

2019

UMHVERFISVÖKTUN



Fjarðaál
alcoa.is



Alcoa Fjarðaál Umhverfisvöktun 2019

Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands
og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál

 NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS		<input type="checkbox"/> Egilsstaðir <input checked="" type="checkbox"/> Neskaupstaður
Skýrsla nr: NA-200199	Dags (mánuður, ár): Apríl, 2019	Dreifing: Opin
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill):		Síðufjöldi: 73
Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2019		Fjöldi viðauka: 18
Höfundar, í starfrófsröð: Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir.		
Unnið fyrir: Alcoa Fjarðaál		
Samvinnuaðilar: Efnagreiningar, Nýsköpunarmiðstöð Íslands		
<p>Útdráttur:</p> <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. Umhverfisvöktunin árið 2019 fór fram samkvæmt vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun. Vöktunin nær til loftgæða, veðurs, gróðurs, yfirborðsvatns og búfánaðar.</p> <p>Gagnasöfnun: Upplýsingum um loftgæði og veður var safnað frá fjórum loftgæðastöðvum innan og utan þynningar-svæðis. Mælipættir í lofti eru: svifryk, flúor og brennisteinstvíoxíð. Ryki var safnað á síur og mælt í því flúor og fjölhringa 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. Sýni voru tekin af bláberjalyngi, fléttum, mosa, laufblöðum reynit-rjáa, kartöflum, salati, bláberjum og krækiberjum, heyi og furunálum var safnað. 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 görðum og mólendi til að kanna hvort plöntur bæru einhver merki sem líkst gætu skemmdum af völdum flúors.</p> <p>Vatni var safnað ársfjórðungslega og var sýrustigi, flúor, basaráymd, brennisteinn og leiðni mælt á sýnum. Einnig var styrkur fjölhringa arómatískra vetniskolefna mældur í októbersýnum. Dýralæknir skoðaði lifandi búfé í Reyðarfirði til að leggja mat á möguleg áhrif flúormengunar á tennur og heilbrigði þeirra. Jafnframt var styrkur flúors í kjálkum sauðfjár sem gekk í Reyðarfirði mældur og sjónrænt mat lagt á mögulegar tannskemmdir í kjálkum.</p> <p>Helstu niðurstöður: Árið 2019 var fremur votviðrasamt og kalt í flestum mánuðum í Reyðarfirði. Svifryk mældist í meðallagi árið 2019 og var heldur lægra en árið 2018. Árið 2019 mældist enginn dagur yfir heilsuverndarmörkum fyrir svifryk. Mæligildi brennisteinstvíoxíðs í lofti reyndust einnig í meðallagi. Enginn dagur mældist yfir heilsu- eða gróðurverndar-mörkum fyrir brennisteinstvíoxíðs. Mæligildi flúors voru með hærri móti en árs-meðal-tal gaskenns flúors og flúors í ryki árið 2019 var þó ívið lægra en árið 2018. Vetnisflúoríð (HF) fór aldrei yfir viðmiðunar-mörk í starfsleyfi utan þynningarsvæðis. Hæstu gildin mældust innan þynningarsvæðis og hafa aldrei mælst svo há. Styrkur fjölhringa arómatískra vetniskolefna (PAH) var töluvert hærri en undanfarin ár en teljast þó ekki há og lægri en umhverfismörk segja til um. Gildin hafa verið nokkuð stöðug með nátt-úru-legum breytileika. Brennisteinsstyrkur í úrkomu var í meðallagi árið 2019 en flúorgildi í úrkomu voru í hærri lagi en innan settra marka. Litlar breytingar voru á niðurstöðum mælinga í ár- og neyslumatssýnum samanborið við fyrri ár.</p> <p>Styrkur flúors í gróðri mældist í öllum tilfellum hærri innan þynningarsvæðis en utan. Í grasi var ársmeðaltal flúors svipað samanborið við 2018 bæði innan og utan þynningarsvæðis. Ársmeðaltal flúors í mosa og bláberjalyngi innan þynningar-svæðis hefur aldrei mælst svo hátt. Ársmeðaltal flúors var hærri utan þynningarsvæðis í bláberjalyngi og fléttum árið 2019 en 2018 en sambærilegt milli ára í mosa. Styrkur flúors í rabarbarastilkum, kartöflum og berjum var lágur. Styrkur þungmálma (blýs og kadmíums) í stilkum og blöðum rabarbara var undir viðmiðunarmörkum. Sýnileg ummerki um mögulegar skemmdir af völdum flúors í gróðri var helst að finna innan þynningarsvæðis. Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnum sumarið 2019 var undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr. Meðalstyrkur flúors var einnig undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jörturdýr á beitar-svæðum og túnum sunnan fjarðar en fyrir ofan þau norðan fjarðar. Búfánaður var almennt heilbrigður og engar sýnilegar flúorskemmdir. Styrkur flúors í kjálkum sauðfjár var breytilegur eftir bæjum og aldri sauðfjár. Styrkurinn í kjálkabeinum lamba sem ganga í Reyðarfirði mældist hærri en í kjálkabeinum lamba í viðmiðunarsýnum en öll lömbin voru við góða tannheilsu.</p>		
Lykilorð: Alcoa–Fjarðaál, gróðurrannsóknir, loftgæði, flúoríð, flúor, brennisteinstvíoxíð, sýrustig, PAH-efni, mosi, fléttur, rabarbari, kartöflur, reynitré, bláberjalyng, gras, búfé, krækiber, bláber, sjaldgæfar tegundir, trjávöxtur, vatn, Reyðarfjörður, álver, mengun, þungmálmar		
Yfirfarið: Guðmundur Sveinsson Kröyer hjá Alcoa Fjarðaál		ISBN / ISSN nr: ISSN 2547-7447 (rafræn útgáfa) ISBN nr 978-9935-9518-2-3 (rafræn útgáfa)

Efnisyfirlit

1	Inngangur	10
2	Loftgæði.....	11
2.1	Inngangur	11
2.1.1	Loftgæðamælingar á Reyðarfirði.....	11
2.1.2	Mælistöðvar og mælipættir.....	11
2.2	Mælingar og mæliaðferðir	12
2.3	Niðurstöður.....	13
2.3.1	Veðurgögn og veðurfar ársins	13
2.3.2	Svifryk, söfnun á síur (PM ₁₀ Hi-vol)	15
2.3.3	Brennisteinstvíoxíð í lofti	17
2.3.4	Flúor í lofti.....	19
2.3.5	Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH)	22
2.3.6	Efnainnihald í úrkomu	24
3	Efnamælingar í gróðri.....	29
3.1	Inngangur	29
3.1.1	Flúor og gróður	29
3.1.2	Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé	31
3.2	Aðferðir og sýnatökudagar	31
3.2.1	Sýnatökuaðferðir og framsetning niðurstaðna	31
3.2.2	Töluleg úrvinnsla.....	32
3.2.3	Gróðursýni, sýnatökudagar og efnamælingar	32
3.3	Niðurstöður.....	33
3.3.1	Gras.....	33
3.3.2	Mosi	37
3.3.3	Fléttur	40
3.3.4	Bláberjalyng	41
3.3.5	Reyniviður.....	43
3.3.6	Barrálar	44
3.3.7	Rabarbari	46
3.3.8	Kartöflur og grænmeti	48
3.3.9	Bláber og krækiber	50
3.3.10	Hey og fóðurkál.....	51
4	Sjónræn skoðun á gróðri	52
4.1	Sjaldgæfar tegundir.....	53
4.2	Garðaplöntur og tré	55
4.3	Gróður í rannsóknarreitum	57
5	Trjávöxtur	58
5.1	Inngangur	58
5.2	Niðurstöður.....	59
6	Yfirborðsvatn	60
6.1	Inngangur	60
6.2	Niðurstöður.....	61
6.2.1	Flúor.....	61
6.2.2	Sýrustig (pH).....	62
6.2.3	Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH efni)	63
6.2.4	Brennisteinn.....	64

6.2.5	Basarýmd (e. alkalinity)	64
6.2.6	Leiðni.....	64
7	Búfánaður.....	65
7.1	Inngangur	65
7.2	Niðurstöður	65
7.2.1	Sjónræn skoðun á lifandi búfánaði.....	65
7.2.2	Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis	66
8	Samantekt og lokaorð	69
9	Heimildir	71

Myndaskrá

1. mynd. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2019.	11
2. mynd. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2019	14
3. mynd. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, allar mælingar 2019.....	14
4. mynd. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, allar mælingar 2019.....	15
5. mynd. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, allar mælingar 2019.....	15
6. mynd. Svifryk, mánaðarmeðaltöl, allar stöðvar 2019.....	16
7. mynd. Svifryk, ársmeðaltöl 2005–2019.	16
8. mynd. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2019.	17
9. mynd. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005–2019.....	18
10. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO ₂ (µg/m ³), sem fall af vindátt 2019, allar stöðvar.	18
11. mynd. Flúor gaskenndur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2019 (mælingar á síur).....	20
12. mynd. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2019 (mælingar á síur).....	20
13. mynd. Flúor alls í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011–2019 (mælingar á síur).	21
14. mynd. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2019.....	22
15. mynd. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2005–2019.....	22
16. mynd. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2019.	23
17. mynd. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2019.....	24
18. mynd. Úrkoma í mánuði (mm, alls), allar stöðvar 2019.	25
19. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2019.	25
20. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005–2019.....	26
21. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2019.	27
22. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2019.....	27
23. mynd. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2019.....	28
24. mynd. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006–2019.	29
25. mynd. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2019.....	33
26. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2019.....	34
27. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005 (grunnildi, meðaltal af tveimur sýnatökum sem farnar voru, ein hvort ár) og 2014–2019.	35
28. mynd. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2019 upp í fimm ólík svæði	36
29. mynd. Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2019, skipt upp eftir svæðum.....	36
30. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi eftir svæðum í Reyðarfirði árin 2004–2005 (grunnildi, meðaltal af tveimur sýnatökum sem farnar voru, ein sitt hvort árið) og 2014–2019	37
31. mynd. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2019 í fimm svæði.....	38
32. mynd. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí og ágúst 2019	38

33. mynd. Meðalstyrkur flúors í mosa eftir svæðum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2014 til 2019.	39
34. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2008 til 2019	39
35. mynd. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí og ágúst 2019.	40
36. mynd. Meðalstyrkur flúors í fléttum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2014 til 2019 eftir svæðum.. ..	40
37. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af fléttum innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2014 til 2019.	41
38. mynd. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí og ágúst 2019.	42
39. mynd. Meðalstyrkur flúors í bláberjalaufum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2014 til 2019 eftir svæðum.. ..	42
40. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af laufum bláberjalyngs innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2014 til 2019.	43
41. mynd. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrija í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2019.	43
42. mynd. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitrija (ásamt staðalskekkju) árin 2004 og 2014–2019 í Reyðarfirði.	44
43. mynd. Sýnatökustaðir barnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nýjum barnálum (CN).	44
44. mynd. Sýnatökustaðir barnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barnálum frá fyrra ári (CP, 2018)	45
45. mynd. Ársmeðaltal flúors í barnálum (ásamt staðalskekkju) árið 2004 og árin 2014 til 2019 í Reyðarfirði.	45
46. mynd. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum (V).	46
47. mynd. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004–2005 (meðaltal beggja áranna) og árin 2014 til 2019 í Reyðarfirði.	47
48. mynd. Sýnatökustaðir kartafla og salats (innan þéttbýlis) í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflugrösom sumarið 2019.	49
49. mynd. Ársmeðaltal flúors í kartöflum og kartöflugrösom á þremur til fjórum sýnatökustöðum sumrin 2004 (bakgrunnsgildi) og 2008 til 2019	49
50. mynd. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2019. Tekið var eitt sýni á hverri stöð.	50
51. mynd. Styrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2014–2019 í Reyðarfirði.	51
52. mynd. Styrkur flúors í heysýnum m.v 0% rakainnihald sem tekin voru 10. október 2019.	52
53. mynd. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júlí 2019 í Reyðarfirði.	54
54. mynd. Þynniros af neðra svæði (t.v.) og af efra svæði (t.h.) í júlí 2019 í Reyðarfirði.	54
55. mynd. Aronsvöndur (t.v.) og stóriburkni (t.h.) með skemmdum endum í júlí 2019 í Reyðarfirði.	55
56. mynd. Flúorlíkar skemmdir og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á gulvíði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í júlí 2019.	55

57. mynd. Dauðir blaðendar og dökkt band á sigurskúf (t.v.) og gulnun í jöðrum blaða á hvönn (t.h.) við Framnes í Reyðarfirði í júlí 2019.	56
58. mynd. Flúorlíkar skemmdir á laufum reynis í kirkjugarðinum á Reyðarfirði í júlí 2019.	57
59. mynd. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust í 10 stöðvum sumarið 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).	57
60. mynd. Flúorlíkar skemmdir á kornsúru við stöð 1.	58
61. mynd. Trjámælireitir í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árið 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).	59
62. mynd. Meðalársvöxtur stafafuru (blátt) í níu trjámælireitum og bergfuru (rautt) á einum trjámælireit í Reyðarfirði tímabilið 2003–2019.	60
63. mynd. Meðalvöxtur stafafuru (blátt) og bergfuru (rautt) á hverri staðsetningu árið 2019.	60
64. mynd. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1–W4) og neysluvatnssýna (W5–W9) auk Grænavatns (W10) (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	61
65. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnssýnum (W1–W4) og Grænavatni (W10) fyrir árin 2006 og 2015–2019.	62
66. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7–W9) fyrir árin 2006 og 2015–2019.	62
67. mynd. Ársmeðaltöl af sýrustigi í árvatnssýnum fyrir árin 2006 og 2016–2019.	63
68. mynd. Ársmeðaltöl af sýrustigi í neysluvatni fyrir árin 2006 og 2015–2019.	63
69. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá sex bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum.	67
70. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengur í Reyðarfirði árin 2012–2019.	67
71. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár frá sex bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum.	68
72. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012–2019).	69

Töfluskra

1. tafla. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2019 aftur til ársins 2006.....	13
2. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árin 2013 – 2019.	48
3. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árin 2013 – 2019.	48
4. tafla. Styrkur PAH í vatnssýnum fyrir árin 2006 og 2015–2019.....	64
5. tafla. Meðalstyrkur brennisteins (mg S/L) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni árin 2015–2019.	64
6. tafla. Meðaltals basarýmd ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni árin 2015–2019.	64
7. tafla. Meðaltals leiðni ($\mu\text{S/cm}$) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni árin 2015–2019.	65

Viðaukaskrá

- Viðauki 1. Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í loftgæðastöðvum 2019.
- Viðauki 2. Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2019.
- Viðauki 3. Niðurstöður mælinga á PAH-16 í svifrykssíum árið 2019.
- Viðauki 4. Niðurstöður efnagreininga í úrkomu árið 2019.
- Viðauki 5. Samantekt hágilda á flúor, brennisteinstvíoxíði og svifryki í lofti árið 2019.
- Viðauki 6. Samanburður veðurfarsþátta í Reyðarfirði og sýnatökudaga sumarið 2019.
- Viðauki 7. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í grasi fyrir árið 2019.
- Viðauki 8. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í mosa, fléttum og bláberjalaufi fyrir árið 2019.
- Viðauki 9. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í laufum reyniviðar árið 2019.
- Viðauki 10. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í barrnállum árið 2019.
- Viðauki 11. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í rabarbara, kartöflum og salati auk niðurstöða mælinga á styrk þungmálma í rabarbara árið 2019.
- Viðauki 12. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í bláberjum og krækiberjum árið 2019.
- Viðauki 13. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í heysýnum árið 2019.
- Viðauki 14. Skrá yfir allar ljósmyndir teknar í Reyðarfirði árið 2019.
- Viðauki 15. Niðurstöður mælinga á ársvesti furu í Reyðarfirði 2019 ásamt samantekt fyrri ára.
- Viðauki 16. Niðurstöður efnamælinga í vatnssýnum árið 2019.
- Viðauki 17. Sjónræn skoðun á búfénaði í Reyðarfirði 2019. 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 2019.

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.

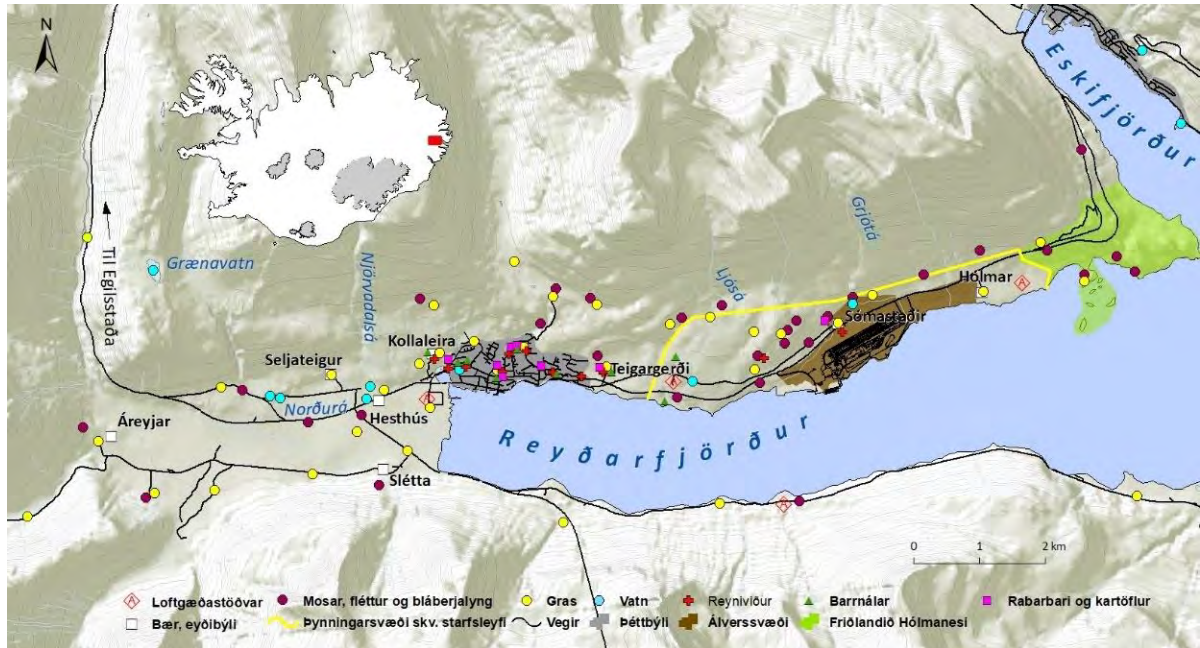
Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi álversins veldur (Umhverfisstofnun, 2010).

Umhverfisvöktuninni árið 2019 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 búfénaði auk efnagreininga og sjónræns mats á kjálkum sauðfjár

Árið 2019 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 fjölhringa aromatískum vetniskolefnum (PAH) í vatni voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi. Mynd 1 sýnir yfirlit yfir alla fasta vöktunarstaði umhverfisvöktunarinnar árið 2019. Ekki eru sýndar staðsetningar bæja utan Reyðarfjarðar þar sem sýnum af sláturfé var safnað til mælinga á flúor í kjálkum.

Hér eru birtar niðurstöður úr öllum verkþáttum í umhverfisvöktuninni árið 2019. Niðurstöður eru bornar saman við niðurstöður fyrri rekstrarára álversins sem og viðmiðunarmörk þar sem það á við. Í fyrsta kafla er farið yfir bakgrunn og tilgang umhverfisvöktunar álvers Alcoa Fjarðaáls og hverjir koma að henni. Í köflum tvö til sjö eru birtar niðurstöður vöktunar á loftgæðum og veðurfari, gróðri, yfirborðsvatni og búfénaði. Að lokum eru helstu niðurstöður 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.



1. mynd. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

2 Loftgæði

2.1 Inngangur

2.1.1 Loftgæðamælingar á Reyðarfirði

Fjallað er um niðurstöður loftgæðamælinga fyrir árið 2019. Mælingar þessar eru hluti af umhverfisrannsóknnum vegna álvers Alcoa Fjarðaáls í Reyðarfirði. 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 var fjölgað úr þremur í fjórar. Mælistöðvarnar (1–4) eru sem hér segir: Stöð 1 er á Hjallaleiru sunnan og vestan við Búðareyri gegnt gámastöð, stöð 2 er á gamla urðunarstaðnum við Ljósá milli Búðareyrar og Sómastaða, stöð 3 er á Hólum um 1 km austan við bæjarhúsin og stöð 4 er á Miðstrandareyri sunnan fjarðarins gegnt Sómastaðalandi, þar sem nú er álver Alcoa Fjarðaáls (1. mynd).

Mælipættir í lofti eru: Svifryk, flúoríð og brennisteinstvíoxíð og PAH sambönd. Brennisteinstvíoxíð mælar eru sjálfvirkir og frá þeim er skráð meðaltal á tíu mínútna fresti. Flúor er safnað á síur í 1 dag og 5 daga á víxl. Svifryki er safnað á 6 daga fresti á síur, sólarhring í senn. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki og PAH sambönd, alls 48 mælingar árlega. Úrkomu er safnað og fylgst með pH vikulega. Einnig er mælt klóríð, brennisteinn og flúor í einu úrkomusýni (vikusýni) í hverjum mánuði frá hverri stöð. Vind- og veðurgögnum (10 mín. meðaltöl) er safnað á öllum stöðvum, þ.e. vindátt, vindhraða, hitastigi, rakastigi og úrkomumagni.

Rekstur búnaðar gekk ágætlega og lítið vantar í mæliraðir, utan þess að á síðasta hluta ársins varð ófært að stöð 3, þegar vegarslóði grófst í sundur á nokkrum stöðum vegna vatnavaxta. Gögn hættu að berast frá stöðinni þann 21. nóvember, 2019.

2.2 Mælingar og mæliaðferðir

Varðandi mæliaðferð á svifryki og mælingar á brennisteinstvíoxíði er vísað í handbækur með mælitækjum sem notuð eru og kvörðunarskýrslur (Hermann Þórðarson, 2019). 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 (PM₁₀).

Skilgreiningar

Svifryk PM₁₀	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 í náttúrulegu ástandi er yfirleitt á formi flúoríðs, getur verið sem gastegundin vetnisflúoríð, HF eða sem rykkennd sölt eða steindir, s.s. CaF₂. Í skýrslunni er flúor mældur og gefinn upp sem flúorhlutinn eingöngu, nema þar sem starfsleyfi krefst samanburðar og umreiknings til gaskennds vetnisflúoríðs (HF).

Flúor rykkenndur	Flúor sem mælist sem rykkenndur eða bundinn ryki.
F gaskenndur	Flúor sem mælist gaskenndur og óbundinn 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.)
SO₂	Brennisteinstvíoxíð
PAH	Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (polycyclic aromatic hydrocarbons).
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 SO₂ 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 lítils háttar leiðréttingar af þessu tagi á núllstöðu mælinga SO₂ árið 2019.

2.3 Niðurstöður

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

2.3.1 Veðurgögn og veðurfar ársins

Meðalhiti á Reyðarfirði árið 2019 mældist 4,1°C og meðalvindhraði 4,2 m/s. Hitastigsmeðaltalið er með lægsta móti, aðeins 2015 hefur mælst kaldara frá árinu 2006. Vindur var í tæpu meðallagi. Árið var nokkuð úrkomusamt, febrúar, mars og apríl voru votviðrasamir og einnig september, október og desember (1. tafla).

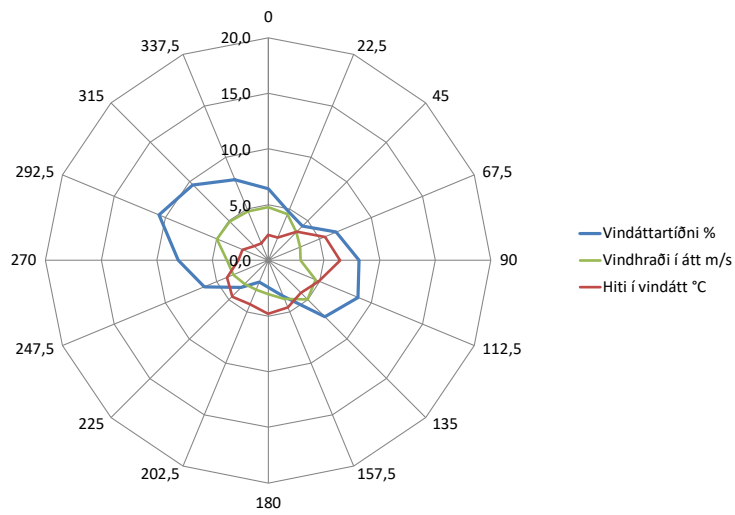
1. tafla. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2019 aftur til ársins 2006.

Veðurgögn meðaltöl						
	Ár	Meðalhiti	Meðal-	Ár	Meðalhiti	Meðal-
		°C	vindhraði		°C	vindhraði
			m/s			m/s
Reyðarfjörður allar stöðvar	2019	4,1	4,2	2012	4,2	4,4
	2018	4,7	4,0	2011	4,5	4,6
	2017	4,7	4,1	2010	4,1	4,0
	2016	4,8	4,0	2009	4,6	4,1
	2015	4,0	4,6	2008	4,3	4,2
	2014	5,3	4,0	2007	4,4	5,2
	2013	4,3	4,2	2006	4,7	4,3

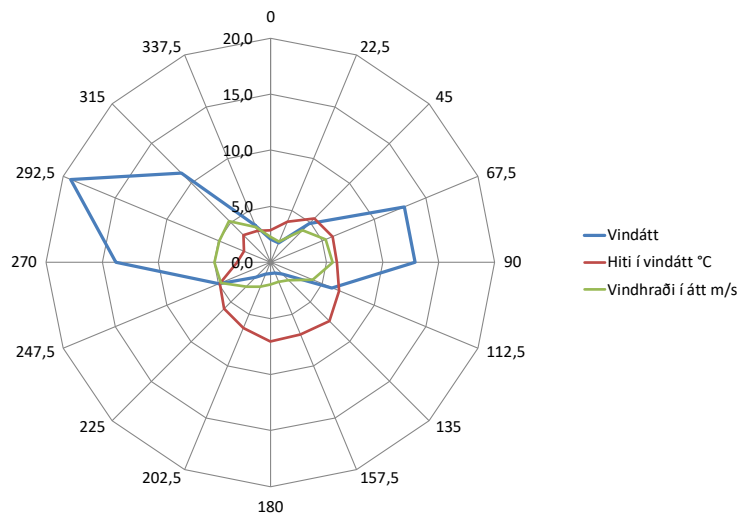
Í heild var árið 2019 gott á landinu, hiti yfir meðallagi og langir góðveðurskaflar einkenndu vorið og sumarið sunnanlands, en svalara og úrkomusamara var þá norðanlands og austan. Haustið var sveiflukenndara bæði í hlýindum og úrkomu. (Veðurstofa Íslands, 2019).

Vindrós í Reyðarfirði er einkennandi fyrir innlögn og útlögn í firðinum, austan- og vestan-áttir eru langalgengastar og ráðandi 75% af tímanum. Sjá má vindrósir frá mælistöðvunum fjórum á myndum 2–5 hér undir. Sjá má að megindrættir eru svipaðir á öllum stöðvum þó vindáttir fylgi svolítið landslagi á hverjum stað. Einnig að jafnan er hlýjast í suðaustanáttinni að meðaltali og álíka hvasst er í innlögn sem útlögn í firðinum. Svalast er að jafnaði við fjarðarbotninn á stöð 1 við Hjallanes en hlýjast á stöð 3 í landi Hólma .

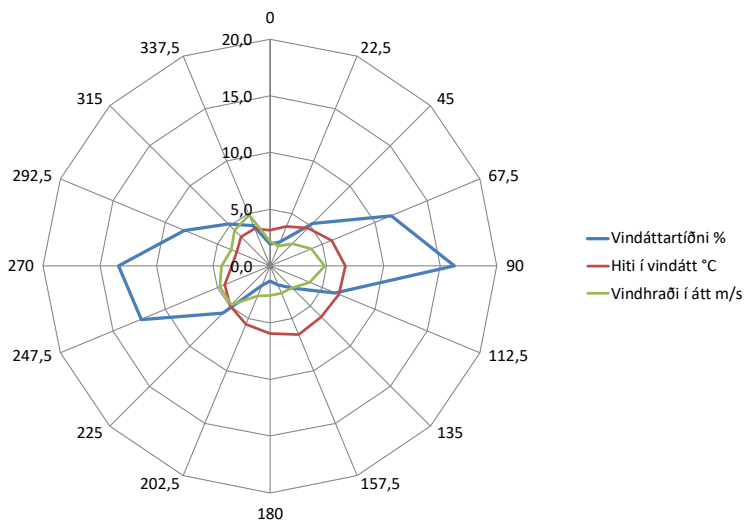
Úrkoma mælist mest á stöð 4 sunnan megin fjarðar og þar er lygnast en hvassast er við stöð 2 á melnum milli Hellulækjar og Ljósár.



