

2021

UMHVERFISVÖKTUN



Fjarðaál
alcoa.is





Alcoa Fjarðaál Umhverfisvöktun 2021

Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands
og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál

NA-220227
Neskaupstaður
Apríl 2022



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna

Skýrsla nr: NA-220227	Dags (mánuður, ár): Apríl, 2022	Dreifing: Opin
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill): Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2021		Síðufjöldi: 87 Fjöldi viðauka: 16
Höfundar, í stafrófsröð: Erlín Emma Jóhannsdóttir, Elín Jónsdóttir, Ester Inga Eyjólfsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Margrét Gísladóttir.		
Unnið fyrir: Alcoa Fjarðaál		
Samvinnuaðilar: Hafrannsóknastofnun, rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna		
<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. Umhverfissvöktunin árið 2021 fór fram samkvæmt vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun. Vöktunin nær til loftgæða, veðurs, gróðurs, yfirborðsvatns og búfenaðar.</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. Einnig voru tekin sýni af bláberjalyngi, fléttum, mosa, kartöflum, laufblöðum reynitryja, bláberjum og krækiberjum, heyi og furunálum. Flúor, köfnunarefni og brennisteinn var mælt í öllum gróðursýnum og styrkur þungmálma var mældur einu sinni í rabarbara. Niðurstöður á köfnunarefni í gróðri bárust ekki fyrir útgáfu skýrslunnar og verða birtar síðar. 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. Vatni var safnað ársfjórðungslega og var sýrustig, flúor, basarýmd, brennisteinn og leiðni mælt í 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 og styrkur flúors í kjálkum sauðfjár sem gekk í Reyðarfirði var mældur og sjónrænt mat lagt á mögulegar tannskemmdir í kjálkum.</p> <p>Helstu niðurstöður: Árið 2021 var í heild mjög gott og illviðri fátíð. Svifryk mældist í það hæsta frá upphafi mælinga. Nokkrir dagar mældust yfir heilsuverndarmörkum fyrir svifryk. Mæligildi brennisteinstvíoxíðs í lofti reyndust í meðallagi og áþekk og undanfarin ár. Enginn dagur mældist yfir heilsu- eða gróðurverndarmörkum fyrir brennisteinstvíoxíð. Mæligildi flúors í lofti voru hærri en árið 2020 en svipar til árána 2018 og 2019 þegar ársmeðaltal gaskenns flúors og flúors í ryki var með hæsta móti. Vetnisflúoríð (HF) fór aldrei yfir viðmiðunarmörk í starfsleyfi utan þynningarsvæðis. Hæstu gildin mældust innan þynningarsvæðis. Styrkur fjölhringa arómatískra vetniskolefna (PAH) var í meðallagi miðað við undanfarin ár og lægri en umhverfismörk segja til um. Gildin hafa verið nokkuð stöðug með náttúrulegum breytileika. Gildi pH í úrkomu voru svipuð og undanfarin ár. Brennisteinsstyrkur í úrkomu var í hærra lagi árið 2021 miðað undanfarin ár og flúorgildi í úrkomu þau hæstu sem mælst frá því mælingar hófurst. Litlar breytingar voru á niðurstöðum mælinga í ár- og neysluvatnssýnum samanborið við fyrri ár.</p> <p>Styrkur flúors í gróðri 2021 mældist í öllum tilfellum hærri innan þynningarsvæðis en utan. Ársmeðaltal flúors í grasi, mosa, bláberjalyngi, reynivið, rabarbaralaufum og kartöflugrösom hefur aldrei mælst svo hár. Styrkur flúors í rabarbarastilkum, kartöflum og berjum var lágur. Styrkur þungmálma (blýs og kadmíums) í stilkum og blöðum rabarbara var undir viðmiðunarmörkum í flestum sýnum. Þrjú sýni af rabarbarastilkum mældust yfir viðmiðum fyrir blý en það á ekki uppruna sinn frá álverinu. Sýnileg ummerki um mögulegar skemmdir af völdum flúors í gróðri fannst nokkuð víða í Reyðarfirði. Meðalstyrkur flúors var yfir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir jörturdýr og mjólkandi jörturdýr á beitarsvæðum og tónum norðan fjarðar en undir viðmiðum fyrir mjólkandi jörturdýr sunnan fjarðar. Lifandi búfenaður var almennt heilbrigður en breytingar á glerungi tanna voru skráðar í tveimur kindum. Styrkur flúors í kjálkum fullorðins fjár og lömbum var hærri en í kjálkabeinum í viðmiðunarsýnum. Tannheilsa var metin góð hjá öllum lömbum en einhverjar kindur voru metnar með slæma tannheilsu en ekki hægt að tengja það flúormagni í beinösku.</p>		
<p>Lykilorð: Alcoa–Fjarðaál, gróðurrannsóknir, loftgæði, flúoríð, flúor, brennisteinstvíoxíð, sýrustig, PAH-efni, mosi, fléttur, rabarbari, kartöflur, reynitry, bláberjalyng, gras, búfé, krækiber, bláber, sjaldgæfar tegundir, trjávöxtur, vatn, Reyðarfjórður, álver, mengun, þungmálmar</p>		
<p>Yfirfarið: Guðmundur Sveinsson Kröyer hjá Alcoa Fjarðaál</p>	<p>ISBN / ISSN nr: ISSN 2547-7447 (rafræn útgáfa) ISBN 978-9935-9633-8-3 (rafræn útgáfa)</p>	

Efnisyfirlit

1	Inngangur.....	10
2	Loftgæði.....	11
2.1	Inngangur	11
2.1.1	Loftgæðamælingar í Reyðarfirði	11
2.1.2	Mælistöðvar og mælipættir	11
2.2	Mælingar og mæliaðferðir.....	12
2.3	Niðurstöður	13
2.3.1	Veðurgögn og veðurfar ársins	13
2.3.2	Svifryk, söfnun á síur (PM ₁₀ Hi-vol).....	16
2.3.3	Brennisteinstvíoxíð í lofti.....	17
2.3.4	Flúor í lofti	20
2.3.5	Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH)	24
2.3.6	Efnainnihald í úrkomu	25
3	Efnamælingar í gróðri	30
3.1	Inngangur	30
3.1.1	Flúor og gróður.....	30
3.1.2	Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé	31
3.2	Aðferðir og sýnatökudagar	32
3.2.1	Sýnatökuaðferðir og framsetning niðurstaðna	32
3.2.2	Töluleg úrvinnsla	32
3.2.3	Gróðursýni, sýnatökudagar og efnamælingar.....	33
3.3	Niðurstöður	34
3.3.1	Gras	34
3.3.2	Mosi.....	38
3.3.3	Fléttur.....	43
3.3.4	Bláberjalyng.....	47
3.3.5	Reyniviður	50
3.3.6	Barrnálar.....	52
3.3.7	Rabarbari.....	55
3.3.8	Kartöflur og grænmeti.....	58
3.3.9	Bláber og krækiber	60
3.3.10	Hey og fóðurkál	62
4	Sjónræn skoðun á gróðri	64
4.1	Sjaldgæfar tegundir	65
4.2	Garðaplöntur og tré.....	67
4.3	Gróður í rannsóknarreitum	69
5	Trjávöxtur	70
5.1	Inngangur	70
5.2	Niðurstöður	71
6	Yfirborðsvatn	73
6.1	Inngangur	73
6.2	Niðurstöður	73
6.2.1	Flúor	73
6.2.2	Sýrustig (pH).....	75
6.2.3	Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH efni)	76
6.2.4	Brennisteinn	77
6.2.5	Basarýmd (e. alkalinity)	77
6.2.6	Leiðni.....	78
7	Búfénaður	78
7.1	Inngangur	78
7.2	Niðurstöður	79
7.2.1	Sjónræn skoðun á lifandi búfénaði	79
7.2.2	Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis	79
8	Samantekt og lokaorð.....	83
9	Heimildir	85

Myndaskrá

1. mynd. Yfirlitskort sem sýnir staðsetningu allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	11
2. mynd. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2021, allar mælingar (10 mín).	14
3. mynd. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, allar mælingar 2021 (10 mín).	15
4. mynd. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, allar mælingar 2021 (10 mín).	15
5. mynd. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, allar mælingar 2021 (10 mín).	16
6. mynd. Svifryk, mánaðarmeðaltöl, allar stöðvar 2021.	17
7. mynd. Svifryk, ársmeðaltöl 2005–2021.	17
8. mynd. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2021.	18
9. mynd. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005–2021.	19
10. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO ₂ (µg/m ³), sem fall af vindátt 2021, allar stöðvar.	20
11. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO ₂ (magnuppruni í %), sem fall af vindátt 2021, allar stöðvar.	20
12. mynd. Flúor gaskennður í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2021 (mælingar á síur).	21
13. mynd. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2021 (mælingar á síur).	22
14. mynd. Flúor alls í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011–2021 (mælingar á síur).	22
15. mynd. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2021.	23
16. mynd. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2021.	24
17. mynd. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2021.	25
18. mynd. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2021.	25
19. mynd. Úrcoma í mánuði (mm, alls), allar stöðvar 2021.	26
20. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2021.	27
21. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005–2021.	27
22. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2021.	28
23. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2021.	28
24. mynd. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2021.	29
25. mynd. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006–2021.	29
26. mynd. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökufurðum frá júní til ágúst 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	34
27. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökufurðum frá júní til ágúst 2021. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=7) og utan þynningarsvæðis (n=28).	35
28. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af grasi innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 (bakgrunnsgildi) og 2007–2021. Fjöldi sýnatökustaða: 2004 (n=30), 2014–2016 (n=34) og 2017–2021 (n=35).	35
29. mynd. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2021 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	36
30. mynd. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekkju) eftir söfnunardögum sumarið 2021, skipt upp eftir svæðum. Fjöldi sýna í hverri ferð er sýnd í sviga.	37
31. mynd. Meðalstyrkur brennisteins (mg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004 og 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2010, 2015, 2018 og 2021. Gögnin eru byggð á níu sýnum innan þynningarsvæðis og 21 sýni utan þess árin 2004–2010 en sjö sýnum innan þynningarsvæðis og 28 sýnum utan þess árið 2018 og 2021 (27 árið 2015).	38
32. mynd. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalýngs sumarið 2021 í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	39
33. mynd. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	39
34. mynd. Meðalstyrkur flúors í mosa eftir svæðum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2017 til 2021. 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 (32. mynd sýnir svæðisskiptinguna).	40
35. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2021. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.	41

36. Meðalstyrkur brennisteins í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á tíu sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þess.	42
37. Meðalstyrkur brennisteins í mosa eftir árum og svæðum. 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 (32. mynd sýnir svæðisskiptinguna).....	42
38. mynd. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í ágúst 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	43
39. mynd. Meðalstyrkur flúors í fléttum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2017 til 2021 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 staðalskekkja meðaltalanna (32. mynd sýnir svæðisskiptinguna).	44
40. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2021. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.....	45
41. mynd. Meðalstyrkur brennisteins í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á tíu sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þess.	46
42. mynd. Meðalstyrkur brennisteins í fléttum eftir árum og svæðum. 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 (32. mynd sýnir svæðisskiptinguna).	46
43. mynd. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	47
44. mynd. Meðalstyrkur flúors í bláberjalauftum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2017 til 2021 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 staðalskekkja meðaltalanna (32. mynd sýnir svæðisskiptinguna).	48
45. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í þurrvigt af bláberjalyngi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2021. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þynningarsvæðis ár hvert.....	49
46. mynd. Meðalstyrkur brennisteins í þurrvigt af bláberjalyngi (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á tíu sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þess.	49
47. mynd. Meðalstyrkur brennisteins í bláberjalyngi eftir árum og svæðum. 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 (32. mynd sýnir svæðisskiptinguna).	50
48. mynd. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitriáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	51
49. mynd. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitriáa (ásamt staðalskekkju) árin 2004 bakgrunnsgildi og 2007–2021 í Reyðarfirði. Gögn eru byggð á 10 sýnum árin 2004, 2015 og 2017 en 9 sýnum árin 2014, 2016, 2020 og 2021.	51
50. mynd. Meðalstyrkur brennisteins (mg/g) í þurrvigt af laufum reyniviðar (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007–2010, 2015, 2018 og 2021 í Reyðarfirði.	52
51. mynd. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nýjum barrnállum (CN) í október 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	53
52. mynd. Sýnatökustaðir barrnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barrnállum frá fyrra ári (CP, 2020), safnað í október 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	53
53. mynd. Ársmeðaltal flúors í barrnállum (ásamt staðalskekkju) árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2020 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árið 2004 – 2009 en 9 sýnum árin 2010–2021. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.	54
54. mynd. Ársmeðaltal brennisteins (mg/g) í þurrvigt af barrnállum (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007–2010, 2015, 2018 og 2021 í Reyðarfirði.	55
55. mynd. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum (V) í þremur sýnatökufurðum frá júní til ágúst sumarið 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	56
56. mynd. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2021 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Árin 2004–2005 var farin ein sýnatökufurð árin 2007–2013 sex sýnatökufurðar og árin 2014–2021 voru farnar þrjár sýnatökufurðir.	56

57. mynd. Ársmeðaltal brennisteins (mg/g) í þurrvigt af rabarbara árin 2004, 2008–2010, 2015, 2018 og 2021 í Reyðarfirði. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Brennisteinn var mældur í sýnum úr einni sýnatökufærð árið 2004, sex árið 2008, fjórum árið 2010 og þremur árin 2009, 2015, 2018 og 2021.	57
58. mynd. Sýnatökustaðir kartafla og salats (innan þéttbýlis) í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflugrösum sumarið 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	59
59. mynd. Ársmeðaltal flúors í kartöflum og kartöflugrösum á þremur til fjórum sýnatökustöðum sumrin 2004 (bakgrunnsgildi) og 2007 til 2021.	59
60. mynd. Styrkur brennisteins í þurrvigt af kartöflum og kartöflugrösum í Reyðarfirði eftir árum. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga.	60
61. mynd. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2021. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	61
62. mynd. Ársmeðaltal flúors (µg/g) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2014–2021 í Reyðarfirði. Árið 2006 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum 5 µg/g.	61
63. mynd. Ársmeðaltal brennisteinsí þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2015, 2018 og 2021 í Reyðarfirði.	62
64. mynd. Styrkur flúors í heysýnum og fôðurkáli m.v. 0% rakainnihald sem tekin voru í ágúst 2021. Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021). ..	63
65. mynd. Ársmeðaltal flúors (µg/g) í þurrvigt af heyi í Reyðarfirði.	63
66. mynd. Ársmeðaltal brennisteins í þurrvigt af heyi árin 2015, 2018 og 2021 í Reyðarfirði.	64
67. mynd. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júlí 2021 í Reyðarfirði.	66
68. mynd. Þyrnirós af neðri vaxtarstað í júlí 2021 í Reyðarfirði.	66
69. mynd. Aronsvöndur í blóma (t.v.) og stóriburkni (t.h.) með skemmdum blaðendum í júlí 2021 í Reyðarfirði.	67
70. mynd. Flúorlíkar skemmdir og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á víði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í júlí 2021.	67
71. mynd. Sigurskúfur við Framnes í Reyðarfirði í júlí 2021.	68
72. mynd. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust í öllum nema 6 stöðvum sumarið 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	69
73. mynd. Flúorlíkar skemmdir og rauður litur á bláberjalyngi á stöð 26 í Reyðarfirði.	70
74. mynd. Trjámælireitir í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árið 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).	71
75. mynd. Meðalársvöxtur stafafuru (grænt) í níu trjámælireitum og bergfuru (rautt) ásamt staðalskekkju meðaltalanna í trjámælireitum í Reyðarfirði tímabilið 2003–2021.	72
76. mynd. Vöxtur stafafuru (grænt) og bergfuru (rautt) á hverri staðsetningu (TG) árið 2021 ásamt fjölda trjáa (n) sem mæld voru.	72
77. mynd. Sýnatökustaðir árvatnssýna (W1–W4) og neysluvatnssýna (W5–W9) auk Grænavatns (W10) (Landmælingar Íslands, 2013 og 2015).	73
78. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnssýnum (W1–W4) og Grænavatni (W10) árið 2006 og 2015–2021.	74
79. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7–W9) fyrir árin 2006 og 2015–2021.	75
80. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í árvatnssýnum og í Grænavatni árin 2006 og 2015 – 2021.	76
81. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í neysluvatnssýnum árin 2006 og 2015 – 2021.	76
82. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá fimm bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2022).	80
83. mynd. Ársmeðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012–2021 (mynd unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur 2012, 2014, 2015 og Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022).	81
84. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár frá fimm bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (slátrun 2021) (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2022).	82
85. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012–2021). Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2021), n=45 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2022).	82

Töfluskrá

1. tafla. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2021 aftur til ársins 2006.....	13
2. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árin 2013 – 2021. <LOD merkir að styrkur þungmálms hefur mælst undir greiningarmörkum.	58
3. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ($\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árin 2013 – 2021. <LOD merkir að styrkur þungmálms hefur mælst undir greiningarmörkum.	58
4. tafla. Samanlagður styrkur benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren í vatnssýnum árið 2006 og 2015 – 2021.	77
5. tafla. Meðalársstyrkur brennisteins (mg/L) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015 – 2021.	77
6. tafla. Ársmeðaltöl basarýmdar (mg CaCO_3/L) í neysluvatni, árvatni og í Grænavatni árin 2015 – 2021.	78
7. tafla. Meðalársleiðni ($\mu\text{S/cm}$) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015 – 2021.	78

Viðaukaskrá

- Viðauki 1. Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í loftgæðastöðvum 2021.
- Viðauki 2. Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2021.
- Viðauki 3. Niðurstöður mælinga á PAH-16 í svifrykssíum árið 2021.
- Viðauki 4. Niðurstöður efnagreininga í úrkomu árið 2021.
- Viðauki 5. Samantekt hágilda á flúor, brennisteinstvíoxíði og svifryki í lofti árið 2021.
- Viðauki 6. Niðurstöður mælinga á styrk flúors og brennistein í grasi fyrir árið 2021.
- Viðauki 7. Niðurstöður mælinga á flúor og brennistein í mosa, fléttum og bláberjalaufum fyrir árið 2021.
- Viðauki 8. Niðurstöður mælinga á styrk flúors og brennistein í laufum reyniviðar, bláberjum, krækiberjum, kartöflum og salati árið 2021.
- Viðauki 9. Niðurstöður mælinga á styrk flúors og brennistein í barnálum árið 2021.
- Viðauki 10. Niðurstöður mælinga á styrk flúors og brennistein í rabarbara auk niðurstöða mælinga á styrk þungmálma í rabarbara árið 2021.
- Viðauki 11. Niðurstöður mælinga á styrk flúors og brennistein í heysýnum og flóðurkáli árið 2021.
- Viðauki 12. Skrá yfir allar ljósmyndir teknar í Reyðarfirði vegna vöktunar árið 2021.
- Viðauki 13. Niðurstöður mælinga á ársvexti furu í Reyðarfirði 2021 ásamt samantekt fyrri ára.
- Viðauki 14. Niðurstöður efnamælinga í vatnssýnum árið 2021.
- Viðauki 15. Sjónræn skoðun á búfenaði í Reyðarfirði 2021. Skýrsla dýralæknis og myndaskrá.
- Viðauki 16. Niðurstöður efnagreininga á flúor í kjálkum og sjónræn skoðun tanna og beina í sláturfé sem gekk í Reyðarfirði. Skýrsla dýralæknis 2021.

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.

