlag á blöðum asparplantna (Mynd 54). Elri (*Alnus* sp.) sem vex einnig á svæðinu var heilbrigt að sjá en sum laufblaðanna voru kúpt upp.



Mynd 54. Flúorskemmdir og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á grávíði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í ágúst 2016.

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. Trén voru almennt heilbrigð að sjá en þó voru laufblöð sumra plantna gulnuð (e. chlorosis).

Í ræktunarreit á neðsta hjallanum norðvestur af álverinu er samansafn af ýmsum trjátegunum, einkum birki og reyni. Tré voru almennt heilbrigð að sjá og öll tré án athugasemda. Á sýnatökustað reynilaufa voru 0-2% smáblaða trésins með dauða blaðenda (e. necrosis) en einkennin náðu þó ekki yfir nema um 0-2% af flatarmáli viðkomandi laufblaða.

Við Framnes var sigurskúfur (*Chamaenerion angustifolium*) 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 55). Á 0-2% víðiplantna voru 0-2% blaða efstu greina einnig með dauða blaðenda. Blöð elris voru falleg og glansandi og engin flúorlík einkenni sjáanleg. Á bergfuru (*Pinus uncinata*) mátti greina dauða enda á nýjum nálum, mest á toppgreinum (Mynd 55). Flúorlíkar skemmdir fundust einnig á nýjum blöðum blæspar (*Populus tremula*) sem vex á svæðinu (Mynd 55).



Mynd 55. Sigurskúfur (t.v.), bergfura (í miðju) og blæösp (t.h.) við Framnes í Reyðarfirði í ágúst 2016.

Við Teigagerði var gróður almennt heilbrigður og gróskumikill og engin flúorlík einkenni að sjá. Viðja (*Salix myrsinifolia subsp. borealis*) þar var hins vegar illa étin af skordýrum.

Við kirkjugarðinn sem er staðsettur rétt utan þéttbýlisins á Reyðarfirði var flestur gróður án athugasemda fyrir utan skemmdir af völdum skordýra í birki og viðju. Á sumum laufblöðum víðis voru einkenni sem líktust flúorskemmdum en þau gætu einnig verið vegna skordýrasýkinga.

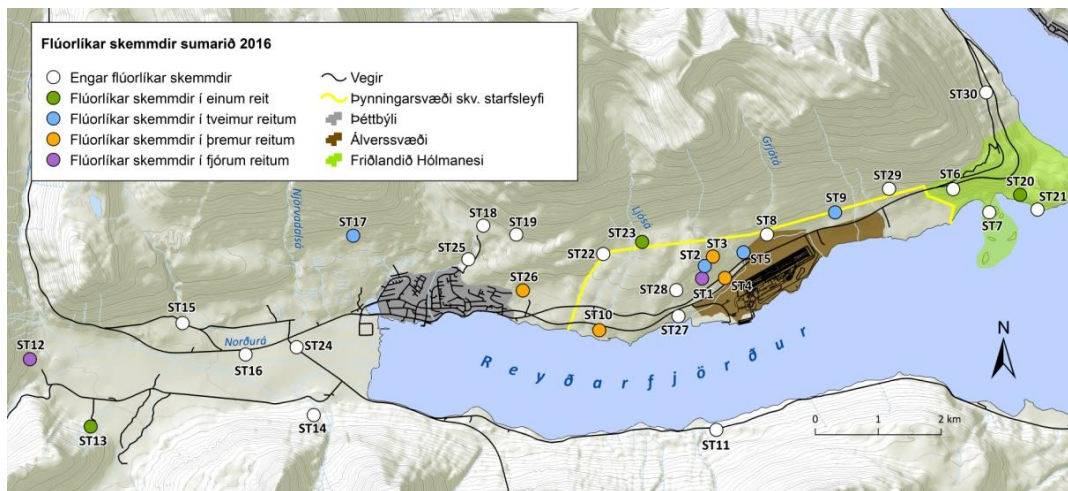
Gróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði var að miklu leyti án athugasemda en þó mátti sjá skemmdir af völdum skordýra, einkum á viðju. Reynitré á horni Árgötu og Búðar-eyrar var illa farið en var ekki með sjáanleg flúorlík einkenni (Mynd 56). Líkt og fyrri ár sáust skemmdir sem líkjast flúorskemmdum á íris (*Iris* sp.) (Mynd 56). Einnig sáust einkenni sem líkjast flúorskemmdum á nýjum nálum efstu greina á furu (*Pinus* sp.) (Mynd 56).



Mynd 56. Reynir (t.v.), íris (í miðju) og fura (t.h.) í þéttbýlinu á Reyðarfirði í ágúst 2016.

4.3 Gróður í rannsóknarreitum

Villtur gróður í 150 rannsóknarreitum á 30 vistfræðistöðvum í Reyðarfirði var skoðaður dagana 28.-29. júlí og 2.-4. ágúst 2016 (Mynd 57). Reitir voru ljósmyndaðir og ummerkja leitað um mögulegar skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.



Mynd 57. Rannsóknstöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust á þrettán stöðvum sumarið 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Almennt var gróður á stöðvunum í góðu ásigkomulagi og án athugasemda. Þó voru einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors meira áberandi árið 2016 þegar möguleg einkenni fundust á 13 stöðvum en árið 2015 þegar einkenni fundust á níu stöðvum. Árið 2015 höfðu sýnilegar skemmdir þó verið óvenju lítið áberandi samanborið við fyrri ár, sem gæti skýrst af veðurfari og því að gróður var skoðaður fyrir um sumarið þá en árin 2013-2014 og gróður því ekki tekinn að sölna, en

einkenni sölnunar geta minnt á flúorskemmdir. Möguleg einkenni flúorskemmda fundust á sjö af tíu stöðvum innan þynningarsvæðis álversins (Mynd 57) og sáust einkennin aðallega á bláberjalyngi (*Vaccinium uliginosum*) og víði (*Salix* spp.) en einnig á m.a. holtasóley (*Dryas octopetala*), stinnastör (*Carex bigelowii*), lúpínu (*Lupinus nootkatensis*) (Mynd 58) og túnfíli (*Taraxacum* spp.). Utan þynningarsvæðis fundust einkenni á sex stöðvum, nokkuð dreift um Reyðarfjörð (Mynd 57) og sáust einkennin á þeim stöðvum aðallega á bláberjalyngi og víði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust einnig á nokkrum stöðvum utan reita en þau voru ekki merkt á korti.