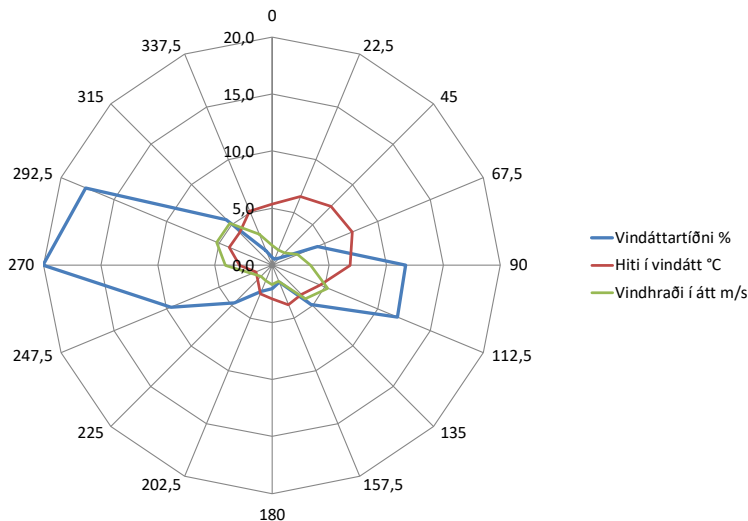
2. mynd. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2019 (10 mín).



3. mynd. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, allar mælingar 2019 (10 mín).



4. mynd. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, allar mælingar 2019 (10 mín).



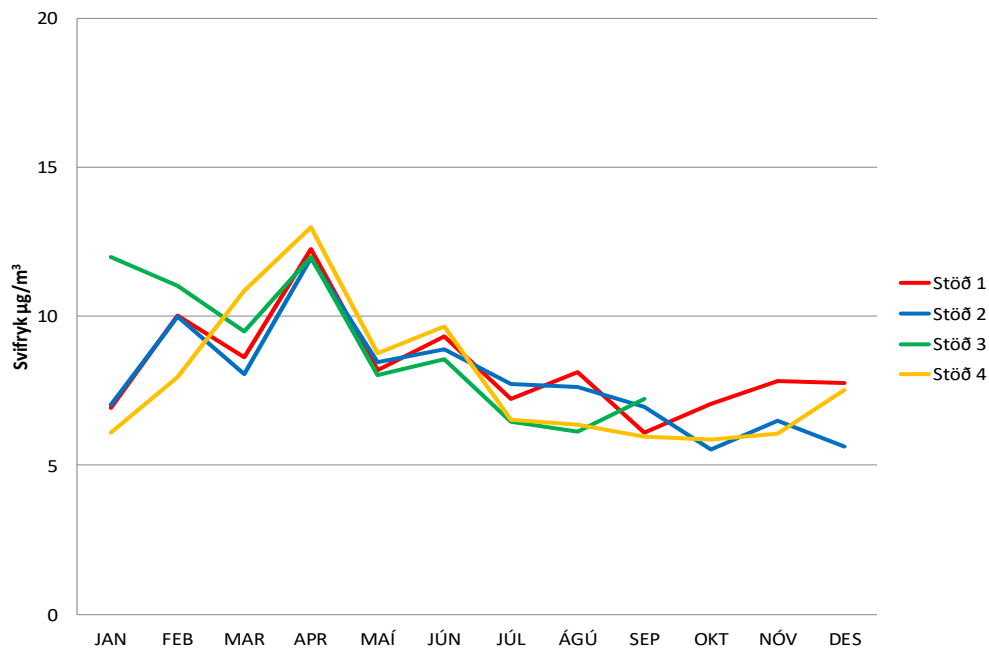
5. mynd. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, allar mælingar 2019 (10 mín).

2.3.2 Svifryk, söfnun á síur (PM₁₀ Hi-vol)

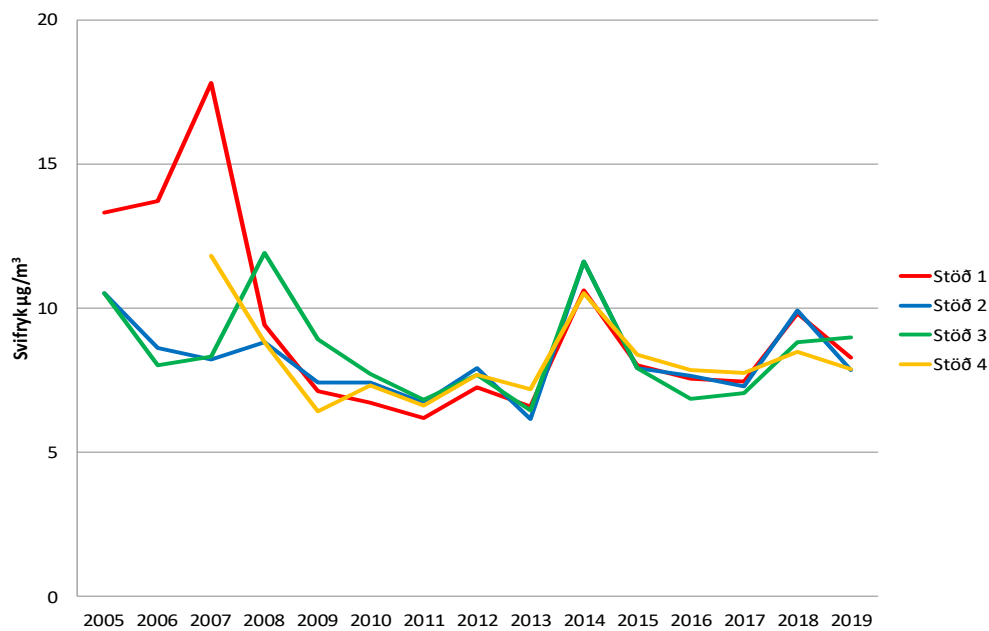
Svifryki er safnað á sex daga fresti á síur, sólarhring í senn. Mæld mánaðarmeðaltöl ársins 2019 ásamt ársmeðaltölum stöðvanna árin 2005 til 2019 eru sýnd á 6. og 7. mynd.

Heildarmeðaltal svifryks mældist 8,2 µg/m³ og heldur lægra en árið áður. Þetta er lítillega hærra en á árabílinu 2009–2013 þegar svifryk var með lágsta móti (5 ára heildarmeðaltal 7,1 µg/m³). Dagar þar sem svifryk fór yfir heilsuverndarmörk (50 µg/m³-dag) mældist enginn á árinu.

Framan af ári var heldur meiri svifryksmengun og aprílmánuður hæstur í svifryki. Úrkoma var í minna lagi í maí til ágúst en það skilaði sér ekki í auknu svifryki. Þess ber að gæta að sýnataka er sjötta hvern dag og getur verið nokkuð misjafnt hvernig hittir á veður. Rykgildi vantar frá stöð 3 síðasta hluta ársins þegar ekki var fært að stöðinni, en svifryk getur verið hærra á þeirri stöð yfir vetrarmánuðina, þegar útlögn er algengari en innlögn. Ekki mældist mikill munur á meðaltali á stöðvunum (6. mynd).



6. mynd. Svifryk, mánaðarmeðaltöl, allar stöðvar 2019.



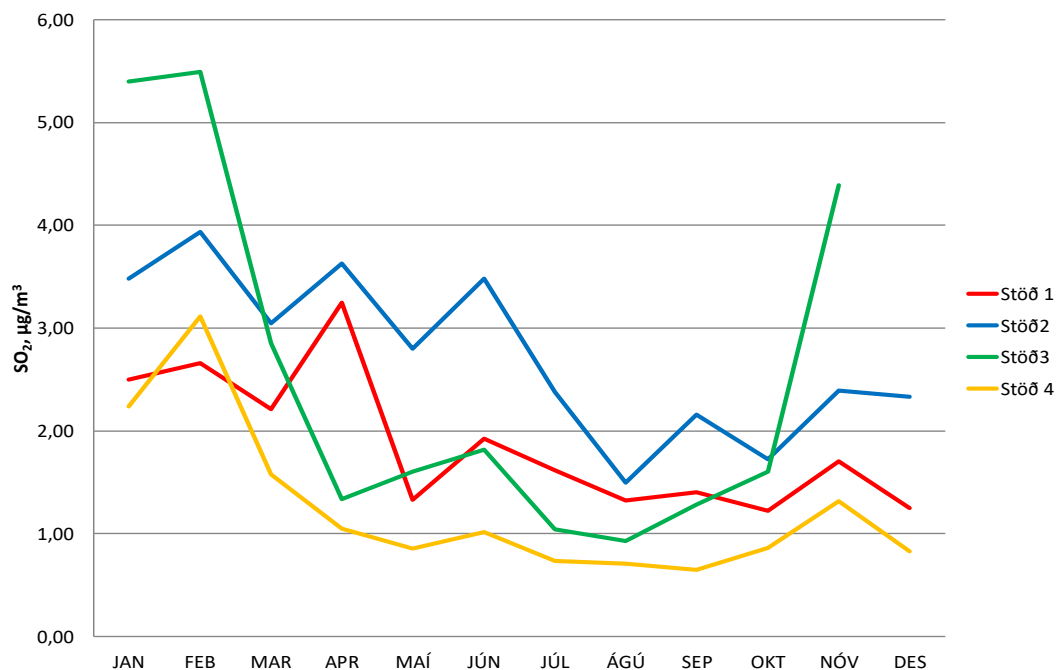
7. mynd. Svifryk, ársmeðaltöl 2005–2019.

Þrjár meginástæður hafa verið fyrir hærra svifryki, sum árin í Reyðarfirði hafa verið þurrviðri, framkvæmdir s.s. við vegagerð og byggingar og svo öskufall frá eldgosum. Þá kann svifryk af hálendinu að leggja til svifryks í Reyðarfirði. Fyrstu árin sem mælt var (2005–2008) mældist svifryk nokkuð hátt í Reyðarfirði vegna framkvæmda. Árið 2014 gætti öskuryks frá eldgosi í Holuhrauni. Árið 2018 mældist svifryk með hærra móti og tilfallandi rok af hálendinu skýrði það að hluta (7. mynd).

Árið 2019 má teljast í meðallagi og innan eðlilegs breytileika. Tveir dagar skera sig nokkuð úr, 14. apríl og 25. júní voru svifryksgildi á stöðvunum allhá víðast hvar. Þann 14. apríl var stíf austan stinningsgola eða kaldi allan daginn og svifrykið um $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 1 og 2, en lægst á stöð 3 eða um $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Viðvarandi hvass vindur getur þyrlað upp ryki og kann að hafa valdið þessu. Þann 25. júní var hins vegar mikið hægviðri og breytileg átt og gildi mældust um $26\text{--}28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á öllum stöðvum. Þarna gæti logn og þurrkur hafa stuðlað að því að ryk hefur setið lengi í loftinu.

2.3.3 Brennisteinstvíoxíð í lofti

Mánaðarmeðaltöl á SO_2 í lofti má sjá á 8. mynd hér undir.



8. mynd. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2019.

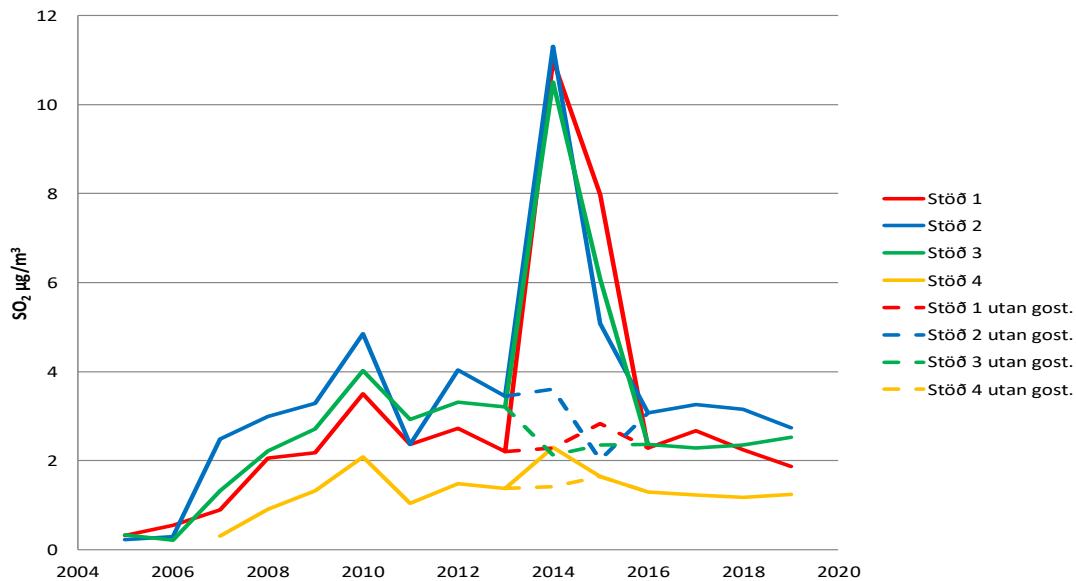
Mánaðarmeðaltöl brennisteinstvíoxíðs fylgja nokkuð hefðbundnu sniði, meginsveiflur fylgjast nokkuð að á stöðvunum og hæst mælist á stöð 2 að jafnaði og lægst á stöð 4 sunnan fjarðar. Mælingar á stöð 3 geta fylgt nokkuð öðru sniði en á hinum þremur, þar sem hún er austan megin álversins og þar mælist oft hærra að vetri til þegar útlögn er algengari en innlögn. Gögn vantar frá stöð 3 síðasta hluta ársins, eða frá 22. nóvember.

Meðaltöl brennisteinstvíoxíðs á árinu 2019 reyndust svipuð og mörg undanfarin ár eða alveg frá árinu 2011 ef gostímabilið á árunum 2014 og 2015 (þegar mengunar frá gosinu í Holuhrauni gætti) er undanskilið. Á 9. mynd má sjá ársmeðaltöl á stöðvunum frá árinu 2005. Brotnar línur sýna meðaltölin ef gostímabilið er undanskilið.

Enginn dagur fór yfir gróðurverndarmörk ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) á árinu. Hæsta dagsgildi mældist $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 4 í stillu eða breytilegum andvara þann 28. febrúar. Hæstu dagsgildi á stöð 1 ($21 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og stöð 2 ($33 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og stöð 3 ($34 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mældust sama dag.

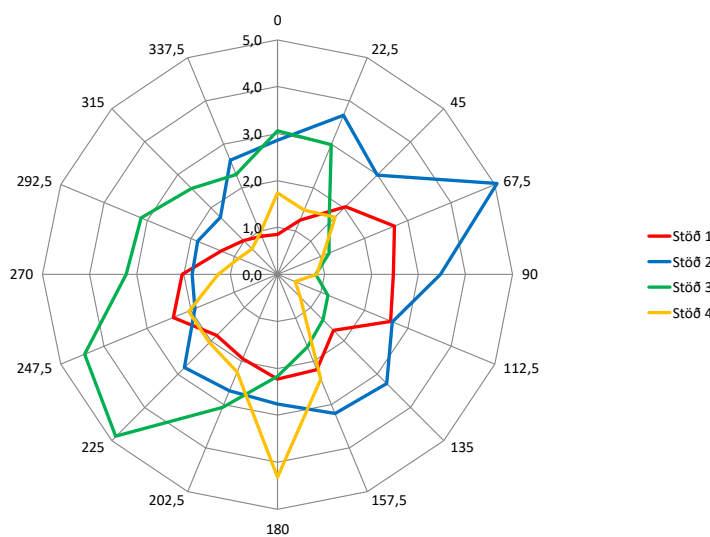
Hæsta klukkustundargildi mældist $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 4 í hægum breytilegum austan andvara þann 28. febrúar klukkan 03:00 að nóttu. Á stöð 3 mældist hæsta klukkustundargildi $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ þann 1. janúar klukkan 20:00 í vestlægum andvara. Á stöð 2

mældist klukkustundargildi hæst $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ klukkan 14:00 þann 14. maí í austan stinnings-
 golu og nokkrum hlýindum. Á stöð 1 mældist hæsta klukkustundargildi $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ klukkan
 12:00 á hádegi þann 8. nóvember í breytilegum andvara og nokkru frosti. Öll gildin eru
 undir heilsuverndarmörkum ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



9. mynd. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005–2019.

Á 10. mynd má sjá meðalmæligildi brennisteinstvíoxíðs á öllum stöðvum sem fall af
 vindátt. Álverið er stór uppspretta SO₂ og hæstu gildi brennisteinstvíoxíðs mælast í
 suðvestanátt á stöð 3 og í austlægum áttum á stöð 2. Þá mældist hæsta meðaltal á stöð
 4 þetta árið í sunnanátt, sem verður að teljast sérstakt, en á sér eðlilegar skýringar. Þá
 mælist megnið af SO₂ á stöðinni þetta árið í vestanátt. Há gildi mælast þarna stundum í
 sunnanátt í miklu hægviðri og stafar bæði af mögulegri hringhreyfingu lofts innan fjarðar
 þegar loft leitar inn með norðurhlíð fjarðarins og út með honum sunnanverðum og/eða
 niðurslætti á lofti með suðurhlíðum fjarðarins, sem getur átt sér stað við hitahvörf í lofti
 sem eru nokkuð algeng í Reyðarfirði.



10. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), sem fall af vindátt 2019, allar stöðvar.

Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í stöðvum árið 2019 má sjá í viðauka 1.

2.3.4 Flúor í lofti

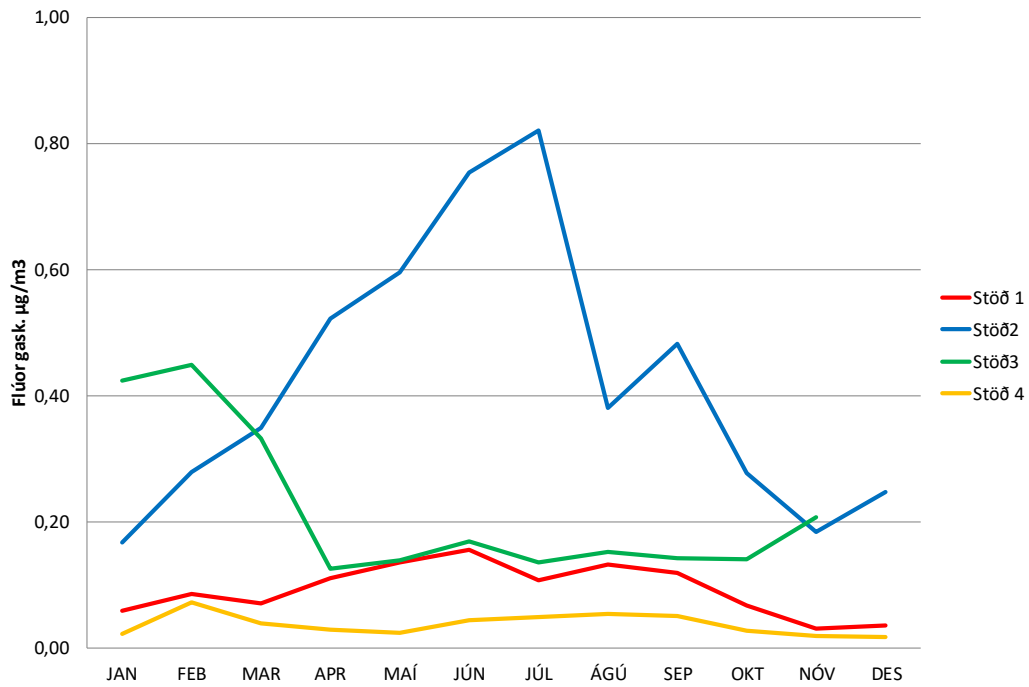
Mælingar á flúor í lofti eru gerðar með tvenns konar hætti:

- 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 mældur 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.

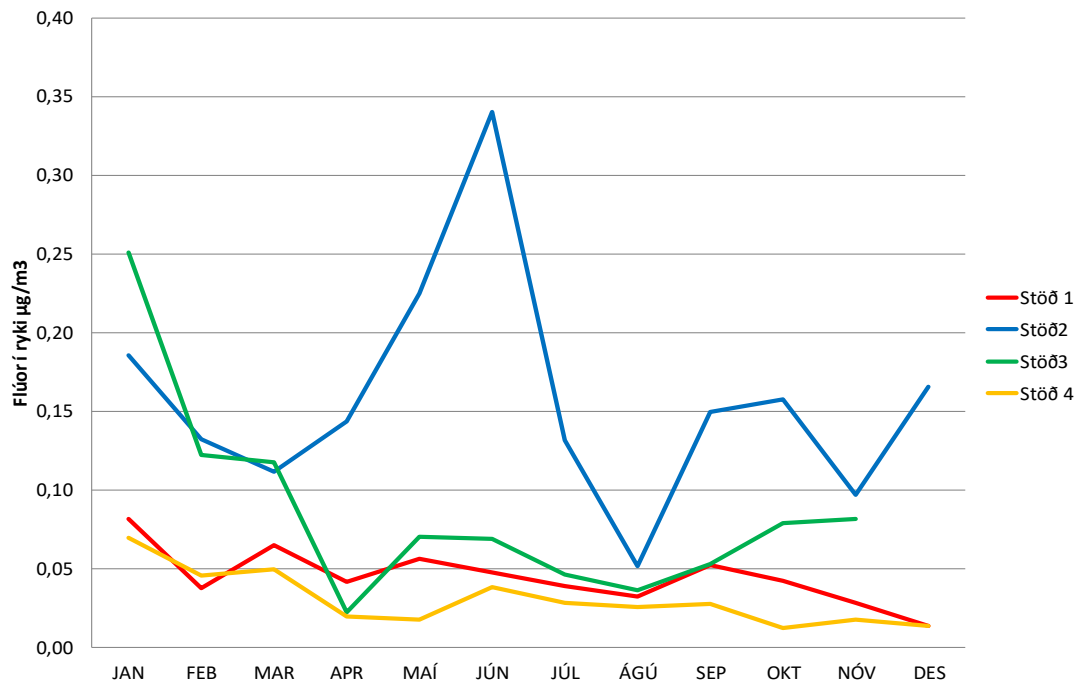
i) Flúor í lofti, safnað á 37 mm síur

Meðaltal flúors alls í lofti mældist $0,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og flúor gaskenndur $0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og er það ívið lægra en árið 2018 þegar meðaltalið mældist hærra en áður hafði mælst. Sjá má niðurstöður fyrir mánaðarmeðaltöl ársins á 11. og 12. mynd og samanburð við fyrri ár á 13. mynd. Flúor mælist allhár á stöð 2 alveg frá apríl fram í september. Flúor er svolítið breytilegur á hverri stöð yfir árið en yfirleitt hæstur á stöð 2, sérstaklega yfir sumar-tímenn þegar innlögn er algeng í Reyðarfirði. Hæsta einstaka dagsgildi fyrir gaskennt flúoríð mældist á stöð 2 eða $3,27 \mu\text{g F}/\text{m}^3$ þann 13. júlí í hægum austlægum andvara eða kuli. Hæsta dagsgildi fyrir flúor alls mældist $3,73 \mu\text{g F}/\text{m}^3$ á stöð 2 þann 11. júní í austangolu yfir daginn eftir andvarahæga nótt.

Viðmiðunarmörk í starfsleyfi fyrir gaskennan flúor reiknað 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 $0,15 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$ á þessu tímabili. Gildið á stöð 2 er hæst eða $0,62 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$ og vel yfir mörkunum, en sú stöð er innan þynningarsvæðis.

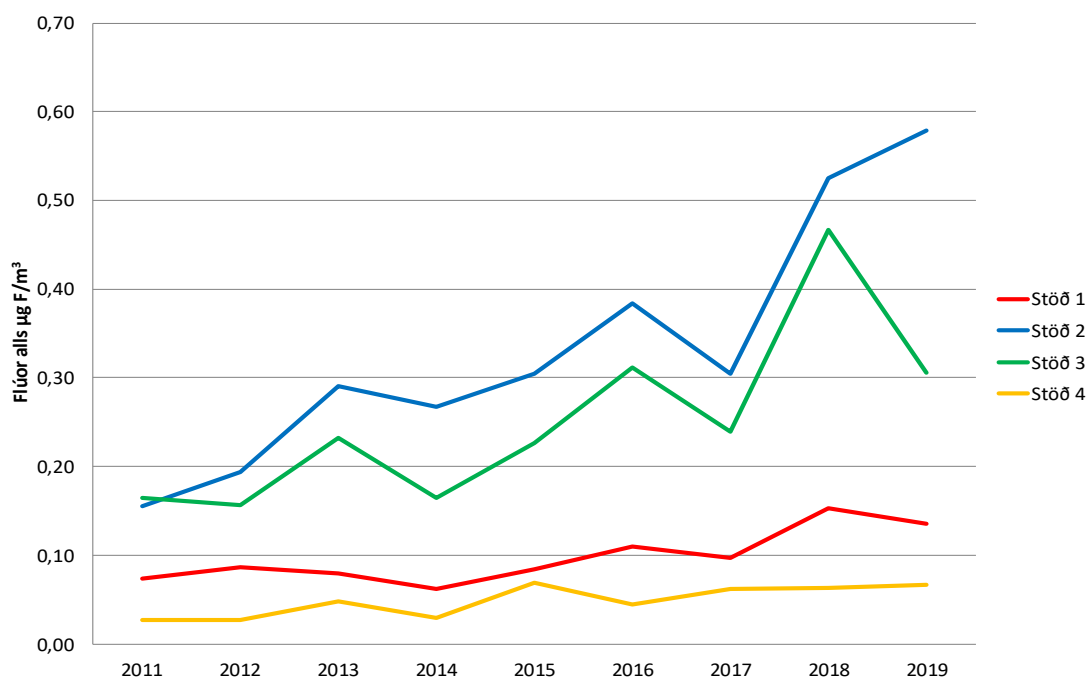


11. mynd. Flúor gaskenndur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2019 (mælingar á síur).



12. mynd. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2019 (mælingar á síur).

Flúor í ryki mældist hæstur á stöð 2 í maí og júní sem voru úrkomulitlir og sömuleiðis á stöð 2 og 3 í janúar þegar úrkoma var einnig í minna lagi.



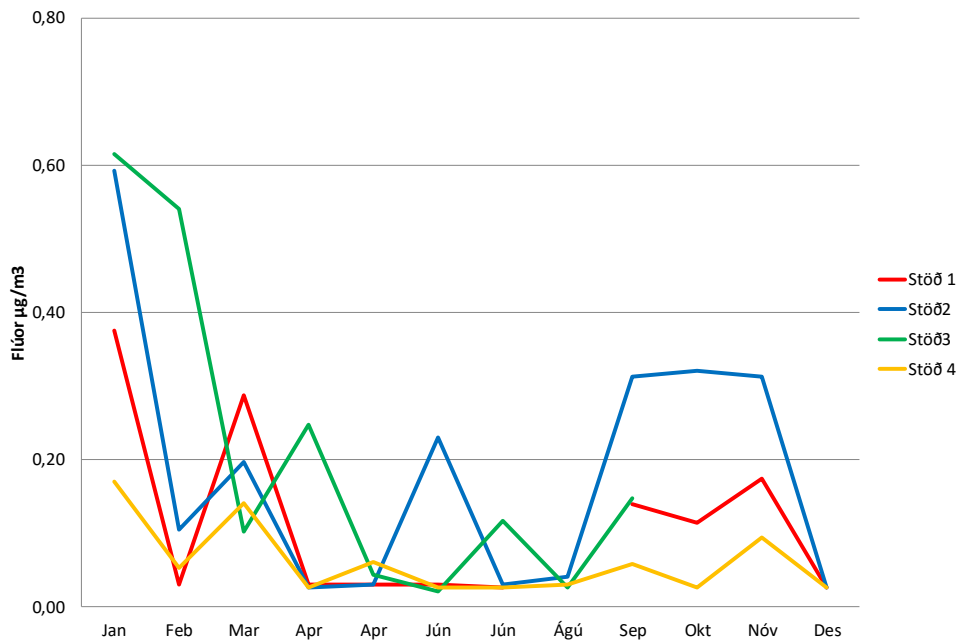
13. mynd. Flúor alls í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011–2019 (mælingar á síur).

Flúor í heild hefur ekki mælst hærra á stöð 2 áður, en lækkun á sér stað á stöð 1 og 3 milli ára. Veruleg aukning í flúorstyrk hefur mælst á undanfögnu átta ára tímabili eða um tvöföldun til þreföldun eftir mælistað.