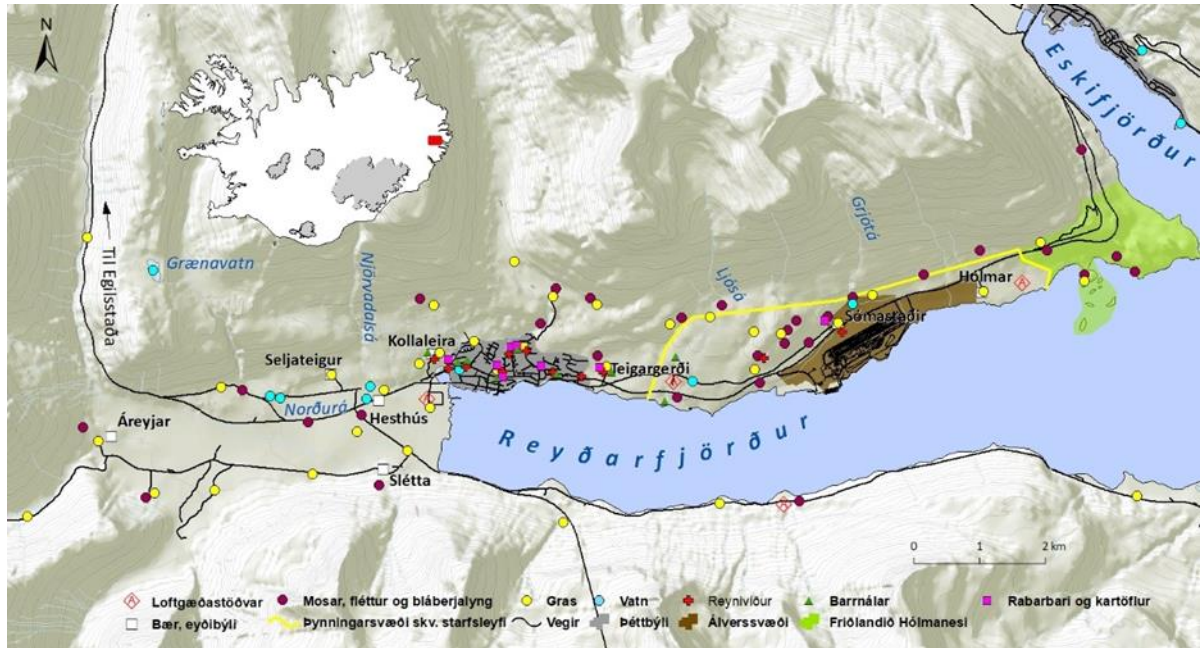
Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi álversins veldur (Umhverfisstofnun, 2010).

Umhverfisvöktuninni árið 2021 er skipt í eftirfarandi verkþætti:

- Loftgæða- og veðurmælingar
- Sýnatökur og efnamælingar gróðurs
- Sjónrænt mat á heilbrigði gróðurs
- Mælingar á vexti furutrjáa
- Sýnatökur og efnamælingar yfirborðsvatns
- Sjónræn skoðun á búfénaði auk efnagreininga og sjónræns mats á kjálkum sauðfjár

Árið 2021 sá Náttúrustofa Austurlands um vöktun og sýnatöku á gróðri, yfirborðsvatni og kjálkum af sláturfé en Hafrannsóknastofnun, rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna, önnuðust efnagreiningar á gróðri, vatni og kjálkum sauðfjár auk mælinga á loftgæðum og veðurfari. Mælingar á fjölhringa aromátískum vetniskolefnum (PAH) í vatni voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi. Yfirlit yfir alla fasta vöktunarstaði umhverfisvöktunarinnar árið 2021 má sjá á 1. mynd. 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 2021 en niðurstöður mælinga á köfnunarefni í gróðri höfðu ekki borist þegar skýrslan var gefin út og verða þær niðurstöður birtar síðar. Samanburður er gerður á niðurstöðum ársins 2021 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 tíu eru birtar niðurstöður vöktunar á loftgæðum og veðurfari, gróðri, yfirborðsvatni og búfénaði. Að lokum eru helstu niðurstöður dregnar saman. Starfsmenn Hafrannsóknastofnunar skrifuðu kafla tvö og sex en starfsmenn Náttúrustofu Austurlands skrifuðu aðra kafla. Kafli sjö byggir á skýrslum dýralækna. Skýrslunni fylgja 16 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 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).

2 Loftgæði

2.1 Inngangur

2.1.1 Loftgæðamælingar í Reyðarfirði

Fjallað er um niðurstöður loftgæðamælinga fyrir árið 2021. Mælingar þessar eru hluti af umhverfisskránni vegna iðjuvers Alcoa Fjarðaáls í Reyðarfirði. Mælingarnar eru unnar af Efnagreiningum, Hafrannsóknastofnun, 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 0,6 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, 1 og 5 daga í senn. Svifryki er safnað á 6 daga fresti á síur, sólarhring í senn. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki og PAH sambönd, alls 48 mælingar árlega. Úrkomu er safnað og fylgst með pH vikulega. Einnig er mælt klóríð, brennisteinn, og flúoríð í einu úrkomusýni (vikusýni) í hverjum mánuði frá hverri stöð. Vind- og veðurgögnum (10 mín. meðaltöl) er safnað á öllum stöðvum, þ.e. vindátt, vindhraða, hitastigi, rakastigi og úrkomumagni.

Rekstur búnaðar gekk nokkuð vel með smá hnökrum. SO₂ mælir á stöð 3 bilaði í lok maí og var tekinn til viðgerðar. Í byrjun júlí var svo SO₂ mælir af stöð 4 færður yfir á stöð 3, en

engin mælir var þá á stöð 4 restina af árinu. SO₂ gögn vantar því í um 1 og hálfan mánuð (maí–júlí) á stöð 3 og í um 5 og hálfan mánuð (júlí–des) á stöð 4.

2.2 Mælingar og mæliaðferðir

Varðandi mæliaðferð á svifryki og mælingar á brennisteinstvíoxíði er vísað í handbækur með mælitækjum sem notuð eru og kvörðunarskýrslur (Wojciech Sasinowski, 2021). 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 µg/m ³ , agnir sem eru minni en 10 µm í þvermál.
Svifryk PM_{2,5}	Svifryk í lofti í µg/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 rykkend 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 rykkendur	Flúor sem mælist sem rykkendur eða bundinn ryki.
F gaskendur	Flúor sem mælist gaskendur 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	Fjölhiringa 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, voru 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 2021.

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 2021 mældist 4,4°C og meðalvindhraði 3,9 m/s. Hitastigsmeðaltalið var nokkuð hærra en mældist árin 2020 og 2019, en nær þó ekki þeim hita sem mældis árin 2016-2018 (1. tafla). Vindur var sá lægsti sem mælst hefur frá 2006. Árið var mjög úrkomulítið, en mestu úrkomu gerði í október. Ágúst mánuður var sá þurrasti frá upphafi mælinga og úrkoma mældist aðeins 3 mm að meðaltali allan mánuðinn.

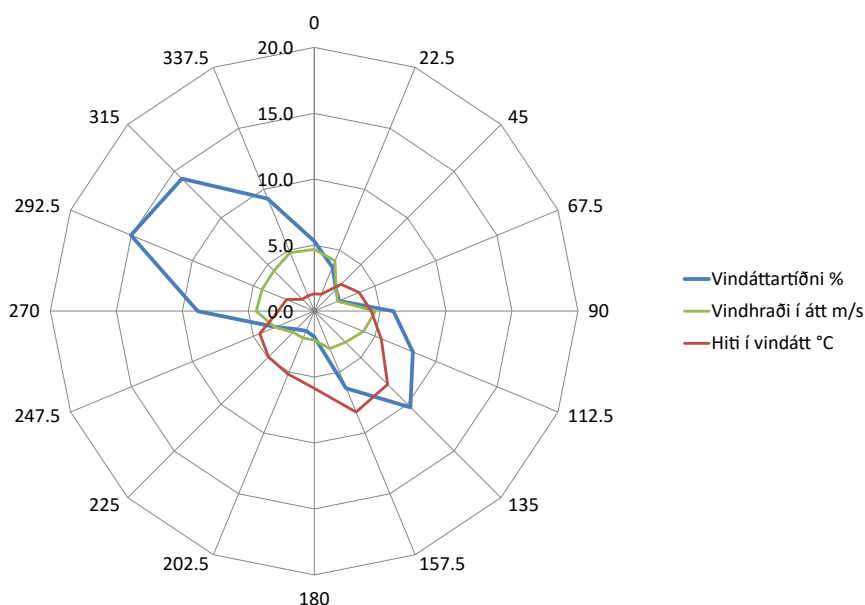
1. tafla. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2021 aftur til ársins 2006.

Veðurgögn meðaltöl						
	Meðalhiti	Meðal- vindhraði		Meðalhiti	Meðal- vindhraði	
	°C	m/s	Ár	°C	m/s	
	2021	4,4	3,9	2013	4,3	4,2
	2020	4,1	4,5	2012	4,2	4,4
	2019	4,1	4,2	2011	4,5	4,6
Reyðarfjörður	2018	4,7	4,0	2010	4,1	4,0
allar stöðvar	2017	4,7	4,1	2009	4,6	4,1
	2016	4,8	4,0	2008	4,3	4,2
	2015	4,0	4,6	2007	4,4	5,2
	2014	5,3	4,0	2006	4,7	4,3

Árið var í heild mjög gott og illviðri fátíð. Ársmeðalhiti var lítilega hærra en undanfarin ár. Vorið og langt fram í júní var kalt, þurrt og sólríkt. Sumarið var óvenju hlýtt á austan- og

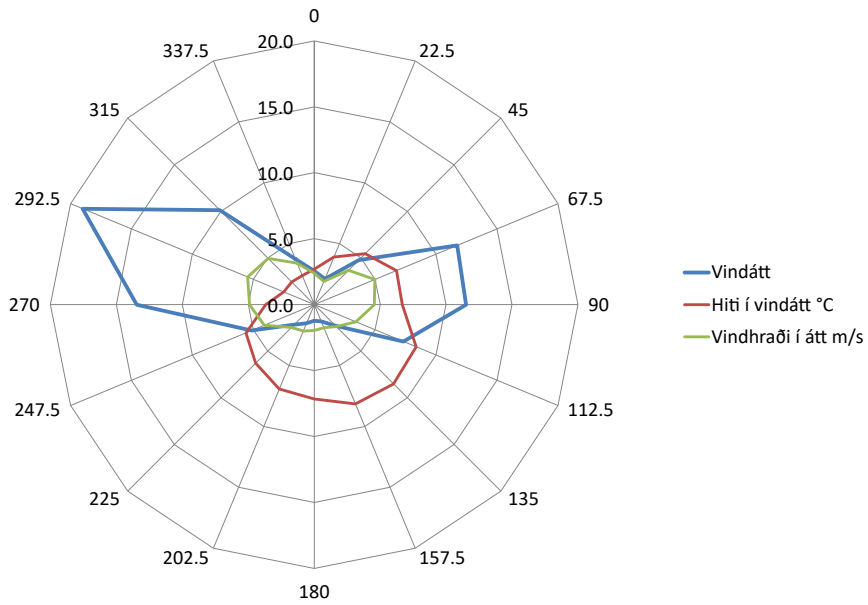
norðaustanverðu landinu en öllu svalara suðvestan- og vestanlands. Haustið var úrkomusamt en veturinn snjóléttur um land allt.

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

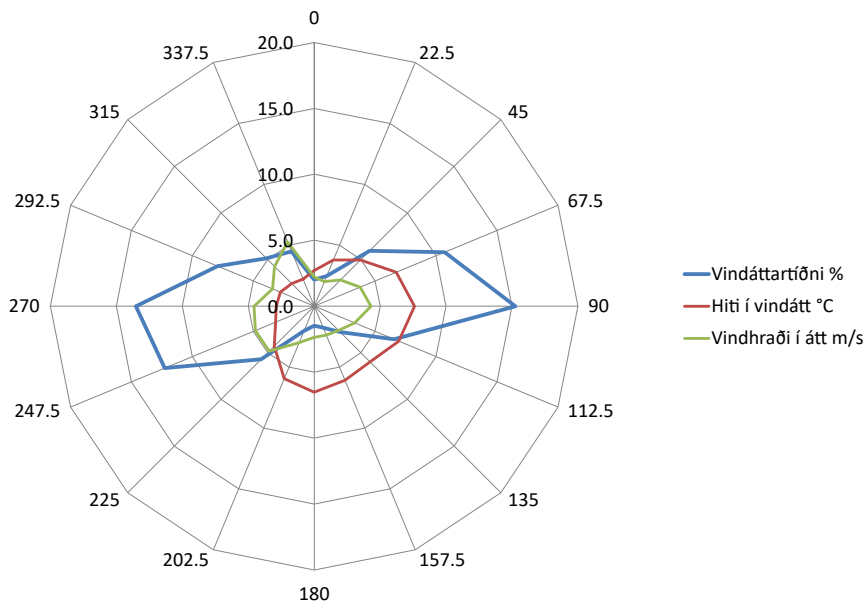


2. mynd. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2021, allar mælingar (10 mín).

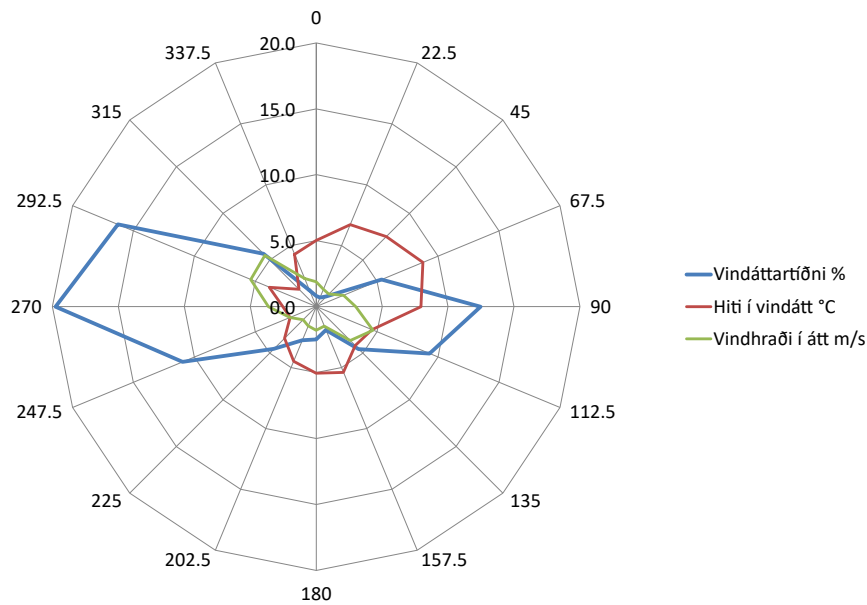
Sjá má að meginrættir eru svipaðir á öllum stöðvum þó vindáttir fylgi svolítið landslagi á hverjum stað. Einnig að jafnan er hlýjast í suðaustanáttinni að meðaltali og álíka hvasst er í innlögn sem útlögn í firðinum. Svalast er að jafnaði við fjarðarbotninn á stöð 1 við Hjallanes en hlýjast á stöð 2 á melnum milli Hellulækjar og Ljósár. Úrkoma mælist mest á stöð 4 sunnan megin fjarðar og þar er lygnast en hvasast er við stöð 2.



3. mynd. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, allar mælingar 2021 (10 mín).



4. mynd. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, allar mælingar 2021 (10 mín).



5. mynd. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, allar mælingar 2021 (10 mín).

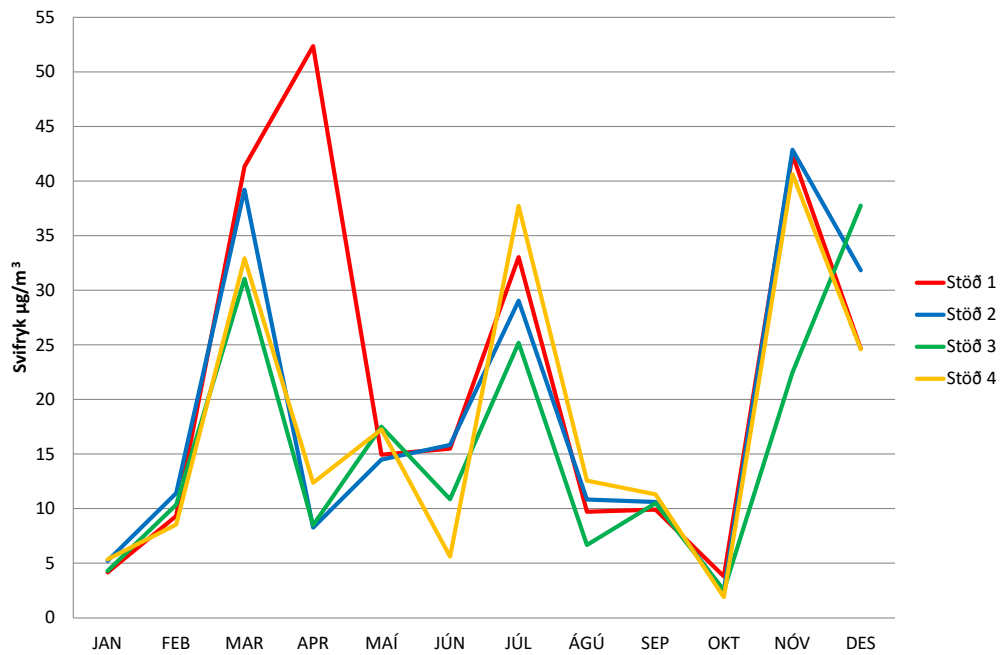
2.3.2 Svifryk, söfnun á síur (PM₁₀ Hi-vol)

Svifryki er safnað á sex daga fresti á síur, sólarhring í senn. Mæld mánaðarmeðaltöl ársins 2021 ásamt ársmeðaltölum stöðvanna árin 2005 til 2021 eru sýnd á 6. og 7. mynd.

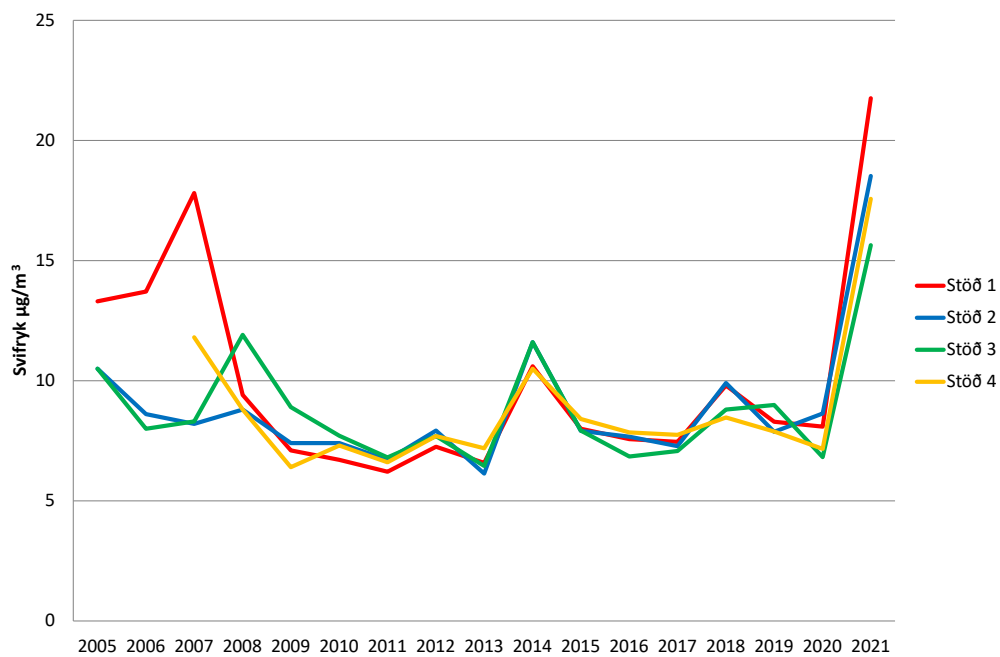
Heildarmeðaltal svifryks mældist 18,4 µg/m³ og er það hæsta frá upphafi mælinga. mynd). Nokkrir dagar mældust yfir heilsuverndarmörkum (50 µg/m³-dag) á árinu en hæst mældist svifryk 219 µg/m³ þ. 14.4 á stöð 1 í norðvestan golu. Athyglisvert er að þennan dag mældist svifryk á stöð 1 langtum hærra en á hinum stöðvunum. Dagarnir 27.3, 1.7, 30.11 og 12.12 mældust einnig yfir mörkum á öllum stöðvum ásamt 6. 12 á stöð 3. Aðeins kom fram hágildi í SO₂ þ. 1.7 á stöð 2 og tengjast rykhágildi þann daginn líklegast álverinu. Rykhágildi hina dagana tengjast ólíklega álverinu, heldur fremur ryki ættuðu af hálendi landsins.