Líkt og fyrri ár sáust ýmiskonar skemmdir á gróðri af völdum annarra þátta s.s. skordýra og sveppasýkinga. 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 58). Árið 2016 var rautt bláberjalyng einnig áberandi. Að líkindum stafar þessi rauði litur einkum af kulda- eða frostáhrifum.



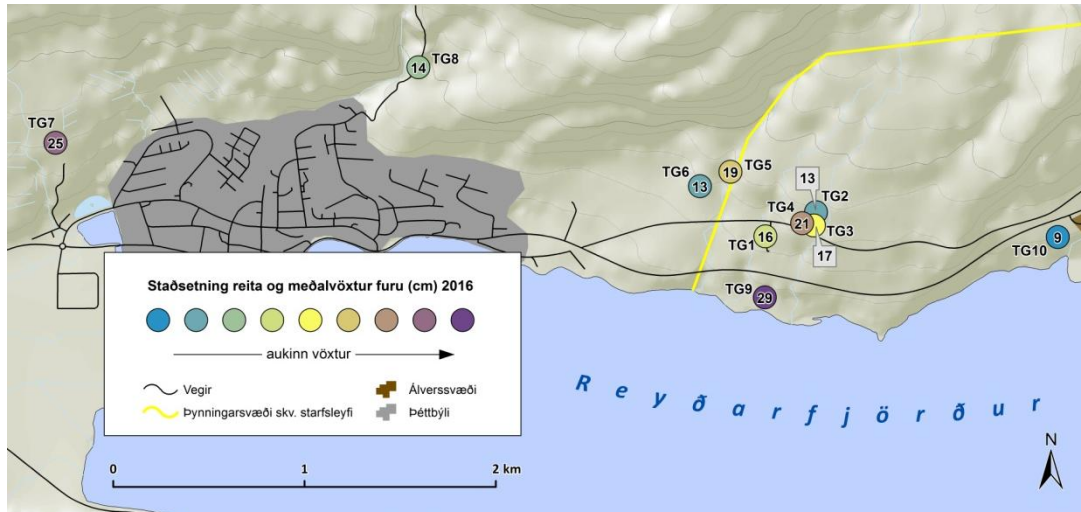
Mynd 58. Rauðleit blöð bláberjalyngs við stöð 15 (t.v.) og gulnun í blöðum lúpínu (t.h.).

Myndalista 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; 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 og víðar. Staðsetningu trjámæltreita má sjá á mynd 59.



Mynd 59. Staðsetning 10 trjámælireita í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árið 2016 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

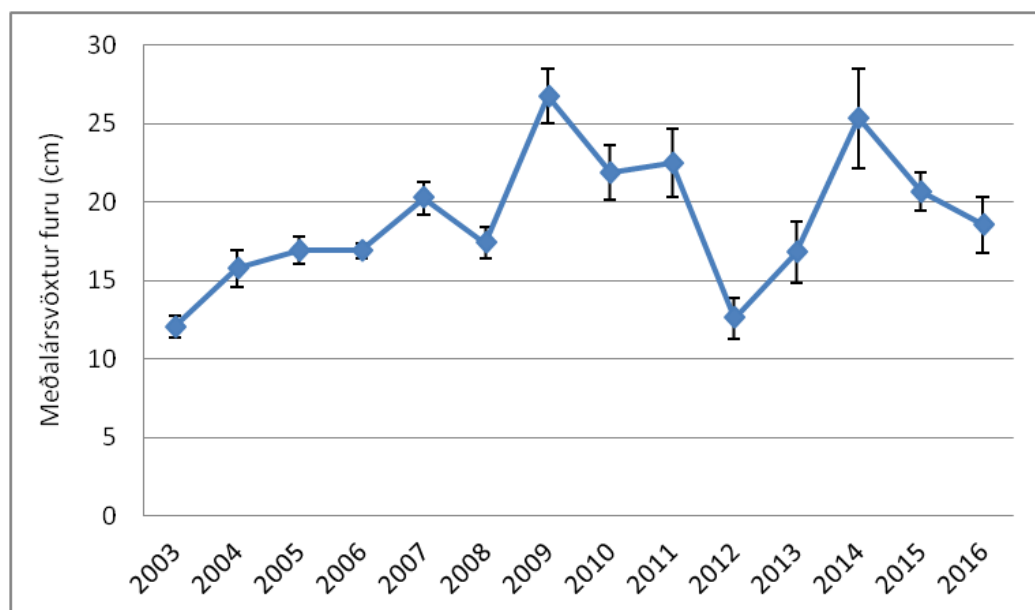
Árið 2005 voru gerðar frumathuganir á vexti furu á 10 stöðum í Reyðarfirði. Toppsprotar voru mældir með tommustokk. Tíu tré voru mæld í trjáræktarreit 1-9 en átta tré í trjáræktarreit 10 eða samtals 98 tré. Öll tré voru staðsett með GPS tæki og merkt með númeri og borða til að hægt væri að finna þau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

Mælingar hafa verið endurteknaðar árin 2009 og á hverju ári frá 2011 til 2016. 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 2016 voru mælingar framkvæmdar 19. og 21. október og þá var vöxtur ársins 2016 mældur og líka ársins 2015 ef ske kynni að einhver vöxtur hafi orðið eftir mælingar þess árs. Vegna þess hve trén eru orðin há var orðið erfitt að mæla toppvöxt með tommustokk. Því var sérstök trjámælistika notuð í annað sinn í ár. Mælistikan var borin að stofni trjánna og heildarhæð þeirra mæld, því næst var hæð fyrra árs mæld. Að lokum var hæð fyrra árs dregin frá heildarhæð og toppvöxtur árið 2016 þannig reiknaður út. Það sama var gert fyrir vöxt ársins 2015.

Meðalársvöxtur vaxtarsprotta stafafuru á svæðum 1-9 árið 2016 var 18,5 cm (Tafla 12 og Mynd 60). Vöxturinn var nokkuð breytilegur milli staðsetninga eða frá 13,1-28,9 cm og 8,9 cm hjá bergfuru (staðsetning 10). Vöxturinn árið 2016 var minni á flestum stöðum samanborið við árið á undan. Mestur var munurinn á meðalvexti stafafuru milli ára á svæði nr. sex (Mynd 59), 12,4 cm minni en árið áður, en minnstur var munurinn á staðsetningum tvö og sjö, minna en 1% munur (Tafla 12). Þegar meðalvöxtur furu árin 2006-2016 er skoðaður m.t.t. staðsetninga kemur í ljós að vöxturinn er minnstur í bergfurunni (staðsetning 10) næst álverinu (10 cm á ári) og í stafafuru á staðsetningu 2 (15 cm á ári) innan þyningarsvæðis (Tafla 12 og Mynd 59). Mestur er meðalvöxturinn í stafafuru á staðsetningu 9 (26 cm á ári), einnig innan þyningarsvæðis, nálægt ströndinni (Mynd 59).