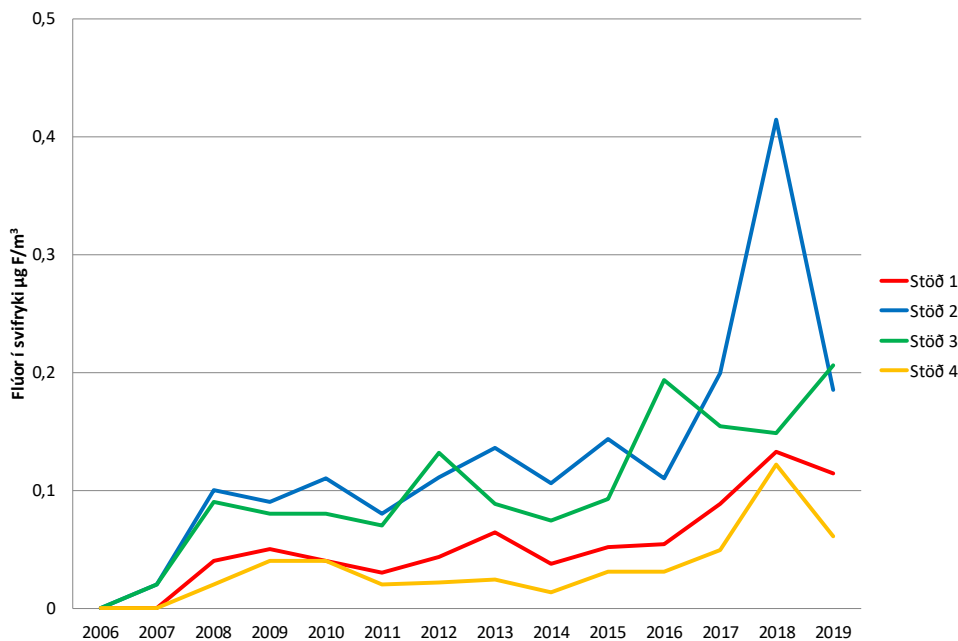
ii) Flúor í svifryki

Heildarmeðaltal ársins var $0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Niðurstöðu þessara mælinga má sjá á 14. mynd. Flúor í ryki í lofti er mældur í svifrykssíum, en svifryki er safnað á sex daga fresti í 24 klst. á hverja síu. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki, alls 48 mælingar árlega. Mikill breytileiki getur verið í þessum mælingum, enda einungis um að ræða 1 dag í hverjum mánuði frá hverri stöð.

Nokkur lækkun varð á flúor í svifryki á árinu 2019 frá 2018, en þá mældist flúor í svifryki hærra en áður, sjá 15. mynd. Þrátt fyrir lækkunina á árinu er 2019 hið næsthæsta frá upphafi að meðaltali og aukningin undanfarin átta ár er um tvöföldun eða meira.



14. mynd. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2019.



15. mynd. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2005–2019.

Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2019 má sjá í viðauka 2.

2.3.5 Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH)

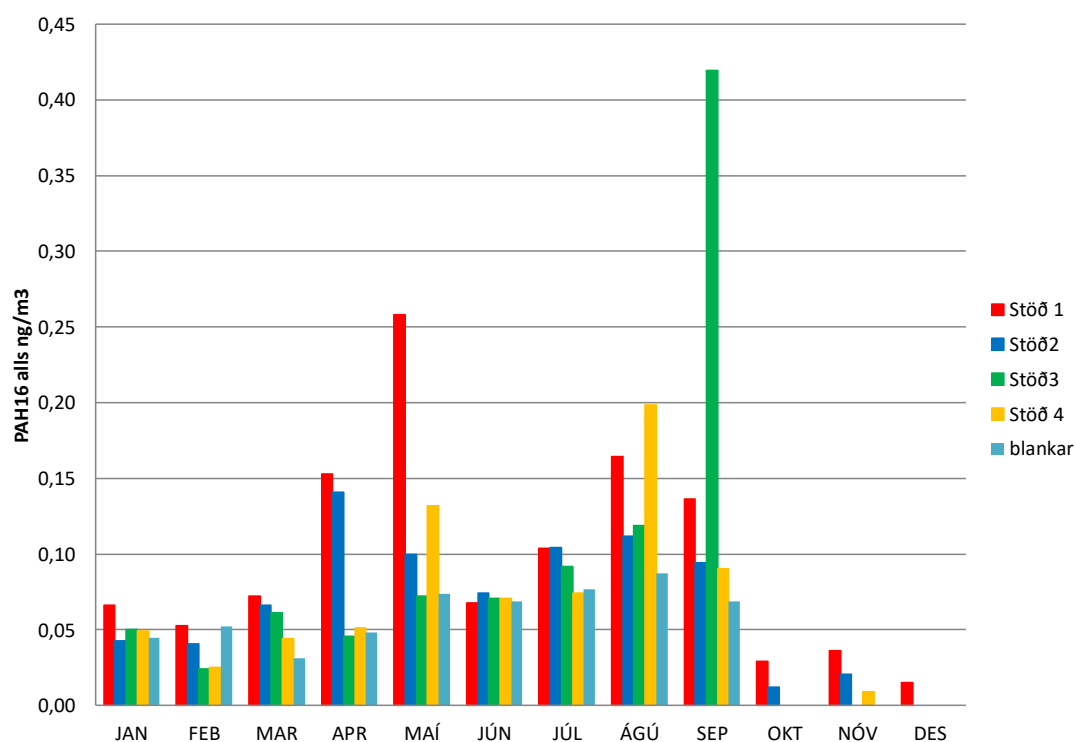
Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (vokvetniskolefni) í lofti eru mæld í svifrykssýnum með svipuðu fyrirkomulagi og rykkenndur flúor, þ.e. í svifrykssýnum sem safnað er á sex daga fresti í 24 klst. á hverja síu. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð eru mæld PAH í ryki, alls 48 mælingar árlega. Mældur var svokallaður PAH18 iðnaðarstaðall

(OSPAR/ParComm) fram til 2009 og svo aftur árið 2012 en PAH16 (EPA PAH16) 2009–2011 og 2013–2019. Munur á þessu tvennu er óverulegur í mati á heildarmeðaltali.

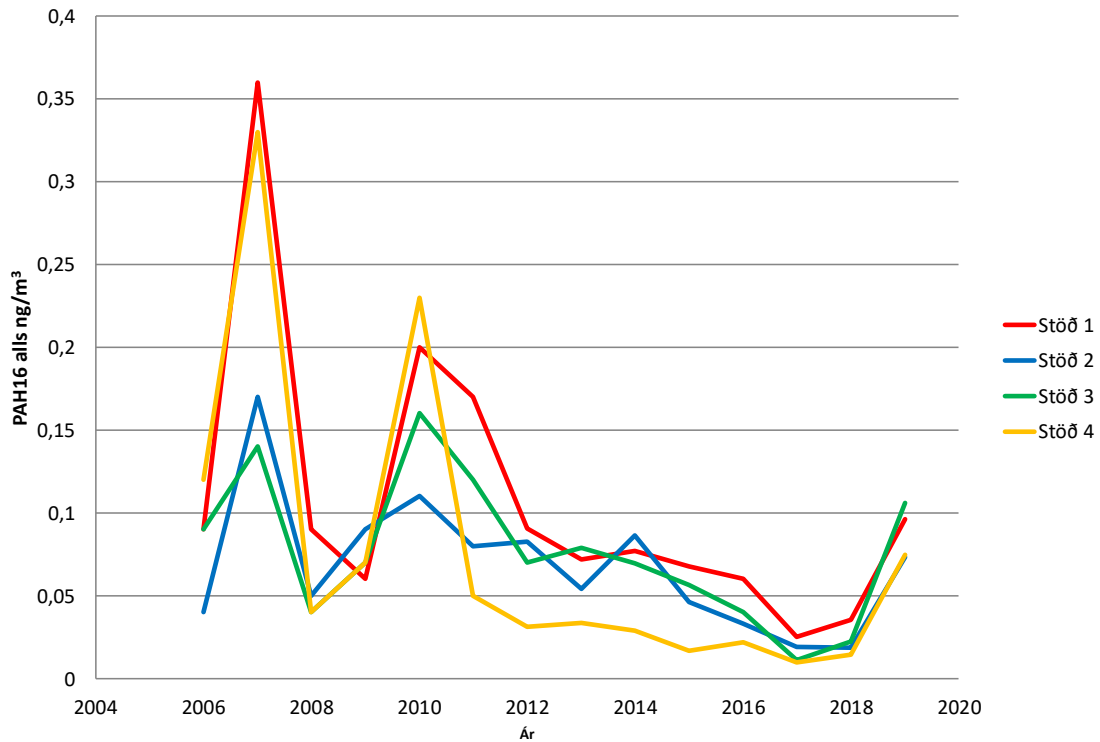
Niðurstaða ársins er töluvert hærri en nokkur undanfarin ár en getur ekki talist há. Þessi efni greinast í litlum mæli og mældust um $0,087 \text{ ng/m}^3$ umfram magngreiningarmörk á árinu 2019 að heildarmeðaltali. Heildarsumma magngreiningarmarka PAH16 árið 2019 er að meðaltali $0,01\text{--}0,02 \text{ ng/m}^3$ og er svolítið breytileg ($<0,01\text{--}0,04 \text{ ng/m}^3$) eftir tímabilum. Magngreiningarmörkin eru svolítið lægri en næstu ár á undan sem getur skýrt að hluta að niðurstaða ársins 2019 reiknast hærri.

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. Það sést þó alls ekki á niðurstöðum ársins 2019, gildi voru heldur hærri yfir sumartímann.

Umhverfismörk fyrir bensó[a]pýren (BaP) eru 1 ng/m^3 skv reglugerð nr. 410, 2008. Mæld BaP gildi árið 2019 voru vel undir þeim mörkum. BaP greindist í 18 síum af 45 og reiknast hæst í maí á stöð 1 eða $0,009 \text{ ng/m}^3$. Af öðrum PAH efnum tilteknum í reglugerðinni, þ.e. bensó[a]antrasen, bensó[b]flúoranten, bensó[j]flúoranten, bensó[k]flúoranten, indenó[1,2,3-cd]pýren og díbenz[a,h]antrasen mældust hæstu gildin á stöð 1 í maí eða $0,028 \text{ ng/m}^3$ af bensó[b]flúoranten og bensó[j]flúoranten (mæld saman sem summa). Heildarsumma þessara tilteknu sex efna mældist aldrei hærri en $0,065 \text{ ng/m}^3$ og í 40 síum af 45 undir $0,010 \text{ ng/m}^3$.



16. mynd. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2019.

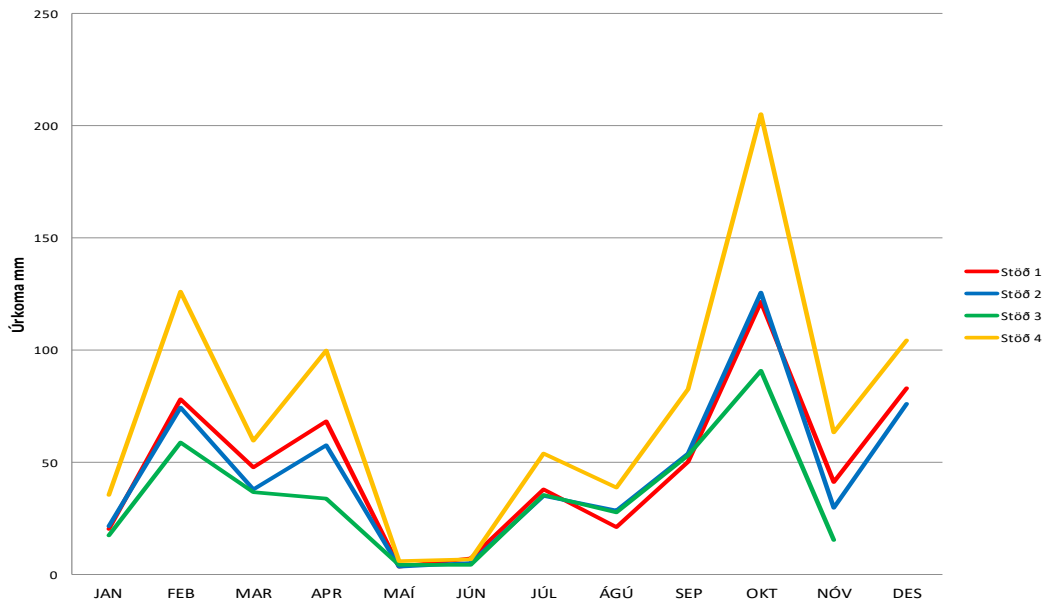


17. mynd. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2019.

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

2.3.6 Efnainnihald í úrkomu

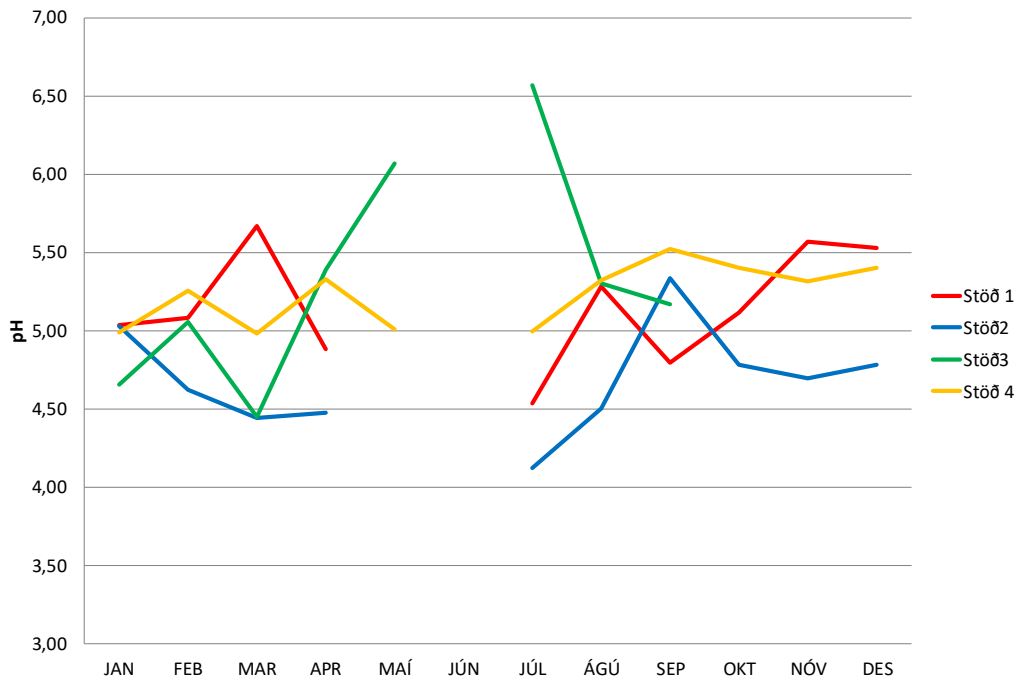
Úrkoma er mæld og henni er jafnframt safnað í Reyðarfirði á öllum stöðvum. Úrkoma hefur verið nokkuð misjöfn eftir árum. Úrkomumagn getur haft mikil áhrif á styrk mengunarefna. Í mikilli úrkomu getur styrkur mælst lægri, en áfall mengunarefna á jörð engu að síður getur verið töluvert og svo öfugt, í lítilli úrkomu mælast stundum háir styrkir mengunarefna en áfall þeirra kann að vera lítið. Í heild virðist reiknað áfall mengunarefna frá árinu 2008 sæmilega stöðugt í Reyðarfirði, þó með töluverðum breytileika milli ára. Mæld úrkoma var í meðallagi árið 2019, eða rúmlega 600 mm/ár að meðaltali. Nokkur úrkoma var í febrúar–apríl og í september og október, en maí og júní voru mjög þurrviðrasamir (18. mynd).



18. mynd. Úrkoma í mánuði (mm, alls), allar stöðvar 2019.

Sýrustig (pH) í úrkomu

Niðurstöður ársins 2019 fyrir pH í úrkomu má sjá á 19. mynd. Mest rigndi að jafnaði á stöð 4, en minnst á stöð 3.

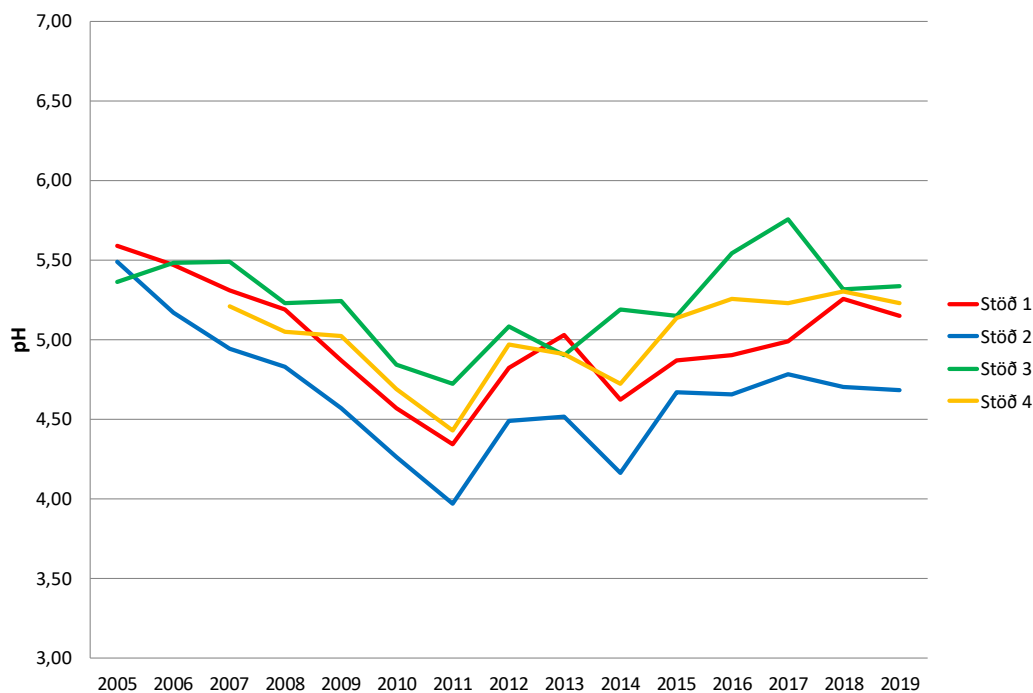


19. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2019.

Myndin sýnir mánaðarmeðaltöl pH stigs í úrkomusýnum ársins, en úrkomu er safnað í hverri viku frá öllum stöðvum. Meðaltöl áranna 2005–2019 fyrir sýrustig í úrkomu má sjá

á 20. mynd. Útlit er nokkuð einkennandi með herra pH stig mælt á stöð 3 yfir sumar- tímann, þegar innlögn er áberandi. Nokkuð vantaði upp á að sýni næðust í öllum mán- uðum vegna þurrviðris og í heild náðust ekki vikusýni í 19–23 skipti eftir stöð á árinu af þeim sökum. Þá varð ekki komist að stöð 3 síðasta hluta ársins.

pH stig í úrkomu mældust svipuð að meðaltali á stöð 1, 3 og 4 eða á bilinu 5,2–5,3 en lægra á stöð 2, um 4,7 (19. og 20. mynd). Helst rignir í austanáttum í Reyðarfirði og því gætir mengunar í úrkomu helst á stöð 2 og mælist úrkoman þar yfirleitt súrari með lægra pH stig. Í regnvatni sem er lítt mengað má búast við pH stigi á bilinu 5,5 – 6,5.

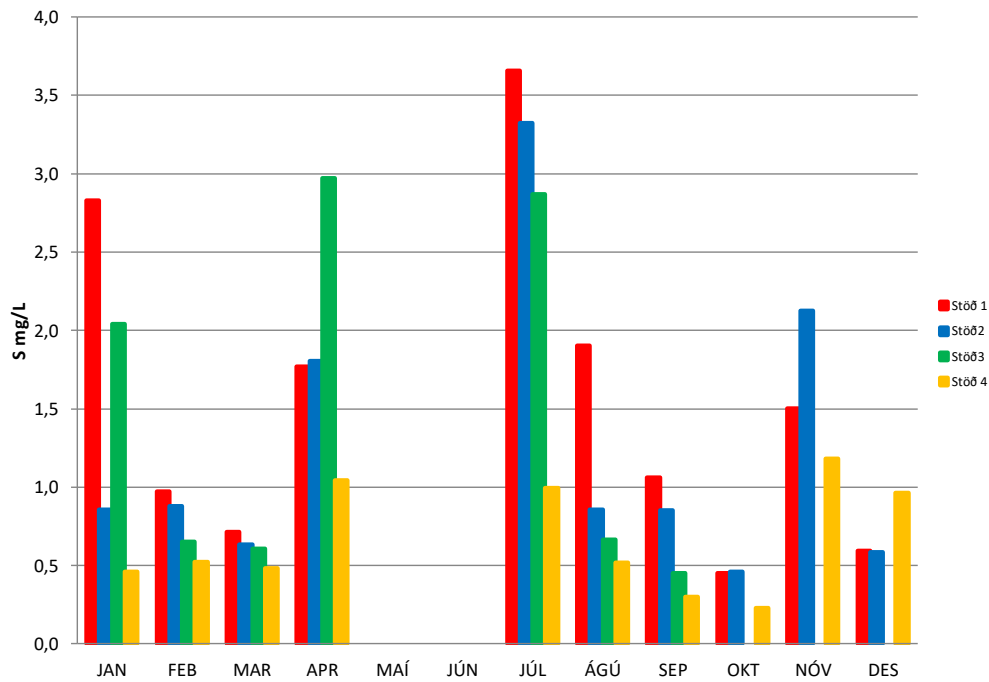


20. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005–2019.

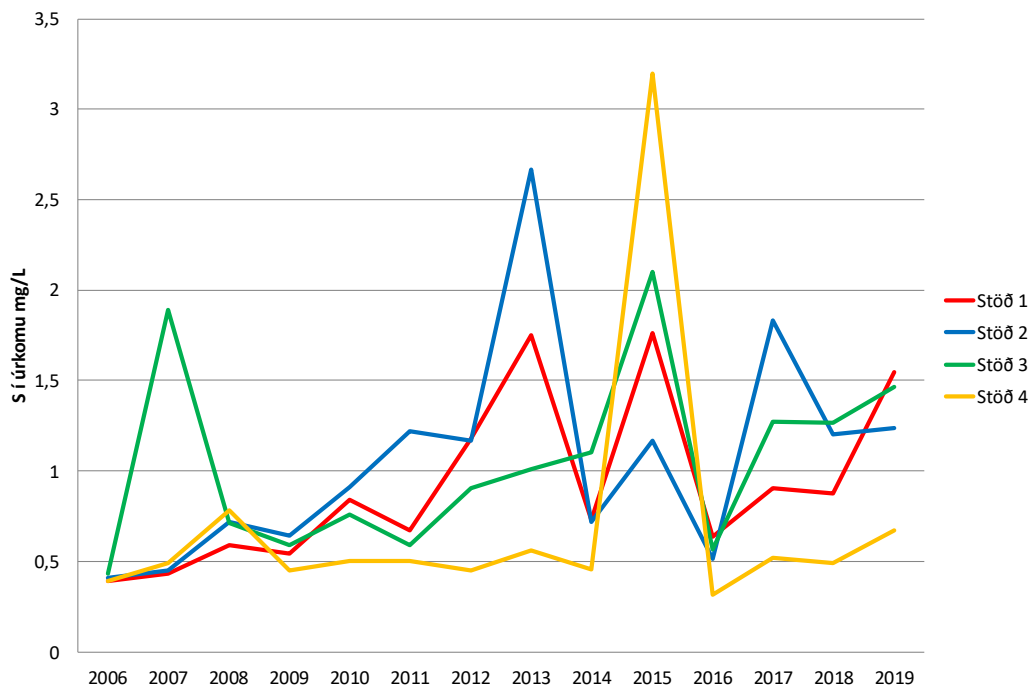
Í heild eru niðurstöður stöðugar með náttúrulegum breytileika frá árinu 2012 með svolítili jákvæðri þróun í átt til herra sýrustigs.

Brennisteinn í úrkomu

Uppruni brennisteins í úrkomu er einkum þrenns konar, úr sjó, af mannavöldum og svo frá eldgosum. Áhrif eldgosu voru nokkur árin 2010, 2014 og mjög mikil árið 2015. Brennisteinstyrkur í úrkomu var í meðallagi árið 2019, mánaðarmeðaltöl ársins má sjá á 21. mynd og ársmeðaltöl áráanna 2006–2018 má sjá á 22. mynd. Meðaltalið árið 2019 í heild mældist 1,21 mg S/L, svolítið herra en árið áður, þegar meðaltalið var 0,97 mg S/L.



21. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2019.



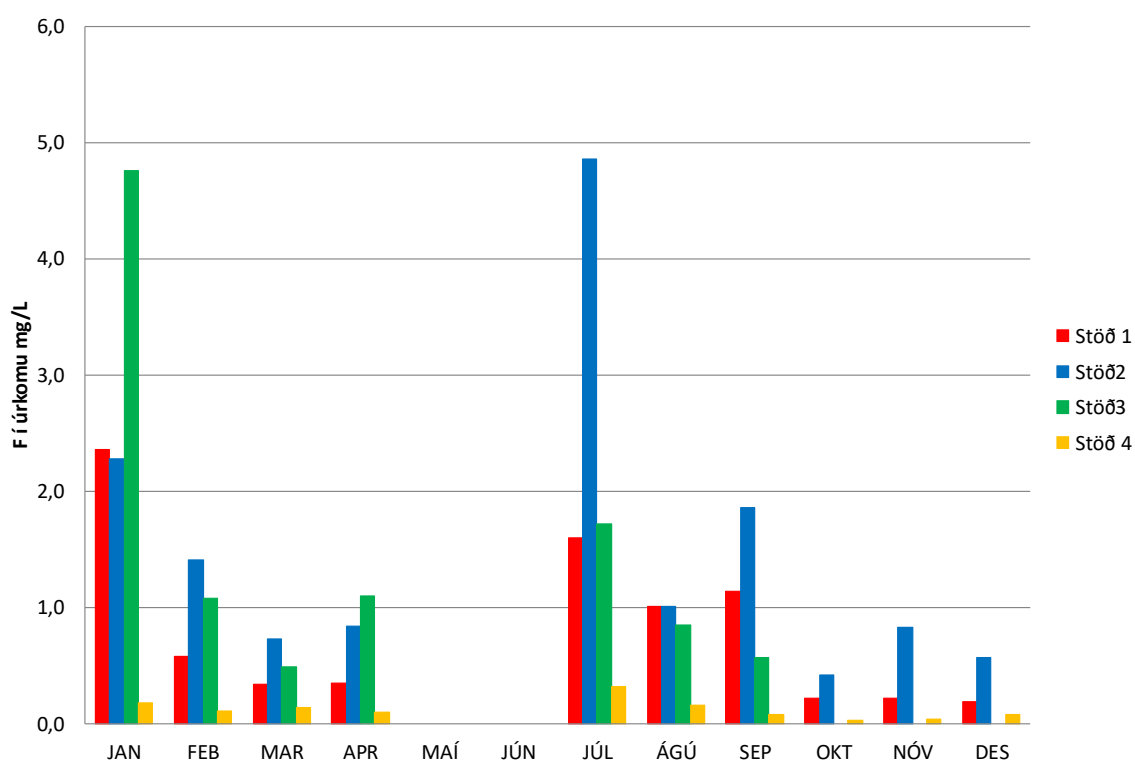
22. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2019.

Reikna má heildaráfall brennisteins í úrkomu árið 2019 lítillega undir meðallagi. Ígildi áfallsins er reiknað með mjög einföldum hætti, sem meðalstyrkur ársins í úrkomusýnum margfaldaður með heildarúrkomumagni sem safnað er í regnsafnara á stöðvunum. Meðaltal áfalls frá 2007 er um 1,9 g S/m² á ári og reiknaðist jafnframt um 1,8 g S/m² árið 2019, sem er nokkru lægra en næstu tvö ár á undan þegar það reiknaðist um 2,2 g S/m². Eins og sjá má á 22. mynd mældist styrkur í úrkomu nokkuð sveiflukenndur.