Að meðaltali voru mars, júlí og nóvember hæstir mánaða í svifryki en þeir mánuðir voru frekar úrkomulitlir, þó ekki þeir þurrustu. Lítils háttar munur kom fram á meðaltali á stöðvunum, hæst mældist það á stöð 1, 21,8 µg/m³, og lægst á stöð 3, 15,6 µg/m³. Þess ber að gæta að nokkur rykgildi vantar inn á milli vegna ófærðar og bilunar á tækjum, og þá sérstaklega á stöð 3 og 4, sem gætu haft áhrif á meðaltöl svifryks.

Þrjár meginástæður hafa verið fyrir hærra svifryki í Reyðarfirði: 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 allhátt í Reyðarfirði vegna framkvæmda. Árið 2014 gætti öskuryks frá eldgosi í Holuhrauni. Árið 2018 mældist svifryk með herra móti og tilfallandi rok af hálendinu skýrði það að hluta (7. mynd).



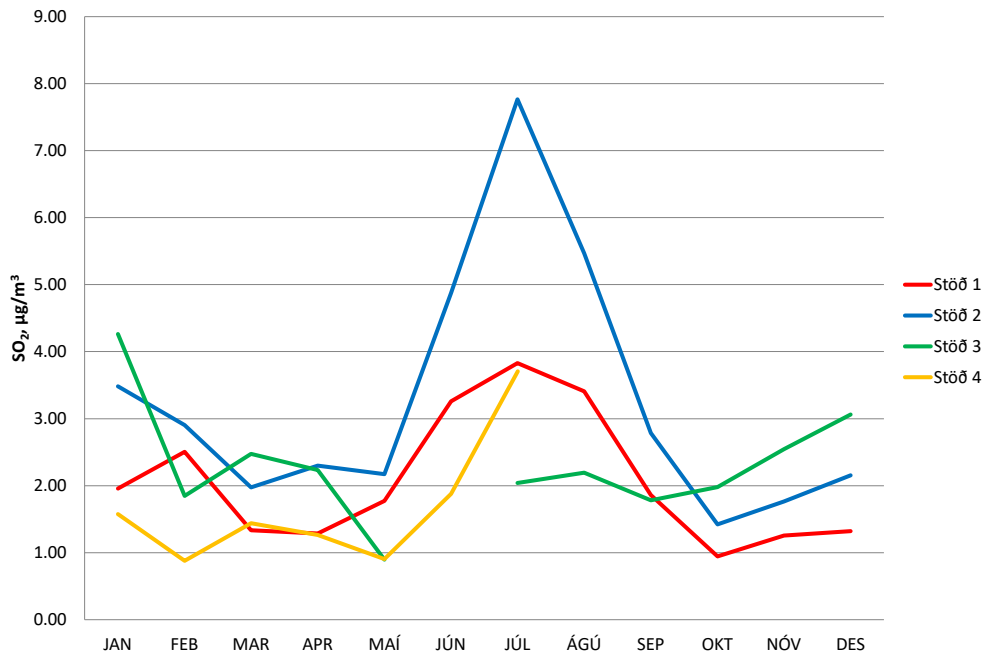
6. mynd. Svifryk, mánaðarmeðaltöl, allar stöðvar 2021.



7. mynd. Svifryk, ársmeðaltöl 2005–2021.

2.3.3 Brennisteinstvíoxíð í lofti

Mánaðarmeðaltöl á SO₂ í lofti má sjá á 8. mynd hér undir.



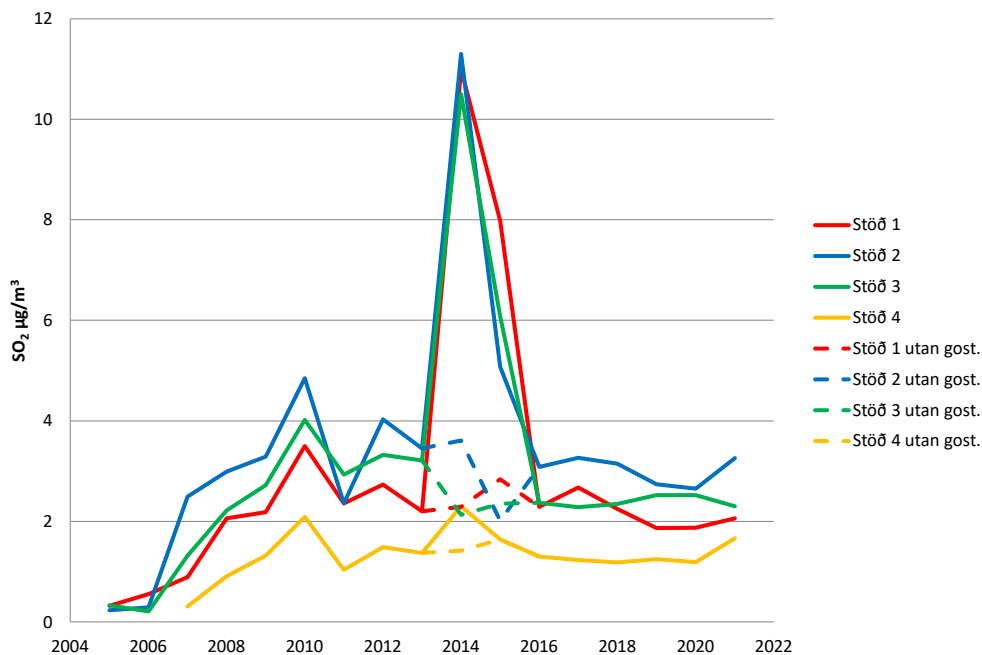
8. mynd. Brennisteinstvíoxíð, allar stöðvar 2021.

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 á tímabilinu 21.5 til 11.7 og frá stöð 4 frá 13.7 og út árið.

Meðaltöl brennisteinstvíoxíðs á árinu 2021 reyndust áþekk og mörg undanfarin ár eða alveg frá árinu 2011 ef góstímabilið á árunum 2014 og 2015 (þegar mengunar frá gosinu í Holuhrauni gætti) er undanskilið. Meðaltölin hafa þó hækkað lítillega frá 2020 á öllum stöðvum fyrir utan stöð 3. Á 9. mynd má sjá ársmeðaltöl á stöðvunum frá árinu 2005. Brotnar línur sýna meðaltölin ef góstímabilið er undanskilið.

Enginn dagur fór yfir gróðurverndarmörk ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) á árinu. Hæsta dagsgildi mældist $27,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 2 í breytilegum norðvestlægum andvara þ. 3.1. Hæstu dagsgildi á stöð 1 ($16,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og stöð 3 ($23,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mældust þ. 2.1 og á stöð 4 ($16,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) þ. 23.4. Yfirlétt má rekja þessi hágildi til hægviðris og vindáttar sem stendur á stöð yfir daginn. Hæsta klukkustundargildi mældist $79,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á stöð 1 þ. 4.7 kl. 11 í suðaustan kuli. Á stöð 2 mældist klukkustundargildi hæst $72,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kl.12 þ. 2.7 í austlægri stinningsgolu og miklum hlýindum. Á stöð 3 mældist hæsta klukkustundargildi $57,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kl. 17 þ. 30.8 í suðaustan kuli og miklum hlýindum. Á stöð 4 mældist hæsta klukkustundargildi $56,8$

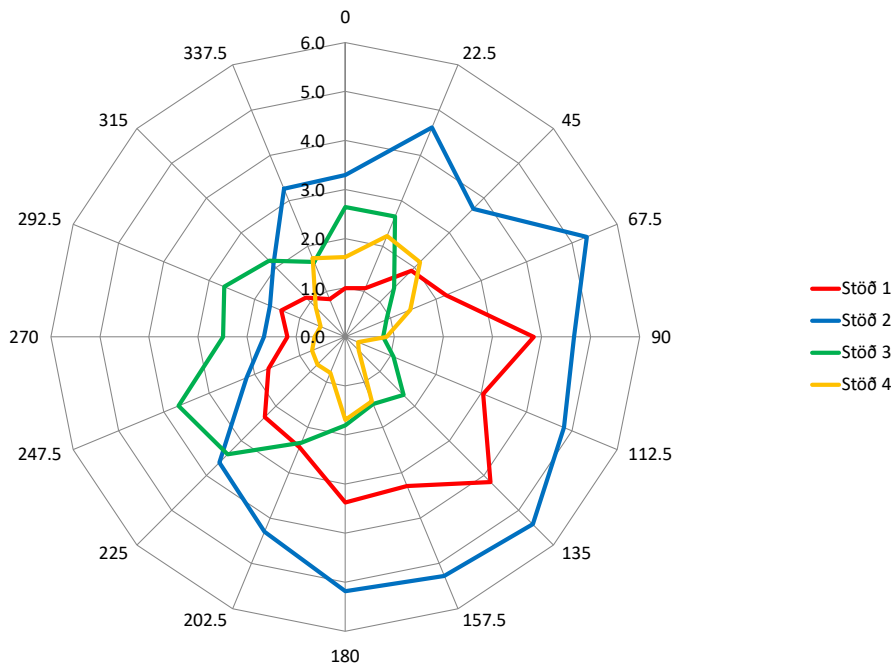
$\mu\text{g}/\text{m}^3$ þ. 11.7 kl. 9 í norðvestalægum andvara. Öll gildin eru undir heilsuverndarmörkum ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



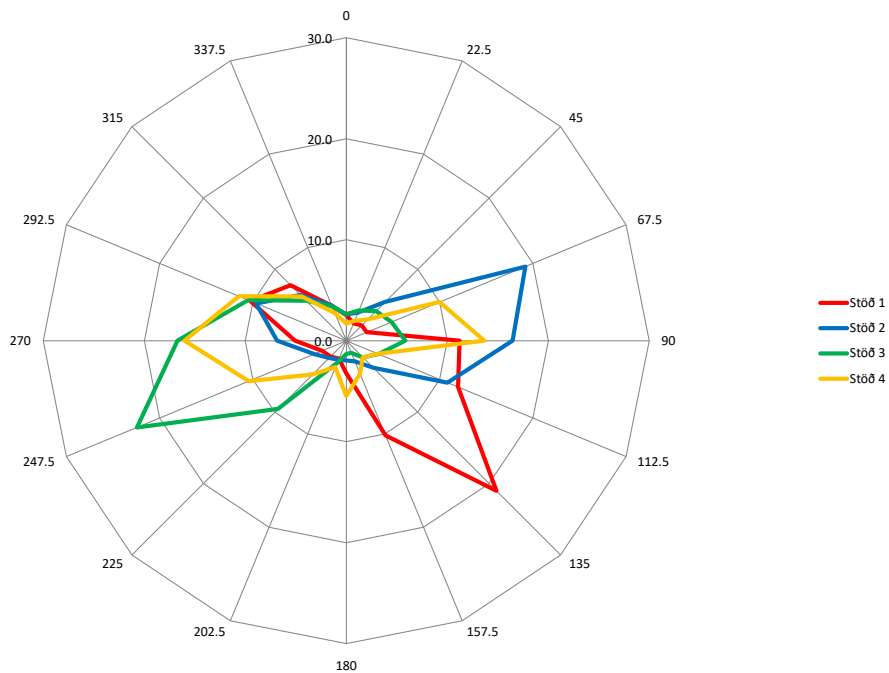
9. mynd. Brennisteinstvíoxíð, ársmeðaltöl 2005–2021.

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 1 og 2. Stöð 4 er að sumu leyti sérstök, hæsta meðaltal á stöð 4 mældist þetta árið í norðvestanátt, en há gildi mælast líka stundum í sunnanátt í miklu hægviðri. Þó mælist megnið af SO₂ á stöðinni oft í vestanátt og stafar af mögulegri hringhreyfingu lofts innan fjarðar þegar loft leitar inn með norðurhlið fjarðarins og út með honum sunnanverðum til vesturs. Þá getur átt sér stað niðursláttur á lofti með suðurhliðum fjarðarins við hitahvörf í lofti sem eru nokkuð algeng í Reyðarfirði.

Á 11. mynd má sjá hlutfallslegan magnuppruna sem mælist á stöðvunum. Langmestur hluti SO₂ sem mælist á stöð 1 og 2 er upprunninn í austurátt, en í vesturátt á stöð 3, sem svarar til afstöðu álversins til þessara stöðva. Á stöð 4 aftur er upprunans að leita að mestu í vesturátt eins og nefnt var hér ofar, öfugt við afstöðuna til álversins sem er í norðausturátt, en svarar til hringhreyfingar lofts í firðinum þegar austanvindur blæs fyrir Breiðahjalla og skilar sér til baka í skjól við Sléttuströnd úr vestri. Austnorðaustanáttir geta líka skilað SO₂ beint að stöð 4 í einhverjum mæli.



10. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO_2 ($\mu g/m^3$), sem fall af vindátt 2021, allar stöðvar.



11. mynd. Brennisteinstvíoxíð SO_2 (magnuppruni í %), sem fall af vindátt 2021, allar stöðvar.

Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í stöðvum árið 2021 má sjá í viðauka 1.

2.3.4 Flúor í lofti

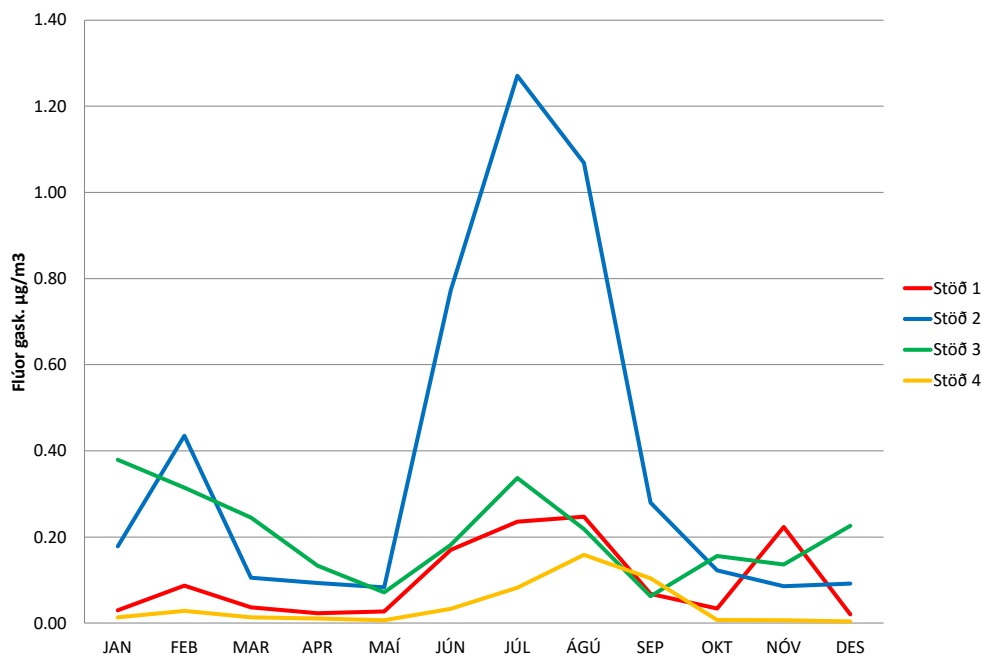
Mælingar á flúor í lofti eru gerðar með tvenns konar hætti:

- 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 svifrykksíum (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.

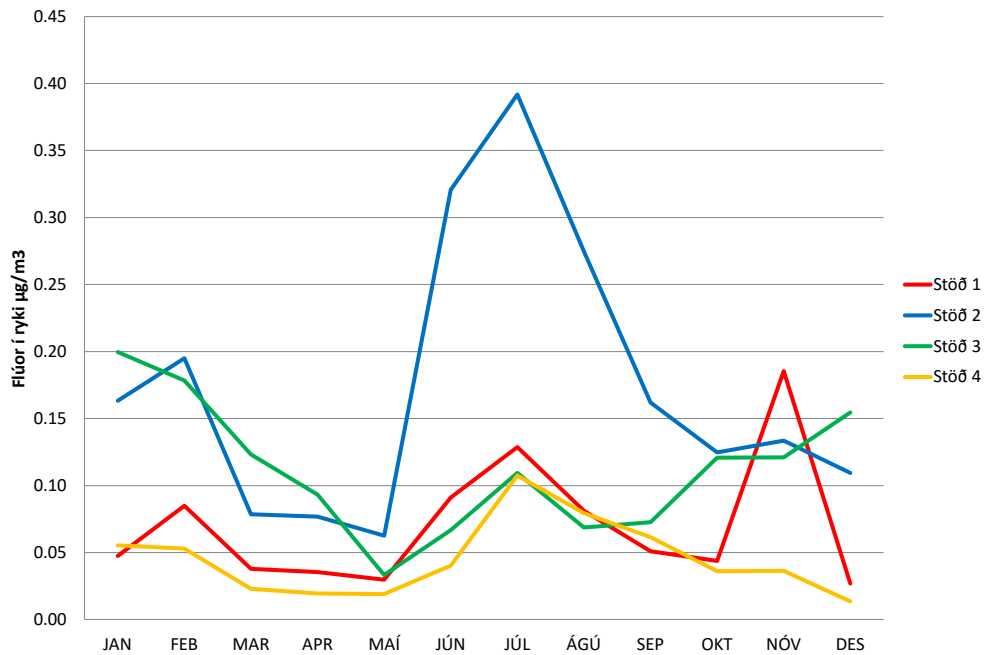
i) Flúor í lofti, safnað á 37 mm síur

Meðaltal flúors alls í lofti mældist $0,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og þar af flúor gaskenndur $0,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Þetta eru nokkuð hærra gildi en mældust árið 2020 en svipar til áraanna 2018 og 2019 þegar flúor mældist í hæsta lagi. Sjá má niðurstöður fyrir mánaðarmeðaltöl ársins á 12. og 13. mynd og samanburð við fyrri ár á 14. mynd. Flúor mælist allhár á stöð 2 yfir sumarið. Flúor er svolítið breytilegur á hverri stöð yfir árið en yfirleitt hæstur á stöð 2, sérstaklega yfir sumartímann þegar innlögn er algeng í Reyðarfirði. Hæsta einstaka dagsgildi fyrir gaskennt flúoríð mældist á stöð 2 eða $2,35 \mu\text{g F}/\text{m}^3$ þ. 28.6 í austlægu kuli. Hæsta dagsgildi fyrir flúor alls mældist $3,49 \mu\text{g F}/\text{m}^3$ á stöð 2 sama dag.

Viðmiðunarmörk í starfsleyfi fyrir gaskenndan 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 $0,18 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$ á þessu tímabili eða vel undir mörkunum. Gildið á stöð 2 er hæst eða $0,62 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$ og er vel yfir mörkunum, en sú stöð er innan þynningarsvæðis.