Tafla 12. Meðalvöxtur vaxtarsprota (cm) á stafafuru (staðsetning 1-9) og bergfuru (staðsetning 10) frá árinu 2006-2016 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	2016
TG1	Meðalvöxtur	15,2	18,3	12,5	25,1	20,8	18,9	12,2	13,8	17,5	18,6	16,2
	Staðalskekkja	2,2	2,2	2,3	1,8	2,4	2,3	2,0	2,9	3,4	2,5	1,5
TG2	Meðalvöxtur	16,7	24,1	17,4	21,2	15,4	13,8	8,9	10,6	12,4	13,7	13,1
	Staðalskekkja	1,7	1,6	1,9	1,6	2,2	2,5	1,9	2,4	3,4	2,8	2,5
TG3	Meðalvöxtur	15,9	21,0	14,7	19,7	17,9	18,2	11,6	12,6	19,9	20,6	16,9
	Staðalskekkja	2,3	1,4	1,8	3,6	1,7	2,5	1,8	2,4	3,6	3,1	3,2
TG4	Meðalvöxtur	17,1	21,6	15,1	30,3	24,9	23,5	10,2	12,4	24,4	22,6	20,7
	Staðalskekkja	2,0	1,1	1,6	1,4	0,8	1,5	1,3	1,8	1,9	1,7	1,6
TG5	Meðalvöxtur	18,3	18,8	20,6	28,2	25,7	28,4	13,8	19,8	33,0	21,4	19,0
	Staðalskekkja	1,7	2,6	2,3	2,5	2,0	1,5	1,7	1,9	2,6	3,6	1,7
TG6	Meðalvöxtur	15,1	16,4	15,5	27,1	22,2	23,7	10,9	18,0	28,8	25,5	13,2
	Staðalskekkja	2,6	2,4	2,4	2,6	1,7	2,0	0,9	1,7	3,4	1,3	2,9
TG7	Meðalvöxtur	19,3	15,7	20,1	30,0	27,0	29,5	12,0	19,0	36,8	24,5	24,8
	Staðalskekkja	1,9	2,8	3,5	3,4	2,5	1,9	1,3	2,2	1,3	3,1	2,0
TG8	Meðalvöxtur	18,2	24,2	21,2	22,5	14,1	15,1	11,2	14,9	16,1	16,8	14,3
	Staðalskekkja	1,2	2,7	3,8	3,1	1,1	1,4	1,4	0,9	2,1	2,2	1,5
TG9	Meðalvöxtur	16,5	22,3	19,5	36,3	29,1	31,4	22,6	30,1	39,2	22,4	28,9
	Staðalskekkja	1,7	1,5	2,9	1,7	3,8	3,9	3,0	3,2	3,5	3,1	2,2
TG10	Meðalvöxtur	6,8	9,0	5,9	9,4	12,1	9,2	11,3	11,3	12,1	10,3	8,9
	Staðalskekkja	0,6	0,9	0,6	0,8	0,6	0,5	0,8	0,9	0,8	0,6	1,4
Meðaltal staðsetninga 1-9		16,9	20,2	17,4	26,7	21,9	22,5	12,6	16,8	25,3	20,7	18,5



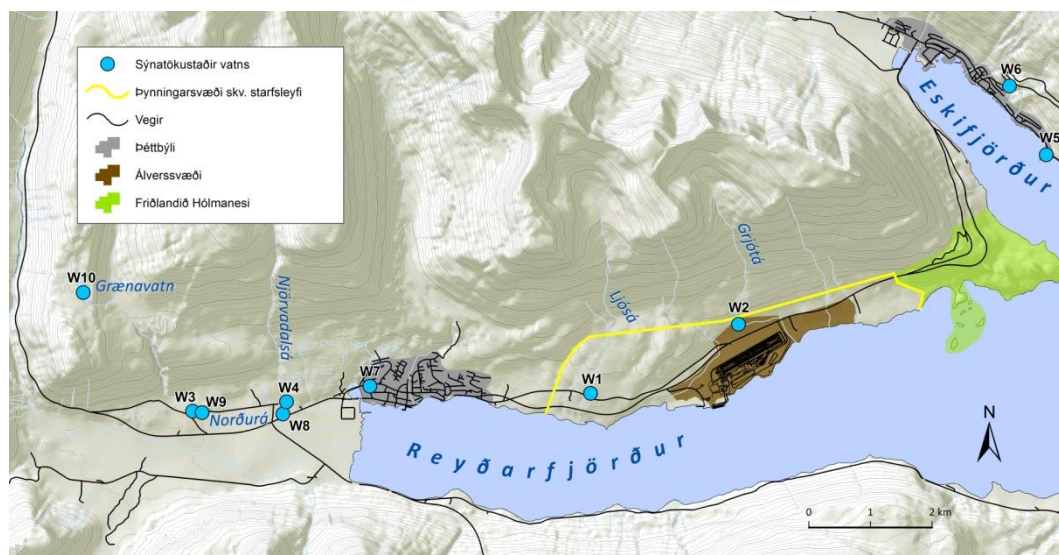
Mynd 60. Meðalársvöxtur stafafuru í níu trjásmælireitum í Reyðarfirði tímabilið 2003-2016.

Niðurstöður trjávaxtarmælinga árið 2016 má finna í viðauka 15.

6 Yfirborðsvatn

6.1 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 61). Sýni voru tekin fjórum sinnum yfir árið á stöðum W1-W9, dagana 26. janúar, 26. apríl, 14. júlí og 27. október en tvisvar á stað W10, 14. júlí og 27. október. Í öllum sýnamengjum var mælt sýrustig (pH), basarýmd (e. alkalinity), styrkur flúors og styrkur brennisteins hjá Efnagreiningum, Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Auk þess var ákvarðaður styrkur fjölhringa arómatískra vetniskolefna (e. polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH) í síðasta sýnaskammti ársins. PAH mælingar voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi.