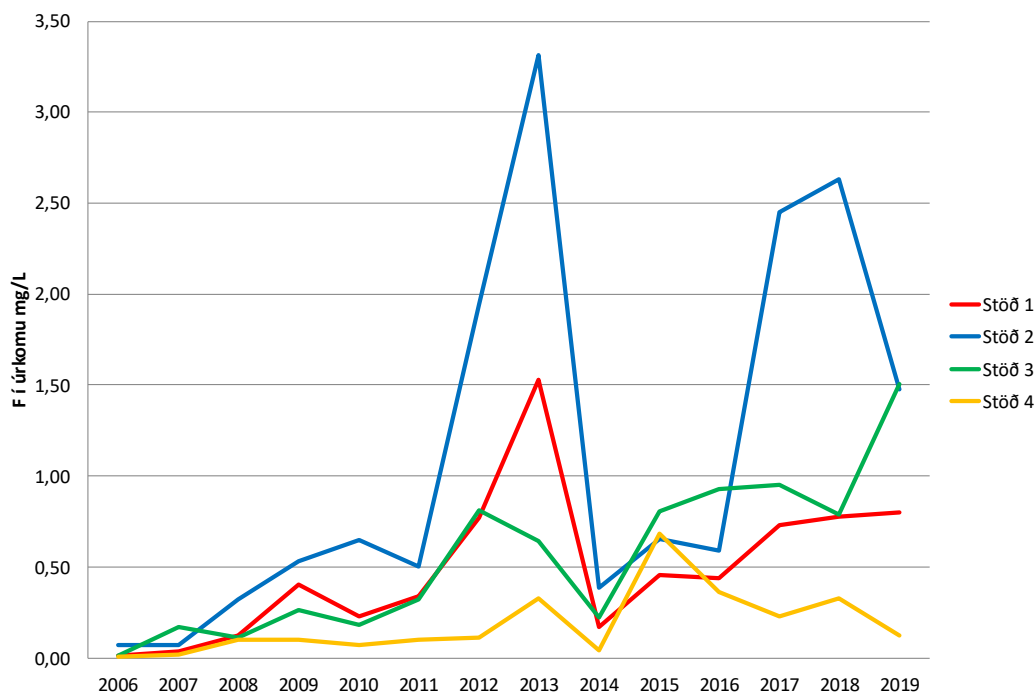
Flúor í úrkomu

Flúorgildi í úrkomu voru nokkuð yfir meðallagi, ársmeðaltalið var 0,93 mg F/L árið 2019. Flúor í úrkomu hefur verið mjög breytilegur undanfarin ár og stundum mikill munur milli stöðva (23. og 24. mynd). Áður hefur meðaltalið farið hæst árið 2013 eða 1,45 mg F/L. Stundum hafa gildi yfir sumarmánuðina hækkað meðaltalið nokkuð, þegar úrkoma hefur verið lítil, en að þessu sinni náðust ekki sýni til mælinga í tveimur mánuðum, maí og júní vegna þurrviðris.

Ígildi áfalls reiknast um 1,3 g F/m² á árinu 2019 eða svolítið hærra en meðallag þess frá 2007 sem er um 1,1 g/m² ár. Þrátt fyrir að meðalstyrkur flúors í úrkomu hafi mælst mjög sveiflukenndur reiknast ígildi áfalls yfirleitt jafnara. Undanfarin þrjú ár hafa þó verið tiltölulega há, eða á bilinu 1,3–2,2 g F/m².



23. mynd. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2019.



24. mynd. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006–2019.

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 talinn vera eitt skaðlegasta efnið fyrir gróður og búfénað sem berst frá álverum (Weinstein, 1983). Það berst út í umhverfið á gasformi sem vetnisflúoríð ($\text{HF}_{(g)}$) 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 flúors hratt á meðan sólríkir og lygnir dagar geta valdið því að plöntur verða fyrir staðbundnum mengunaráhrifum í skamman tíma (Weinstein & Davison, 2004). Ríkjandi vindátt hefur 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 lofta 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, gas- og rykkendur, 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 í vatni og ferðast með því að jöðrum laufblaðanna og safnast þar fyrir. Þetta veldur 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 $\mu\text{g F/g}$ 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 ómengdu umhverfi er minni en 5 $\mu\text{g/g}$ þurrvigt fyrir flestar tegundir. Einhverjar tegundir, hlutfallslega fáar þó, mælast með bakgrunnsgildi allt að 20 $\mu\text{g/g}$ 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 $\mu\text{g/g}$ (Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2017, 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 geti endurspeglað bæði 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 2018.

3.1.2 Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé

Flúor veldur eitrun í búfénaði ef hann fer yfir ákveðin mörk en fræðimenn eru ekki sam-mála 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. full-nægjandi dagskammti) fyrir búfénað miðað við 12% rakainnihald (reglugerð nr. 340/2001 með síðari breytingum nr. 74/2015). Fyrir jörturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé er há-marksgildið 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% raka-innihald. Til að niðurstöðurnar séu samanburðarhæfar við reglugerðina þarf því að um-reikna 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% rakainnihald í fóðri og eru eftirfarandi:

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

3.2 Aðferðir og sýnatökudagar

3.2.1 Sýnatökuaðferðir og framsetning 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) svo aðferðum verður aðeins lýst lauslega hér. Gróðursýnum var safnað í merkta bréfpoka og þau þurrkuð í blástursofni við 80°C í 24 tíma (rabarbari í 48 tíma) innan sólarhrings frá söfnun. Rabarbari, kartöflur og grænmeti var skolað fyrir efna-greiningu. Annar gróður var ekki skolaður. Niðurstöður efnagreininga á grasi úr öllum sex sýnatökum sumarsins eru sýndar sem meðaltal sex mælinga með staðalskekkju. Niður-stöður efnagreininga á rabarbara úr öllum þremur sýnatökum sumarsins eru sýndar sem meðaltal þriggja mælinga með staðalskekkju. Öðrum gróðri var safnað í einni sýnatöku-ferð. Allar niðurstöður flúormælinga í gróðri eru gefnar upp á þurrvigtagrunni en þar sem hámarksgildi þungmálma í reglugerð nr. 265/2010 eru gefin upp í blautviggt voru gildi sem sýnd eru í niðurstöðum hér umreiknuð miðað við blautviggt.

Breytingar voru gerðar á grassýnatökustöðum árin 2013 og 2014 til að betrubæta vöktunina í samræmi við niðurstöður fyrri ára og koma til móts við ábendingar og athugasemdir Umhverfisstofnunar, Matvælastofnunar og hestaeigenda. Breytingarnar fólust í því að sumir sýnatökustaðir voru felldir út og öðrum bætt við, einkum í botni Reyðarfjarðar. Í heildina fjölgaði sýnatökustöðum um fjóra á þessum árum. Þá bættist einn sýnatökustaður til viðbótar við árið 2017 og er grasi því nú safnað á 35

sýnatökustöðum í Reyðarfirði. Breytingum á grassýnatökustöðum árin 2013 og 2014 var lýst í skýrslum fyrir umhverfissvöktun þeirra ára (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 ára. 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.

Tölfræðigreiningar voru gerðar í forritinu R útgáfa 3.6.1 (R Core Team, 2019) í viðmóti RStudio (RStudio Team, 2016).

3.2.3 Gróðursýni, sýnatökudagar og efnamælingar.

Grasi var safnað hálfsmánaðarlega frá júní til ágúst sumarið 2019 (25. mynd). Alls var 210 sýnum safnað í sex söfnunarferðum. Sýnataka fór fram dagana 4–5. og 18.–19. júní, 2–3. og 16.–17. júlí og 30.–31. júlí og 13.–14. ágúst 2019. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Mosa (*Racomitrium* spp.), **fléttum** (*Cladonia* spp.) og **blöðum bláberjalyngs** (*Vaccinium uliginosum*) var safnað einu sinni á 30 sýnatökustöðum í Reyðarfirði dagana 25. og 29. júlí og 6., 8. og 14. ágúst 2019 (32., 35. og 38. mynd). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum. Ekki var unnt að safna fléttusýni á sýnatökustað 20 þar sem þar var litlar sem engar fléttur að finna. Á sjö stöðum dugði magn fléttusýnis ekki til þurrefnagreiningar og var meðaltal þurrefnis allra annarra sýna tekið og notað áfram í útreikningum þessara sýna. 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, hinum megin við ána.

Sýnum af **blöðum reynitrjáa** (*Sorbus* sp.) var safnað á níu sýnatökustöðum 26. ágúst 2019 (41. mynd). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Tvenns konar sýnum af **barnálum** var safnað á níu söfnunarstöðum þann 28. október 2019. Annars vegar var safnað nýjum nálum (frá 2019, táknað CN) og hins vegar nálum sem uxu árið áður (frá 2018, 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 48 sýnum safnað dagana 19. júní, 17. júlí og 14. ágúst 2019 (46. mynd). Í júlí 2016 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. Pungmálmarnir 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.

Kartöflugrösum og kartöflum var safnað einu sinni á þremur sýnatökustöðum (V1, V2 og V7) þann 26. ágúst 2019, alls sex sýnum (48. mynd). Einnig var einu sýni af **grænlaufs-salati** safnað á sýnatökustað V1 þann sama dag. Í öllum sýnum var mældur styrkur flúors.

Bláberjum og krækiberjum var safnað einu sinni á fimm sýnatökustöðum 26. ágúst 2019 (50. mynd). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Heysýnum var safnað 21. og 28. október 2019. Alls var 15 sýnum safnað frá 12 túnum í Reyðarfirði (52. mynd). Áhersla var lögð á að safna sýnum af sem flestum túnum á svæðinu. Jafnframt var leitast við að safna heysýnum af sömu túnum og síðastliðin ár. Sýni voru tekin á túnum sem hesteigendur heyja, frá Sléttu og frá Áreyjum. Auk heys var tveimur sýnum af **fóðurkáli** safnað 20. ágúst 2019. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

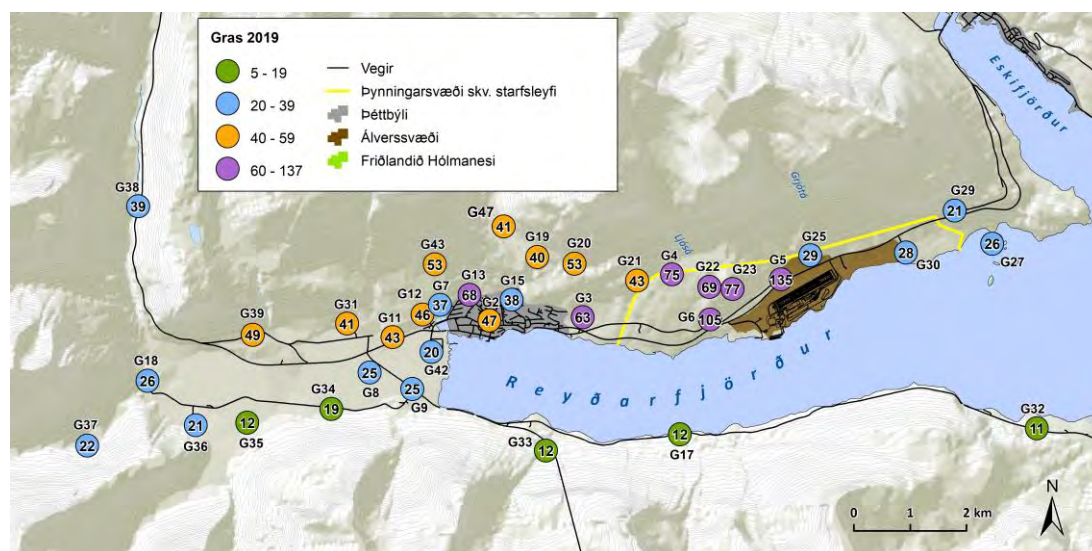
Vetrarhey. Auk þess að safna sýnum beint úr óopnuðum heyrúllum eða heyböggum hafa sýni einnig verið tekin af heyi sem sett er út fyrir hross yfir vetrarmánuðina til að kanna hvort flúor safnist upp í því á meðan það stendur úti. Fjórum heysýnum úr rúllum sem settar voru út fyrir hross var safnað 21. janúar 2020. Sýnunum var safnað við Sléttu, Seljateigshjáleigu, við Njörvadalsá og á Áreyjum. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

3.3 Niðurstöður

3.3.1 Gras

3.3.1.1 Flúor

Hæsti meðalstyrkur flúors sumarið 2019 var 135 µg/g á sýnatökustað G5, rétt ofan við álverið. Hæstu gildi flúors í einstaka sýnatökum mældust alltaf innan þynningarsvæðis, á sýnatökustöðum G5, G6, G22 og G23, norðvestan við álverið (25. mynd). Líkt og fyrri ár mældist lægsti meðalstyrkur flúors sumarið 2019 fyrir austan og sunnan álver.

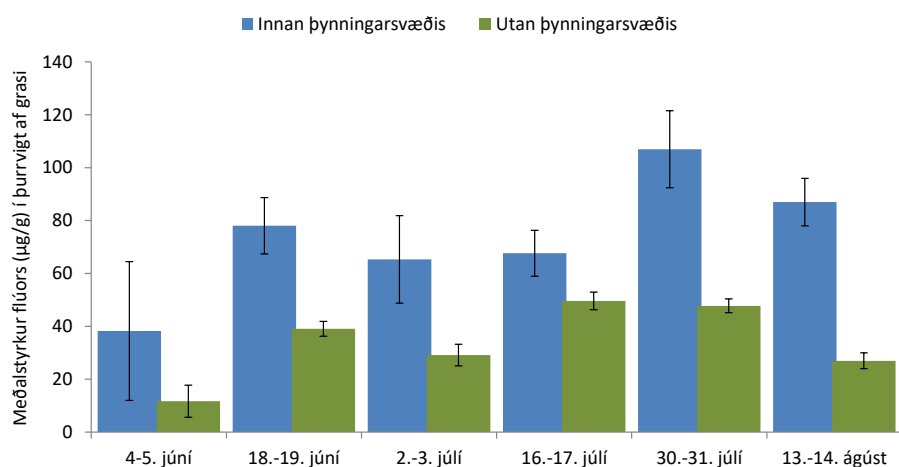


25. mynd. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökuförðum frá júní til ágúst 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

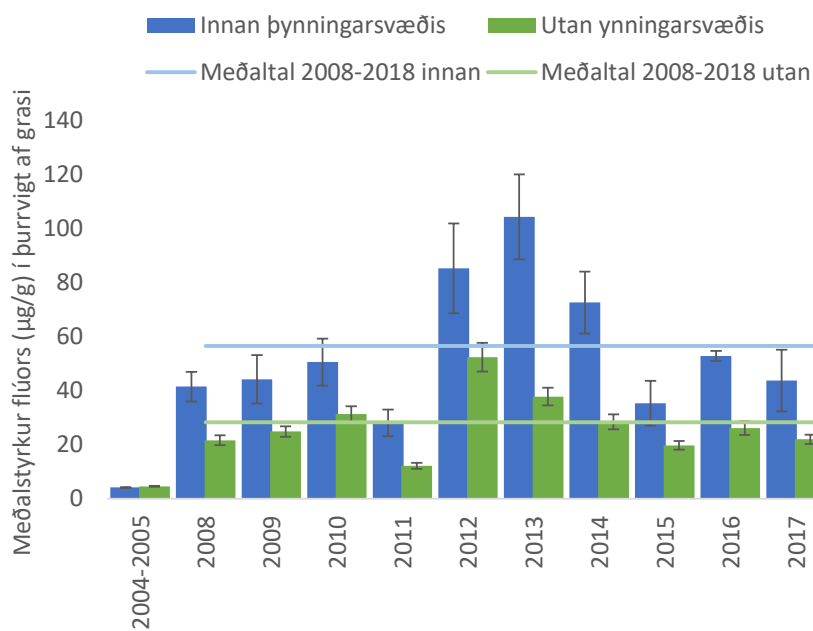
Meðalstyrkur flúors í grasi utan þyningarsvæðis álversins í Reyðarfirði mældist á bilinu 11–68 µg/g. Styrkurinn innan þyningarsvæðis mældist hærri en utan þess í öllum sýnatökuförðum sumarsins 2019 (26. mynd) og var á bilinu 28–135 µg/g.

Meðalstyrkur flúors í grasi árið 2019 var svipaður samanborið við gildi ársins 2018 bæði utan og innan þyningarsvæðis ($p>0,05$). Gildi ársins 2019 voru hærri en meðaltalsgildi áráanna 2008–2018 bæði utan ($p<0,01$) og innan þyningarsvæðis ($p=0,02$). Flúor í grasi hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf rekstur ($p<0,01$) en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (27. mynd).

Gerðar voru breytingar á sýnatökustöðum sumrin 2013 og 2014 og grunnildi frá 2004–2005 eru því ekki fullkomlega samanburðarhæf við sl. ár. Árin 2014–2016 eru þó samanburðarhæf og að mestu einnig árin 2017–2019 en þó var einum sýnatökustað utan þyningarsvæðis bætt við sumarið 2017.



26. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökuförðum frá júní til ágúst 2019. Fjöldi sýnatökustaða: innan þyningarsvæðis (n=7) og utan þyningarsvæðis (n=28).

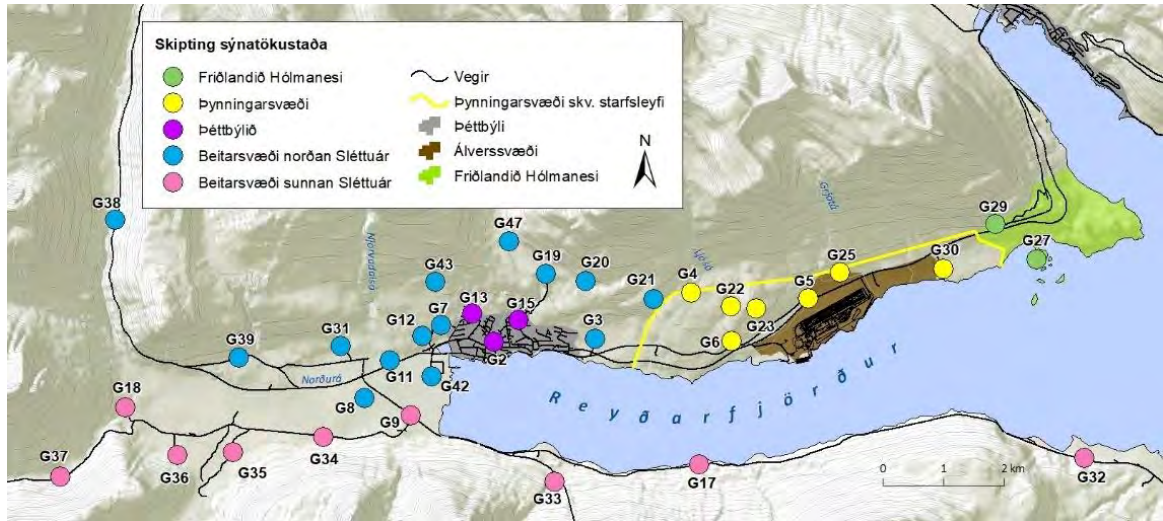


27. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005 (grunngeildi, meðaltal af tveimur sýnatökum sem farnar voru, ein hvort ár) og 2014–2019. Línur sýna meðaltal árána 2008–2018 innan og utan þyningarsvæðis. Fjöldi sýnatökustaða: 2004–2005 ($n=30$), 2014–2016 ($n=34$) og 2017–2019 ($n=35$).

Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2019 utan þyningarsvæðis var $34 \mu\text{g/g}$ sem er undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir jórturdýr ($56,8 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) en á 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 2019 yfir hámarksgildum flúors í heilfóðri fyrir jórturdýr á þremur stöðum utan þyningarsvæðis. Það var á sýnatökustöðum G3, G20 og G43 sem eru allir í fjallshlíðinni norðanmegin í Reyðarfirði vestan við álverið, G3 við Teigagerði, G20 upp af Teigagerði og G43 ofan Kollaleiru (25. mynd). Meðalstyrkur flúors í grasi var yfir hámarksgildum fyrir mjólkandi jórturdýr á 10 stöðum til viðbótar utan þyningarsvæðis, allir einnig í norð-vesturhluta fjarðarins. Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2019 innan þyningarsvæðis var $74 \mu\text{g/g}$.

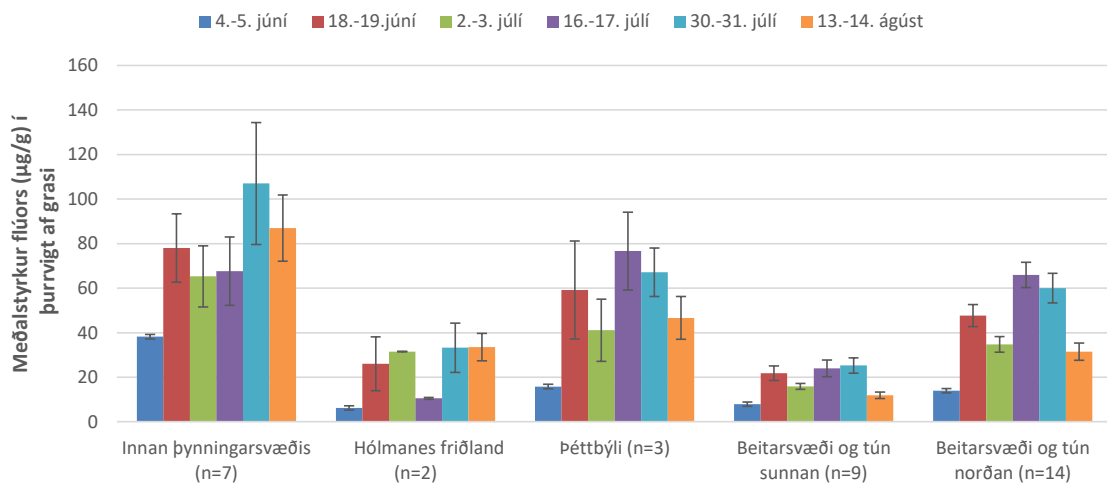
Til að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors dreifist utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á grasi skipt í fimm svæði (28. mynd):

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 14 sýnatökustaðir.
5. Möguleg beitarsvæði og tún sunnan sauðfjárveikivarnarlínu við Sléttuá, samtals 9 sýnatökustaðir.



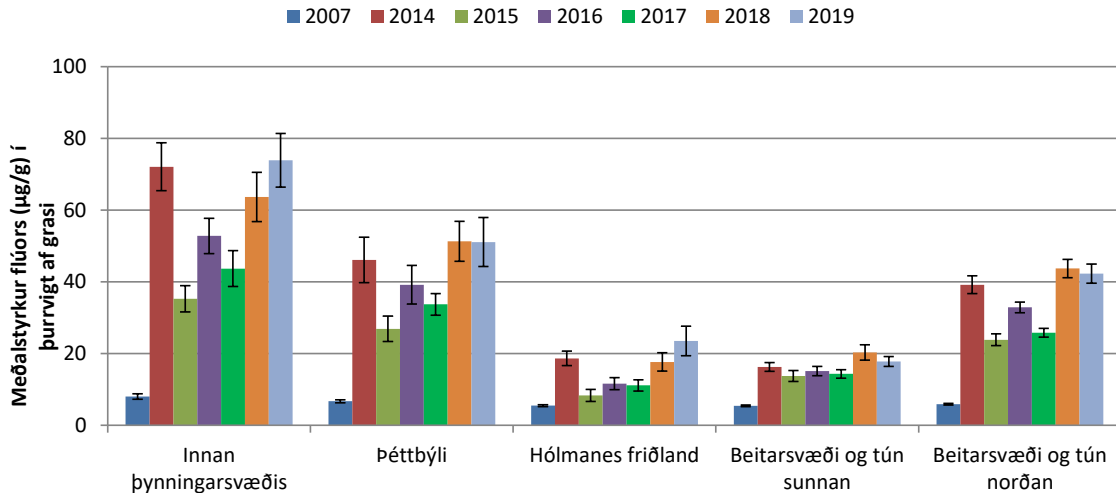
28. mynd. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2019 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

Hæsti meðaltalstyrkur flúors í hverri sýnatöku mældist alltaf innan þynningarsvæðis (29. mynd). Lægstu gildin mældust alltaf á Hólmanesi og á beiðarsvæðum og túnum sunnan fjarðar. Lægstu meðalgildi ársins innan hvers svæðis mældust í fyrstu sýnatökunni í júní en hæstu meðalgildi ársins voru um mitt sumar eða seinni part sumars í júlí eða ágúst á öllum svæðum (29. mynd).



29. mynd. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekkju) sumarið 2019, skipt upp eftir svæðum.

Meðalstyrkur flúors í grasi var svipaður eða hærri á öllum svæðum milli árana 2018 og 2019 (30. mynd). Dreifingarmynstur styrks flúors í grasi var svipað og undanfarin ár. Hæstu gildin mældust næst álverinu, innan þynningarsvæðis. 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.



30. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) eftir svæðum í Reyðarfirði árin 2004–2005 (grunnildi, meðaltal af tveimur sýnatökum sem farnar voru, ein sitthvort árið) og 2014–2019. Fjöldi sýnatökustaða: 2004–2005 ($n=30$), 2014–2016 ($n=34$) og 2017–2019 ($n=35$).

Meðalstyrkur flúors í grasi á beitar svæðum og túnnum bæði norðan og sunnan fjarðar sumarið 2019 var undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr (mörkin eru $56,8 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald). Meðalstyrkur flúors var einnig undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jörturdýr á beitar svæðum og túnnum sunnan fjarðar ($17 \mu\text{g/g}$) en fyrir ofan þau norðan fjarðar, eða $42 \mu\text{g/g}$ (mörkin eru $34,1 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) (30. mynd).

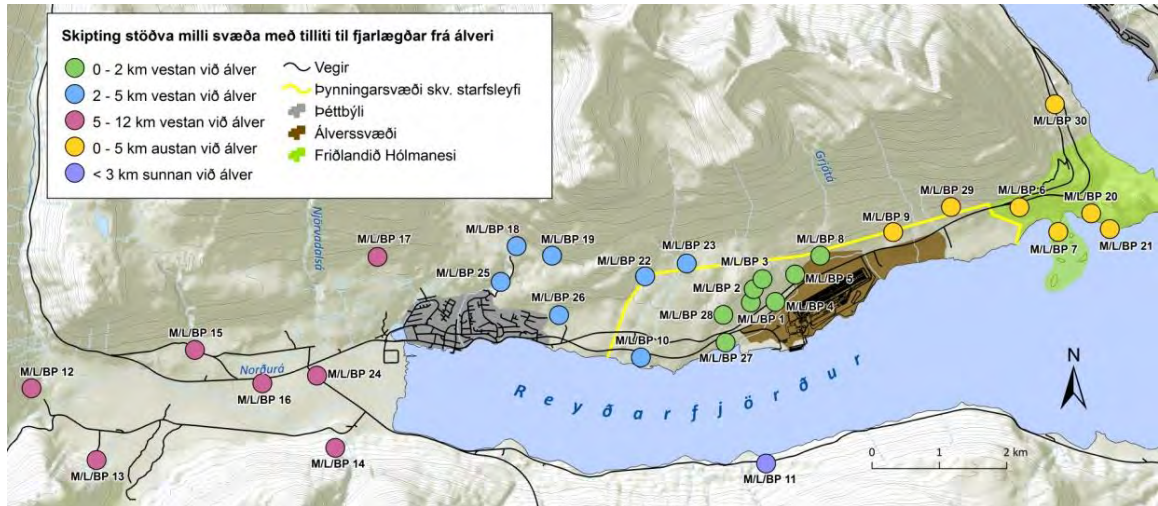
3.3.2 Mosi

3.3.2.1 Flúor

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 (31. mynd).

- 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.

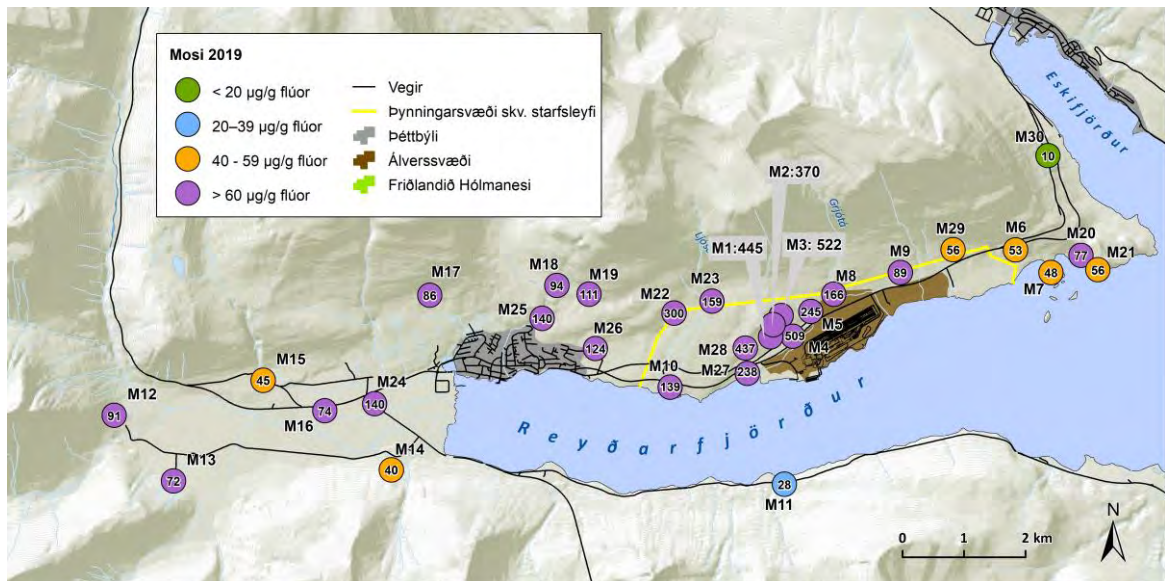
Þegar fjallað er um dreifingarmynstur flúors í þessum gróðri m.t.t. áttar og fjarlægðar frá álveri er átt við þessa skiptingu.