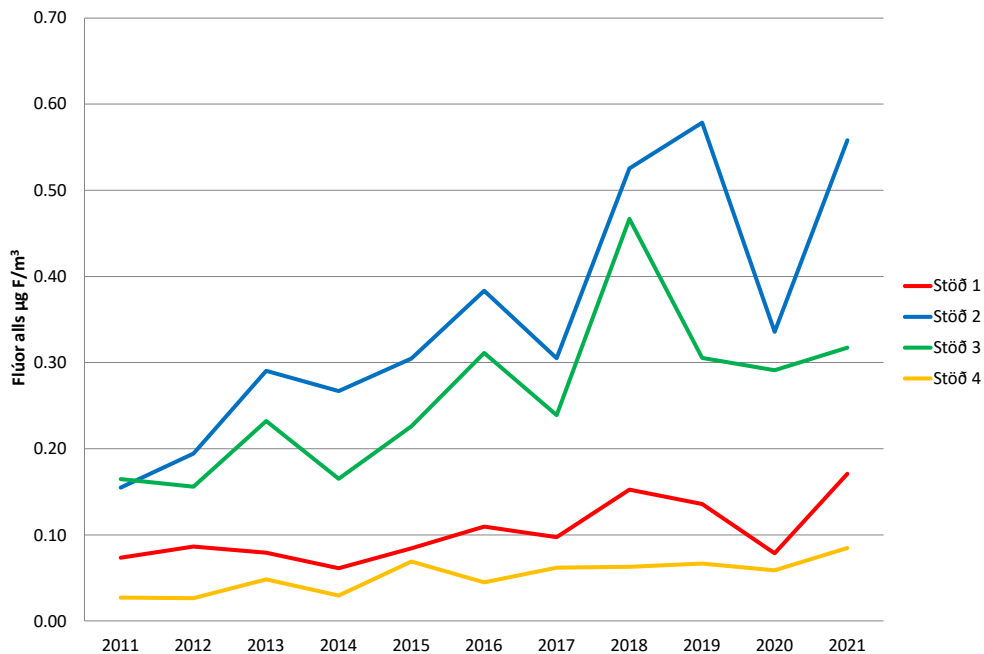


12. mynd. Flúor gaskenndur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2021 (mælingar á síur).



13. mynd. Flúor rykkendur í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2021 (mælingar á síur).

Flúor í ryki mældist með nokkrum breytileika yfir árið. Hæstu gildi mældust á stöð 2 yfir sumartímann en það var einstaklega ljúft veður og úrkomulítið.

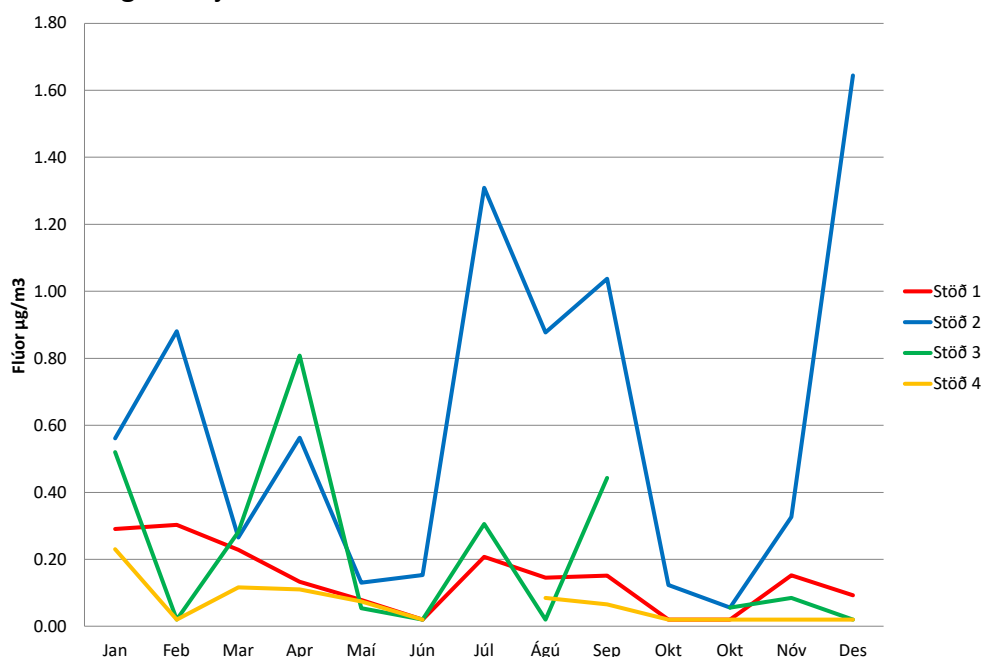


14. mynd. Flúor alls í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011–2021 (mælingar á síur).

Flúor í heild hefur hækkað á öllum stöðvum, þó mismikið. Á stöð 1 og 4 hefur flúor ekki mælst hærrí en á stöð 2 og 3 næst flúorstyrkurinn ekki upp í þau gildi sem mældust árin 2018 og 2019.

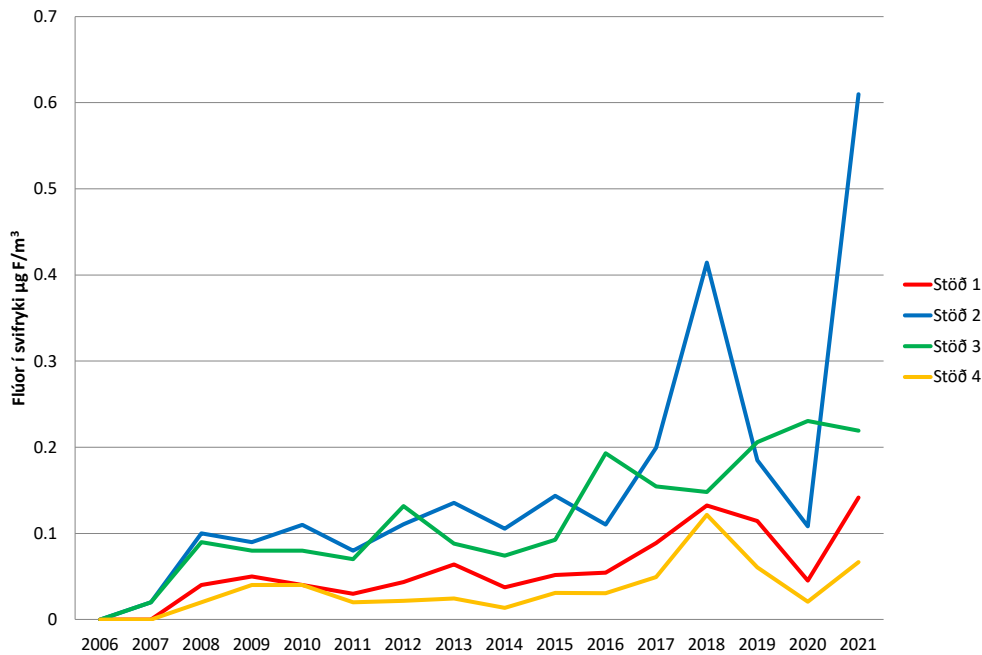
ii) Flúor í svifryki

Heildarmeðaltal ársins var $0,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Niðurstöður þessara mælinga má sjá á 15. 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. Í október var þó mældur flúor í auka setti af síum og var heildarfjöldi mælinga því 52. Mikill breytileiki getur verið í þessum mælingum, enda einungis um að ræða 1 dag í hverjum mánuði frá hverri stöð.



15. mynd. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2021.

Þó nokkur hækkun varð á flúor í svifryki á flestum stöðvum, og þá sérstaklega á stöð 2 þar sem ársmeðaltalið er það hæsta frá upphafi mælinga (16. mynd). Þar mældust mjög há gildi í byrjun og lok árs ásamt yfir sumartímann. Ársmeðaltöl stöðva 1 og 4 hafa hækkað frá 2020 en mælast svipuð og á árunum 2017–2019. Ársmeðaltal stöðvar 3 er það eina sem hefur lækkað lítilega og er svipað fyrri tveimur árum.



16. mynd. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2021.

Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2021 má sjá í viðauka 2.

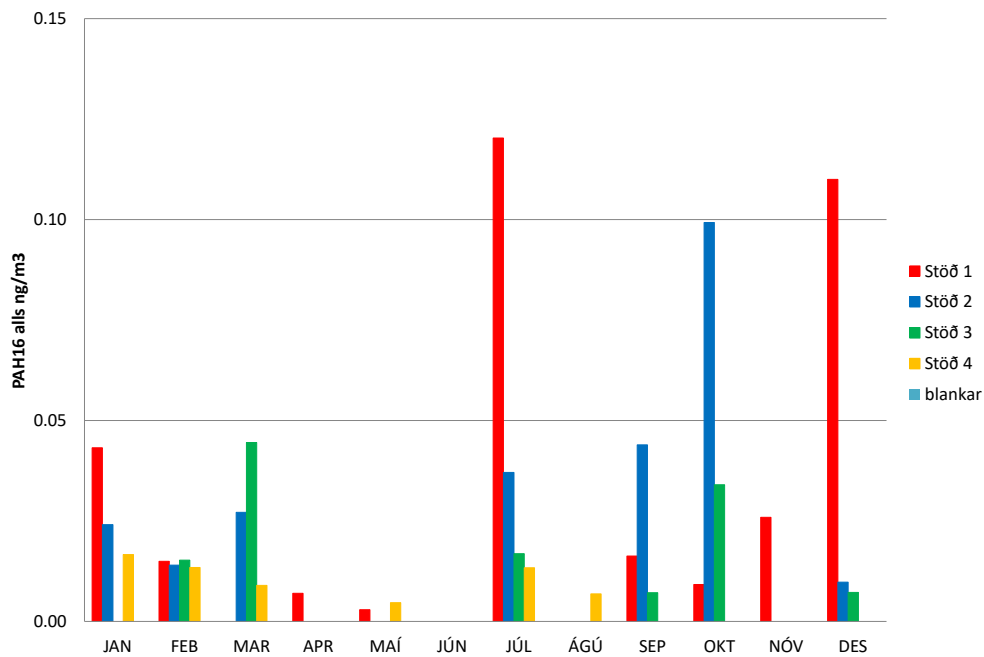
2.3.5 Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH)

Fjölhringa vetniskolefni (vokvetniskolefni) í lofti eru mæld í svifrykssýnum með svipuðu fyrirkomulagi og rykkenndur flúor, þ.e. í svifrykssíum sem safnað er á sex daga fresti í 24 klst á hverja síu. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð eru mæld PAH í ryki, allt að 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 2013–2021. Munur á þessu tvennu er óverulegur í mati á heildarmeðaltali.

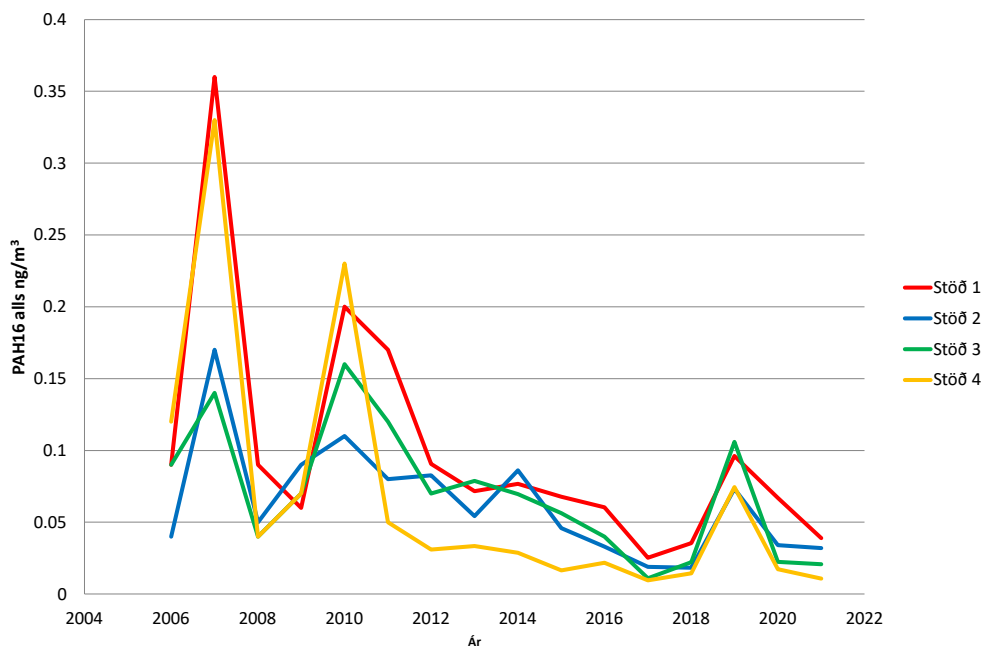
Niðurstaða ársins er í meðallagi ef miðað er við niðurstöður frá og með árinu 2012. Þessi efni greinast í litlum mæli og mældust um $0,027 \text{ ng/m}^3$ umfram magngreiningarmörk á árinu 2021 að heildarmeðaltali. Heildarsumma magngreiningarmarka PAH16 árið 2021 er yfirleitt innan við $0,1 \text{ ng/m}^3$ og er svolítið breytileg ($<0,1\text{-}0,05 \text{ ng/m}^3$) eftir tímabilum (17. og 18. mynd)

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. Júlí er þó undantekning en þá mældust einnig há gildi í svifryki, brennisteini og flúor.

Umhverfismörk fyrir bensó[a]pýren (BaP) eru 1 ng/m^3 skv reglugerð nr. 410, 2008. Mæld BaP gildi árið 2021 voru vel undir þeim mörkum. BaP greindist í 1 síu af 45 og mældist $0,004 \text{ ng/m}^3$ í desember á stöð 1. Af öðrum PAH efnum tilteknum í reglugerðinni, þ.e. benzó[a]antrasen, benzó[b]flúoranten, benzó[j]flúoranten, benzó[k]flúoranten, indenó[1,2,3-cd]pýren og díbenz[a,h]antrasen mældust hæstu gildin á stöð 1 í desember eða $<0,034 \text{ ng/m}^3$ af heildarsummu þessara tilteknu sex efna. Nánast alltaf mældist summa þeirra $<0,020 \text{ ng/m}^3$.



17. mynd. PAH16 í svifryki, allar stöðvar 2021.



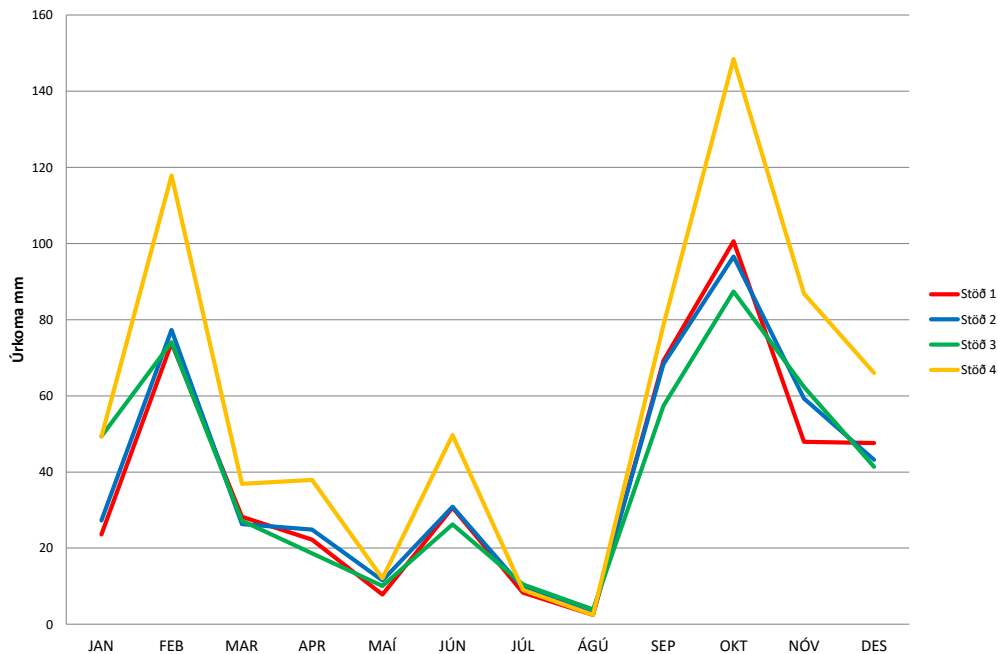
18. mynd. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2021.

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. Mæld úrkoma var í minna lagi

árið 2021, eða um 525 mm/ár að meðaltali á stöðvunum. Nokkur úrkoma var febrúar og yfirleitt meiri síðari hluta ársins, en sumarið var mjög þurrviðrasamt þó gert hafi stöku úrkomukafila. Sjá má úrkomu eftir mánuðum á 19. mynd. Mest rigndi að jafnaði á stöð 4, en nokkuð jafnt rigndi á hinum stöðvunum.



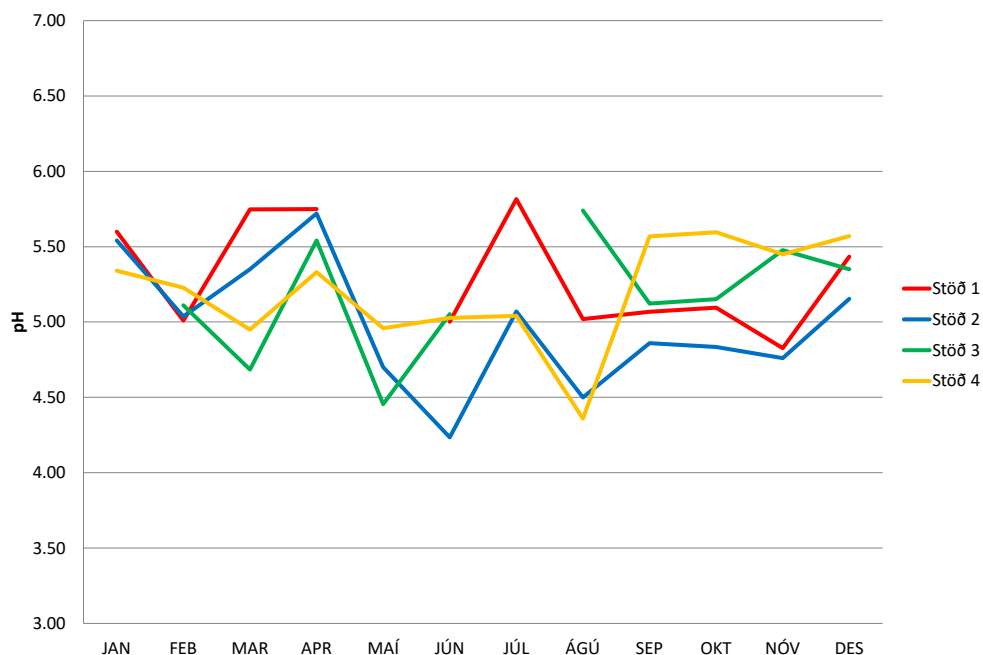
19. mynd. Úrkoma í mánuði (mm, alls), allar stöðvar 2021.

pH stig í úrkomu

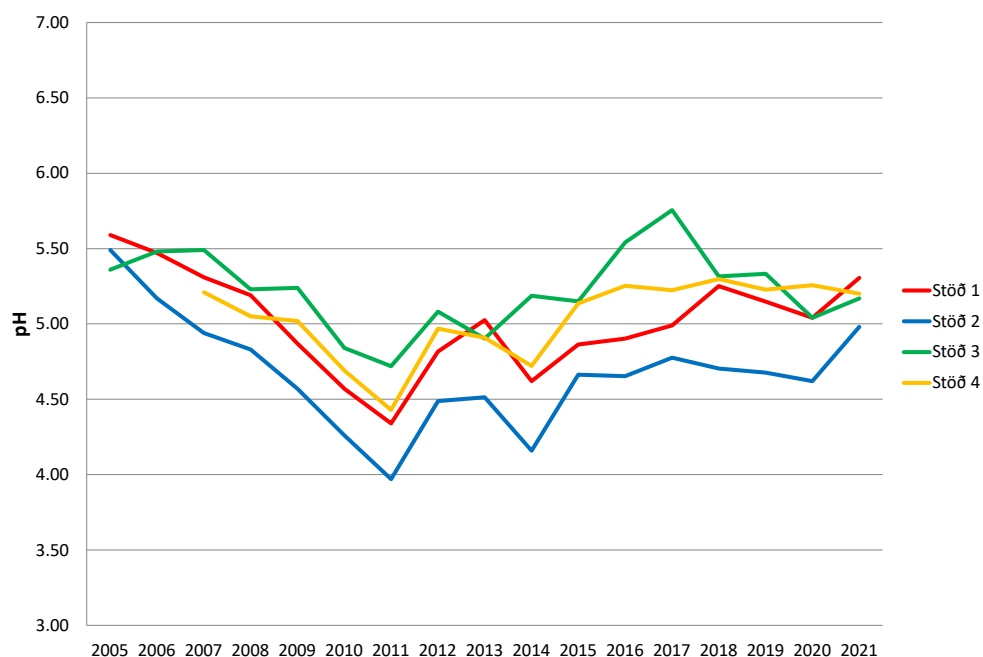
Niðurstöður ársins 2021 fyrir pH í úrkomu má sjá á 20. mynd. Myndin sýnir mánaðarmeðaltöl pH stigs í úrkomusýnum ársins, en úrkomu er safnað að jafnaði í hverri viku frá öllum stöðvum. Í heild var árið nokkuð þurrt og mældist pH stig nokkuð jafnt yfir árið. Engin sýni náðust í janúar og júlí á stöð 3 og í maí á stöð 1 vegna þurrviðris og ófærðar.

pH stig í úrkomu mældust svipuð að meðaltali á öllum stöðvum eða á bilinu 5,0–5,3 (20 og 21. mynd). Hæst mældist pH stig að meðaltali á stöð 1, 5,31, og lægst á stöð 2, 4,98. Helst rignir í austanáttum í Reyðarfirði og því gætir mengunar í úrkomu helst á stöð 2 og mælist úrkomun þar yfirleitt súrari með lægra pH stig. Í regnvatni sem er lítt mengað má búast við pH stigi á bilinu 5,5–6,5.