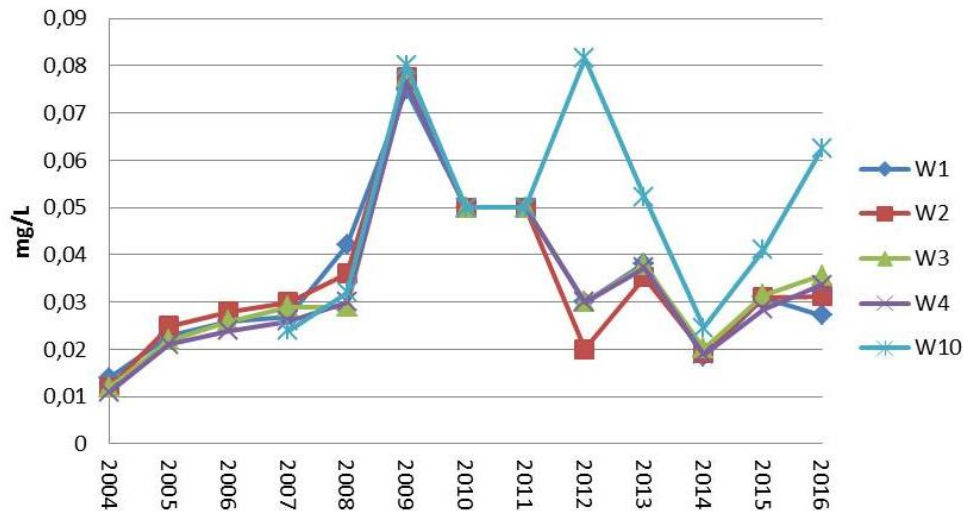
Mynd 61. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1-W4) og neysluvatnssýna (W5-W9) auk Grænavatns (W10) (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

6.2 Niðurstöður

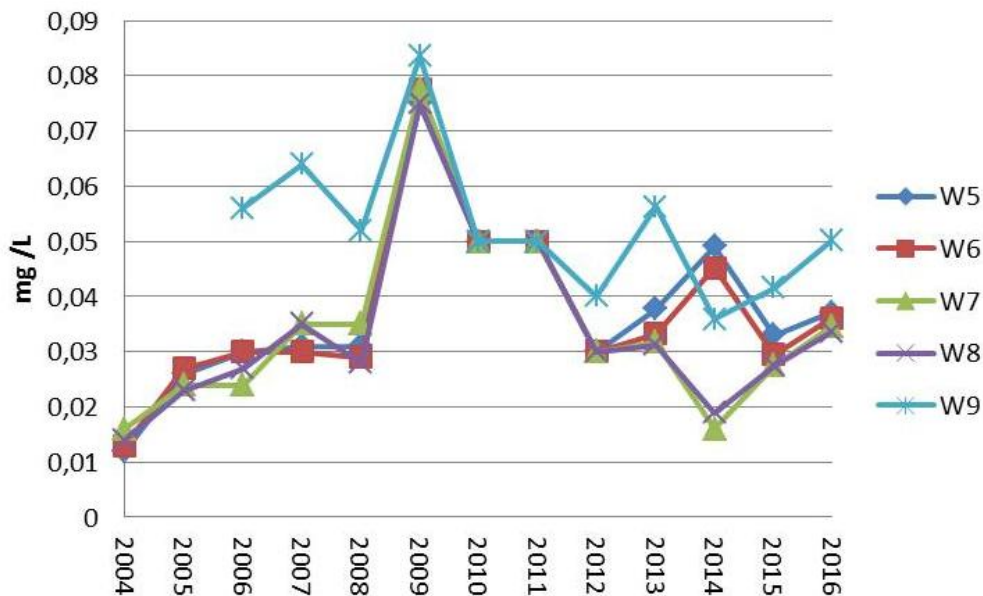
6.2.1 Flúor

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 2016 var 0,038 mg/L. Meðaltal fyrir ár (W1-W4) er 0,032 mg/L en það hefur haldist stöðugt frá síðasta ári (0,031 mg/L árið 2015). Styrkur flúors í Grænavatni hækkaði úr 0,041 mg/L í 0,062 mg/L. Ársmeðaltal fyrir neysluvatn (W5-W9) mældist 0,042 mg/L sem er hærra en ársmeðaltal neysluvatns 2015 (0,033 mg/L). Styrk flúors í vatni fyrir árin 2004 til 2016 má sjá á myndum 62 og 63. Greiningarmörk (LOD) fyrir magngreiningar flúors í vatni eru 0,003 mg/L, og magngreiningarmörk (LOQ) 0,01 mg/L.



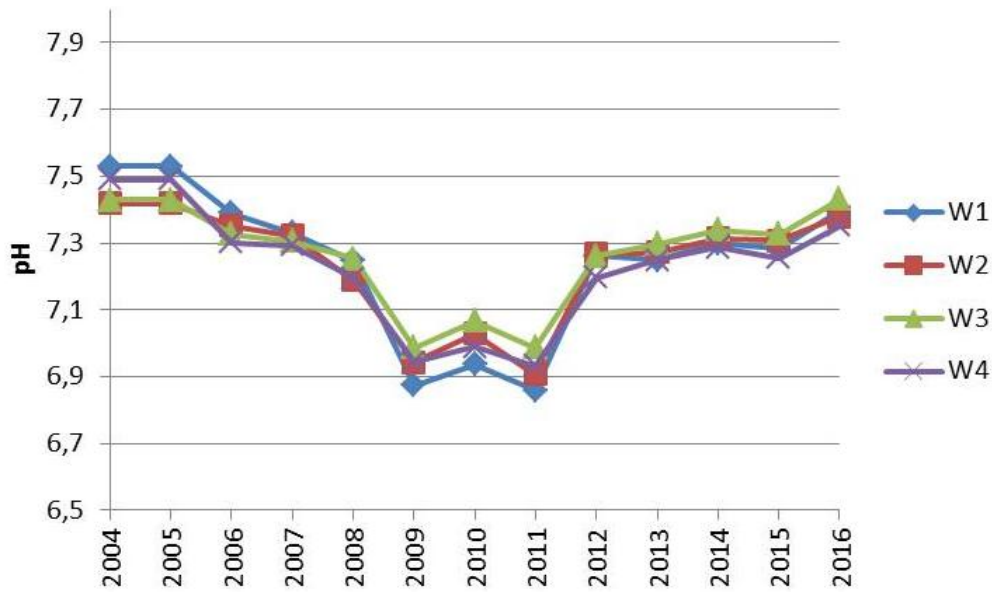
Mynd 62. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnsýnum (W1-W4) og Grænavatni (W10) fyrir árin 2004 til 2016.