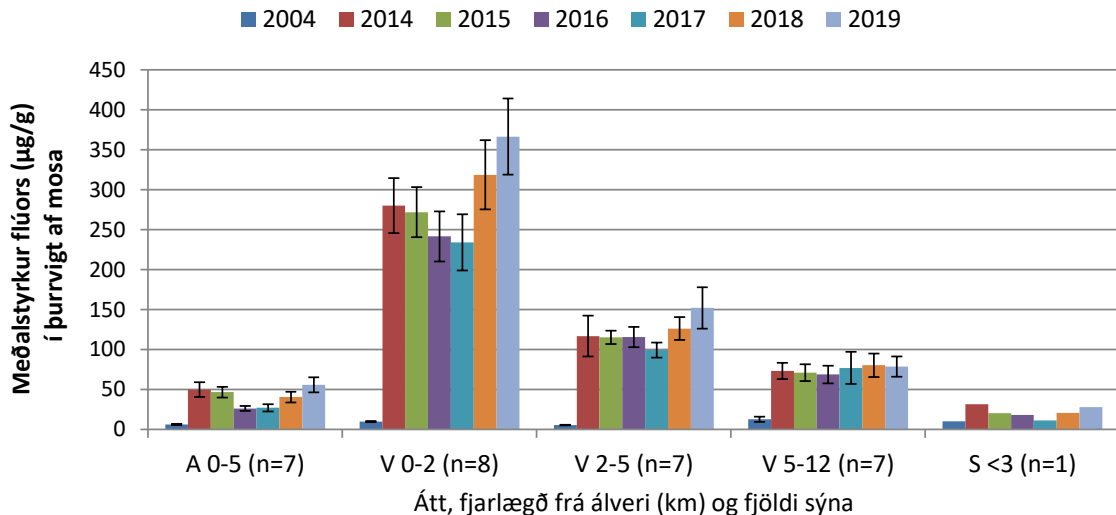
31. mynd. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2019 í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

3.3.2.1 Flúor

Styrkur flúors í mosa árið 2019 mældist frá 10–522 $\mu\text{g/g}$ og var dreifingarmynstrið með svipuðum hætti og fyrri ár. Hæstu gildin mældust innan þynningarsvæðis álversins. Styrkur flúors lækkaði eftir því sem fjær dró álverið en þó mismikið (32. mynd). Almennt mældust mun lægri gildi sunnan og austan álversins en vestan þess eða 28 $\mu\text{g/g}$ sunnan við það og að meðaltali 56 $\mu\text{g/g}$ austan við það (32. og 33. mynd).



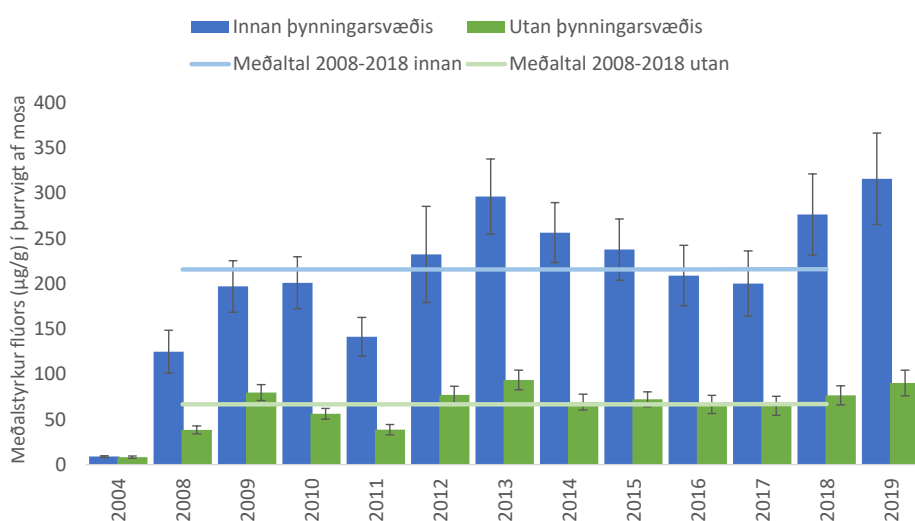
32. mynd. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí og ágúst 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).



33. mynd. Meðalstyrkur flúors í mosa eftir svæðum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2014 til 2019. 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 (31. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í mosa utan þýnningarsvæðis árið 2019 var 90 µg/g sem er svipað og árið 2018 (77 µg/g) ($p=0,06$) (34. mynd) en hærra en meðaltal síðustu tíu ára (67 µg/g) (2008–2018; $p<0,01$). Ársmeðaltal innan þýnningarsvæðis mældist 316 µg/g og hefur aldrei mælst svo hátt. Styrkurinn var þó ekki marktækt hærri samanborið við árið 2018 (276 µg/g) ($p=0,481$) en hærri en meðalgildi árána 2008–2018 (216 µg/g) ($p<0,01$). Styrkur flúors í mosa hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf starfsemi ($p<0,01$) (34. mynd).

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).



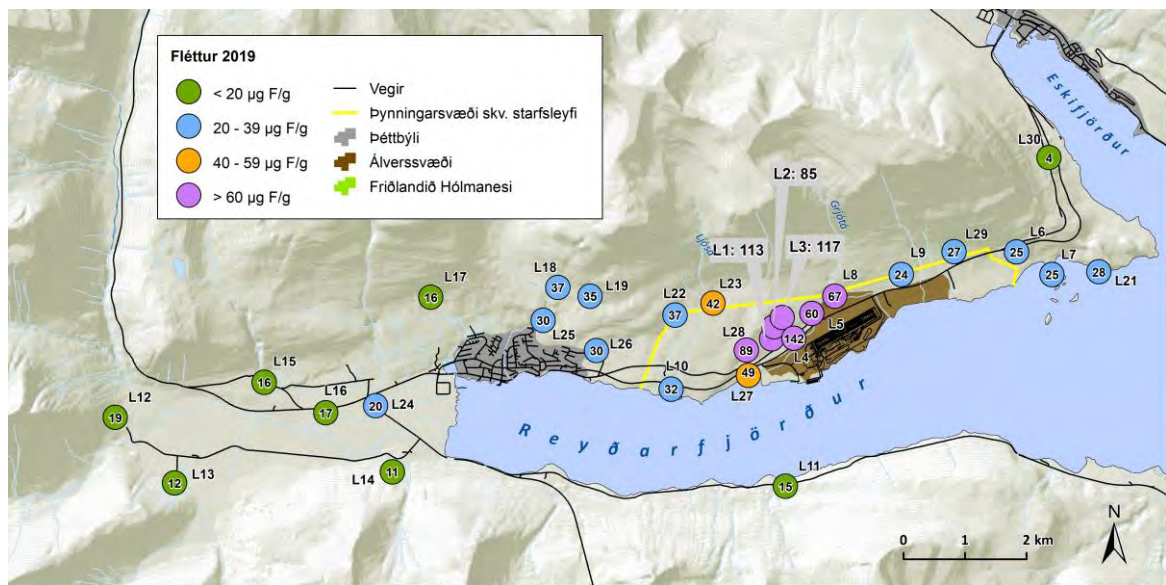
34. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þýrvgigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þýnningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2008 til 2019. Línur sýna meðaltal árána 2008–2018 innan og utan þýnningarsvæðis. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þýnningarsvæðis og 20 sýnum utan þýnningarsvæðis ár hvert.

Niðurstöður mælinga á flúor í mosa fyrir árið 2019 er að finna í viðauka 8.

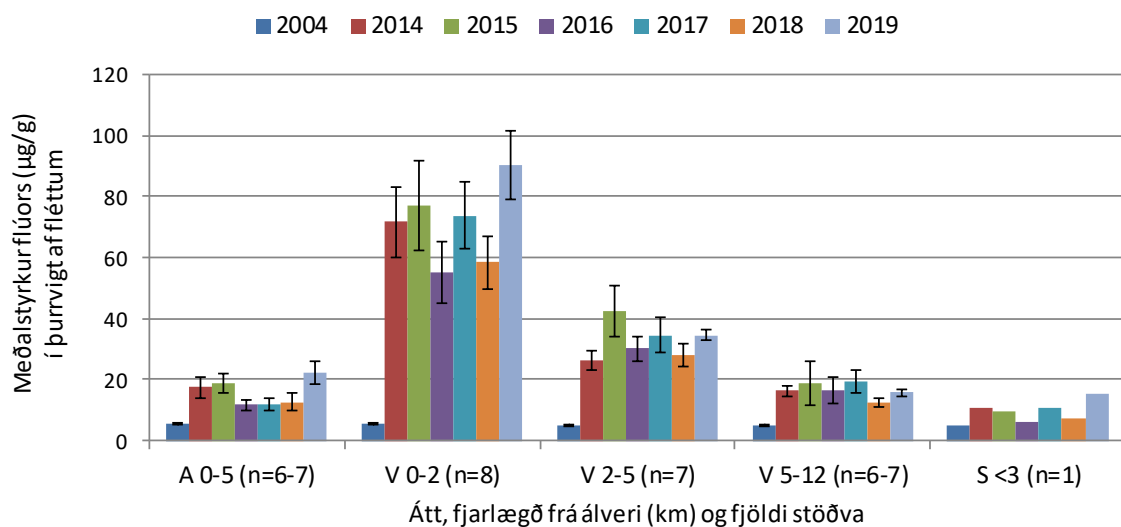
3.3.3 Fléttur

3.3.3.1 Flúor

Styrkur flúors í fléttum mældist frá 4–142 $\mu\text{g/g}$ og var dreifingarmynstur með svipuðum hætti og fyrr í ár og sambærilegt við dreifingarmynstur flúors í öðrum gróðri. Hæstu gildin mældust í 0–2 km fjarlægð í vestur frá álverinu eða 49–147 $\mu\text{g/g}$ en styrkurinn féll þegar vestar dró og mældust sýni í 2–5 km fjarlægð frá álveri með gildi frá 16–48 $\mu\text{g/g}$ og í 5–12 km fjarlægð frá 11–20 $\mu\text{g/g}$. Mun lægri gildi mældust austan og sunnan við álverið en í sambærilegri fjarlægð vestan við það (35. og 36. mynd).

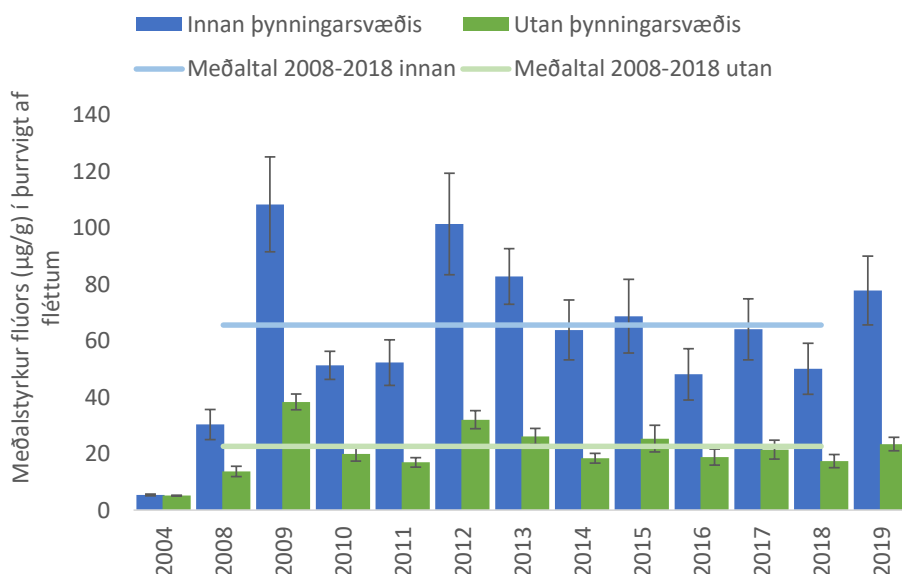


35. mynd. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí og ágúst 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).



36. mynd. Meðalstyrkur flúors í fléttum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2014 til 2019 eftir svæðum. 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 (31. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í fléttum utan þynningarsvæðis mældist 23 $\mu\text{g/g}$ og var styrkurinn hærri en árið 2018 (17 $\mu\text{g/g}$) ($p < 0,01$) en jafn á við meðaltalsgildi árána 2008 til 2018 (23 $\mu\text{g/g}$) ($p = 0,984$). Ársmeðaltal flúors í fléttum innan þynningarsvæðis mældist 78 $\mu\text{g/g}$ sem var hærri styrkur en mældist árið 2018 (50 $\mu\text{g/g}$) ($p < 0,01$) sem og meðaltalsgildi síðustu tíu ára (65 $\mu\text{g/g}$) (2008–2018; $p < 0,01$). Styrkur flúors í fléttum hefur, líkt og styrkur þess í mosa, hækkað frá bakgrunnsgildum ($p < 0,01$) en er nokkuð breytilegur milli ára sérstaklega innan þynningarsvæðis (37. mynd).



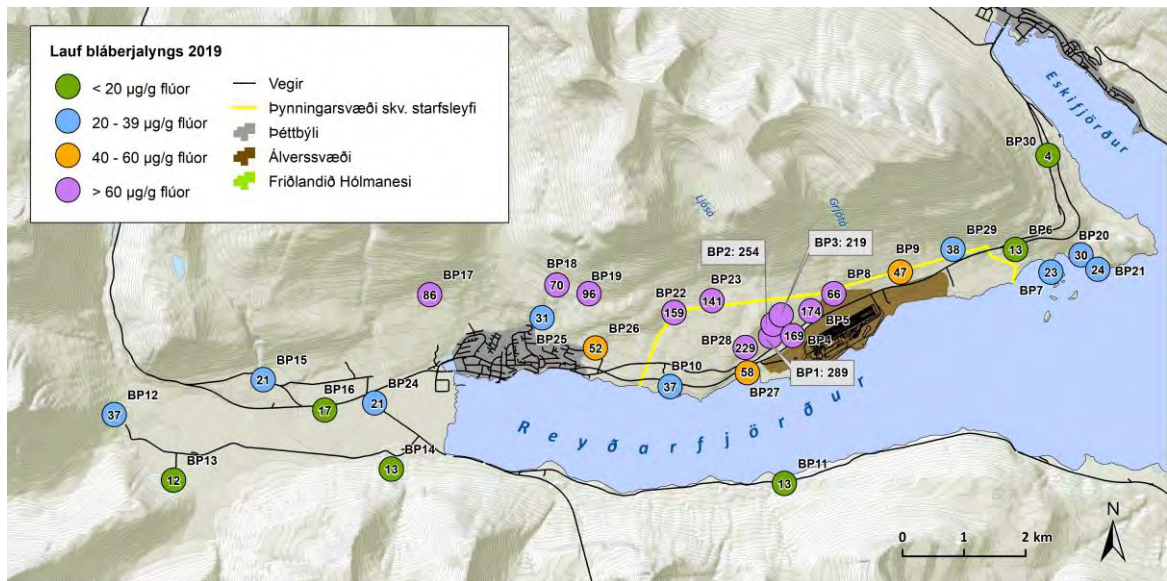
37. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2014 til 2019. Línur sýna meðaltal árána 2008–2018 innan og utan þynningarsvæðis. Gögnin eru byggð á 9–10 sýnum innan þynningarsvæðis og 18–20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.

Niðurstöður mælinga á flúor í fléttum fyrir árið 2019 er að finna í viðauka 8.

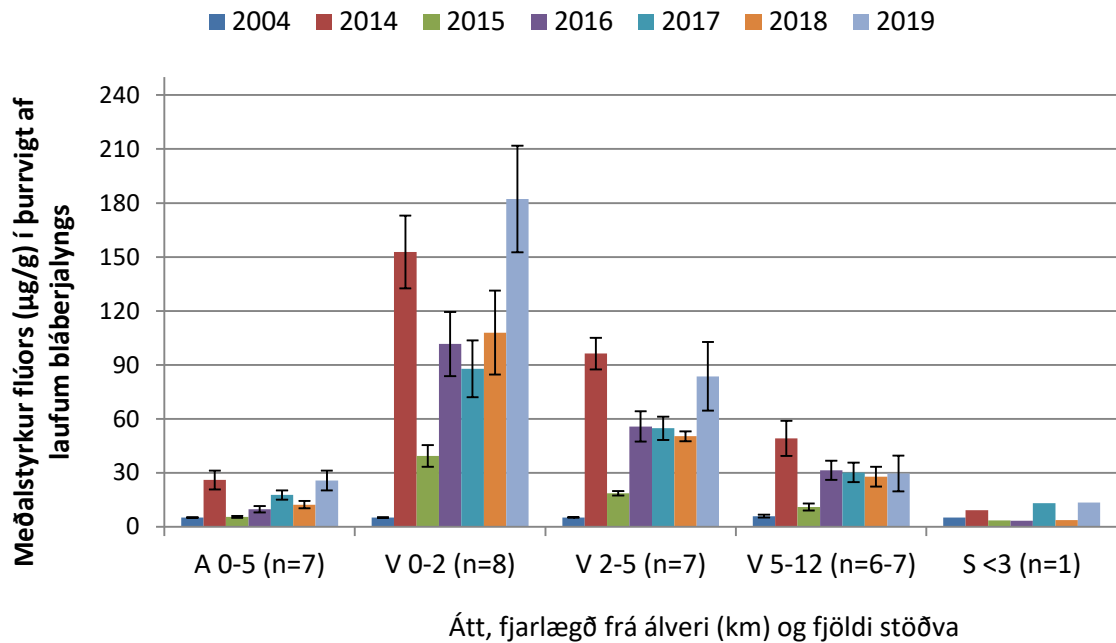
3.3.4 Bláberjalyng

3.3.4.1 Flúor

Styrkur flúors í lafum bláberjalyngs mældist frá 4–289 $\mu\text{g/g}$. Dreifingarmynstur styrks 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 að meðaltali lægstur austur af álverinu og sunnan fjarðar (38. og 39. mynd).

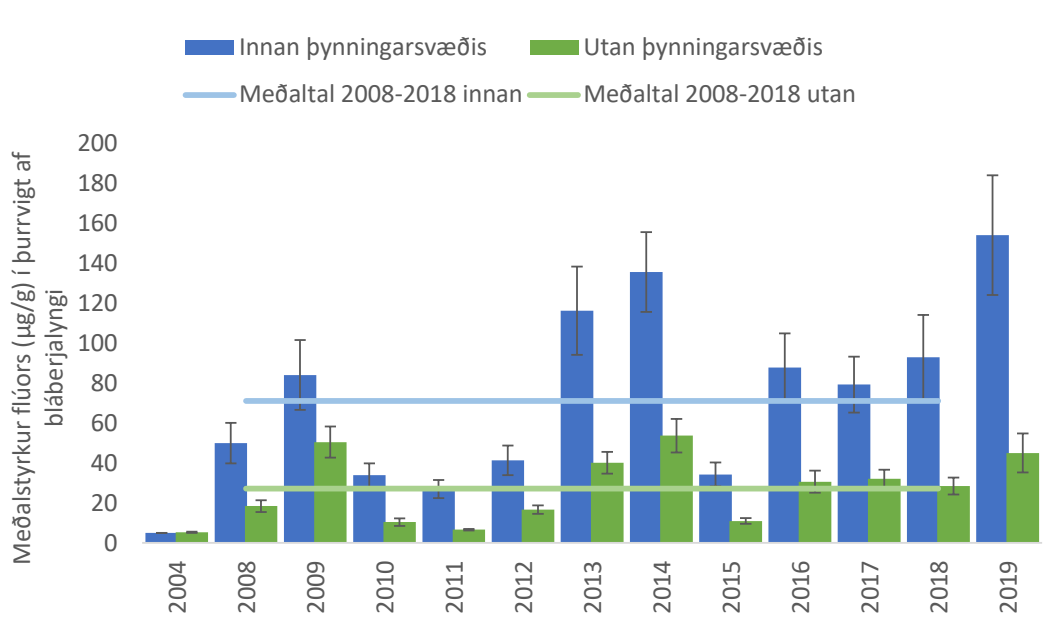


38. mynd. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí og ágúst 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).



39. mynd. Meðalstyrkur flúors í bláberjalaufum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2014 til 2019 eftir svæðum. 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 (31. mynd sýnir svæðisskiptingu).

Ársmeðaltal flúors í laufum bláberjalyngs utan þynningarsvæðis var 45 µg/g sem eru hærri gildi en árið 2018 (28 µg/g) ($p=0,03$) og hærri en meðaltalsgildi áranna 2008 til 2018 (27 µg/g) ($p=0,03$) en mikill breytileiki er milli ára (40. mynd). Innan þynningarsvæðis mældist styrkurinn að meðaltali 154 µg/g og hefur hann aldrei mælst svo hár. Styrkurinn var hærri en árið 2018 ($p=0,02$) og samanborið við meðalgildi áranna 2008 til 2018 (71 µg/g) ($p<0,01$). Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs hefur, líkt og styrkur þess í mosa og fléttum, hækkað frá bakgrunnsgildum ($p<0,01$) (40. mynd).



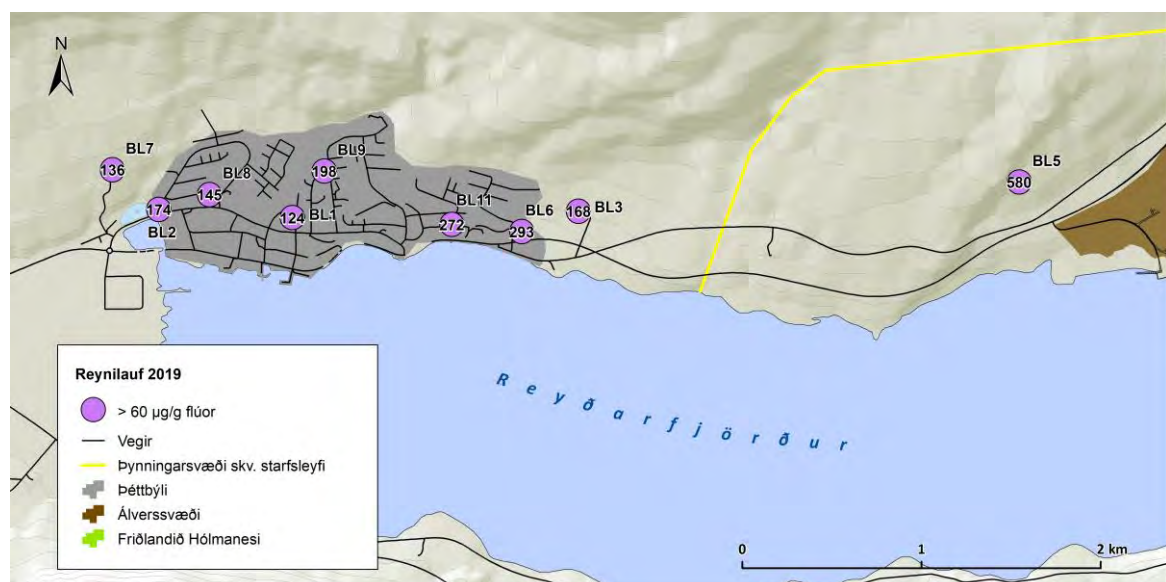
40. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) innan og utan þýnningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 og árin 2014 til 2019. Línur sýna meðaltal árunna 2008–2018 innan og utan þýnningarsvæðis. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þýnningarsvæðis og 19–20 sýnum utan þýnningarsvæðis ár hvert.

Niðurstöður mælinga á flúor í laufum bláberjalyngs árið 2019 er að finna í viðauka 8.

3.3.5 Reyniviður

3.3.5.1 Flúor

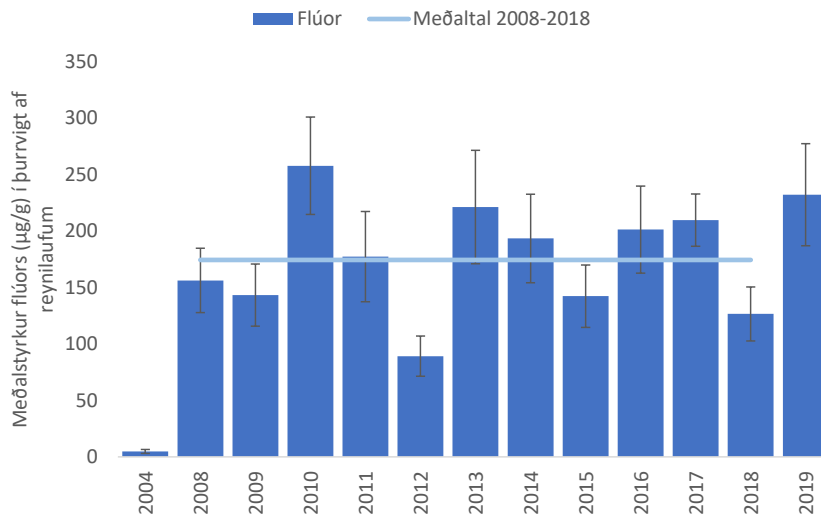
Styrkur flúors í reynivið mældist frá 124–580 µg/g og var hæsta gildið næst álverinu á sýnatökustað BL5, sem er staðsettur í skógræktarreit rétt ofan álversins. Lægsta gildið mældist í sýni BL1 en það sýni var tekið í þéttbýlinu á Reyðarfirði (41. mynd).



41. mynd. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrijaá í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

Ársmeðaltal flúors í reynilaufum var hærra árið 2019 (232 µg/g) en árið 2018 (127 µg/g) ($p < 0,01$) sem og meðaltalstyrkur flúors árin 2008 til 2018 (174 µg/g) ($p < 0,01$). Meðal-

styrkur flúors í reynilaufum hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf rekstur ($p < 0,01$) en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára líkt og í bláberjalyngi og grasi (42. mynd).



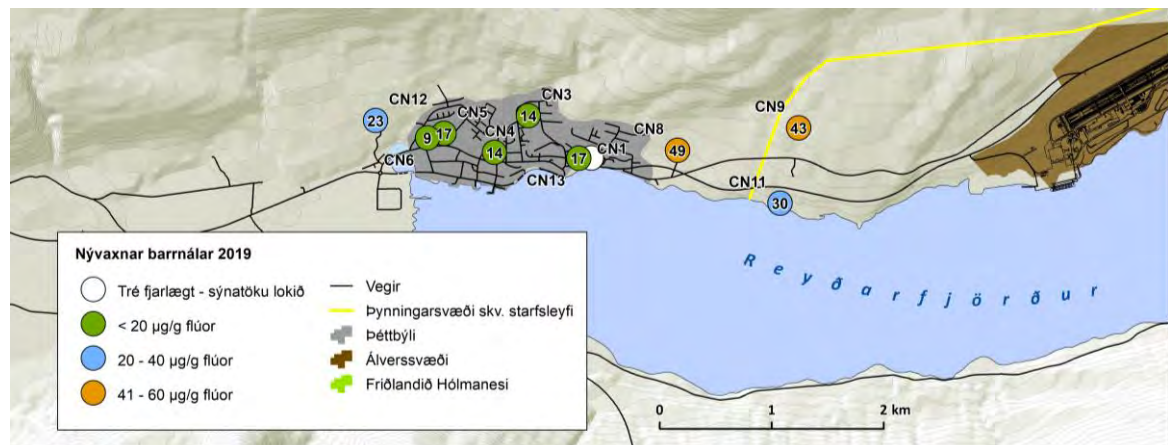
42. mynd. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitrijaá (ásamt staðalskekkju) árin 2004 og 2014–2019 í Reyðarfirði. Lína sýnir meðaltalstyrk flúors 2008–2018. Gögn eru byggð á 10 sýnum árin 2004, 2015 og 2017 en 9 árin 2014, 2016 og 2019.

Niðurstöður mælinga á flúor í laufum reynitrijaá fyrir árið 2019 er að finna í viðauka 9.