Í heild eru niðurstöður stöðugar með náttúrulegum breytileika frá árinu 2012.



20. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2021.

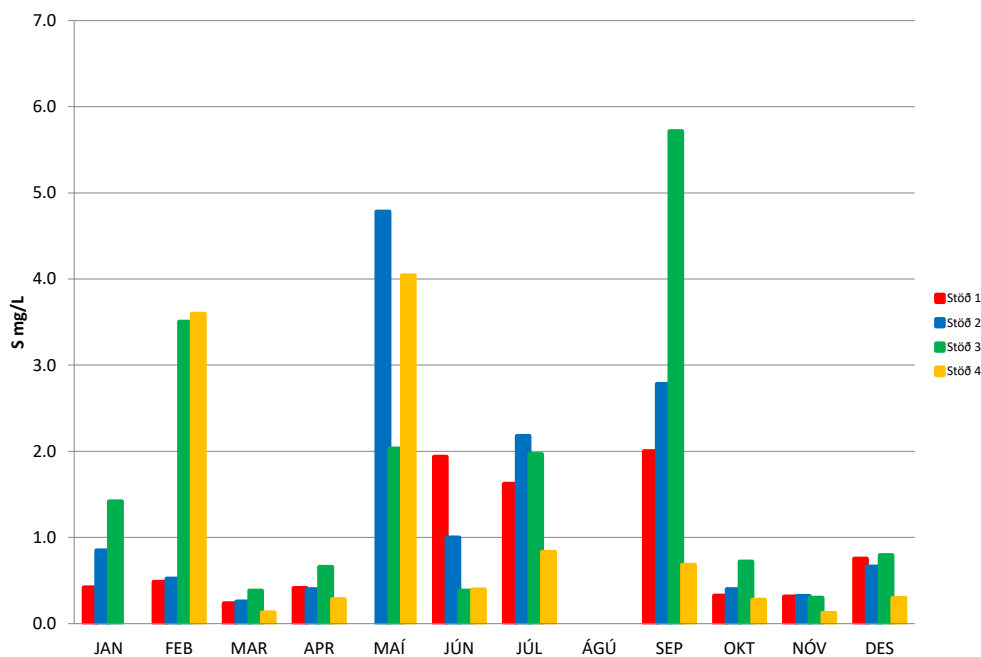


21. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2005–2021.

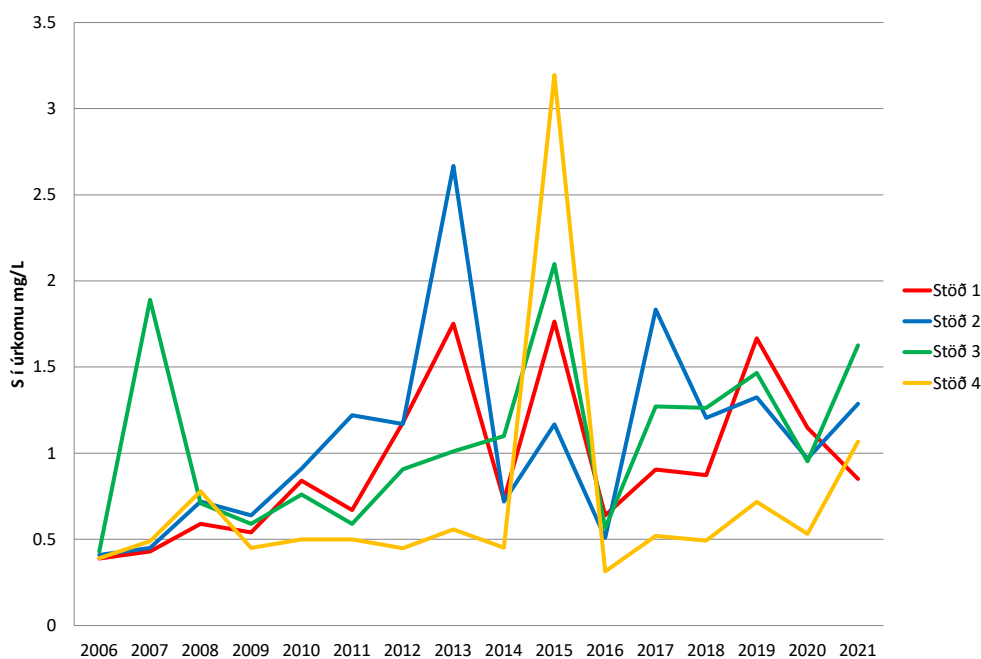
Brennisteinn í úrkomu

Uppruni brennisteins í úrkomu er einkum þrenns konar, úr sjó, af mannavöldum og svo frá eldgosum. Áhrif eldgosu voru nokkur árin 2010, 2014 og mikil árið 2015.

Brennisteinstyrkur í úrkomu var í hærra lagi árið 2021, mánaðarmeðaltöl ársins má sjá á 22. mynd og ársmeðaltöl árána 2006–2021 má sjá á 23. mynd. Meðaltalið árið 2021 í heild mældist 1,21 mg S/L, töluvert hærra en árið áður, þegar meðaltali var 0,90 mg S/L.



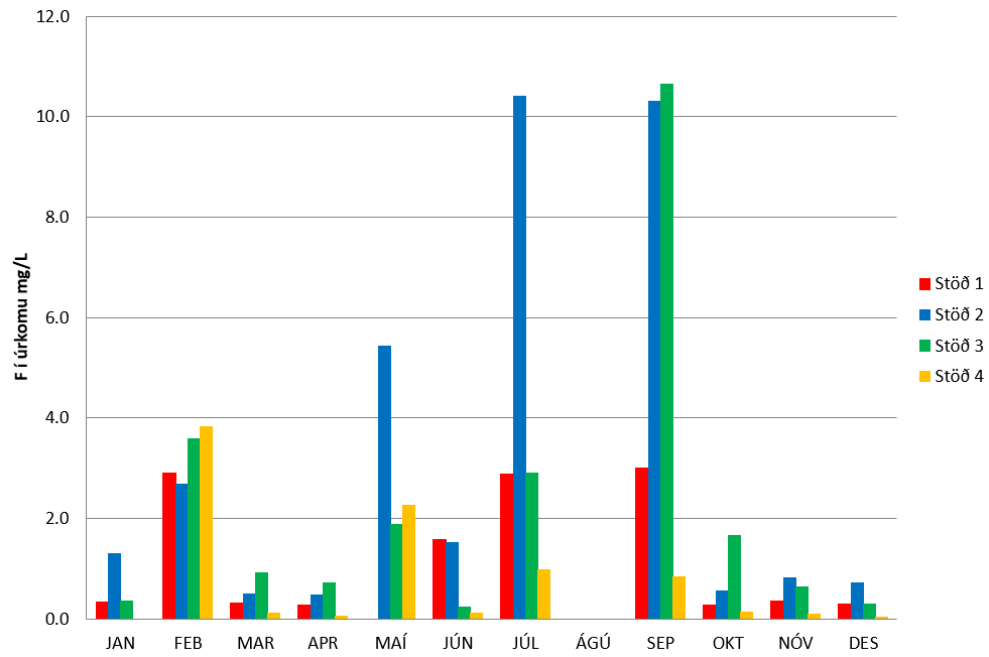
22. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2021.



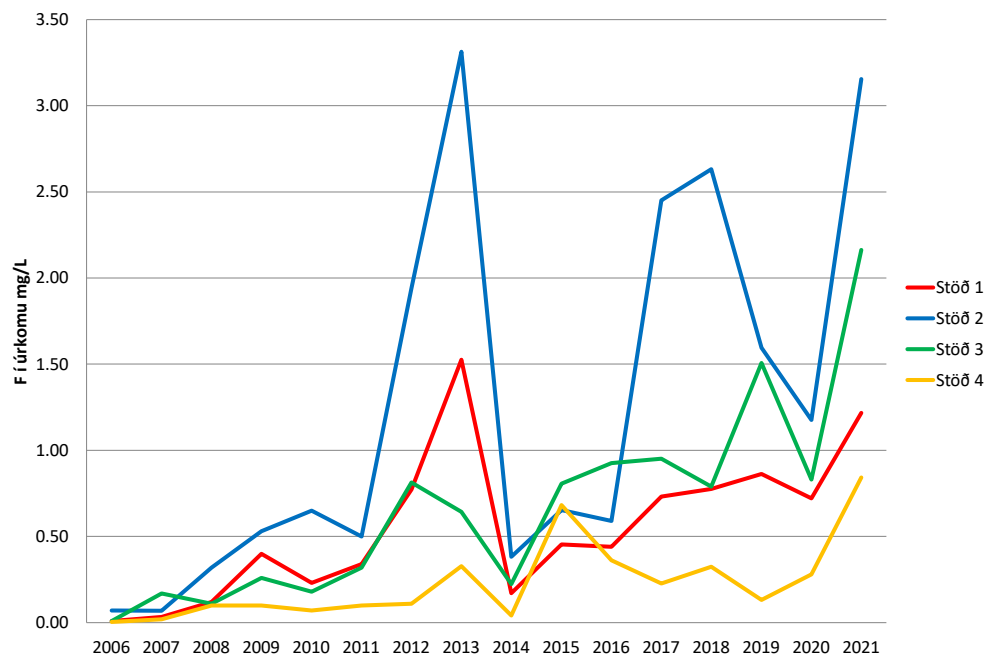
23. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2021.

Flúor í úrkomu

Flúorgildi í úrkomu voru þau hæstu sem sést hafa, ársmeðaltalið var 1,84 mg F/L árið 2021. Niðurstaða ársins er mun hærri en árið 2020 en þá var meðaltalið 0,75 mg F/L. Flúor í úrkomu hefur verið mjög breytilegur undanfarnin ár og stundum mikill munur milli stöðva(24. og 25. 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 og að þessu sinni náðust sýni alla mánuði til mælinga nema í ágúst vegna þurrviðris.



24. mynd. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2021.



25. mynd. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006–2021.

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 búfenað 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 lofts við daglegar hitabreytingar í dölum og fjörðum getur gaskennður 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).

Upptaka 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. 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 gróður-skemmda 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 ómenguðu umhverfi er minni en 5 µg/g þurrvigt fyrir flestar tegundir. Einhverjar tegundir, hlutfallslega fáar þó, mælast með bakgrunnsgildi allt að 20 µg/g flúor í þurrvigt (Weinstein & Davison, 2004; Guðrún Á. Jónsdóttir o.fl., 2005).

Þó að styrkur flúors í andrúmslofti og í blöðum plantna sé hár þá innihalda ávextir, fræ og rætur lægri gildi flúors en í laufblöðum (Weinstein & Davison, 2004). Niðurstöður rannsóknna í Reyðarfirði undanfarin ár styðja það þar sem styrkur flúors í bláberjalyngi og laufum rabarbara hefur mælst hár miðað við bakgrunnsgildi, en styrkur flúors í berjum og stilkum rabarbara er alla jafna minni en 5 µg/g (Elín Guðmundsdóttir o.fl., 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. 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; Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2019).

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, Vikøren, 2021).

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 jórturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé er hámarks-gildið 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 jórturdýr 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 efnagreiningu. Annar gróður var ekki skolaður. Niðurstöður efnagreininga á grasi úr öllum sex sýnatökum sumarsins eru sýndar sem meðaltal sex mælinga með staðalskekkju. Niðurstöður efnagreininga á rabarbara úr öllum þremur sýnatökum sumarsins eru sýndar sem meðaltal þriggja mælinga með staðalskekkju. Öðrum gróðri var safnað í einni sýnatökufærð. Allar niðurstöður flúormælinga í gróðri eru gefnar upp á þurrvigtagrunni en þar sem hámarksgildi þungmálma í reglugerð nr. 265/2010 eru gefin upp í blautvigt voru gildi sem sýnd eru í niðurstöðum hér umreiknuð miðað við blautvigt.

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 umhverfisvöktun 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 árána 2021 og 2020 annars vegar og 2021 og meðalgildi árána 2008-2020 hins vegar. 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 2021 (26. mynd). Alls var 216 sýnum safnað í sex söfnunarferðum. Sýnataka fór fram dagana 8.–9. og 22.–23. júní, 6.–7. og 20.–21. júlí og 3.–4. og 17.–18. ágúst 2021. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mælt í öllum sýnum.

Mosa (*Racomitrium* spp.), **fléttum** (*Cladonia* spp.) og **blöðum bláberjalyngs** (*Vaccinium uliginosum*) var safnað einu sinni á 30 sýnatökustöðum í Reyðarfirði dagana 3., 4., 5. og 6. ágúst 2021 (33., 38. og 43. mynd). Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mælt í öllum sýnum. Ekki var unnt að safna fléttusýni á sýnatökustað 6 þar sem þar voru litlar sem engar fléttur að finna. Þá er orðið að mestu ófært á sýnatökustað 25 vegna þétts gróðurs og var því ákveðið að taka sýni í um 20 m fjarlægð frá sýnatökustaðnum, hinum megin við ána.

Sýnum af **blöðum reynitrjáa** (*Sorbus* sp.) var safnað á níu sýnatökustöðum 25. ágúst 2021 (48. mynd). Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mælt í öllum sýnum.

Tvenns konar sýnum af **barrnálum** var safnað á níu söfnunarstöðum þann 5. október 2021. Annars vegar var safnað nýjum nálum (frá 2021, táknað CN) og hins vegar nálum sem uxu árið áður (frá 2020, táknað CP). Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mælt í öllum sýnum.

Stilkum og laufum rabarbara var safnað einu sinni í mánuði frá júní til ágúst á sex sýnatökustöðum. Alls var 36 sýnum safnað dagana 23. júní, 21. júlí og 18. ágúst 2021 (55. 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. Árið 2020 var enginn rabarbari á sýnatökustað V1. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mælt í öllum sýnum. Þungmálmarnir kopar (Cu), sink (Zn), arsen (As), kadmíum (Cd), blý (Pb), króm (Cr), nikkel (Ni) og kvikasilfur (Hg) voru mældir einu sinni í síðustu sýnatöku sumarsins í rabarbara-blöðum og -stilkum.

Kartöflugrösum og kartöflum var safnað einu sinni á þremur sýnatökustöðum (V1, V2 og V7) þann 25. ágúst 2021, alls sex sýnum (58. mynd). Einnig var einu sýni af **grænlaufs-salati** safnað á sýnatökustað V1 þann sama dag og einu sýni af **grænkáli** á sýnatökustað V7. Í öllum sýnum var mældur styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins.

Bláberjum og krækiberjum var safnað einu sinni á fimm sýnatökustöðum 25. ágúst 2021 (61. mynd). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Heysýnum var safnað 13. ágúst 2021. Alls var 22 sýnum safnað frá 17 túnum í Reyðarfirði (64. 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 fjórum sýnum af **fóðurkáli** safnað dagana 3. og 17. ágúst og 6. september 2021 á tveimur sýnatökustöðum. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mælt í öllum sýnum.

Vetrarhey. Auk þess að safna sýnum beint úr 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. Tveimur heysýnum úr rúllum sem settar voru út fyrir hross var safnað 3. febrúar 2021. Sýnunum var safnað við Sléttu og á Áreyjum. Styrkur flúors, köfnunarefnis og brennisteins var mælt í öllum sýnum.

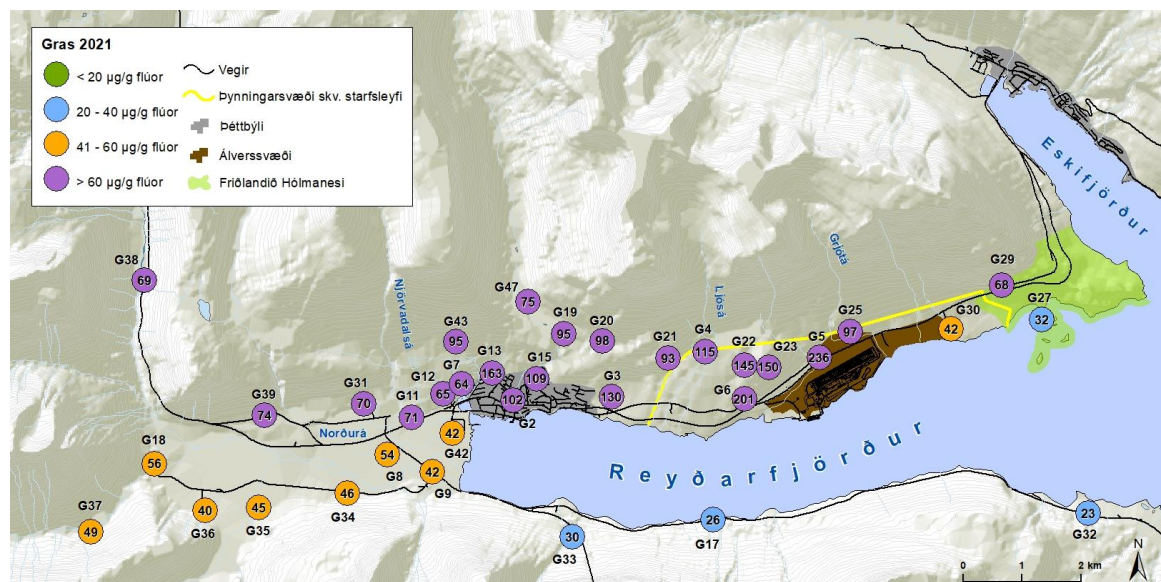
3.3 Niðurstöður

3.3.1 Gras

3.3.1.1 Flúor

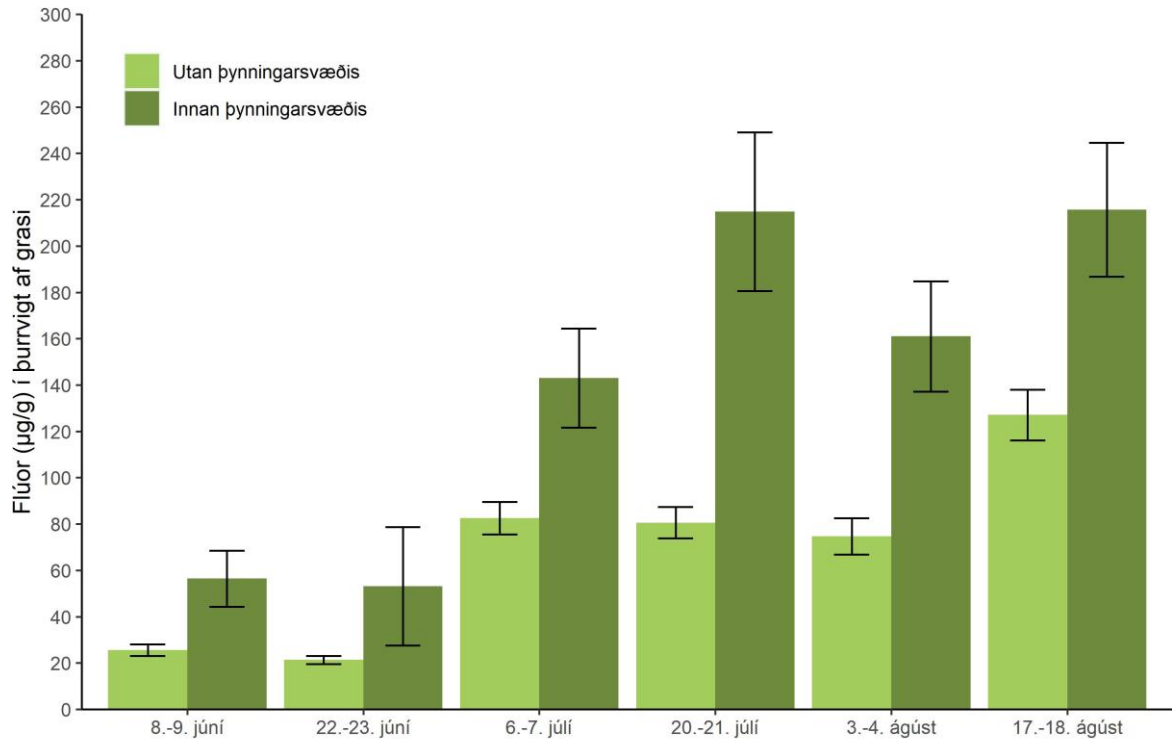
Meðalstyrkur flúors í grassýnum sumarið 2021 utan þynningarsvæðis álversins í Reyðarfirði mældist á bilinu 23–163 $\mu\text{g/g}$ og 42–236 $\mu\text{g/g}$ innan þynningarsvæðis í sex sýnatökuförðum (26. mynd). Styrkurinn var lægstur bæði innan og utan þynningarsvæðis í júní en hækkaði eftir því sem leið á sumarið og mældust hæstu gildin utan þynningarsvæðis 17. – 18. ágúst (27. mynd).