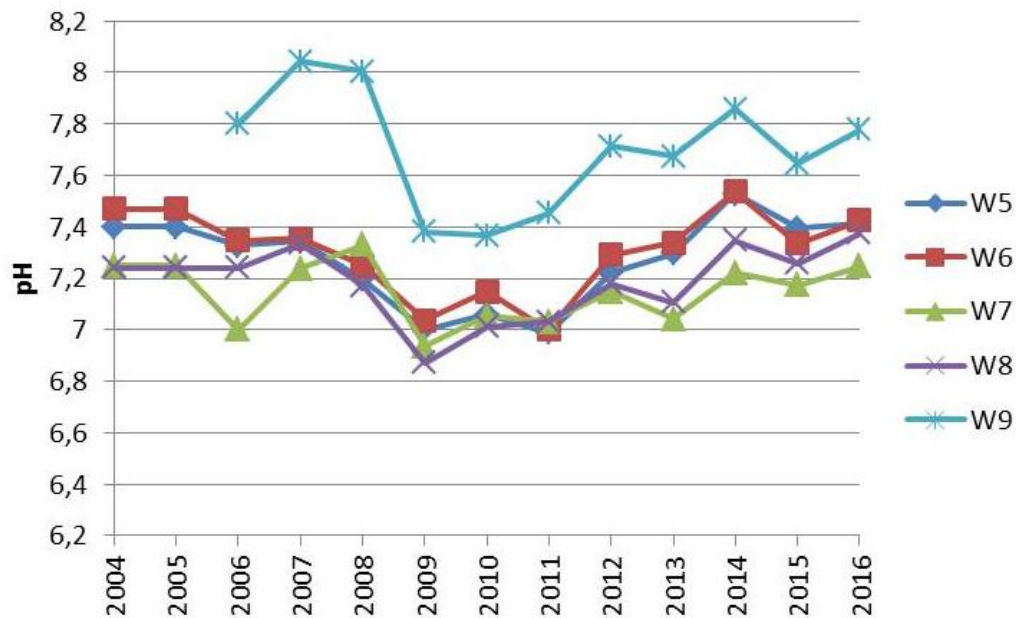
Mynd 63. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7-W9) fyrir árin 2004-2016.

6.2.2 Sýrustig (pH)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008) er tekið fram að neysluvatn skuli hafa sýrustig (pH) á bilinu 6,5 til 9,5. Heildarársmeðaltal sýrustigs vatns árið 2016 var pH 7,41, lítið breytt frá fyrra ári (2015 pH 7,31). Hæst mældist ársmeðaltalið í neysluvatnssýni úr gamla dæluskúrnum á Reyðarfirði, W9 (pH 7,78) og lægst í Olís á Reyðarfirði, W7 (pH 7,25). Ársmeðaltal sýrustigs í ám (W1-W4) var 7,39 og í neysluvatni (W5-W9) 7,45. Sýrustigsbreyting í ám og neysluvatni telst ekki veruleg á milli ára, en öll sýnatökusvæði nema eitt hækka lítillega frá 2015. Sýrustig allra sýna voru innan leyfilegra marka reglugerða, sjá mynd 64 og 65.



Mynd 64. Ársmeðaltöl af sýrustigi í árvatnssýnum fyrir árin 2004-2016.



Mynd 65. Ársmeðaltöl af sýrustigi í neysluvatni fyrir árin 2004-2016.

6.2.3 Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH efni)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008) 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. Niðurstöður fyrir heildarmagn PAH efnanna fjögurra fyrir árin 2006-2016 má sjá í töflu 13.

Tafla 13. Styrkur PAH efnanna benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren í vatnssýnum fyrir árin 2006-2016.

	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
2016	<0,0040	<0,0047	<0,0048	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0044	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0042

Niðurstöður á styrk allra PAH efna (PAH16) í vatnssýnum má finna í viðauka 16. Athugið að gildin eru gefin upp í ng/L þar.

6.2.4 Brennisteinn (súlfat)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008) eru gefin hámarksgildi súlfats í neysluvatni (250 mg SO₄/L), sem jafngildir styrk brennisteins í vatni 83,3 mg S/L og því lýst að vatnið má ekki vera tærandi.

Styrkur brennisteins breyttist ekki með afgerandi hætti á milli árána 2015 og 2016 (Tafla 14). Gildin í töflunni eru gefin upp í mg S/L, en þau eru öll langt undir hámarksgildi í neysluvatni. Greiningarmörk (LOD) brennisteins í vatni eru 0,005 mg S/L og magngreiningarmörk 0,017 mg S/L.

Tafla 14. Meðalstyrkur súlfats (mg/L) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni í fjórum sýnatökuferðum árin 2010-2016 (tveimur til fjórum sýnatökuferðum fyrir Grænavatn).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Árvatn	0,35	0,36	0,31	0,37	0,40	0,45	0,41
Neysluvatn	0,43	0,47	0,39	0,43	0,55	0,49	0,46
Grænavatn	0,33	0,6	0,56	0,36	0,59	0,50	0,49

6.2.5 Basarýmd (e. alkalinity)

Basarýmd (e. alkalinity) árvatnssýna og neysluvatns árið 2016 er sambærileg fyrra árs, 2015 (Tafla 15). Basarýmd vatnssýna frá Grænavatni hefur hins vegar hækkað á milli ára. Gildi eru gefin upp sem mg CaCO₃/L.

Tafla 15. Meðaltal basarýmdar (mg CaCO₃/L) í árvatni og neysluvatni árin 2010-2016 og í Grænavatni frá árinu 2012-2016.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Árvatn	15,3	16,3	13,0	13,6	11,8	13,5	15,5
Neysluvatn	20,9	22,3	18,2	18,3	20,4	18,5	18,7
Grænavatn			12,9	10,9	10,8	12,0	17,5

6.2.6 Leiðni

Leiðni árvatnssýna, neysluvatns og Grænavatns árið 2016 er sambærileg fyrra árs, 2015 (Tafla 16). Gildi eru gefin upp sem $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ekki var byrjað að mæla leiðni í yfirborðsvatni fyrr en árið 2013.