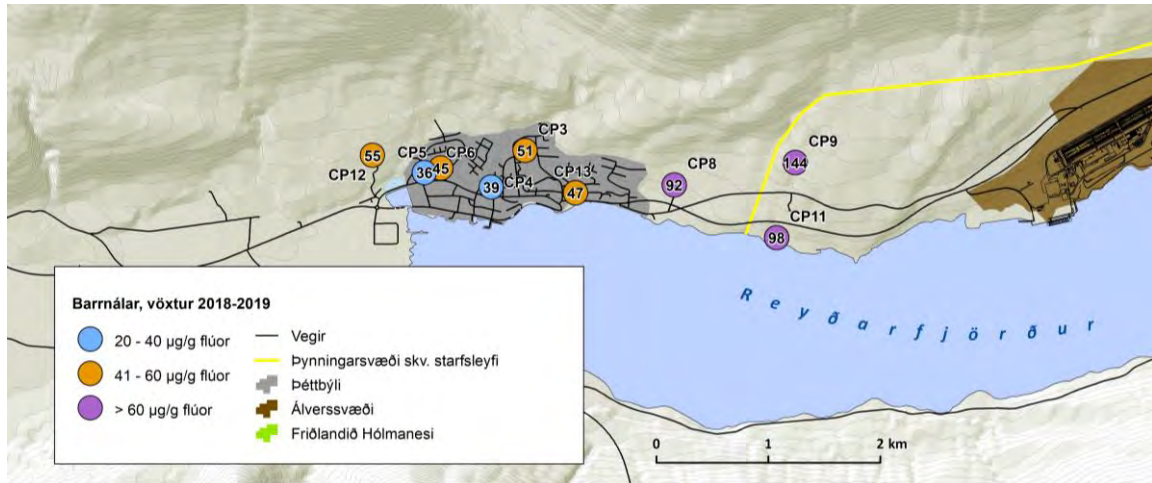
3.3.6 Barrnálar

3.3.6.1 Flúor

Styrkur flúors í nýjum barrnálam mældist frá 9 µg/g til 49 µg/g og í barrnálam fyrra árs mældist styrkurinn frá 36 µg/g til 144 µg/g (43. og 44. mynd). Hæsta gildið í nýjum nálam mældist á sýnatökustað CN8 við Teigagerði en það hæsta í nálam fyrra árs á sýnatökustaðnum CP9, á skógræktarsvæði. Lægstu gildin í nýjum nálam og nálam fyrra árs mældust á sýnatökustað CN6 innan þéttbýlisins (43. og 44. mynd).

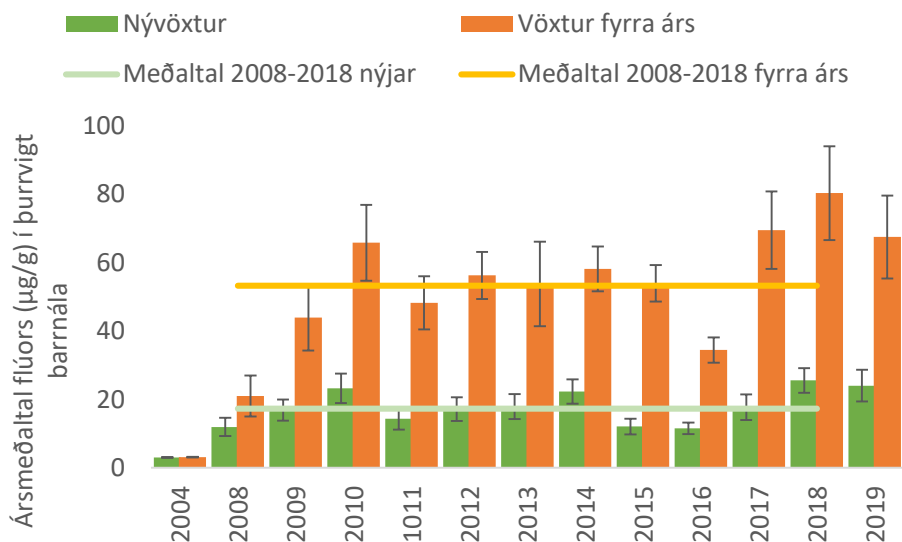


43. mynd. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nýjum barrnálam (CN) í október 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).



44. mynd. Sýnatökustaðir barnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barnálum frá fyrra ári (CP, 2018), safnað í október 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

Ársmeðaltal flúors í barnálum árið 2019 var 24 µg/g í nýjum nálum og 67 µg/g í barnálum fyrra árs. Meðalstyrkurinn í nývöxnum nálum var sambærilegur og árið 2018 (26 µg/g) ($p=0,342$) en hærrí en meðalstyrkur árána 2008 til 2018 (17 µg/g) auk grunngilda (3 µg/g) ($p<0,01$). Styrkur flúors í nálum fyrra árs sem safnað var árið 2019 (67 µg/g) var lægri samanborið við árið 2018 (80 µg/g) en munurinn var þó ekki marktækur ($p=0,397$). Gildin árið 2019 voru einnig svipuð miðað við meðalstyrk síðustu tíu ára (53 µg/g) ($p=0,112$). Styrkurinn hefur hækkað mikið frá bakgrunnsgildum ($p<0,05$) (45. mynd).



45. mynd. Ársmeðaltal flúors í barnálum (ásamt staðalskekku) árið 2004 og árin 2014 til 2019 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árið 2004 en 9 sýnum árin 2014–2019. Línur sýna meðaltalstyrk flúors árin 2008–2018. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.

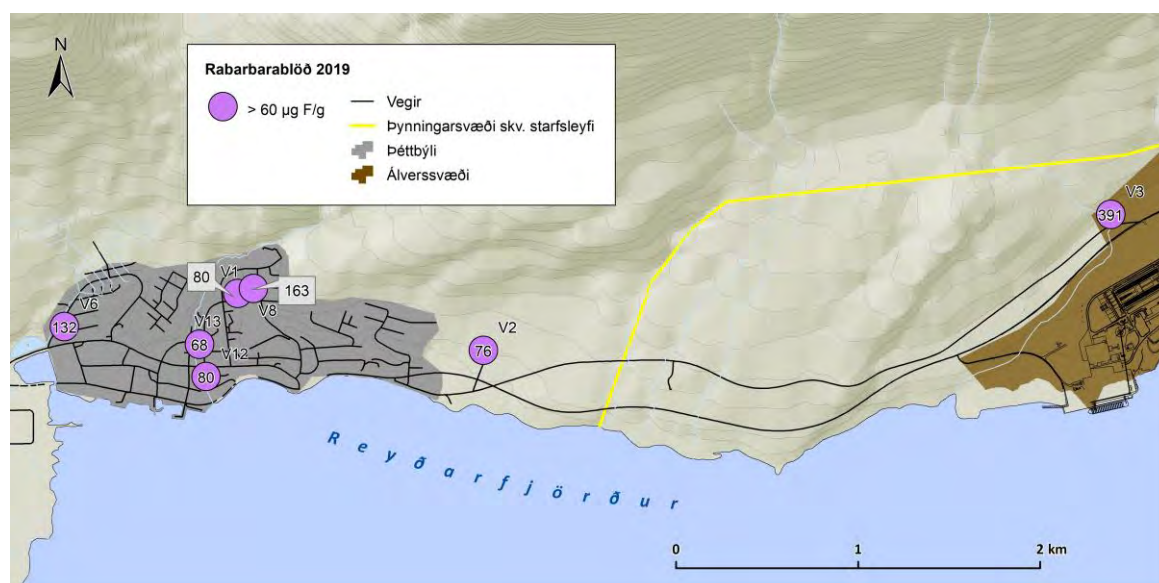
Sígræn tré fella ekki laufin á haustin og taka því upp flúor allan ársins hring. Mest er upptakan frá því nýjar nálar fara að myndast að vori og fram á veturinn. Flúor safnast fyrir í nálum og styrkurinn eykst milli ára þannig að eldri nálar mælast alltaf með hærri styrk en yngri nálar (Doley, 2010).

Niðurstöður mælinga á flúor í barnálum fyrir árið 2019 er að finna í viðauka 10.

3.3.7 Rabarbari

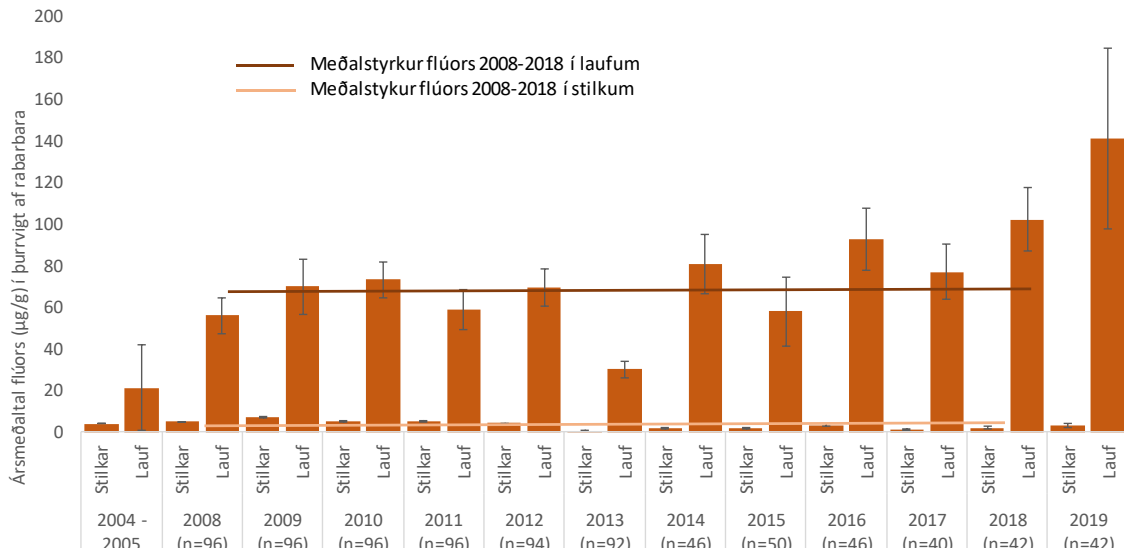
3.3.7.1 Flúor

Meðalstyrkur flúors í laufblöðum rabarbara mældist frá 68–391 $\mu\text{g/g}$. Hæsta einstaka gildi mældist í ágúst á sýnatökustað V3 (656 $\mu\text{g/g}$) sem er við Sómastaði, innan þynningarsvæðis, líkt og fyrri ár. Lægsti styrkurinn mældist í júní á sýnatökustað V13 í þéttbýlinu á Reyðarfirði (46. mynd). Flúor í stilkum mældist frá 0,7–7,7 $\mu\text{g/g}$ sem undirstrikar þá staðreynd að þó há gildi mælist í blöðum rabarbara mælast lág gildi í stilkunum (47. mynd). Ekki eru til nein viðmið hér á landi um hámarksstyrk flúors í grænmeti sem ætlað er til manneðis.



46. mynd. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum (V) í þremur sýnatökufærðum frá júní til ágúst sumarið 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

Ársmeðaltal flúors í laufblöðum rabarbara var 141 $\mu\text{g/g}$ og hefur styrkurinn ekki mælst hærri frá upphafi mælinga en fjöldi sýna er mismunandi eftir árum (47. mynd). Styrkurinn var marktækt hærri árið 2019 samanborið við árið 2018, meðaltal árunna 2008–2018 og árin fyrir álver ($p < 0,05$). Ársmeðaltal flúors í stilkum rabarbara árið 2019 var 3 $\mu\text{g/g}$ og hefur lítið breyst frá því áður en álverið var byggt ($p > 0,05$) (47. mynd).



47. mynd. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004–2005 (meðaltal beggja áráanna) og árin 2014 til 2019 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkinga meðaltalanna. Línur sýna meðaltalstyrk flúors árin 2008–2018 í laufum (dökk) og stilkum (ljós). Árin 2004–2005 var farin ein sýnatökufærð og árin 2014–2019 voru farnar þrjár sýnatökufærðir.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors í rabarbarasýnum árið 2019 má sjá í viðauka 11.

3.3.7.2 Þungmálmar

Meðalstyrkur þungmálma í blöðum rabarbara hækkaði í öllum tilvikum milli áráanna 2018 og 2019 (2. tafla). Styrkur þungmálma getur verið nokkuð breytilegur á milli ára og mæliaðferðir, sem verða sífellt nákvæmari, hafa áhrif á samanburð. Meðalstyrkur nikkels (Ni) hækkaði um 0,4 µg/g milli ára og var einnig hærri en hann mældist á árunum 2013 til 2018. Styrkur blýs (Pb) hækkaði líka töluvert milli ára 2018 og 2019 (0,061 µg/g) og hefur ekki mælst hærri í rabarbarablöðum (2. tafla). 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.

Styrkur þungmálma í rabarbarastilkum var almennt lægri en í laufblöðum. Styrkurinn var í öllum tilvikum hærri á milli áráanna 2018 og 2019 (3. tafla). Gildi þungmálma í rabarbarastilkum hafa frá árinu 2013 haldist nokkuð svipuð milli ára eða verið undir greiningarmörkum.

Reglugerð um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum (nr. 265/2010 með síðari breytingum nr. 358/2015 og 1048/2016) skilgreinir hámarksgildi blýs (Pb) og kadmíums (Cd) í grænmeti. Hámarksgildi fyrir bæði kadmíum og blý í stöngul- og rótargrænmeti er 0,1 mg/kg (µg/g) í blautvigt. Ekkert sýni af rabarbarastilkum mældist yfir þessum viðmiðum árið 2019. Hámarksgildi fyrir kadmíum í blaðgrænmeti er 0,2 µg/g í blautvigt og fyrir blý í blaðgrænmeti er hámarksgildið 0,3 µg/g í blautvigt. Eitt sýni (V12) af rabarbarablöðum mældist yfir viðmiðum fyrir blý árið 2019 en það sýni er staðsett inn í bænum á Reyðarfirði. Ekkert sýni mældist yfir hámarksgildum fyrir kadmíum. Í reglugerðinni eru engin viðmið fyrir aðra þungmálma í grænmeti.

2. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árin 2013 – 2019.

	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 $\mu\text{g/g}$
2013	<0,020	0,087	0,036	0,998	<0,005	0,750	<0,020	20,18
2014	<0,090	0,033	0,032	0,854	<0,010	0,627	<0,040	20,06
2015	<0,070	0,058	0,033	0,907	<0,009	0,738	<0,030	11,46
2016	0,009	0,065	0,081	0,813	0,002	0,599	0,010	12,82
2017	0,002	0,053	0,051	0,827	0,001	0,486	0,009	12,23
2018	<0,004	0,043	0,047	0,695	<0,004	0,466	0,009	10,29
2019	0,016	0,069	0,093	0,780	0,004	0,817	0,065	13,21

3. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árin 2013 – 2019.

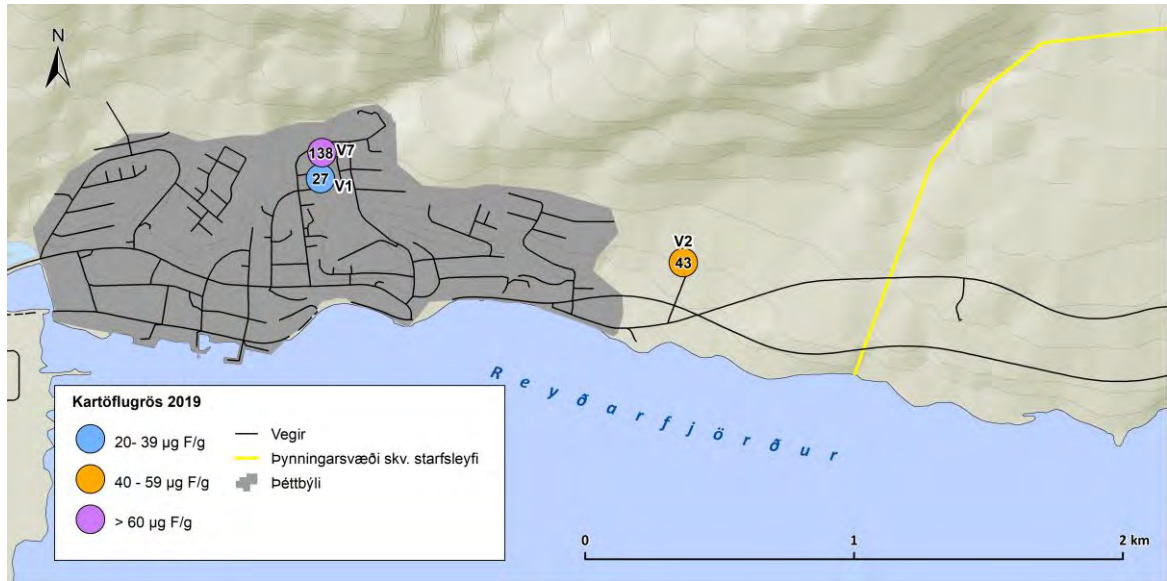
	As $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Cr $\mu\text{g/g}$	Cu $\mu\text{g/g}$	Hg $\mu\text{g/g}$	Ni $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$
2013	<0,020	0,012	0,011	0,254	0,010	0,135	0,029	3,89
2014	<0,090	0,013	0,011	0,294	<0,010	0,176	<0,040	4,16
2015	<0,070	0,012	<0,020	0,216	<0,009	0,205	<0,030	2,33
2016	0,0005	0,011	0,013	0,188	<0,0001	0,135	0,004	2,53
2017	0,0005	0,009	0,005	0,161	<0,00009	0,082	0,004	2,04
2018	<LOD	0,010	0,010	0,139	<LOD	0,070	0,004	2,04
2019	<LOD	0,016	<0,019	0,220	<0,001	0,093	<0,010	3,85

Niðurstöður mælinga á þungmálmum í rabarbarasýnum fyrir árið 2019 má sjá í viðauka 11.

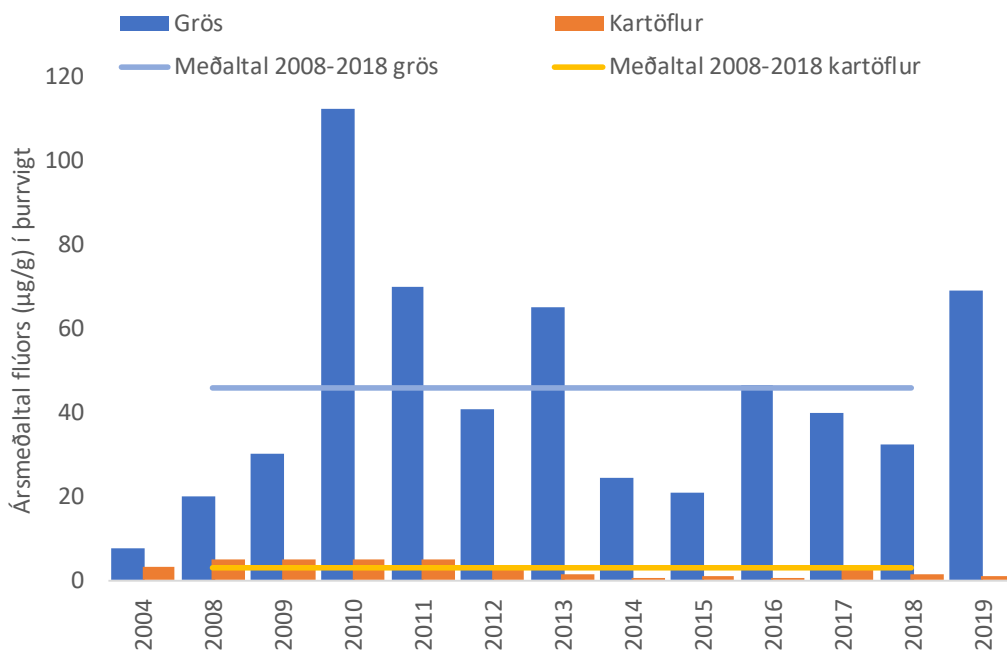
3.3.8 Kartöflur og grænmeti

3.3.8.1 Flúor

Styrkur flúors í kartöflugrösum mældist 27 $\mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V1, 43 $\mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V2 og 138 $\mu\text{g/g}$ á sýnatökustað V7 (að meðaltali 69 $\mu\text{g/g}$) (48. mynd). Meðalstyrkur flúors í kartöflugrösum var hærri árið 2019 en 2018 og meðalstyrkur frá árunum 2008–2018 (46 $\mu\text{g/g}$) (49. mynd). Styrkur flúors í kartöflugrösum er nokkuð breytilegur milli sýnatökustaða og milli ára. Styrkur flúors í þeim þremur sýnum af kartöflum sem tekin voru var lágur (0,4–1,8 $\mu\text{g/g}$) (49. mynd). Líkt og með rabarbarann má sjá að þó að styrkur flúors mælist hér í kartöflugrösum er styrkurinn lágur í kartöflunum sjálfum.



48. mynd. Sýnatökustaðir kartafla og salats (innan þéttbýlis) í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflu-grösum sumarið 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).



49. mynd. Ársmeðaltal flúors í kartöflum og kartöflu-grösum á þremur til fjórum sýnatökustöðum sumrin 2004 (bakgrunnsgildi) og 2008 til 2019. Línur sýna meðaltalstyrk flúors árin 2008–2018 í kartöflu-grös (blátt) og kartöflum (gult).

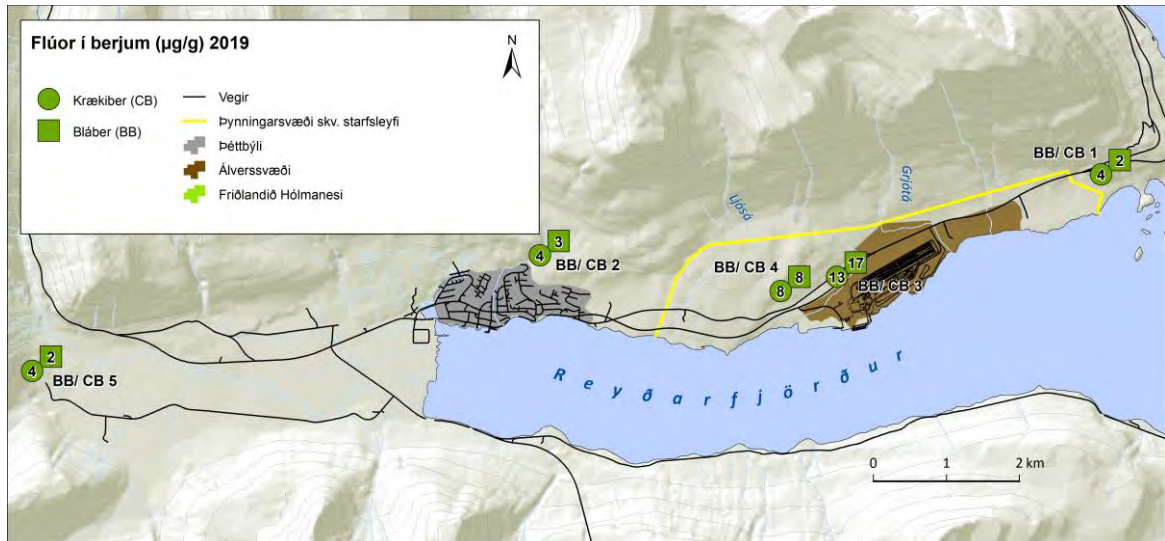
Í **grænlaufsaldi** á sýnatökustað V1 var styrkur flúors einnig lágur, 5 µg/g. Styrkur flúors í salati er breytilegur á milli ára. Í bakgrunnssúttekt árið 2004 var styrkur þess <3 µg/g en greiningarmörk þá voru hærri.

3.3.9 Bláber og krækiber

3.3.9.1 Flúor

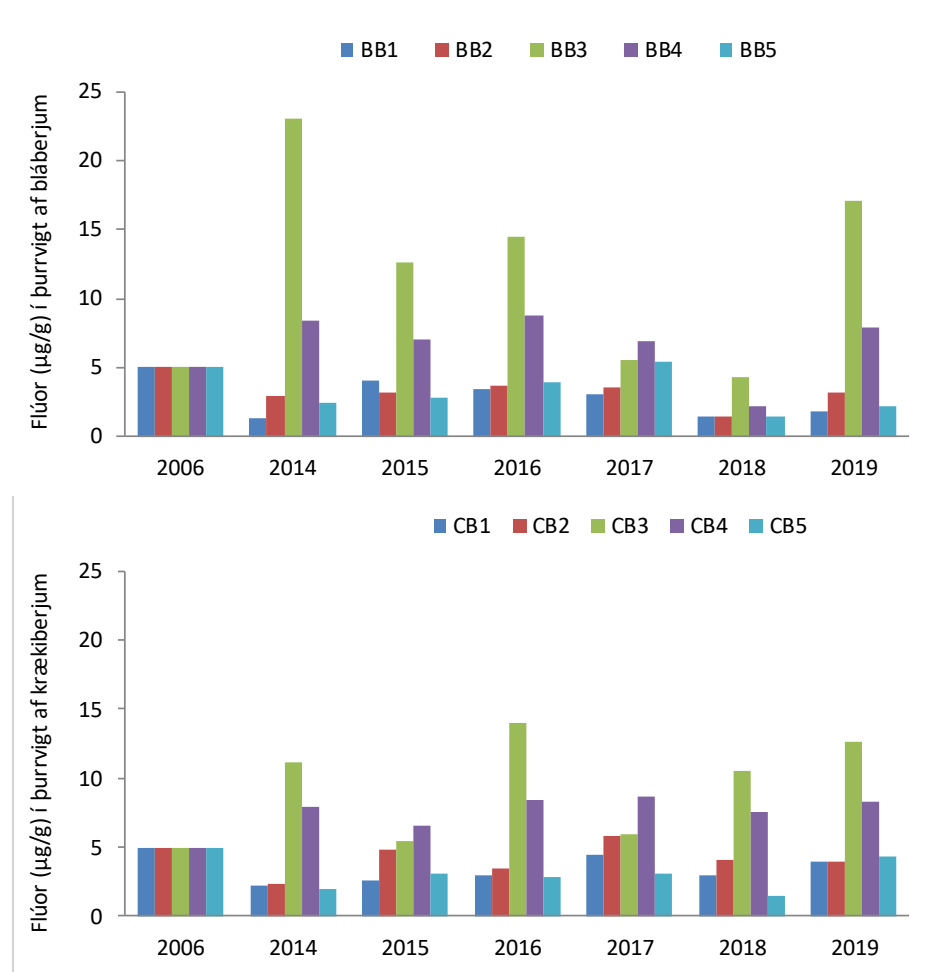
Styrkur flúors í krækiberjum mældist frá 4–13 $\mu\text{g/g}$ og í bláberjum frá 2–17 $\mu\text{g/g}$ árið 2019. Hæstu gildin í bæði bláberjum og krækiberjum mældust innan þynningarsvæðis á sýnatökustað BB/CB3 (50. og 51. mynd).

Styrkur flúors í berjum var í flestum tilvikum hærri árið 2019 en árið 2018 (51. mynd).



50. mynd. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2019. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

Hæstu gildi ársins í bláberjalyngi mældust á sama svæði og í berjasýnunum BB3 og BB4 sem eru innan þynningarsvæðis og nálægt álverinu, undan ríkjandi vindátt. 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, 2017, 2018; Guðrún Óskarsdóttir o.fl., 2015; Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2012, 2013 og 2014; Weinstein & Davison, 2004).



51. mynd. Styrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2014–2019 í Reyðarfirði. Fram til ársins 2011 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum $5 \mu\text{g/g}$.

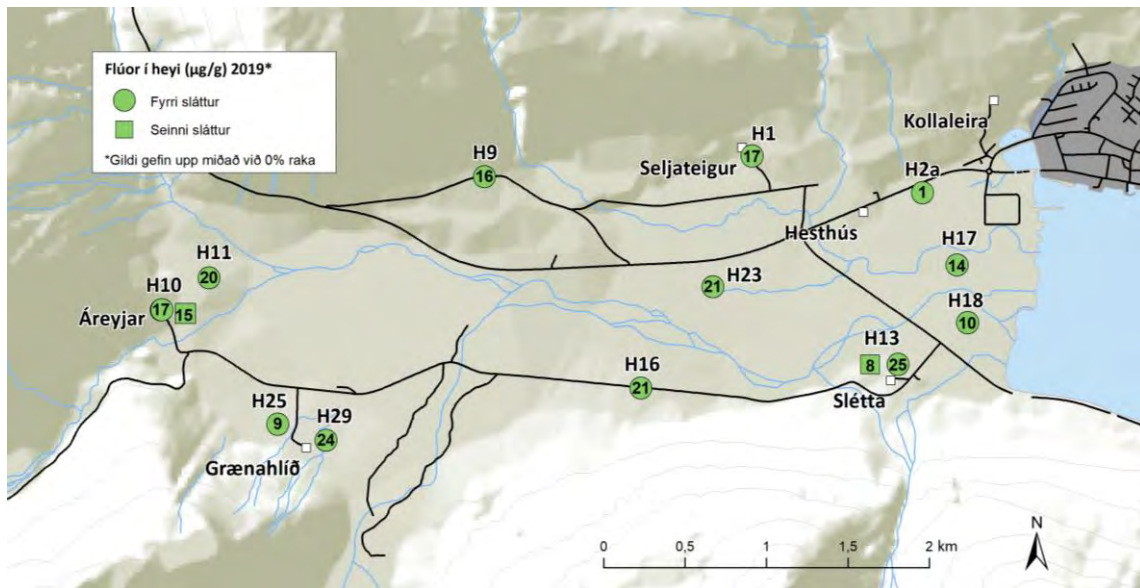
Niðurstöður mælinga á flúor í bláberjum og krækiberjum fyrir árið 2019 er að finna í viðauka 12.