Meðalstyrkur flúors í grasi utan þynningarsvæðis var 69 $\mu\text{g/g}$ og var hærri samanborið við gildi ársins 2020 (32 $\mu\text{g/g}$) ($p < 0,001$) og hærri en meðaltalsgildi árána 2008–2020 (29 $\mu\text{g/g}$; $p < 0,001$). Meðalstyrkur innan þynningarsvæðis var 141 $\mu\text{g/g}$ og voru einnig marktækt hærri en árið 2020 (59 $\mu\text{g/g}$, $p = 0,031$) og meðaltalsgildi árána 2008–2020 (58 $\mu\text{g/g}$; $p = 0,01$). Flúor í grasi hefur hækkað frá því áður en álverið hóf rekstur (samanburður grunngilda við meðaltöl árána 2008–2020: $p < 0,001$) en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (28. mynd).

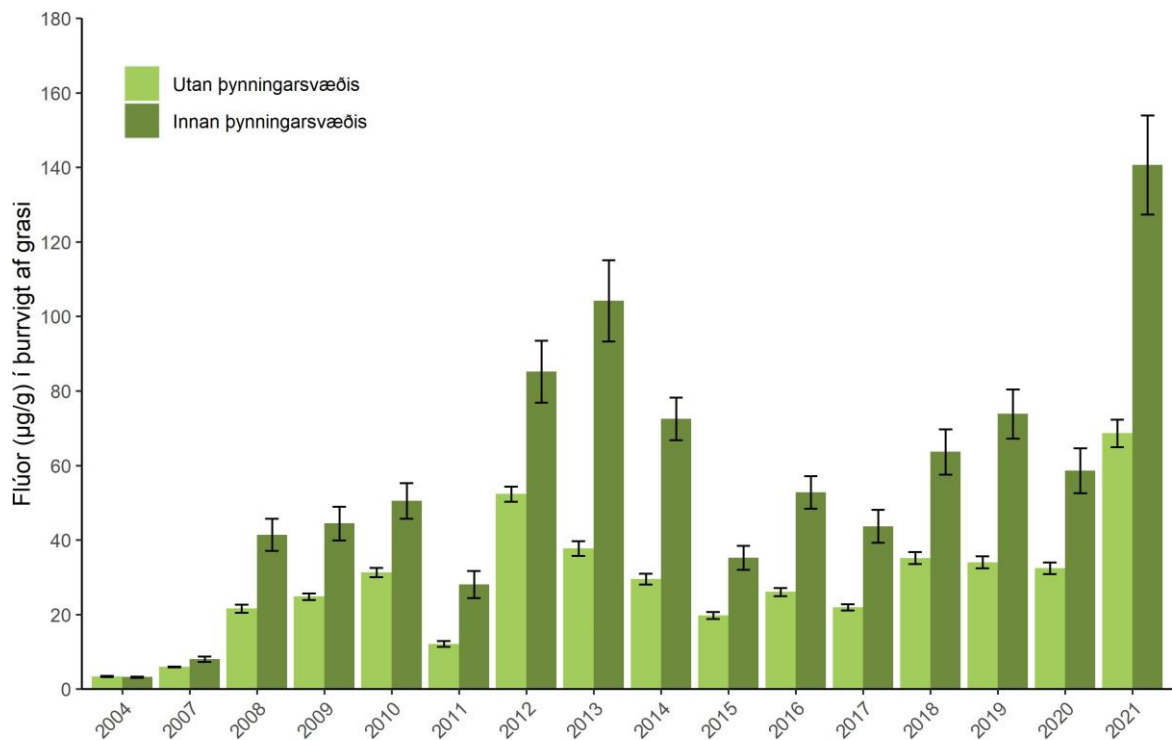


26. mynd. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í sex sýnatökuförðum frá júní til ágúst 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).

Gerðar voru breytingar á sýnatökustöðum sumrin 2013 og 2014 og grunngildi frá 2004–2005 eru því ekki fullkomlega samanburðarhæf við sl. ár. Árin 2014–2016 eru þó samanburðarhæf og að mestu einnig árin 2017–2021 en þó var einum sýnatökustað utan þynningarsvæðis bætt við sumarið 2017.



27. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökufærðum frá júní til ágúst 2021. Fjöldi sýnatökustaða: innan þyningarsvæðis ($n=7$) og utan þyningarsvæðis ($n=28$).

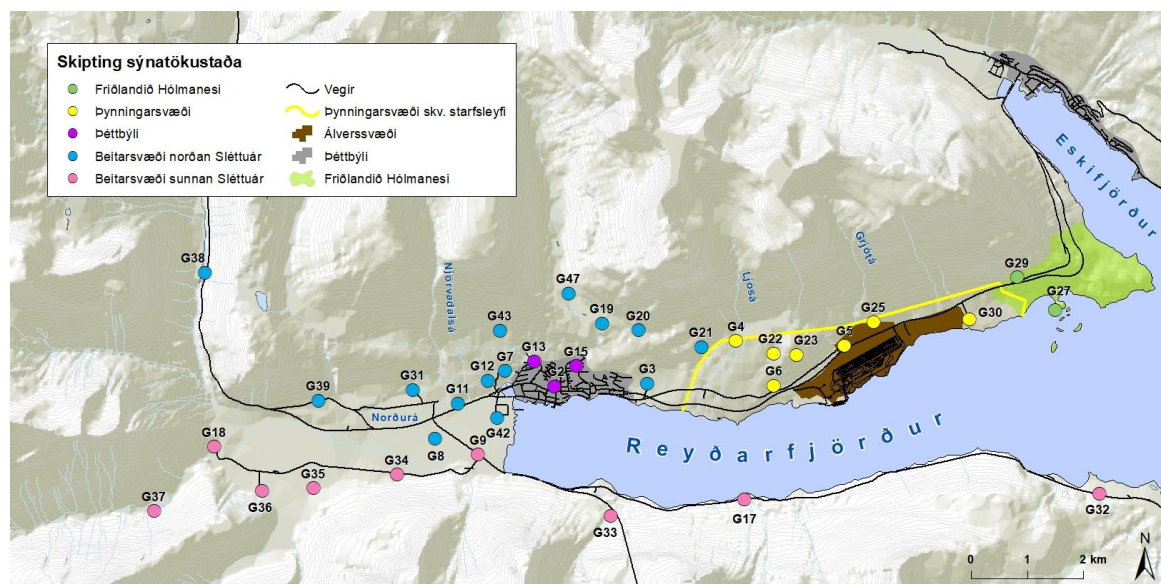


28. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af grasi innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 (bakgrunnsgildi) og 2007–2021. Fjöldi sýnatökustaða: 2004 ($n=30$), 2014–2016 ($n=34$) og 2017–2021 ($n=35$).

Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2021 utan þynningarsvæðis (69 $\mu\text{g/g}$) var yfir viðmið-unarmörkum sem sett eru fyrir hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir jórturdýr (56,8 $\mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) og yfir viðmiðum fyrir mjólkandi jórturdýr (34,1 $\mu\text{g/g}$ m.v. 0% raka-innihald).

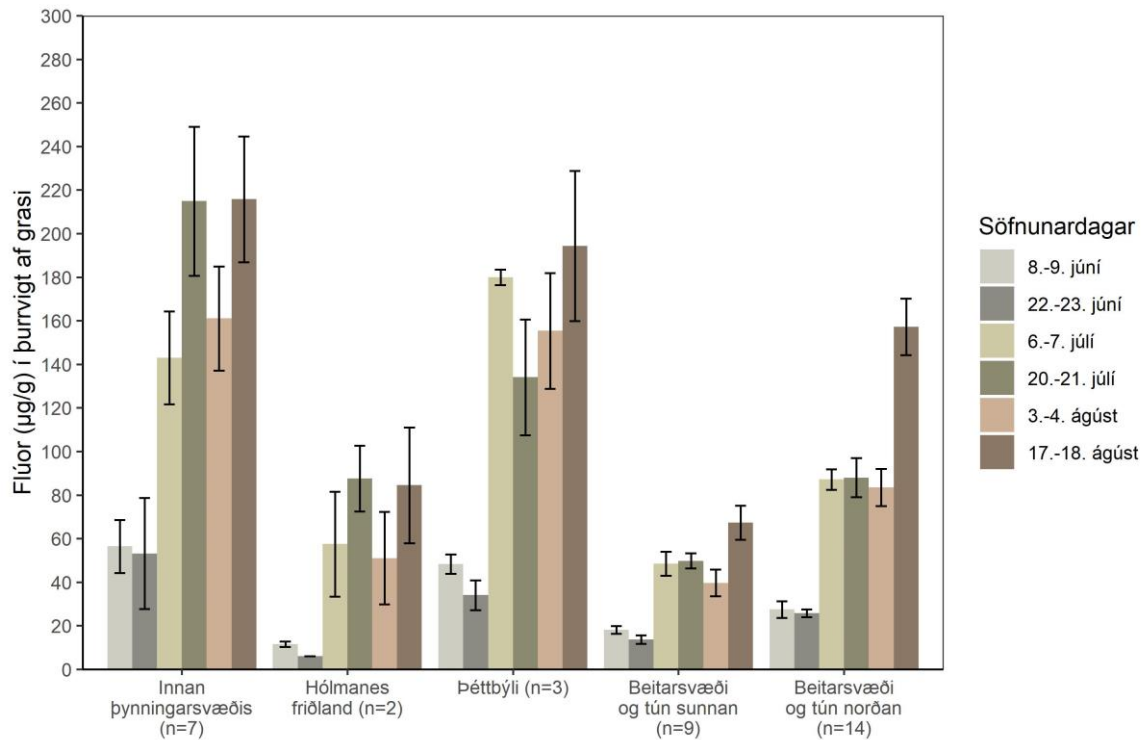
Til að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors dreifist utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á grasi skipt í fimm svæði (29. mynd):

1. Innan þynningarsvæðis skv. starfsleyfi, samtals sjö sýnatökustaðir.
2. Friðlandið og fólkvangurinn í Hólmanesi, samtals tveir sýnatökustaðir.
3. Þéttbýli, samtals þrjár sýnatökustaðir.
4. Möguleg beitarsvæði og tún norðan sauðfjárveikivarnarlínu við Sléttuá, samtals 14 sýnatökustaðir.
5. Möguleg beitarsvæði og tún sunnan sauðfjárveikivarnarlínu við Sléttuá, samtals 9 sýnatökustaðir.



29. mynd. Skipting sýnatökustaða grass sumarið 2021 upp í fimm ólík svæði (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).

Hæsti meðaltalstyrkur flúors í hverri sýnatöku mældist alltaf innan þynningarsvæðis eða í þéttbýlinu á Reyðarfirði. Á beitarsvæðum og túnum sunnan fjarðar mældist styrkur flúors frá 14 – 67 $\mu\text{g/g}$ og að meðaltali 40 $\mu\text{g/g}$ yfir sumarið. Á beitarsvæðum og túnum norðan fjarðar mældist styrkurinn frá 26 –157 $\mu\text{g/g}$ og að meðaltali 78 $\mu\text{g/g}$ yfir sumarið (30. mynd).

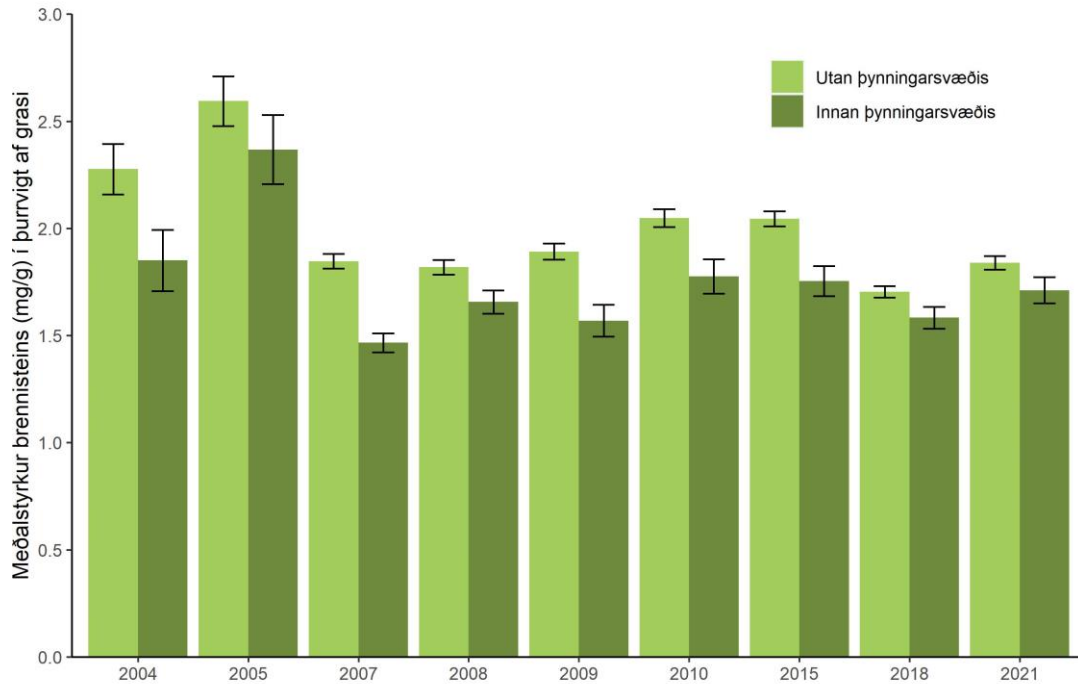


30. mynd. Meðalstyrkur flúors í grasi (með staðalskekku) eftir söfnunardögum sumarið 2021, skipt upp eftir svæðum. Fjöldi sýna í hverri ferð er sýnd í sviga.

3.3.1.2 Brennisteinn

Meðalstyrkur brennisteins í grasi úr sex söfnunarferðum árið 2021 mældist 1,7 mg/g innan þyningarsvæðis og 1,8 utan þyningarsvæðis. Styrkurinn hefur haldist nokkuð svipaður frá því álverið tók til starfa árið 2007. Hæstu gildin mældust árið 2005 og er það rakið til framkvæmdatíma við uppbyggingu álversins (31. mynd). Hærri gildi utan þyningarsvæðis er að öllum líkindum vegna sýnatöku á tünnum og gördum þar sem áhrifa frá áburði gætir.

Gerðar voru breytingar á grassýnatökustöðum sumrin 2013 og 2014 og meðalstyrkur brennisteins í grasi árin 2015, 2018 og 2021 er því ekki fullkomlega samanburðarhæfur við fyrri ár þó árin 2004 til 2010 séu samanburðarhæf. Auk þess var einum sýnatökustað til viðbótar bætt við árið 2018, á beitar­svæðum norðan fjarðar.



31. mynd. Meðalstyrkur brennisteins (mg/g) í þurrvigt af grasi (með staðalskekkju), innan og utan þýnningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004 og 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2010, 2015, 2018 og 2021. Gögnin eru byggð á níu sýnum innan þýnningarsvæðis og 21 sýni utan þess árin 2004–2010 en sjö sýnum innan þýnningarsvæðis og 28 sýnum utan þess árið 2018 og 2021 (27 árið 2015).

Niðurstöður mælinga á flúor og brennistein í grasi fyrir árið 2021 er að finna í viðauka 6.

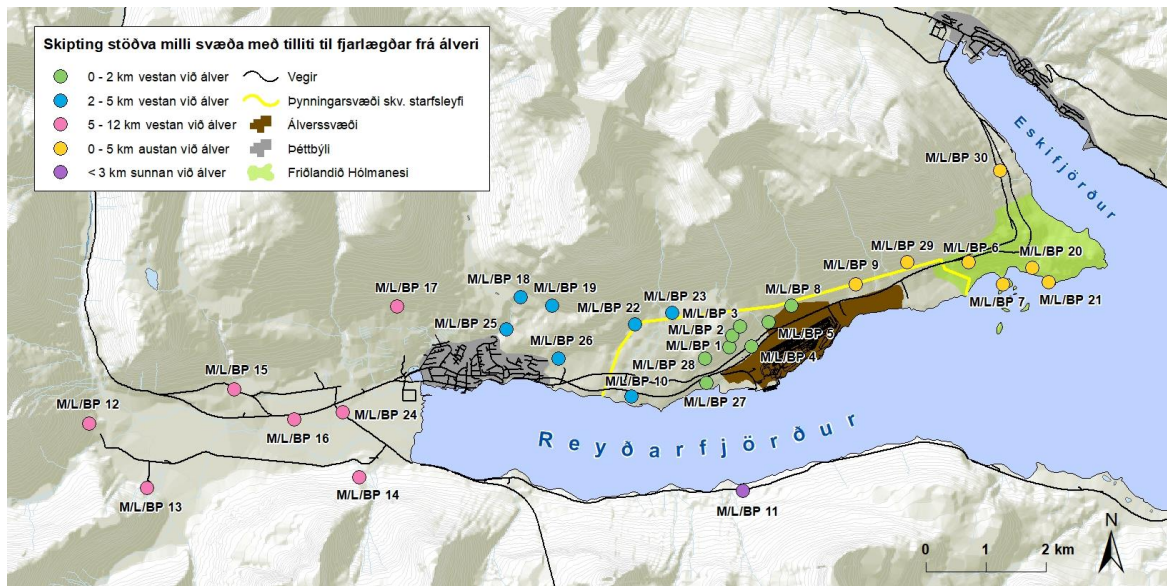
3.3.2 Mosi

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 (32. 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.