Tafla 16. Meðaltal leiðni í ám, neysluvatni og Grænavatni árin 2013-2016.

$\mu\text{S}/\text{cm}$	2013	2014	2015	2016
Árvatn	36,9	42,0	43,2	43,9
Neysluvatn	51,3	63,0	55,2	54,7
Grænavatn	33,8	41,7	36,5	34,8

Niðurstöður allra efnamælinga í vatnssýnum fyrir árið 2016 má finna í viðauka 16.

7 Búfénaður

7.1 Inngangur

Vegna hárs styrks flúors í grasi sumarið 2012 var ákveðið í samráði við Umhverfisstofnun og Matvælastofnun að kanna áhrif þess á búfénað 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 búfénaði í sama tilgangi. Styrkur flúors í kjálkum sauðfjár hafði einnig verið mældur árið 2006 svo grunnildi þeirrar vöktunar eru til staðar.

Sjónrænt mat á mögulegum einkennum flúoreitrunar á lifandi búfénaði byggði á mælikarða NRC 1974 (National Research Council) sem felur í sér bæði sjónrænt mat og þreifingu tanna (Livesey & Payne, 2011). Kvarðinn er fimm þrepa, þar sem 1 merkir engar breytnigar og 5 alvarlegar breytingar. Hér á eftir verður fjallað um helstu niðurstöður sjónrænnar skoðunar á lifandi búfénaði og rannsókna á kjálkum úr sláturfé árið 2016. Samantektin er unnin upp úr skýrslum sérfræðinga sem finna má í viðauka 17 (Eyrún Arnardóttir, 2017) og 18 (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2017).

7.2 Niðurstöður

7.2.1 Sjónræn skoðun á lifandi búfénaði

Dýralæknir skoðaði hesta og kindur í Reyðarfirði dagana 29. nóvember 2016 og 1. febrúar 2017. Sauðfé var skoðað í lok árs 2016 en ekki reyndist unnt að skoða hross í sömu skoðunarferð þar sem þau voru þá úti. Hrossin voru því skoðuð í byrjun árs 2017 en eru samt sem áður hluti af umhverfsvöktun ársins 2016. Engin hross voru skoðuð á Áreyjum þar sem erfitt var að nálgast þau. Í hesthúsahverfinu á

Reyðarfirði voru fjögur hross skoðuð sem höfðu verið skoðuð í fyrri skoðunum og voru enn á svæðinu. Á Sléttu voru skoðaðar 13 af þeim 16 kindum sem voru skoðaðar árið 2014, þær sömu og skoðaðar voru árið 2015, auk þess sem þremur kindum fæddum 2015 var bætt við (Eyrún Arnardóttir, 2017).

Öll dýr sem skoðuð voru virtust heilbrigð, í góðum holdum og sýndu ekki holti eða stirðleika í hreyfingum (Eyrún Arnardóttir, 2017). Tennur sauðfjár voru almennt heilbrigðar, þó fundust vafasamar breytingar á tönnum tveggja gripa en ekki er hægt að fullyrða að um áhrif af völdum flúormengunar sé að ræða. 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. Dýralæknir taldi ekki líklegt að kindurnar muni finna fyrir neikvæðum afleiðingum þessara tannskemmda en mælti þó með því að flúorstyrkur í beinum þeirra yrði mældur þegar þeim verður lógað (Eyrún Arnardóttir, 2017).

Tennur hrossa voru einnig almennt heilbrigðar, fyrir utan að tvö hross voru með brotna tönn. Í einu hrossi höfðu í síðustu skoðun fundist rákir á einu tannpari en þær voru ekki merkjanlegar í þessari skoðun (Eyrún Arnardóttir, 2017).

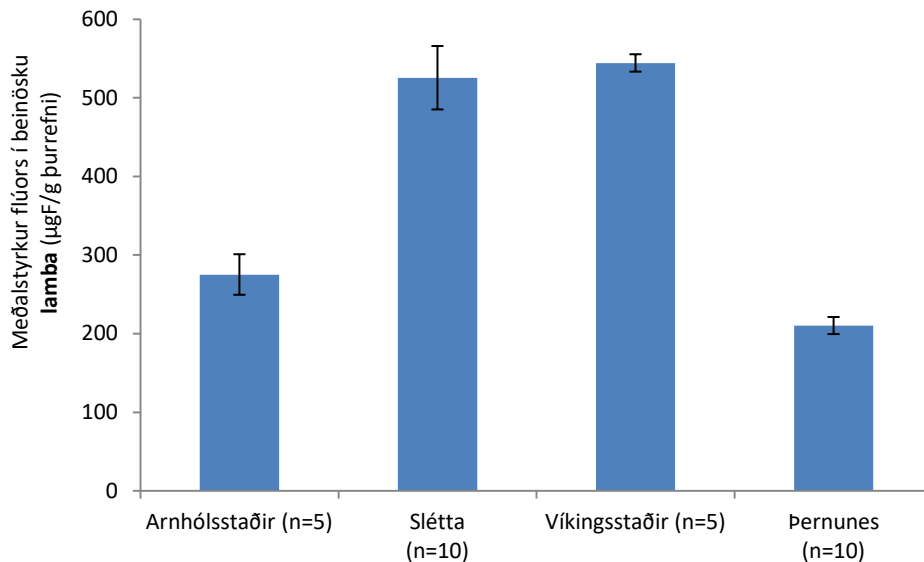
7.2.2 Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis

Hausum af sauðfé var safnað haustið 2016 frá nokkrum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði að sumarlagi, þ.e. Sléttu og Þernunesi í Reyðarfirði, Hallbjarnarstöðum 2 og Arnhólsstöðum í Skriðdal og Víkingsstöðum austanmegin við Lagarfljót. 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 Skriðdal gengur ekki allt í Reyðarfirði voru bændur beðnir um að velja handahófskennt úr fé sem talið var ganga í og við Reyðarfjörð. Alls voru 40 sýni skoðuð og efnagreind af fé sem gekk í Reyðarfirði, en ekki fengust sýni af fullorðnu fé nema frá bæjunum Sléttu og Hallbjarnarstöðum 2 (alls 10 sýni) en 30 sýni fengust af lömbum (10 frá Sléttu og Þernunesi og 5 frá Arnhólsstöðum og Víkingsstöðum). 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, 2017).