3.3.10 Hey og fóðurkál

3.3.10.1 Flúor

Styrkur flúors í heysýnum sem tekin voru beint úr rúllum eða böggum í Reyðarfirði mældist frá $1\text{--}25 \mu\text{g/g}$ miðað við 0% rakainnihald. Styrkurinn var í öllum tilvikum undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr ($56,8 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) og undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jörturdýr ($34,1 \mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald). Ekki var að sjá neitt áberandi mynstur í dreifingu styrks flúors í heyi árið 2019 (52. mynd), ekki frekar en árið 2018. Nánari umfjöllun um viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé miðað við ólíkt rakainnihald má sjá í kafla 3.1.2.

Styrkur flúors í vetrarheyi (heyi sem búið var að standa úti) var einnig undir viðmiðunarmörkum fyrir búfénað eða $13 \mu\text{g/g}$ við Sléttu, $14 \mu\text{g/g}$ við Áreyjar, $11 \mu\text{g/g}$ við Seljateigshjáleigu, $16 \mu\text{g/g}$ við Kollaleiru og $23 \mu\text{g/g}$ við Njörvadalsá.



52. mynd. Styrkur flúors í heysýnum m.v 0% rakainnihald sem tekin voru 10. október 2019. Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

Flúor var mældur í tveimur sýnum af fóðurkáli sem tekin voru við Sléttu þann 26. ágúst 2019. Styrkur flúors var 7 µg/g og 30 µg/g sem er undir viðmiðunarmörkum flúors í heilfóðri fyrir jörturdýr (56,8 µg/g m.v. 0% rakainnihald) og mjólkandi jörturdýr (34,1 µg/g m.v. 0% rakainnihald).

Niðurstöður mælinga á flúor í heysýnum og sýnum af fóðurkáli fyrir árið 2019 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 fullþroskuð blöð. Þannig getur sama plantan sýnt mjög ólík einkenni, háð því á hvaða þroskastigi blöðin eru þegar þau verða fyrir flúormengun (Weinstein & Davison, 2004).

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

Flúor getur valdið fölnun eða gulfun (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 gulfun er binding þess við magnesíum í plöntunni sem veldur magnesíumskorti í plöntunni (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 2019.

4.1 Sjaldgæfar tegundir

Sjónrænt mat á heilbrigði fimm sjaldgæfra plöntutegunda sem vaxa í Reyðarfirði var gert 11. júlí 2019. 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

Tvær þessara tegunda eru tilgreindar á válista æðplantna; giljaflækja og þyrnirós sem taldar eru í nokkurri hættu og leggur Náttúrufræðistofnun til að giljaflækja verði friðlýst en þyrnirós er nú þegar friðuð (Náttúrufræðistofnun, 2018 og Auglýsing nr. 184/1978). Auk þeirra hafa fuglaertur verið á válista en við mat Náttúrufræðistofnunar 2018 féll sú tegund utan válistans og er ekki metin í hættu (Náttúrufræðistofnun, 2018).

Plönturnar voru ljósmyndaðar og kannað hvort þær sýndu mögulega einkenni flúor-skemmda 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 túnfífli og mikið af maríustakk var að finna meðfram læknum. Þegar athugun var gerð var nýbúið að slá blettinn en kringum birkitré voru nokkuð stórar breiður af fuglaertu. Þær voru flestar í blóma eða í fræmyndun og virtust heilbrigðar fyrir utan rauðleit blöð. Fuglaertur voru einnig í blóma. Útbreiðsla þeirra hefur aukist verulega síðustu ár. Plöntur voru heilbrigðar að sjá og var ekki að sjá flúorlíkar skemmdir á laufblöðunum (53. mynd).



53. mynd. Giljaflekja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júlí 2019 í Reyðarfirði.

Engar flúorlíkar skemmdir fundust heldur á plöntum þyrnirósar. Um tvo vaxtarstaði er að ræða, annars vegar rétt vestan við Kollaleirubæinn og hins vegar nokkuð ofan við bæinn. Efri vaxtarstaðurinn var staðsettur innan beitarhólfs hrossa sumarið 2017 en hrossin voru ekki á svæðinu í athugun sumarsins 2019. Á efra svæðinu voru plöntur almennt minni og ekki komnar eins langt í þroska og á neðra svæðinu en þyrnirósirnar voru almennt heilbrigðar að sjá og í blóma (54. mynd).



54. mynd. Þyrnirós af neðra svæði (t.v.) og af efra svæði (t.h.) í júlí 2019 í Reyðarfirði.

Á vaxtarstað aronsvandar og stóraburkna báru plöntur þess merki að vera ofþornaðar. Margar plöntur af aronsvendi voru skrælnaðar en þær sem voru það ekki voru í fræframleiðslu (55. mynd). Annar gróður bar einnig merki um ofþornun. Stóriburkni var að mestu leyti án athugasemda en flúorlíkar skemmdir voru á smáblöðum nokkurra laufblaða, dauðir endar líkt og fyrri ár (55. mynd).



55. mynd. Aronsvöndur (t.v.) og stóriburkni (t.h.) með skemmdum endum í júlí 2019 í Reyðarfirði.

4.2 Garðaplöntur og tré

Garðagróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði og á trjáræktarsvæðum milli álversins og bæjarins var skoðaður þann 24. júlí 2019. 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 flúorlíkar skemmdir á 2–4% laufblaða gulvíðis (*Salix phylicifolia*) og aspar (56. mynd). Einkennin sáust aðallega á efstu greinum plantnanna og nýjum blöðum.



56. mynd. Flúorlíkar skemmdir og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á gulvíði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í júlí 2019.

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 og flúorlíkar skemmdir var ekki að sjá.

Í ræktunarreit á neðsta hjallanum norðvestur af álverinu er samansafn af ýmsum trjátegundum, einkum birki og reyni. Tré voru almennt heilbrigð að sjá.

Við Framnes voru flestar plöntur heilbrigðar að sjá. Flúorlíkar skemmdir sáust á sigurskúf, dökkt band og dauðir blaðendar. Greina mátti gulnun (chlorosis) á blöðum hvannar og bláberjalyngs (57. mynd). Á bergfuru mátti greina dökkt band og dauða enda á nálum.



57. mynd. Dauðir blaðendar og dökkt band á sigurskúf (t.v.) og gulnun í jöðrum blaða á hvönn (t.h.) við Framnes í Reyðarfirði í júlí 2019.

Við Teigagerði sáust flúorlíkar skemmdir á smáblöðum reynis og viðju (*Salix myrsinifolia subsp. borealis*). Lerki var mikið sölnað en einkennin litu ekki út fyrir að vera dæmigerðar flúorskemmdir.

Við kirkjugarðinn sem er staðsettur rétt utan þéttbýlisins á Reyðarfirði var limgerði og reynir með flúorlíkar skemmdir á 0–2% blaða (58. mynd). Annars var gróður án athugasemda.

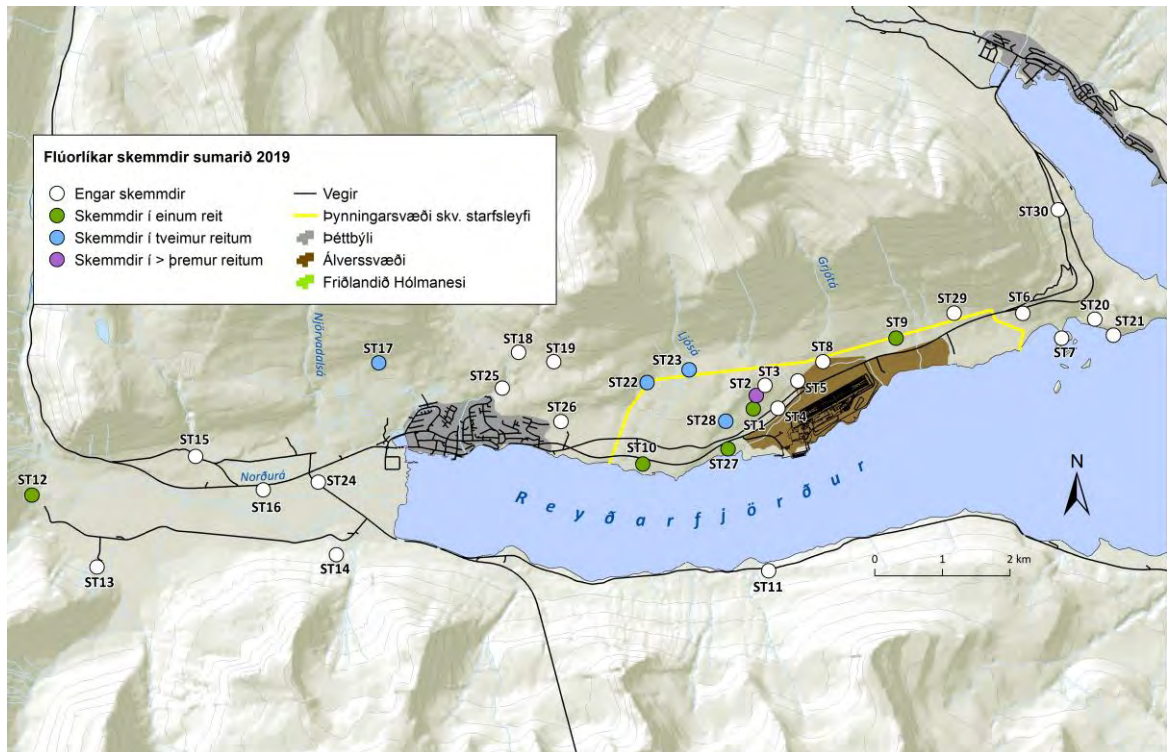
Gróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði var að mestu án athugasemda en þó mátti sjá skemmdir af völdum skordýra, einkum á birki og víði. Reynir var einnig étinn og sums staðar mátti sjá flúorlík einkenni (dökk og afmynduð endalauf) á einstaka blöðum. Líkt og fyrri ár sáust einkenni sem líkjast flúorskemmdum á nálum furu. Nálar lerkis og grenis voru sums staðar gulnaðar og sáust þau einkenni aðallega á nýjum nálum.



58. mynd. Flúorlíkar skemmdir á laufum reynis í kirkjugarðinum á Reyðarfirði í júlí 2019.

4.3 Gróður í rannsóknarreitum

Villtur gróður í 145 rannsóknarreitum á 29 vistfræðistöðvum í Reyðarfirði var skoðaður dagana 25. og 29. júlí og 6., 8. og 13. ágúst 2019 (59. mynd). Reitir voru ljósmyndaðir og ummerkja leitað um mögulegar skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.



59. mynd. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust í 10 stöðvum sumarið 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

Almennt var gróður á stöðvunum í góðu ásigkomulagi og án athugasemda. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust á fimmtán stöðvum árið 2019 og voru flest innan þynningarsvæðis (59. mynd). Möguleg einkenni flúorskemmda árið 2019 sást aðallega á kornsúru (*Bistorta vivipara*) (60. mynd) og holtasóley (*Dryas octopetala*). Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust einnig á nokkrum stöðvum utan reita en þau voru ekki merkt á korti.

Þegar skemmdir sem líkjast skemmdum af völdum flúors eru skoðaðar á gróðri verður að hafa í huga að erfitt getur verið að greina þær frá skemmdum af völdum annarra þátta og t.d. geta jafnvel einkenni sölnunar minnt á flúorskemmdir og mögulegt er að sumar þeirra séu ekki beinar flúorskemmdir heldur sölnun en flúor getur einnig haft óbein áhrif á gróður. Þá verður að taka tillit til tíma athugunar og veðurfars þess sumars. Árið 2019 var gróður skoðaður seinni part júlí og fyrri hluta ágúst. Fremur svalt var í veðri og nokkuð votviðrasamt á þeim tíma. Maí og júní voru fremur kaldir en þurrviðrasamir (Veðurstofa Íslands, 2019).



60. mynd. Flúorlíkar skemmdir á kornsúru við stöð 1.

Líkt og fyrri ár sást ýmskonar skemmdir á gróðri af völdum annarra þátta s.s. skordýra og sveppasýkinga. Árið 2019 voru ummerki traðks og beitar talsvert áberandi og á ýmsum runnum og smárunnum sást brotnar og dauðar greinar inn á milli heilbrigðra greina. 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 lítil undanfarin ár. Árið 2019 sást rautt bláberjalyng einnig víða. Að líkindum stafar þessi rauði litur einkum af kulda- eða frostáhrifum.

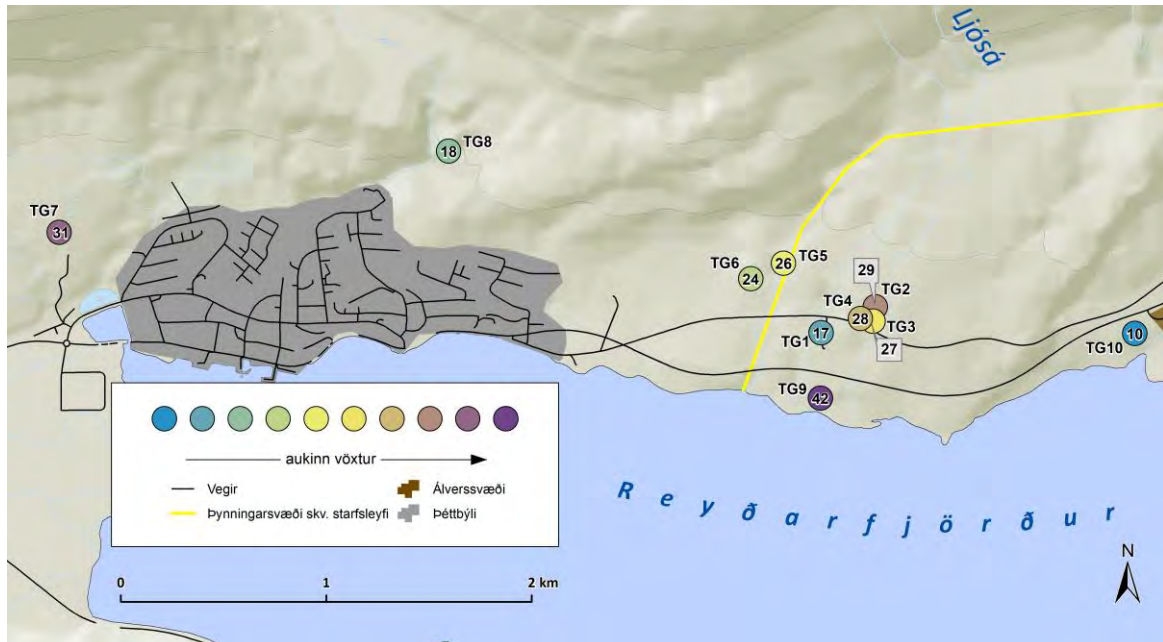
Lista yfir myndir teknar fyrir vöktun ársins 2019 er að finna í viðauka 14.

5 Trjávöxtur

5.1 Inngangur

Furtegundir (*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 trjámælireita má sjá á 61. mynd.



61. mynd. Trjámælireitir í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árið 2019 (Landmælingar Íslands, 2013 og 2019).

Árið 2005 voru gerðar frumathuganir á vexti furu á 10 stöðum í Reyðarfirði. Toppsprotar voru mældir með tommustokk. Tíu stafafurur voru mældar í trjáræktarreit 1–9 en átta bergfurur 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 voru endurteknaðar árið 2009 og á hverju ári frá 2011. Hægt er að bera saman vöxt furu fyrir og eftir að rekstur álvers hófst því þegar fyrstu mælingar voru gerðar árið 2005 var mældur vöxtur aftur til ársins 2003.

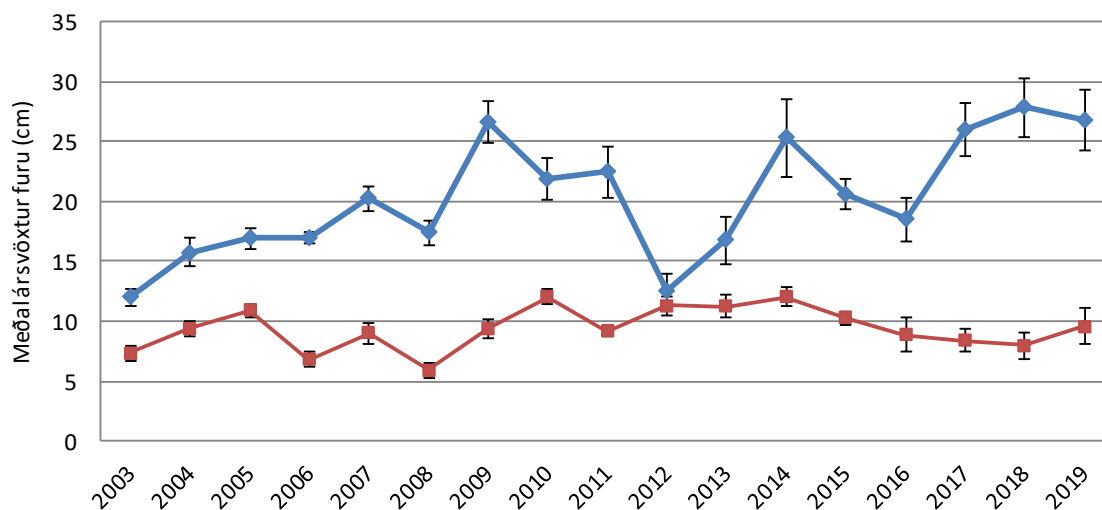
Árið 2019 voru mælingar framkvæmdar 22. og 30. október og 12. nóvember og þá var vöxtur ársins 2019 mældur. Vegna þess hve trén eru orðin há var orðið erfitt að mæla toppvöxt með tommustokk. Því var sérstök trjámælistika notuð í fimmta sinn árið 2019. Mælistikan var borin að stofni trjánna og heildarhæð þeirra mæld, því næst var hæð fyrra árs mæld. Að lokum var hæð fyrra árs dregin frá heildarhæð og toppvöxtur ársins 2019 þannig reiknaður út. Árið 2019 var trjáræktarreitur 10 að hluta til kominn undir framkvæmdir, tvö tré höfðu verið felld og því var vöxtur aðeins mældur á sex bergfurum.

5.2 Niðurstöður

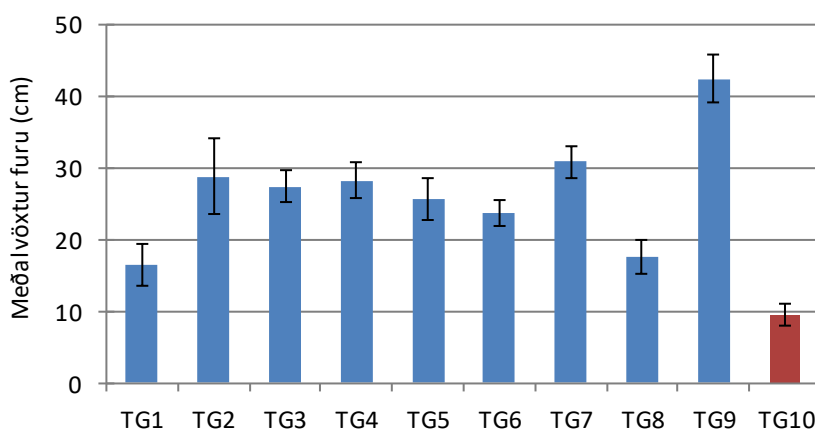
Meðalársvöxtur vaxtarsprota stafafuru á svæðum 1–9 árið 2019 var 27 cm (62. mynd). Vöxturinn var nokkuð breytilegur milli staðsetninga eða frá 17–42 cm (63. mynd). Meðalársvöxtur bergfuru er oftast heldur minni en vöxtur stafafuru (62. mynd) og var 10 cm árið 2019 (staðsetning 10 á 63. mynd).

Meðalvöxtur furu árið 2019 var svipaður á öllum stöðum samanborið við árið á undan, fyrir utan á TG5 þar sem hann var 32 cm árið 2018 en 26 cm árið 2019 (viðauki 15).

Meðalvöxtur stafafuru er nokkuð breytilegur á milli ára og á milli svæða (62. og 63. mynd). Árið 2019 var meðalvöxtur stafafuru mestur á staðsetningu 9 (42 cm), næst ströndinni (61. mynd) og þar er meðalvöxtur stafafuru frá upphafi mælinga einnig mestur (28 cm á ári).



62. mynd. Meðalársvöxtur stafafuru (blátt) í níu trjásmælingareitum og bergfuru (rautt) á einum trjásmælingareit í Reyðarfirði tímabilið 2003–2019.



63. mynd. Meðalvöxtur stafafuru (blátt) og bergfuru (rautt) á hverri staðsetningu árið 2019.

Niðurstöður trjávaxtarmælinga árið 2019 má finna í viðauka 15.

6 Yfirborðsvatn

6.1 Inngangur

Sýni voru tekin á samtals 10 sýnatökustöðum. Fjögur árvatnssýni voru tekin úr 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, þeim gamla (W8) og þeim nýja (W9). Auk þess var sýni tekið úr Grænavatni (W10) (64. mynd). Sýni

voru tekin fjórum sinnum yfir árið úr árvatni og neysluvatni á stöðum W1–W9, þann 22. janúar, 8. apríl, 20. ágúst og 21. október en tvisvar úr Grænavatni, 20. ágúst og 21. október.

Í öllum sýnamengjum var mælt sýrustig (pH), leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$), basarýmd (alkalinity, mg CaCO_3/L), styrkur flúors (F) og styrkur brennisteins (S) hjá Efnagreiningum, Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Auk þess var ákvarðaður styrkur fjölhringa aromatískra vetniskolefna (PAH-16) í seinasta sýnaskammti ársins. PAH mælingar voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi.



64. mynd. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1–W4) og neysluvatnssýna (W5–W9) auk Grænavatns (W10) (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).

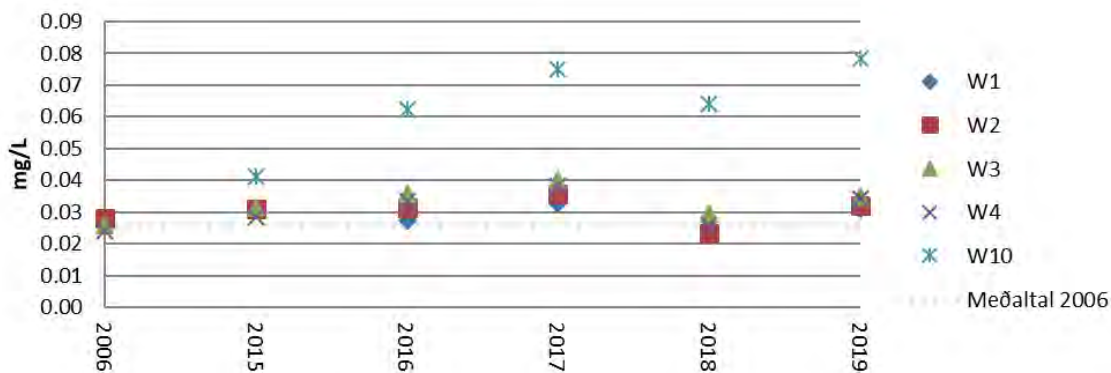
6.2 Niðurstöður

6.2.1 Flúor

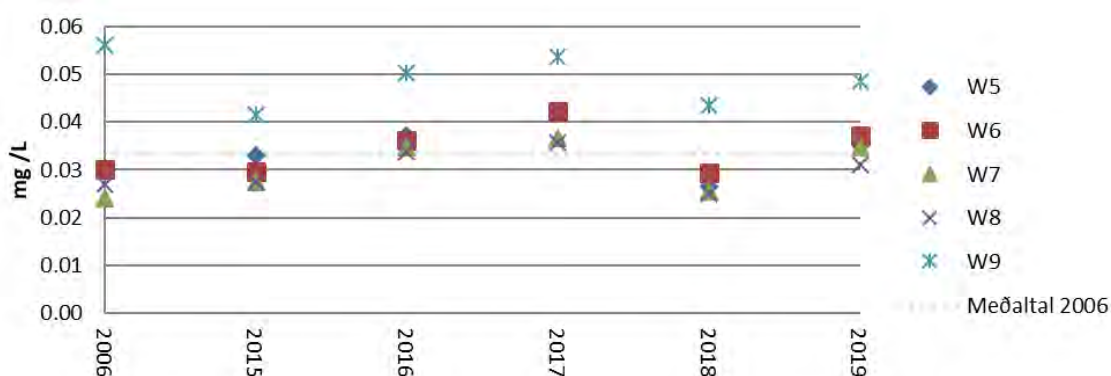
Samkvæmt reglugerð um neysluvatn (nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008) er hámarksgildi fyrir flúorinnihald neysluvatns 1,5 mg/L.

Heildarársmeðaltal flúors í vatni árið 2019 var 0,04 mg/L. Meðaltal fyrir árvatn (W1–W4) er 0,033 mg/L sem er sambærilegt við 2018 (0,026 mg/L árið 2018, 98% öryggismörk voru 0,006 mg/L). Styrkur flúors í Grænavatni hækkaði úr 0,064 mg/L í 0,078 mg/L á milli ára. Flúorstyrkur í Grænavatni hefur einkennst af miklum sveiflum á milli ára. Ársmeðaltal fyrir neysluvatn (W5–W9) mældist 0,044 mg/L sem er ógreinanleg hækkun á milli ára (0,036 mg/L, 98% öryggismörk voru 0,011 mg/L).

Styrk flúors í vatni fyrir árin 2006 og 2015 til 2019 má sjá á 65. og 66. mynd. Blá doppótt lína sýnir meðalstyrk flúors í sömu sýnum árið 2006. Greiningarmörk (LOD) fyrir magngreiningar flúors í vatni eru 0,003 mg/L, og magngreiningarmörk (LOQ) 0,012 mg/L. Sjá má að hækkun meðaltalsstyrks flúors í vatni á milli áruna 2018 (0,032 mg/L) og 2019 (0,040 mg/L) kemur til vegna samsvarandi hækkunar á öllum sýnatökustöðum.



65. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnsýnum (W1–W4) og Grænavatni (W10) fyrir árin 2006 og 2015–2019.



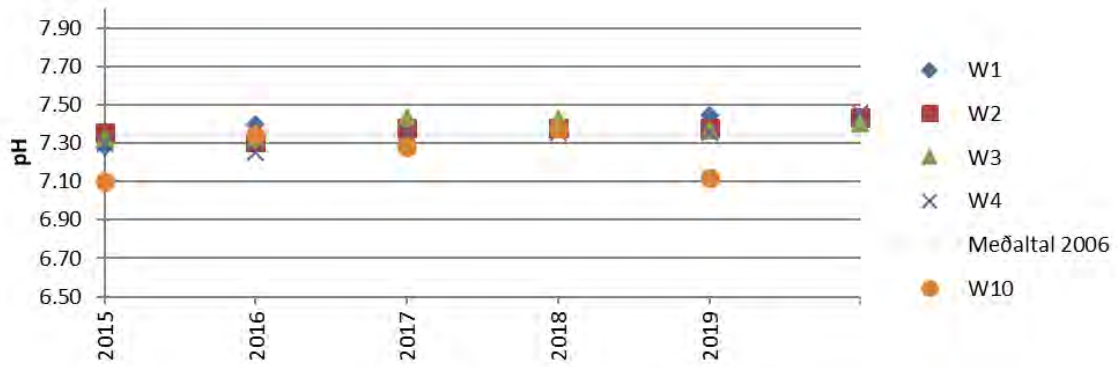
66. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7–W9) fyrir árin 2006 og 2015–2019.