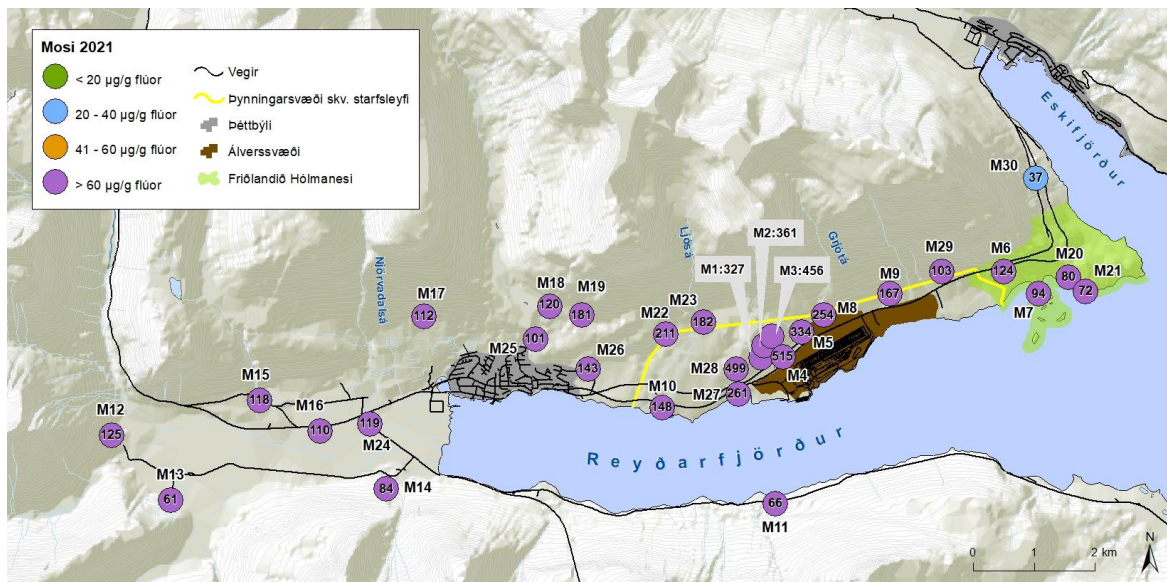
Þegar fjallað er um dreifingarmynstur flúors í þessum gróðri m.t.t. áttar og fjarlægðar frá álveri er átt við þessa skiptingu.



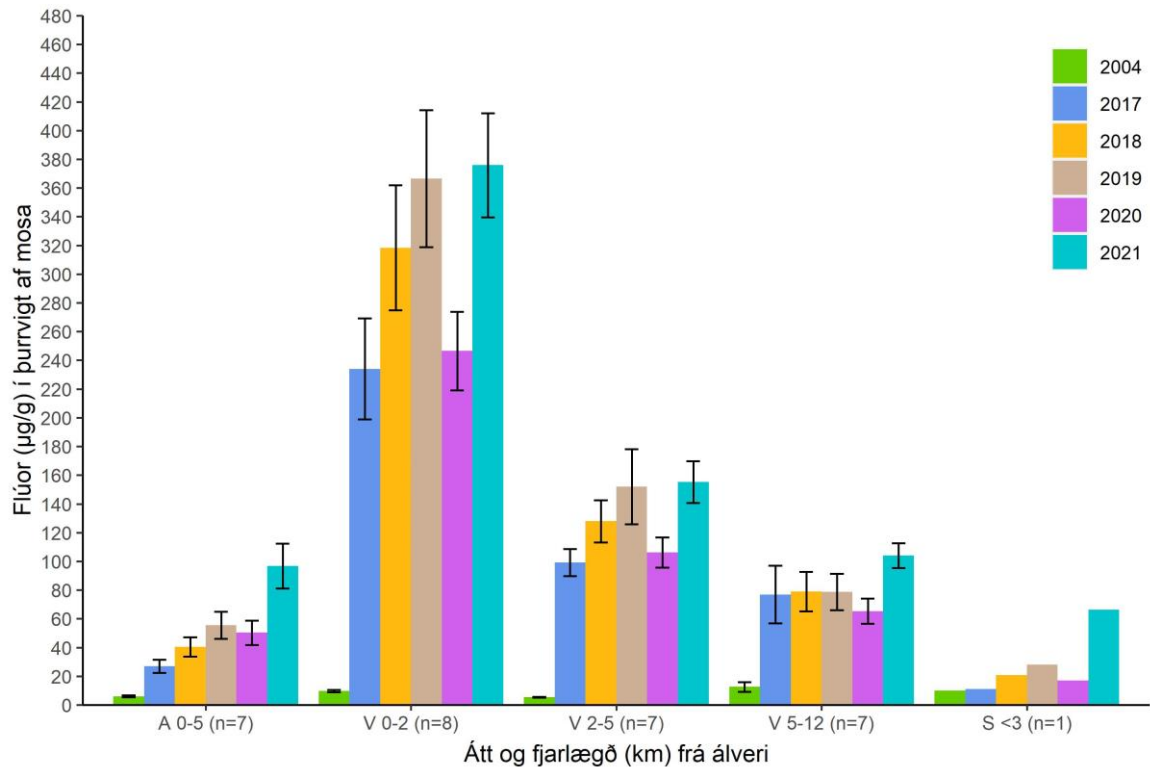
32. mynd. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2021 í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).

3.3.2.1 Flúor

Styrkur flúors í mosa árið 2021 mældist frá 37–515 $\mu\text{g/g}$ og var dreifingarmynstrið með svipuðum hætti og fyrri ár. Hæstu gildin mældust í 0–2 km fjarlægð í vestur frá álverinu eða að meðaltali 376 $\mu\text{g/g}$ en styrkurinn féll þegar vestar dró og mældust sýni í 2–5 km fjarlægð frá álveri að meðaltali 155 $\mu\text{g/g}$ og í 5–12 km fjarlægð 104 $\mu\text{g/g}$ (33. mynd). Lægri gildi mældust sunnan og austan álversins en vestan þess eða 66 $\mu\text{g/g}$ sunnan við það og að meðaltali 97 $\mu\text{g/g}$ austan við það (33. og 34. mynd).



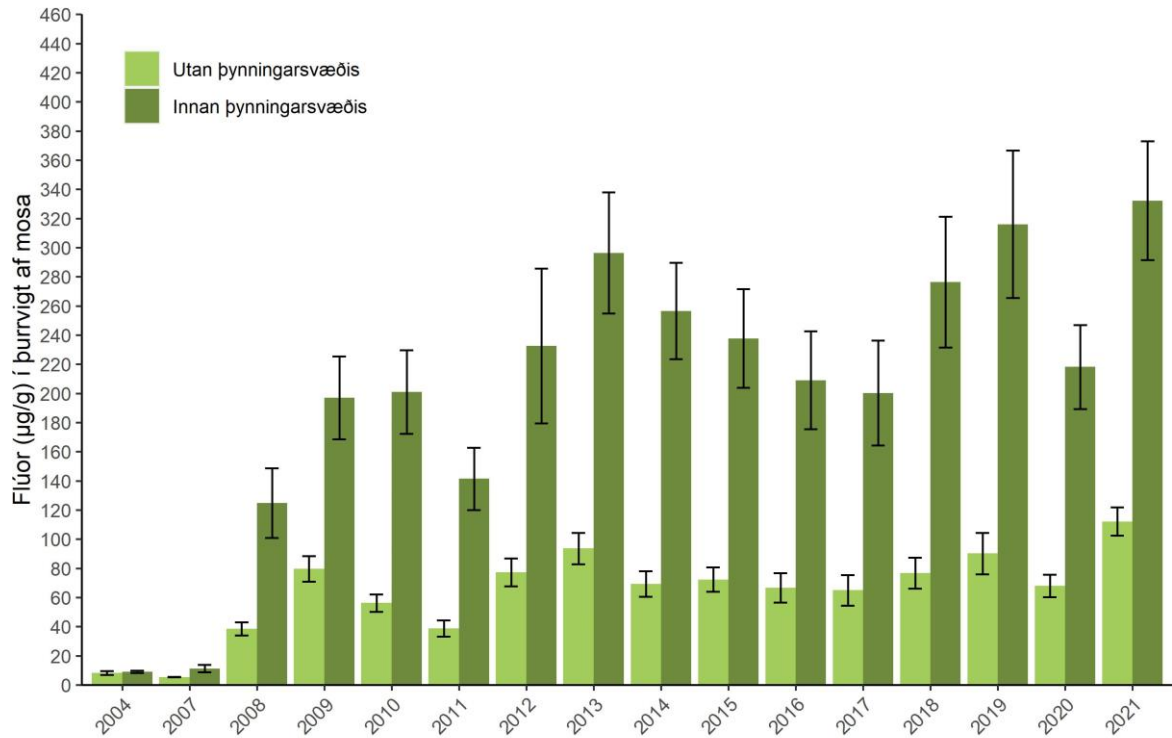
33. mynd. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).



34. mynd. Meðalstyrkur flúors í mosa eftir svæðum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2017 til 2021. 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 (32. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðaltal flúors í mosa utan þynningarsvæðis árið 2021 var 112 µg/g sem er herra en árið 2020 (68 µg/g) ($p < 0,001$) (35. mynd) og herra en síðustu tólf ár (69 µg/g) (2008–2020; $p < 0,001$). Ársmeðaltal innan þynningarsvæðis mældist 332 µg/g og var styrkurinn marktækt hærri samanborið við árið 2020 (218 µg/g; $p < 0,001$) og hærri en meðalgildi árána 2008–2020 (224 µg/g; $p < 0,001$). Styrkur flúors í mosa hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf starfsemi (samanburður grunnilda við meðaltöl árána 2008–2020; $p < 0,001$) (35. mynd).

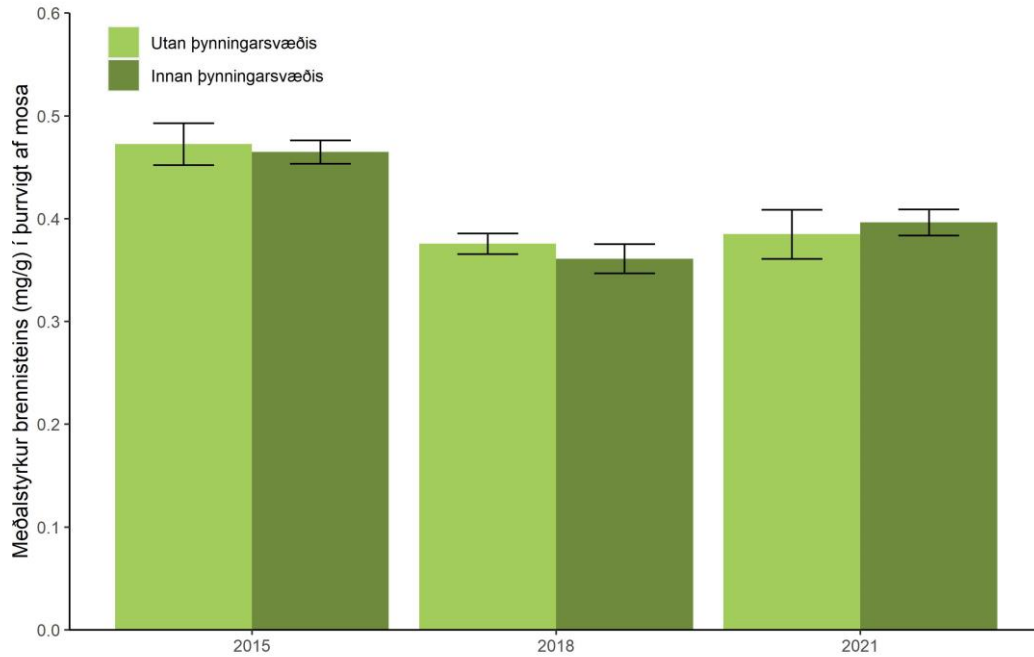
Mosar eru frábrugðnir æðplöntum á þann hátt að hlutfall yfirborðs miðað við þyngd þeirra er mun herra en hjá æðplöntum sem skýrir hærri styrk flúors í sömu þyngd af mosa en t.d. grasi (Weinstein & Davison, 2003).



35. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af mosa (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2021. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þyningarsvæðis og 20 sýnum utan þyningarsvæðis ár hvert.

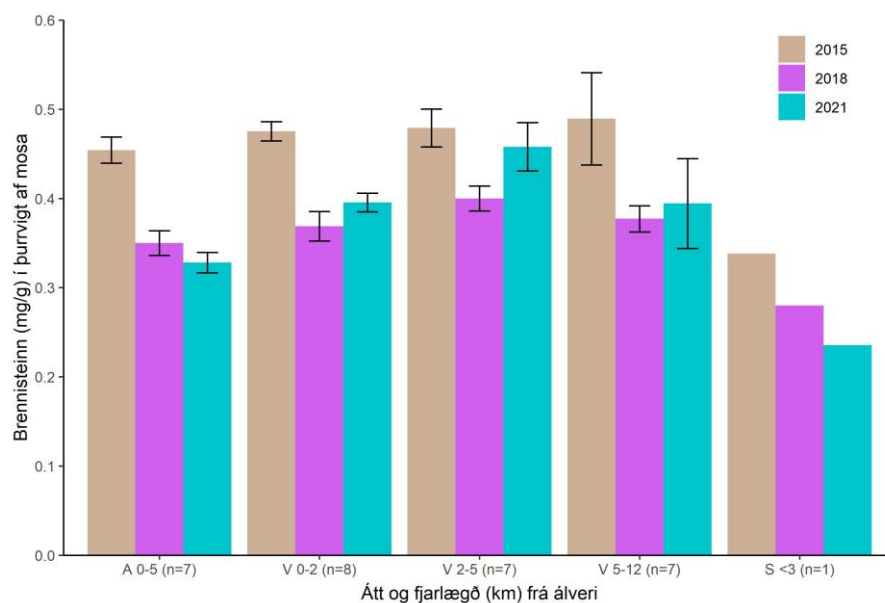
3.3.2.2 Brennisteinn

Styrkur brennisteins í mosa var að meðaltali 0,40 mg/g innan þyningarsvæðis og 0,38 mg/g utan þess. Styrkurinn er svipaður og mældist árið 2018 en nokkuð lægri en árið 2015 en þá var styrkur þessara efna mældur í fyrsta sinn (36. mynd).



36. Meðalstyrkur brennisteins í þurrvigt af mosa (með staðalskekku), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á tíu sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þess.

Styrkur brennisteins í mosa mældist svipaður milli svæða en greina mátti þó hærri styrk í 2–5 km fjarlægð í Vestur frá álverinu (0,46 mg/g) miðað við í 0 – 2 km fjarlægð í Austur (Tukey's HSD próf; $p = 0,03$). Lægstur var styrkurinn sunnan megin en þar er aðeins eitt sýni (37. mynd).



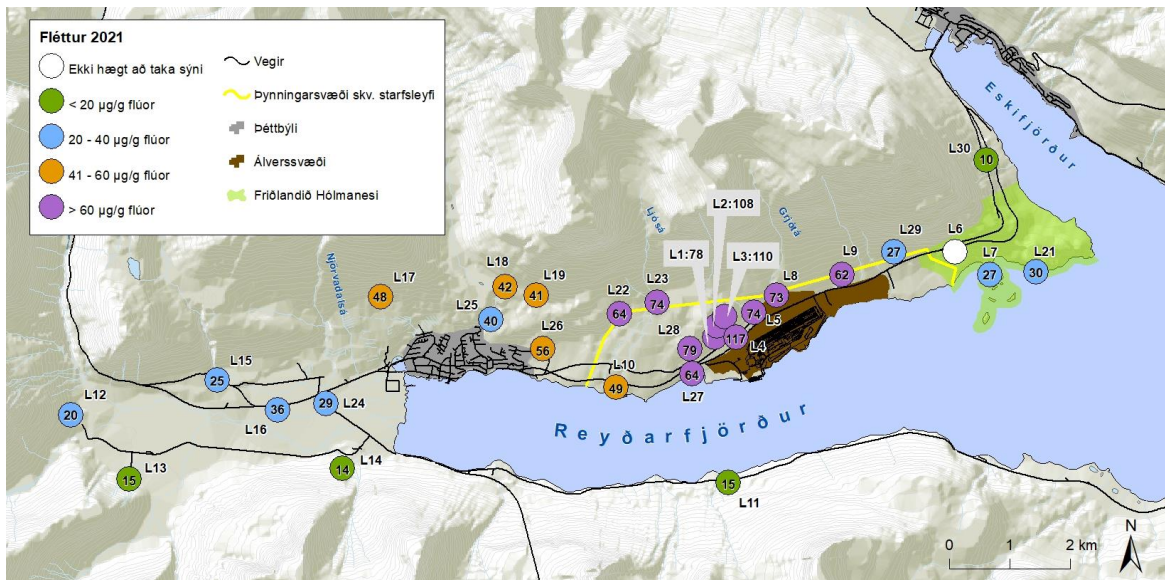
37. Meðalstyrkur brennisteins í mosa eftir árum og svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekka meðaltalanna (32. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Niðurstöður mælinga á flúor og brennistein í mosa fyrir árið 2021 er að finna í viðauka 7.

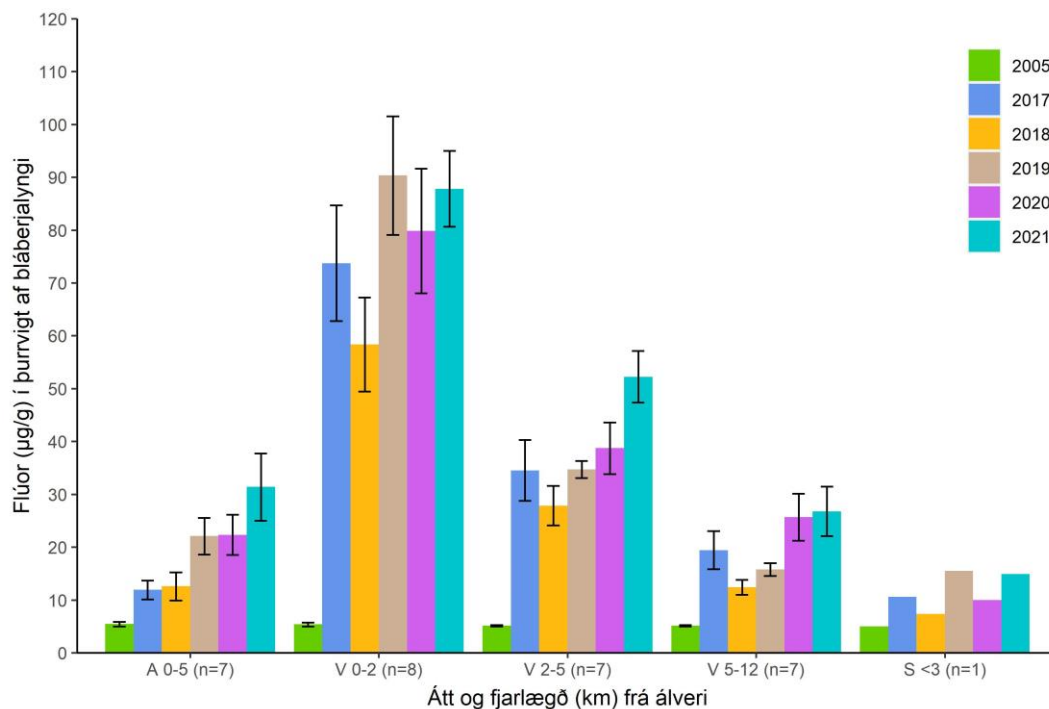
3.3.3 Fléttur

3.3.3.1 Flúor

Styrkur flúors í fléttum mældist frá 10–117 $\mu\text{g/g}$ og var dreifingarmynstur með svipuðum hætti og fyrri ár og sambærilegt við dreifingarmynstur flúors í öðrum gróðri. Hæstu gildin mældust í 0–2 km fjarlægð í vestur frá álverinu eða að meðaltali 89 $\mu\text{g/g}$ en styrkurinn féll þegar vestar dró og mældust sýni í 2–5 km fjarlægð frá álveri að meðaltali 52 $\mu\text{g/g}$ og í 5–12 km fjarlægð 27 $\mu\text{g/g}$ (38. og 39. mynd).