Flúorinnihald í kjálkabeinum var breytilegt eftir aldri dýra, bæjum og einnig var breytileiki meðal sýna frá sama bæ (Mynd 66 og Mynd 67).

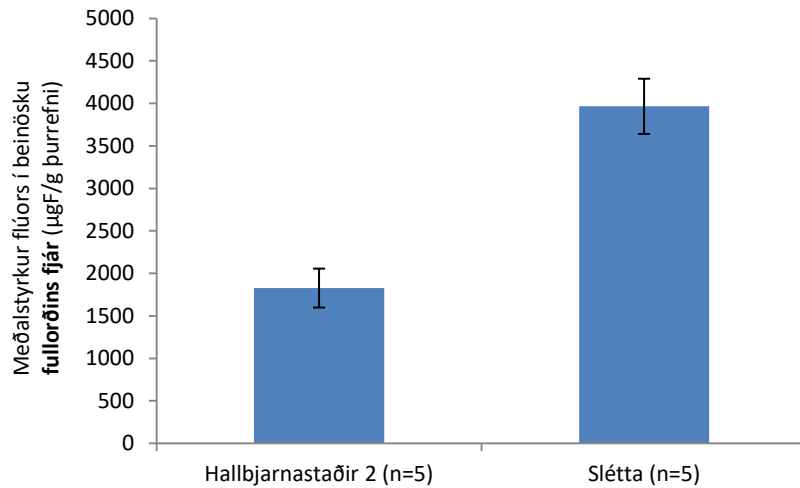
Eins og við var að búast mældist styrkur flúors í kjálkabeinum lamba lægri en í fullorðnu fé, en rannsóknir hafa sýnt fram á að flúormagn í beinum eykst með aldri (Livesey & Payne, 2011). Hærrí meðalstyrkur flúors mældist í kjálkabeinum lamba frá Víkingsstöðum (544 µg/g) og Sléttu (525 µg/g) en lægri í lömbum frá Þernunesi (210 µg/g) og Arnhólsstöðum (275 µg/g). Á Sléttu var að finna mesta breytileikann í styrk flúors milli sýna (302-710 µg/g) en minnsta breytileikann var að finna á Víkingsstöðum (517-570 µg/g). Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba var aðeins mældur í lömbum frá tveimur bæjum bæði árin 2015 og 2016, þ.e. frá Arnhólsstöðum og Sléttu (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2016, 2017). Meðalstyrkurinn lækkaði milli ára á báðum bæjum, um meira en helming á Arnhólsstöðum (-320 µg/g) og einnig töluvert á Sléttu (-115 µg/g). Meðalstyrkur flúors í

kjálkabeinum var einnig mældur í lömbum frá Víkingsstöðum og Þernunesi árið 2014 (Ólöf G. Sigurðardóttir, 2014) og styrkurinn lækkaði milli ára á báðum bæjum (Víkingsstaðir: -520 $\mu\text{g/g}$; Þernunes: -121 $\mu\text{g/g}$). Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði (389 $\mu\text{g/g}$) mældist miklu hærri en í kjálkabeinum lamba í viðmiðunarsýnum frá bæjum utan Austurlands (46 $\mu\text{g/g}$). Meðaltalsgildi flúors í beinösku lamba frá bæjunum Víkingsstöðum og Sléttu eru milli ellefu og tólfalt hærri en frá viðmiðunarbæjunum (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2017).



Mynd 66. Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá fjórum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2017).

Eðlilegt þykir að flúorgildi í beinum jörturdýra sé á bilinu 1000-1500 $\mu\text{g/g}$ (Livesey & Payne, 2011). Sýnataga af fullorðnu fé var ekki fullnægjandi en einungis 10 hausar af fullorðnu fé frá tveimur bæjum skiluðu sér. Hæsta flúormagn mældist í fullorðinni kind frá bænum Sléttu, 5054 $\mu\text{g/g}$. Einnig mældist hæsta meðaltal flúors á þeim bæ, 3965 $\mu\text{g/g}$. Meðaltal flúors í beinösku var meira en sexfalt hærri á Sléttu og nær þrefalt hærri á Hallbjarnarstöðum 2 samanborið við viðmiðunarbæina. Meðalaldur fullorðins fjár frá Sléttu er hár (7,8 ár) en meðalaldurinn var samt sem áður enn hærri árið 2015 (8,5 ár) þegar meðalstyrkurinn mældist lægri (3654 $\mu\text{g/g}$). Þessi flúorgildi eru áberandi há miðað við þau gildi sem mælt hafa hérlendis (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2017). Á Hallbjarnstöðum 2 var meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár 1827 $\mu\text{g/g}$ árið 2016 sem er lægra en árið áður (2060 $\mu\text{g/g}$), jafnvel þó meðalaldur árið 2016 (8,8 ár) hafi verið hærri en árið áður (7,3 ár) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2017).



Mynd 67. Styrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár á Sléttu og Hallbjarnarstöðum 2 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinssdóttur, 2017).

Árið 2006 mældist styrkur flúors í beinösku að meðaltali 720 µg/g í sauðfé frá Sléttu, 596 µg/g í sauðfé frá Þernunesi og 550 µg/g frá Kollaleiru. Aðeins var mældur flúor í beinösku fimm kinda frá hverjum bæ, aldur kinda frá Sléttu var ekki skráður en meðalaldur kinda frá Þernunesi var 6,5 ár og frá Kollaleiru 7,6 ár. Flúorgildi í sauðfé í Reyðarfirði áður en álver tók til starfa mældust undir viðmiðunargildum Livesey og Payne (2011) í öllum sýnum. Sýnin eru fá en niðurstöðurnar benda til þess að styrkur flúors í beinösku sauðfjár hafi hækkað frá því álverið tók til starfa. Sýni úr fullorðnu fé frá Sléttu voru tekin bæði árið 2006 og árin 2012-2016 og styrkur flúors var þrjú sinnum hærri árin 2012-2016 en árið 2006.

Öll lömbin voru við góða tannheilsu. Hvað varðar eldra féð þá mætti sýnasafnið vera stærra og betra. Tannheilsa kinda frá Reyðarfirði er í sumum tilfellum slæm en það á einnig við um kindur frá viðmiðunarbæjunum. Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2017) bendir á að mögulega séu sýnin af eldra fénu ekki valin handahólfkennt heldur sé féð valið í sláturhús vegna slæmrar tannheilsu. Þess vegna er erfitt að álykta um tannheilsu eldra fjár út frá þessum gögnum.