6.2.2 Sýrustig (pH)

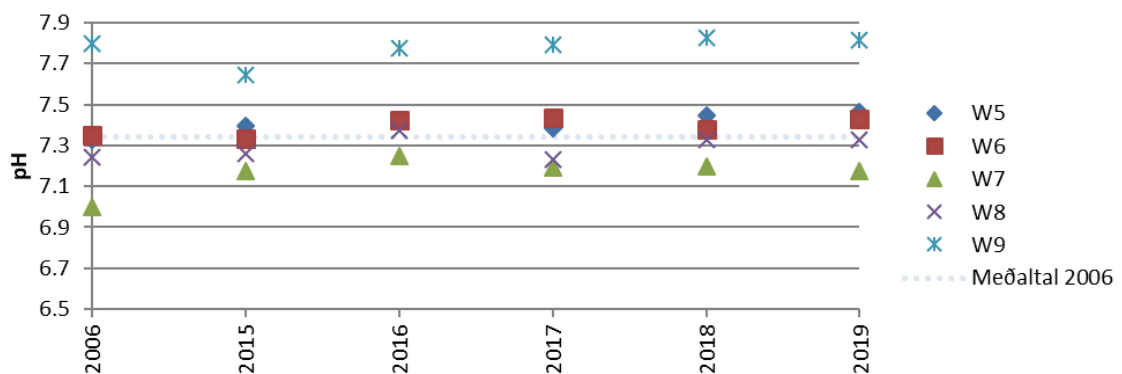
Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008) er tekið fram að neysluvatn skuli hafa pH á bilinu 6,5 til 9,5.

Heildarársmeðaltal sýrustigs vatns árið 2019 var pH 7,41, óbreytt frá fyrra ári (2018 pH 7,40). Hæst mældist ársmeðaltalið í neysluvatnssýni W9, pH 7,82, og lægst í Grænavatni W10, pH 7,12. Ársmeðaltal sýrustigs í ám (W1–W4) var 7,43 og í neysluvatni (W5–W9) 7,44.

Sýrustig í ám og neysluvatni hélst óbreytt á milli ára og flest sýnatökusvæði haldast innan öryggismarka mælinga. Öll gildi árvatnssýna hækka lítillega (en ekki greinanlega) á milli ára, en neysluvatn stendur í stað. Mest breyting er á ársmeðaltali sýrustigs Grænavatns, frá pH 7,38 (2018) og í pH 7,12 (2019). Sýrustig allra sýna voru innan leyfilegra marka reglugerða. Myndir 67 og 68 sýna meðaltöl sýrustigs í ám og neysluvatni árin 2006 og 2015–2019. Blá brotin lína sýnir meðaltal sýnanna árið 2006, og það er notað sem bakgrunnsgildi svæðisins fyrir starfsemi Alcoa.



67. mynd. Ársmeðaltöl af sýrustigi í árvatnssýnum fyrir árin 2006 og 2016–2019.



68. mynd. Ársmeðaltöl af sýrustigi í neysluvatni fyrir árin 2006 og 2015–2019.

6.2.3 Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH efni)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008) er fjallað um fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH). Þar er gefið hámarksgildið 0,10 µg/L, þar sem viðmiðunargildið er summa af styrk efnasambandana benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren. PAH-16 var greint í öllum sýnum og gildi allra efna eru sýnd í viðauka 16.

Öll sýni mældust undir greiningarmörkum PAH efnasambandanna fjögurra og því eru tölurnar gefnar upp sem <X (minna en). Þetta er sambærilegt við niðurstöður frá og með 2011. Niðurstöður fyrir heildarmagn PAH efna fyrir árin 2006 og 2015–2019 má sjá í 4. töflu.

4. tafla. Styrkur PAH í vatnssýnum fyrir árin 2006 og 2015–2019.

	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
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
2017	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
2018	<0,00831	<0,008	<0,008	<0,00806	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
2019	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,014	<0,019	<0,016	<0,023	<0,015

Niðurstöður á styrk allra PAH efna (PAH16) í vatnssýnum má finna í viðauka 16.

6.2.4 Brennisteinn

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð nr. 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. Brennisteinn var ekki magngreindur í vatni árið fyrir upphaf starfsemi álversins og því eru bakgrunnsgildi ekki tekin fram.

Styrkur brennisteins breyttist ekki með afgerandi hætti á milli árunna 2018 og 2019 í árvatni og neysluvatni (5. tafla). Sú lækkun í styrk brennisteins sem átti sér stað á milli árunna 2017 og 2018 í Grænavatni (W10) hélst enn á nýju ári. Gildin í töflunni eru gefin upp í mg S/L, en þau eru öll langt undir hámarksgildi brennisteins í neysluvatni, sem súlfatsgildi. Greiningarmörk (LOD) brennisteins í vatni eru 0,001 mg S/L og magngreiningarmörk 0,003 mg S/L.

5. tafla. Meðalstyrkur brennisteins (mg S/L) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni árin 2015–2019.

mgS/L	2015	2016	2017	2018	2019
Árvatn	0,45	0,41	0,41	0,38	0,38
Neysluvatn	0,49	0,46	0,47	0,46	0,42
Grænavatn	0,50	0,49	0,69	0,54	0,58

6.2.5 Basarýmd (e. alkalinity)

Basarýmd (alkalinity) árvatnssýna og neysluvatns árið 2019 er sambærileg fyrra árs, 2018 (6. tafla). Nema Grænavatn virðist hafa hækkað aftur úr 12,4 í 16,1 mg CaCO₃/L, og er því á ný sambærilegt við 2016 og 2017 gildin. Gildin eru sambærileg við fyrstu mæligildi frá 2010 og árlegar sveiflur eru litlar. Mestu sveiflurnar sjást hjá Grænavatni. Gildi eru gefin upp sem mg CaCO₃/L.

6. tafla. Meðaltals basarýmd (mg CaCO₃/L) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni árin 2015–2019.

mg CaCO ₃ /L	2015	2016	2017	2018	2019
Árvatn	13,5	15,5	15,1	13,9	14,2
Neysluvatn	18,5	18,7	20,6	19,8	19,8
Grænavatn	12,0	17,5	15,9	12,4	16,1

6.2.6 Leiðni

Leiðni árvatnssýna og neysluvatns árið 2019 eru sambærileg við síðasta ár, allar sveiflur falla innan náttúrulegs breytileika (7. tafla). Grænavatn sýnir mestar sveiflur, og hækun í

leiðni vatns í Grænavatni samsvarar hækkun í basarýmd þess. Gildi eru gefin upp sem $\mu\text{S}/\text{cm}$.

7. tafla. Meðaltals leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$) í árvatni, neysluvatni og Grænavatni árin 2015–2019.

$\mu\text{S}/\text{cm}$	2015	2016	2017	2018	2019
Árvatn	43,2	43,9	50,1	41,2	42,4
Neysluvatn	55,1	54,7	59,1	54,8	51,4
Grænavatn	36,5	34,8	44,1	36,3	45,7

Niðurstöður allra efnamælinga í vatnssýnum fyrir árið 2019 má finna í viðauka 16.

7 Búfénaður

7.1 Inngangur

Vegna háls 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 grunngildi þeirrar vöktunar eru til staðar.

Sjónrænt mat á mögulegum einkennum flúoreitrunar á lifandi búfénaði byggði á mælikvarða 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 breytingar og 5 alvarlegar breytingar. Hér á eftir verður fjallað um helstu niðurstöður sjónrænnar skoðunar á lifandi búfénaði og rannsókna á kjálkum úr sláturfé árið 2019. Samantektin er unnin upp úr skýrslum sérfræðinga sem finna má í viðauka 17 (Eyrún Arnardóttir, 2020) og 18 (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2020).

7.2 Niðurstöður

7.2.1 Sjónræn skoðun á lifandi búfénaði

Dýralæknir skoðaði hross og sauðfé í Reyðarfirði dagana 4. desember 2019 og 16. mars 2019. Sauðfé var skoðað í lok árs 2019 en ekki reyndist unnt að skoða hross í sömu skoðunarferð þar sem þau voru þá úti. Hross voru því skoðuð í byrjun árs 2020 en eru samt sem áður hluti af umhverfisvöktun ársins 2019.

Á Sléttu voru 22 kindur skoðaðar, fylgt var eftir kindum úr fyrri skoðunum auk þess sem þremur fæddum árið 2018 var bætt við. Einnig var bætt við einu hrossi (Eyrún Arnardóttir, 2020). Öll dýr sem skoðuð voru virtust heilbrigð, í góðum holdum og sýndu ekki helti eða stirðleika í hreyfingum en nokkuð bar á tannlosi hjá sauðféinu (Eyrún Arnardóttir, 2020). 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 telur ekki líklegt að kindurnar muni finna fyrir neikvæðum afleiðingum þessara tannskemmda en bendir á að áhugavert sé að mæla flúorstyrk í beinum þeirra þegar þeim verður lógað (Eyrún Arnardóttir, 2020).

Þrjú hross voru skoðuð að þessu sinni, í hesthúsahverfinu á Reyðarfirði og á Iðavöllum á Fljótsdalshéraði. Ákveðið var að taka út úr rannsókninni hross sem voru komin vel yfir tanntökualdur. Ekkert þeirra hrossa hafði sýnt merki um flúortengdar breytingar og því ekki talin ástæða til þess að fylgja þeim eftir en taka frekar inn ný unghross sem hafa verið alin upp í Reyðarfirði og eru nú á tanntöku aldri. Engar merkjanlegar breytingar á tönnum fundust í hrossunum þremur sem skoðuð voru (Eyrún Arnardóttir, 2020).

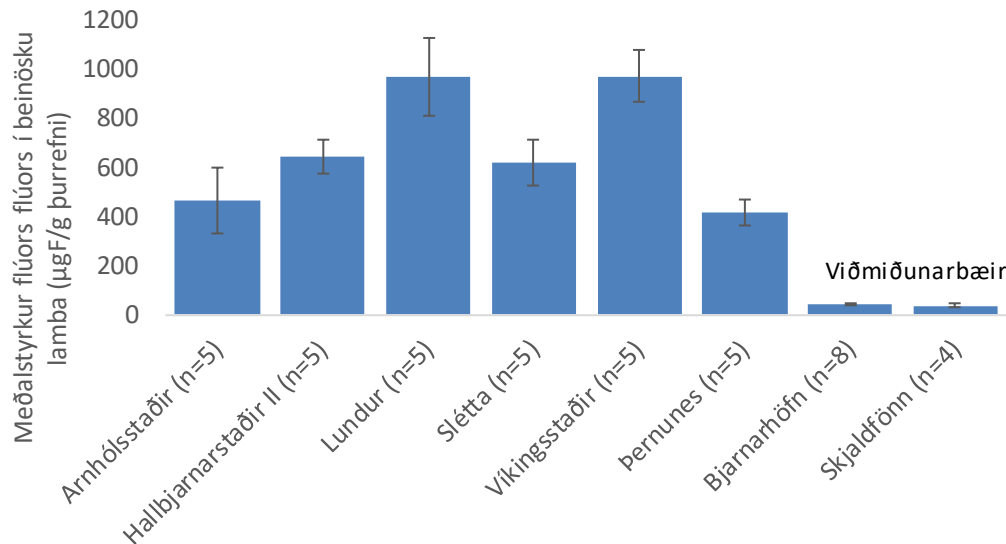
7.2.2 Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis

Hausum af sauðfé var safnað haustið 2019 frá sex bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði að sumarlagi, þ.e. Sléttu og Þernunesi í Reyðarfirði, Hallbjarnarstöðum II og Arnhólsstöðum í Skriðdal og Víkingsstöðum og Lundi 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 handa-hófskennt úr fé sem talið var ganga í og við Reyðarfjörð. Alls voru 52 sýni skoðuð og efnagreind af fé sem gekk í Reyðarfirði og fékkst sýni af fullorðnu fé (22 sýni) og lömbum (30 sýni) frá öllum bæjunum. Til samanburðar voru 19 viðmiðunarsýni einnig mæld og skoðuð (8 lömb og 10 fullorðnar kindur). Þessi sýni komu frá tveimur bæjum utan Austurlands: Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi og frá Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2020).

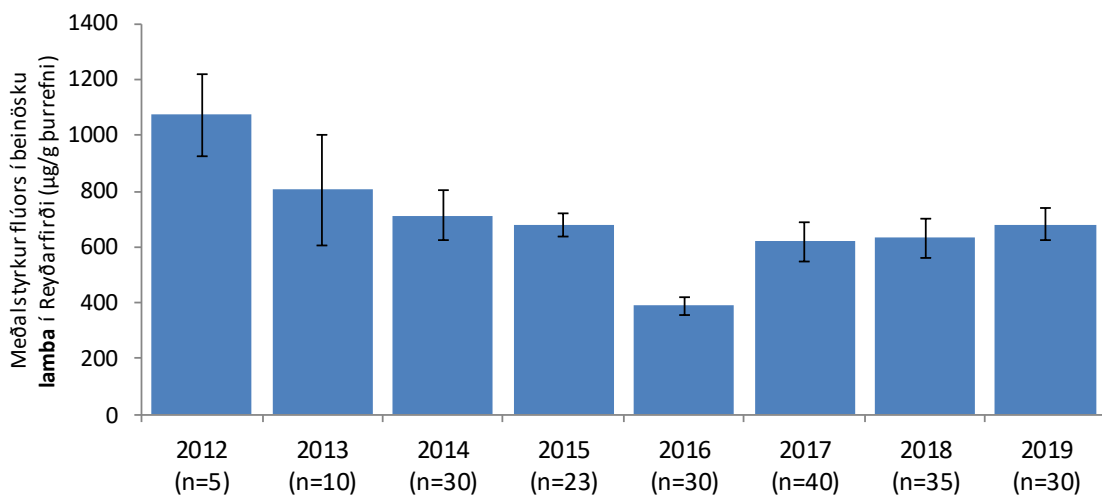
Flúorinnihald í kjálkabeinum var breytilegt eftir aldri dýra, bæjum og einnig var breytileiki meðal sýna frá sama bæ (69. og 71. mynd). Eins og við var að búast mældist styrkur flúors í kjálkabeinum lamba lægri en í fullorðnu fé, en rannsóknir hafa sýnt fram á að flúormagn í beinum eykst með aldri (Livesey & Payne, 2011).

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði mældist hæstur frá Víkingsstöðum (974 µg/g) en lægstur frá Þernunesi (416 µg/g) (69. mynd). Á Lundi var að finna mesta breytileikann í styrk flúors milli sýna (557–1392 µg/g) en minnsta breytileikann var að finna á Þernunesi (316–620 µg/g) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2020).

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba hefur verið mældur árlega frá 2012 en ósamræmi er í fjölda sýna og bæja milli ára (70. mynd). Styrkur flúors í kjálkabeinum lamba var mældur í 30 sýnum árið 2019 (70. mynd) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2020). Meðalársstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði mældist 681 µg/g árið 2019, eða sautján sinnum hærrí en meðalársstyrkurinn í kjálkabeinum lamba í viðmiðunarsýnum frá bæjum utan Austurlands (39 µg/g) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2020).



69. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá sex bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2020).



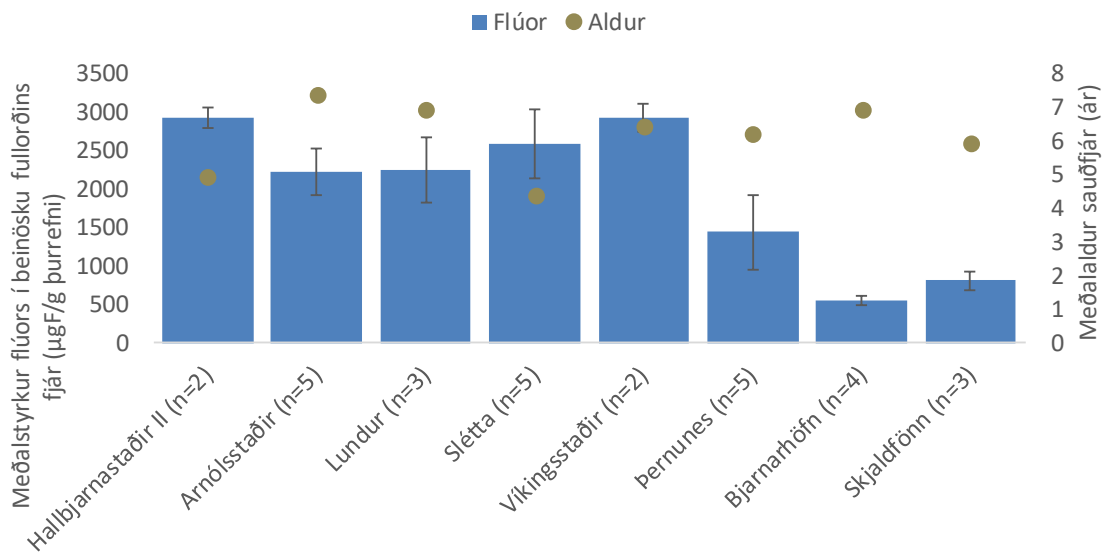
70. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012–2019 (mynd unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur 2012; 2014; 2015 og Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2016; 2017; 2018; 2019; 2020).

Eðlilegt þykir að flúorgildi í beinum fullorðinna jörturdýra sé á bilinu 1000–1500 µg/g (Livesey & Payne, 2011). Flúorgildi í beinum fullorðins sauðfjár sem gekk í Reyðarfirði var á bilinu 1060–4055 µg/g. Hæsta gildið mældist í kind frá bænum Arnhólsstöðum en hæsta meðaltal flúors í fullorðnu fé mældist á Hallbjarnarstöðum II, 2945 µg/g en einungis tvö sýni liggja þar að baki. Þetta eru mun lægri gildi en mældust árið 2018. Þá voru hæstu gildin frá bænum Sléttu (6109 µg/g) og meðalgildið (4265 µg/g) og er það eini bærinn þar sem meðaltal lækkar milli ára. Meðalaldur kinda frá bæjunum Arnhólsstöðum var hæstur (7 ár) en lægstu á Sléttu (4 ár) (71. mynd) (Þórunn Láru Þórarinsdóttir, 2020). Lægstu gildin mældust í sýnum af fullorðnu fé frá Þernunesi, eins og í sýnum af lömbum. Meðalstyrkur flúors í beinösku fullorðins fjár í Reyðarfirði var nær fjórfalt hærri (2433 µg/g) samanborið við viðmiðunarbæina (656 µg/g) á árunum 2015–

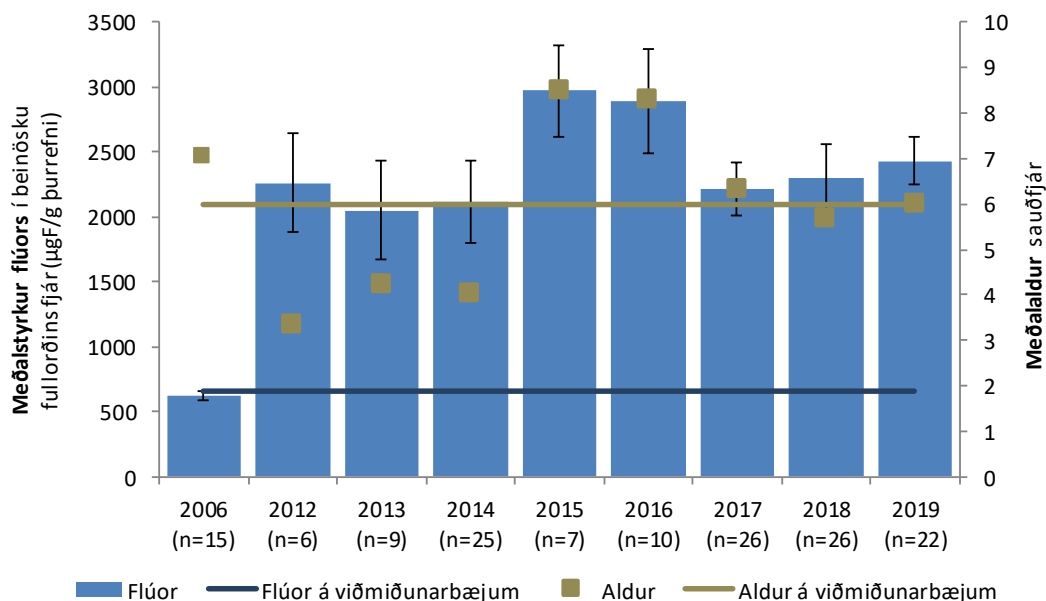
2019. Meðalársstyrkur flúors í fullorðnu fé mældist svipaður árið 2019 og árið 2018 og árin 2012–2014 en mikið ósamræmi er í fjölda sýna og bæja milli ára (72. mynd).

Árið 2006 mældist styrkur flúors í beinösku að meðaltali 719 $\mu\text{g/g}$ í fullorðnu sauðfé frá Sléttu, 596 $\mu\text{g/g}$ í sauðfé frá Þernunesi og 550 $\mu\text{g/g}$ 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 aftur árin 2012–2019 og styrkur flúors var þá um þrisvar til fimm sinnum hærra en árið 2006.

Öll lömbin voru við góða tannheilsu. Hvað varðar eldra féð þá mætti sýnasafnið vera stærra og betra. Tannheilsa kinda frá Reyðarfirði var í mörgum tilfellum sæmleg eða slæm en það átti einnig við um kindur frá viðmiðunarbæjunum. Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2020) benti á að mögulega hafi sýnin af eldra fénu ekki verið valin handahólfkennt heldur sé féð valið í sláturhús vegna slæmrar tannheilsu. Tengsl milli styrks flúors í beinvef og tannheilsu dýranna sáust ekki (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2020).



71. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár frá sex bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (slátrun 2019) (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2020).



72. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekku) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012–2019). Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2019), n=37 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2020).

8 Samantekt og lokaorð

Mengunarstig í lofti í Reyðarfirði árið 2019 er í megindráttum svipað og undanfarin ár. Þó er vert að gefa gaum að tilteknum þáttum. Mæligildi flúors voru með hærra mótí, mælt á síur, í svifryki og í úrkomu. Þó mæligildi árið 2019 hafi verið heldur lægri en árið 2018 er heildarleitni töluvert hækkandi frá 2011 og hafa verið með hæsta mótí undanfarin fjögur ár þó allnokkur breytileiki sé í meðaltali frá ári til árs. Taka skal fram að flúorgildi í lofti eru innan settra marka. Svifryk mældist í meðallagi árið 2019 og mælist tiltölulega stöðugt frá árinu 2009, þrátt fyrir svólitinn breytileika. Mæligildi brennisteinstvíoxíðs í lofti reyndust einnig í meðallagi og tiltölulega stöðug frá árinu 2011, ef undanskilin eru áhrif frá gosinu í Holuhrauni. Rykkennd PAH efni mældust áfram lág þrátt fyrir nokkra hækkun á árinu 2019 eftir að hafa verið með lægsta mótí frá um 2012.

Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnum sumarið 2019 var undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jórturdýr. Meðalstyrkur flúors var einnig undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jórturdýr á beitarsvæðum og túnum sunnan fjarðar en fyrir ofan þau norðan fjarðar. Styrkur flúors í heyi var í öllum tilfellum undir hámarksgildum fyrir mjólkandi jórturdýr.

Styrkur flúors í gróðri hefur hækkað umtalsvert frá því áður en álverið tók til starfa. Gildi ársins 2019 voru í öllum tilvikum hærri innan þynningarsvæðis en utan. Flúor í gróðri var í flestum tilvikum hærri eða sambærilegur miðað við gildi ársins 2018 og meðaltal árána 2008–2018 bæði utan og innan þynningarsvæðis. Meðalstyrkur flúors í bláberjalaufum og mosa hefur aldrei mælst eins hár og árið 2019 innan þynningarsvæðis og er það í takt við mælingar á vetnisflúoríði innan þynningarsvæðis.

Trjávöxtur hefur verið breytilegur milli ára, en ekki er hægt að greina augljósan mun innan og utan þynningarsvæðis. Ummerki um mögulegar skemmdir af völdum flúors í gróðri sáust að mestu innan þynningarsvæðis.

Litlar breytingar urðu á þeim gildum sem mæld voru í vatnssýnum árið 2019 miðað við fyrri ár. Litlar breytingar sjást á ársmeðaltölum sýrustigs, brennisteins og basarýmdar í árvatni árið 2019, en gildin hafa haldist nokkuð stöðug undanfarin fimm ár. Styrkur flúor, basarýmd og leiðni í Grænavatni hækkar á milli ára. Einungis eru tekin tvö sýni í Grænavatni árlega og útslag sveiflna í styrk þessara efna í Grænavatni hefur verið hærra en á öðrum sýnatökustöðum. Öll gildi falla innan viðmiðunargilda í reglugerð um neysluvatn. Styrkur PAH efnasambandanna fjögurra í árvatni og neysluvatni er undir greiningarmörkum, en sú staða hefur haldist stöðug frá 2011.

Flúor í beinösku kjálka í sauðfé, bæði lömbum og fullorðnu fé, sem gengur í Reyðarfirði mælist hærri en úr kjálkum af sauðfé sem gengur utan Austurlands. Í lömbum var munurinn sautján sinnum hærri en í fullorðnu fé um þrefalt hærri. Mesti munur á flúor í beinösku fullorðins fjár milli viðmiðunarbæja og bæja í Reyðarfirði var á Hallbjarnarstöðum II og var munurinn fjórfalt hærri en meðaltal frá viðmiðunarbæjum. Styrkur flúors í kjálkum hefur mælst breytilegur milli ára og milli bæja. Svipuð meðalgildi mældust í kjálkum í ár samanborið við árið 2018 en árin eru ekki fullkomlega samanburðarhæf þar sem sýni voru tekin á færri bæjum árið 2019 en 2018. Sýni hafa verið 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. Sjónræn skoðun lifandi sauðfjár og hrossa í Reyðarfirði leiddi í ljós að dýrin voru almennt heilbrigð. Í tveimur kindum sáust þó breytingar í tönnum sem mögulega gætu verið flúorskemmdir en ekki er hægt að fullyrða að svo sé.

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 í september 2018.
- 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.
- 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 (2017). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2016*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- 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 Kristinn 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 (2020). *Eftirlitsskýrsla – níunda skoðun dýralæknis á grasbítum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem áttu sér stað á árunum 2012–2018. Skoðun framkvæmd á Sléttu, í hestúshverfi á Reyðarfirði og Iðavöllum*. 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. Umhverfisvöktun 2014*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Hermann Þórðarson (2019). *Viðhald og kvörðun loftmælingastöðva. Skýrsla vor 2019 og skýrsla haust 2019*. Nýsköpunarmiðstöð Íslands, 6EM18013.
- 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 Umhverfisvöktun 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>
- Landmælingar Íslands (2019). Gjaldfrjáls vektor gögn IS50v - 24122013 útgáfa. Sótt í febrúar 2019 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.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2018). *Válisti æðplantna*. <https://www.ni.is/midlun/utgafa/valistar/plontur/valisti-aedplantna> Skoðað í september 2018.
- 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 (2012). *Vöktun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár fyrir Alcoa Fjarðaál – Reyðarfjörður*. Reykjavík: Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum.
- Ólöf G. Sigurðardóttir (2014). *Vöktun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár fyrir Alcoa Fjarðaál – Reyðarfjörður*. Reykjavík: Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum.
- Ólöf G. Sigurðardóttir (2015). *Vöktun á áhrifum flúors á kjálka sauðfjár fyrir Alcoa Fjarðaál – Reyðarfjörður*. Reykjavík: Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum.
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reglugerð um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkell og fjölhringa arómatísk vetniskolefni í andrúmslofti nr. 410/2008.
- Reglugerð um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryg og blý í andrúmsloftinu, styrk ósons við yfirborð jarðar og um upplýsingar til almennings nr. 920/2016.
- Reglugerð um eftirlit með fóðri nr. 340/2001 með síðari breytingum nr. 74/2015.
- Reglugerð um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum nr. 265/2010 með síðari breytingum nr. 358/2015 og nr. 1048/2016.
- Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008.
- RStudio Team (2016). *RStudio: Integrated Development for R (Version 1.1.383)*. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Sigurður H. Magnússon (2018). *Vöktun þungmálma og brennisteins í mosa á Íslandi 1990-2015. Áhrif frá iðjuverum og eldvirkni*. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands. NÍ-18006.
- 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 (2019). *Mánaðaryfirlit Veðurstofu Íslands fyrir árið 2019*. 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.
- Pórunn Lára Þórarinsdóttir (2016). *Skýrsla varðandi flúormælingu beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Pórunn Lára Þórarinsdóttir (2017). *Skýrsla fyrir árið 2016, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.

Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2018). *Skýrsla fyrir árið 2017, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.

Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2019). *Skýrsla fyrir árið 2018, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.

Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2020). *Skýrsla fyrir árið 2019, 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 • Veffang: www.na.is