8 Samantekt og lokaorð

Í heild verður að telja að mengun í lofti í Reyðarfirði árið 2016 sé stöðug og svipuð og undanfarin 5 ár hvað varðar helstu mæliþætti eins og svífryk, brennisteins-tvíoxíð, flúor og PAH efni, ef undanskilin eru áhrif frá gosinu í Holuhrauni. Á þessum sömu árum er hins vegar verulegur breytileiki á innihaldi mengunarefna í úrkomu. Engu að síður má nefna að áætlað áfall megnunarefna vegna úrkomu virðist einnig sæmilega stöðugt þó árið 2013 skeri sig nokkuð úr.

Litlar breytingar urðu á þeim gildum sem mæld voru í vatnssýnum árið 2016 miðað við fyrri ár. Litlar breytingar sjást á ársmeðaltölum sýrustigs, brennisteins og basarýmdar í árvatni árið 2016, en gildin hafa haldist nokkuð stöðug undanfarin fimm ár. Sýrustig neysluvatns (pH 7,05) var sambærilegt árinu 2014 en hækkar lítillega m.v. gildi 2015. Einnig, sýrustig árvatns (pH 6,94) hækkar lítillega á milli ára. Ekki liggja fyrir gögn um styrk súlfats í ám fyrir 2010, né heldur um basarýmd Grænavatns fyrir 2012. Styrkur PAH efnasambandanna fjögurra í árvatni og neysluvatni er undir greiningarmörkum, en sú staða hefur haldist stöðug frá 2011, þrátt fyrir lækkun greiningarmarka í þeim mælingum.

Styrkur flúors í mest öllum gróðri var lægri árið 2016 en þegar að gildi mældust hæst árin 2012-2013 og gildin voru í mörgum tilfellum sambærileg gildum frá árinu 2010. Styrkur flúors mældist í flestum tilfellum hærra árið 2016 en árið 2015. Meðalstyrkur flúors í grasi var undir hámarksgildum fyrir jörturdýr á öllum stöðum utan þynningarsvæðis og undir hámarksgildum fyrir mjólkandi jörturdýr á 21 stöð af 27 utan þynningarsvæðis. Styrkur flúors í heyi var í öllum tilfellum undir hámarksgildum fyrir mjólkandi jörturdýr. Styrkur flúors í gróðri hefur hækkað umtalsvert frá því áður en álverið tók til starfa. Styrkur flúors í laufum rabarbara hefur aldrei mælst eins hár og hann gerði árið 2016.

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 meira áberandi árið 2016 en árið 2015.

Flúor í beinösku kjálka í sauðfé, bæði lömbum og fullorðnu fé, sem gengur í Reyðarfirði mælist hærrí en úr kjálkum af sauðfé sem gengur utan Austurlands. Í lömbum var munurinn að meðaltali áttfaldur en í fullorðnu fé tæplega fimmfaldur. Styrkur flúors í kjálkum hefur mælst breytilegur milli ára og milli bæja. Lægri gildi mældust þó í kjálkum lamba í ár samanborið við árið 2015. Sýni eru fá og lítið hægt að álykta um þróun á styrk flúors í kjálkabeinum þau ár sem hann hefur verið mældur en þó er ljóst að gildi hafa hækkað frá því álver tók til starfa. Sjónrænt mat kjálkanna 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. Í tveimur kindum sáust þó breytingar í tönnum sem mögulega gætu verið flúorskemmdir en ekki er hægt að fullyrða að svo sé. Í einu hrossi höfðu í síðustu skoðun fundist rákir á einu tannpari en þær voru ekki merkjanlegar í þessari skoðun

9 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 8. febrúar 2017.
- Alcoa Fjarðaál (2013). *Vöktunaráætlun*. Útbúið fyrir Umhverfisstofnun.
Reyðarfjörður: Álver Alcoa Fjarðaáls.
- 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 (2009). *External Environmental Monitoring. Fjarðaál-Alcoa Smelter Reyðarfjörður. Summary of activities in 2008 by Náttúrustofa Austurlands*. 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.
- Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed.
- Doley, D. (2010). Rapid quantitative assessment of visible injury to vegetation and visual amenity effects of fluoride. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 181-198.
- Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2016). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2015*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir og Hermann Þórðarson (2014). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 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, umhverfisvöktun 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). *Umhverfisvöktun í Reyðarfirði 2011. Gróður og yfirborðsvatn*. Unnið fyrir HRV. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.

- Eyrún Arnardóttir (2017). *Eftirlitsskýrsla –sjötta skoðun dýralæknis á grasbítum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem áttu sér stað á árunum 2012-2015. Skoðun framkvæmd á Sléttu og í hesthúsahverfi á Reyðarfirði*. 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.
- Hermann Þórðarson (2016). *Viðhald og kvörðun loftmælingastöðva. Skýrsla vor 2016 og skýrsla haust 2016*. Nýsköðunarmiðstöð Íslands, 6EM16021.
- 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 (2013). 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 mars 2017 á <http://www.lmi.is/wp-content/uploads/2013/10/Almskilm.pdf>
- Landmælingar Íslands (2015). Gjaldfrjáls vektor gögn IS50v 4.1 - 24122013 útgáfa. Sótt í desember 2015 á niðurhalssíðu LMÍ: <http://atlas.lmi.is/LmiData/index.php>
- 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. *In Practice*, 33, 454-461.
- Matvælastofnun (2015). *Hvað er fóður?* Skoðað í febrúar 2017 á <http://www.mast.is/frettaflokkar/frett/2015/03/26/Hvad-er-fodur/>
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2008). *Válisti háplantna*. <http://www.ni.is/midlun/utgafa/valistar/plontur/valisti-haplantna> Skoðað 7. febrúar 2017.
- 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.

- 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 version 3.2.2). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Reglugerð um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkell 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 hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum nr. 265/2010.
- Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008.
- Reglugerð um (74.) breytingu á reglugerð nr. 340/2001 um eftirlit með fóðri.
- Sigurður H. Magnússon (2013). *Pungmálmur 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
- 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 (2016). *Mánaðaryfirlit Veðurstofu Íslands fyrir árið 2016*. Sjá <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.

Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2016). *Skýrsla varðandi flúormælingu beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið við Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.

Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2017). *Skýrsla fyrir árið 2016, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.

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

Gildi Alcoa Fjarðaáls: Heilindi · Árangur · Umhyggja