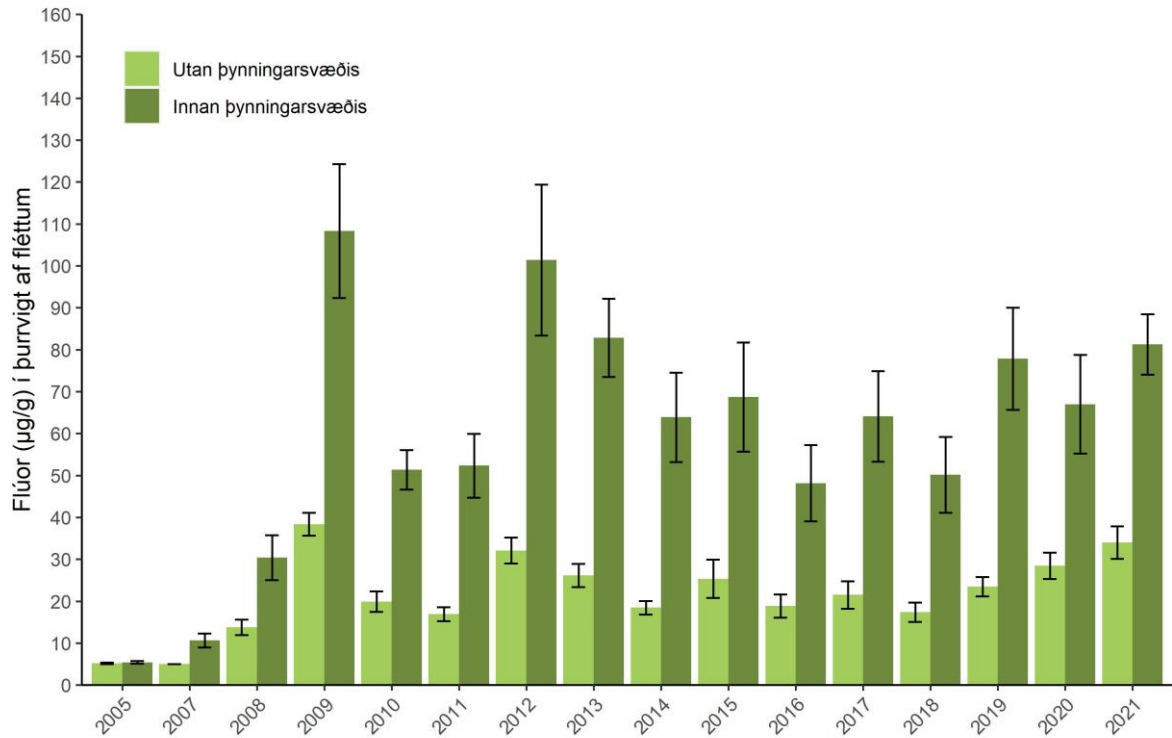


38. mynd. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í ágúst 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).



39. mynd. Meðalstyrkur flúors í fléttum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2017 til 2021 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 (32. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

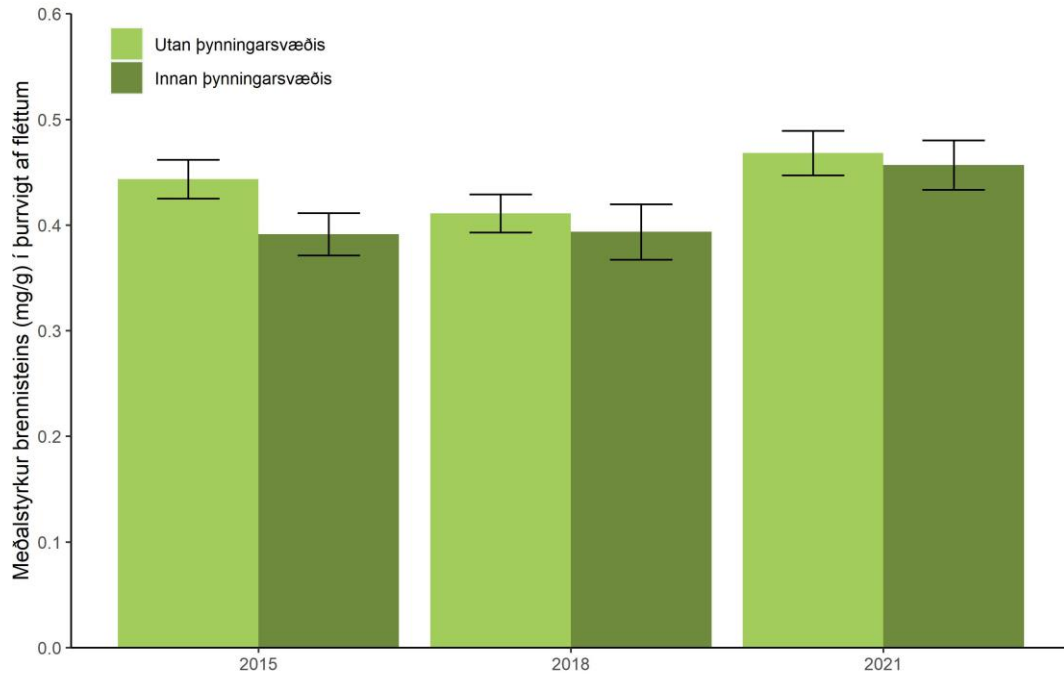
Ársmeðaltal flúors í fléttum utan þynningarsvæðis mældist 34 µg/g og var styrkurinn ekki marktækt frábrugðinn styrknum árið 2020 (28 µg/g) ($p=0,174$) en hann var hærri á við meðaltalsgildi árána 2008 til 2020 (23 µg/g; $p<0,001$). Ársmeðaltal flúors í fléttum innan þynningarsvæðis mældist 81 µg/g sem var ekki marktækt hærri styrkur en mældist árið 2020 (67 µg/g; $p=0,160$) og ekki hærri en meðaltalsgildi síðustu tólf ára (66 µg/g) (2008–2020; $p = 0,05$). Styrkur flúors í fléttum hefur, líkt og styrkur þess í mosa, hækkað frá bakgrunnsgildum (samanburður grunngilda við meðaltöl árána 2008–2020: $p=0,001$) en er nokkuð breytilegur milli ára, sérstaklega innan þynningarsvæðis (40. mynd).



40. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2021. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þyningarsvæðis og 20 sýnum utan þyningarsvæðis ár hvert.

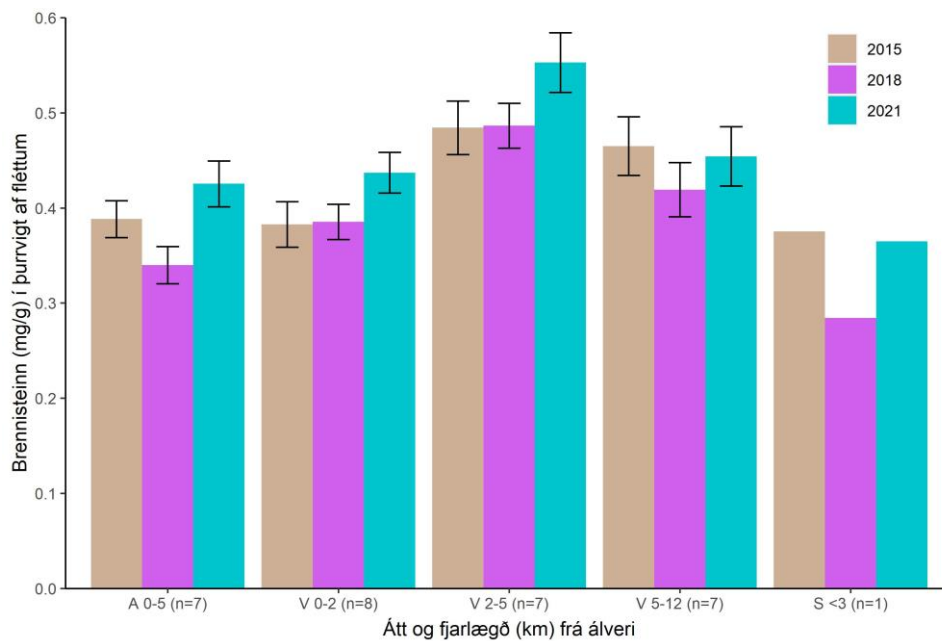
3.3.3.2 Brennisteinn

Styrkur brennisteins í fléttum var að meðaltali 0,46 mg/g innan þyningarsvæðis og 0,47 utan þess sem eru örlítið hærra gildi en mældust árið 2018 (41. mynd). Brennisteinn var mælt í fléttum í fyrsta sinn árið 2015 (41. mynd).



41. mynd. Meðalstyrkur brennisteins í þurrvigt af fléttum (með staðalskekkju), innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á tíu sýnum innan þynningarsvæðis og 20 sýnum utan þess.

Dreifingarmynstur brennisteins í fléttum miðað við átt og fjarlægð frá álveri var svipaður og í mosanum. Hæsti styrkurinn mældist í 2–5 km fjarlægð í Vestur frá álverinu (0,55 mg/g) og var hann marktækt hærri miðað við gildin í 0–5 km Austur af álveri (Tukey's HSD próf; $p=0,03$) og miðað við gildin í 0–2 km fjarlægð í Vestur (42. mynd).



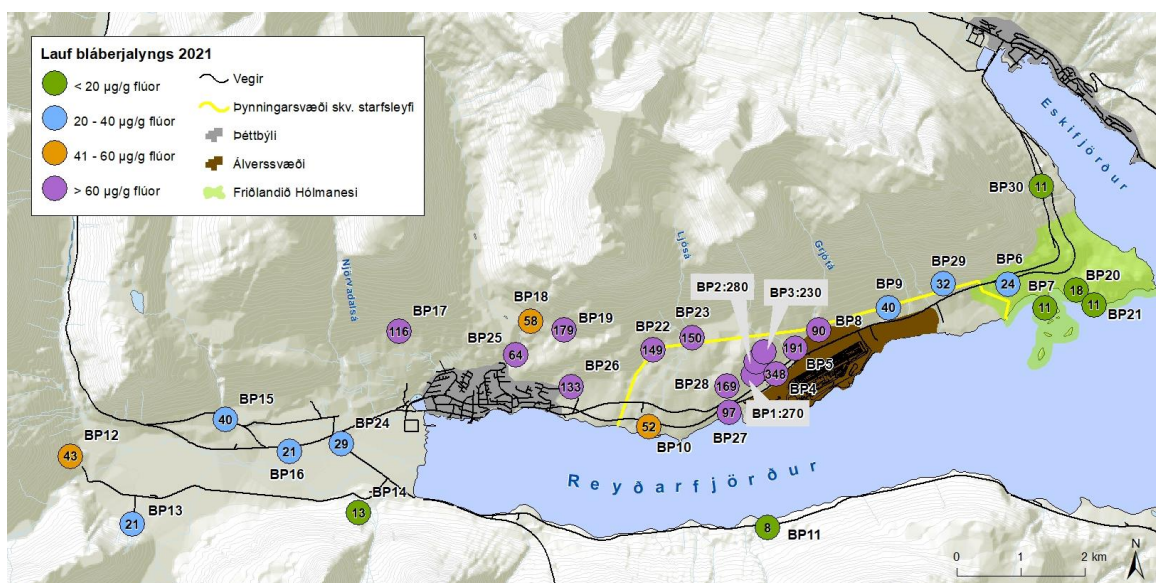
42. mynd. Meðalstyrkur brennisteins í fléttum eftir árum og svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (32. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Niðurstöður mælinga á flúor og brennistein í fléttum fyrir árið 2021 er að finna í viðauka 7.

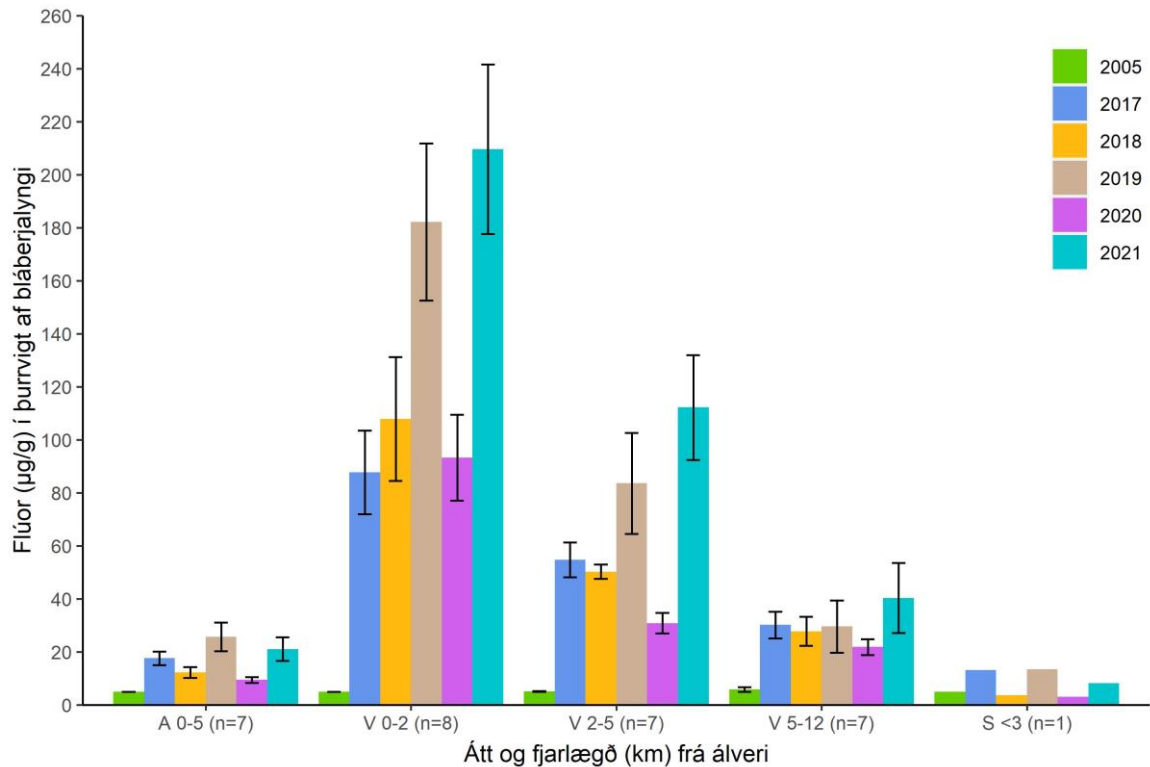
3.3.4 Bláberjalyng

3.3.4.1 Flúor

Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs mældist frá 8–348 $\mu\text{g/g}$. 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. Meðalstyrkur mældist hæstur rétt vestan við álverið (210 $\mu\text{g/g}$) en að meðaltali lægstur austur af álverinu (21 $\mu\text{g/g}$) og sunnan fjarðar (8 $\mu\text{g/g}$) (43. og 44. mynd).

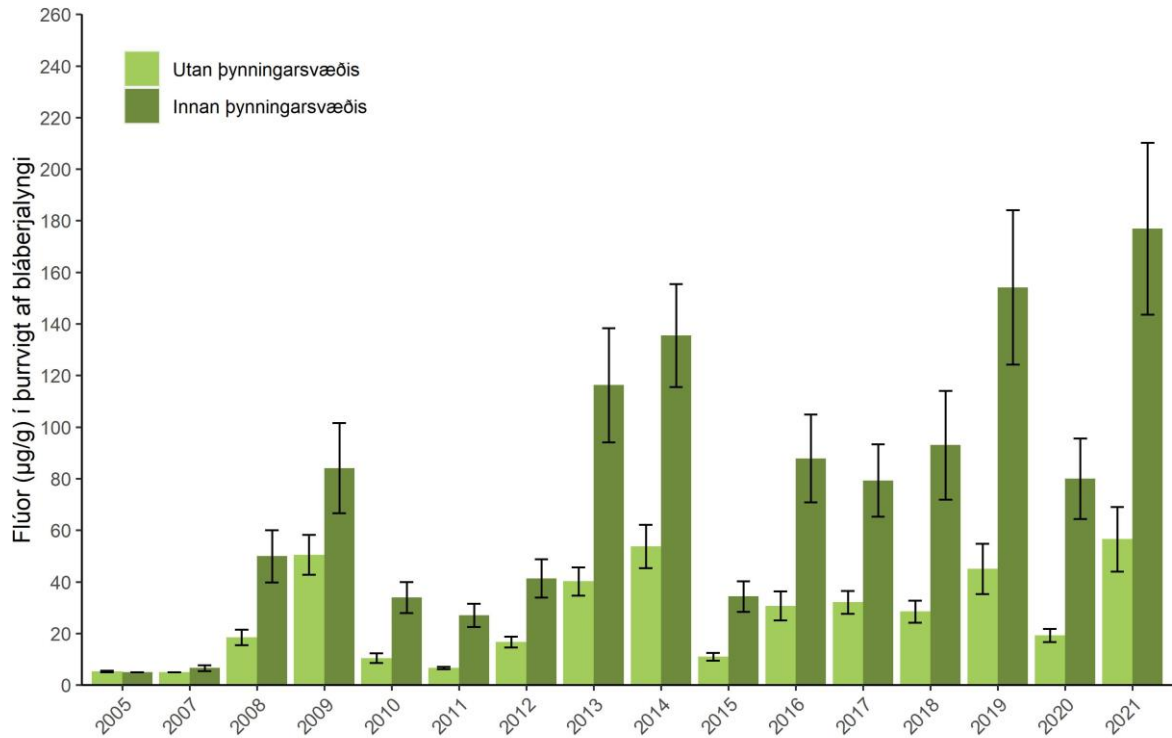


43. mynd. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í júlí 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).



44. mynd. Meðalstyrkur flúors í bláberjalaufum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2017 til 2021 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 staðalskekkja meðaltalanna (32. mynd sýnir svæðisskiptingu).

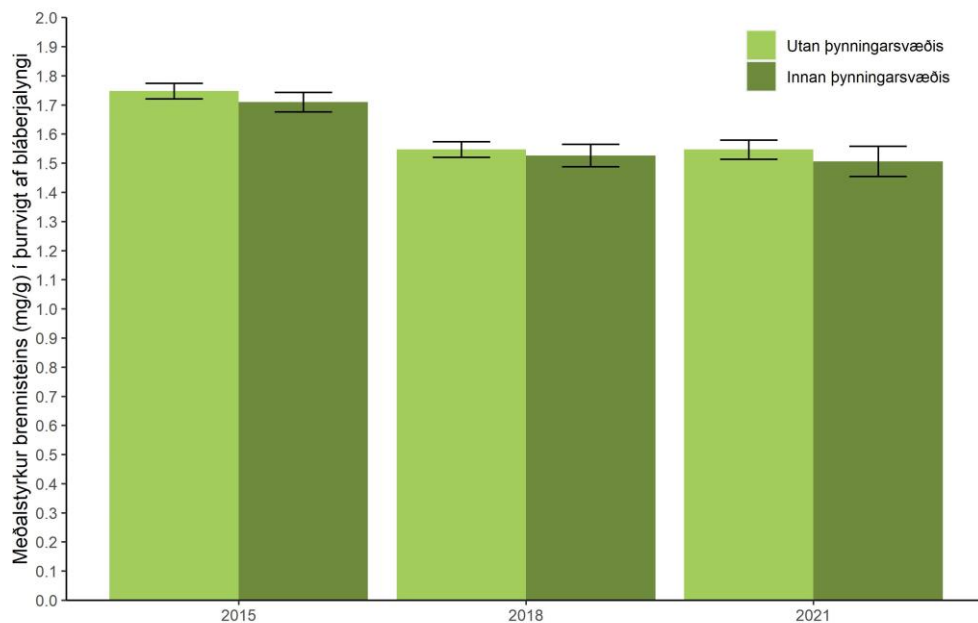
Ársmeðaltal flúors í laufum bláberjalyngs árið 2021 utan þynningarsvæðis var 57 µg/g sem eru hærri gildi en árið 2020 (19 µg/g; $p < 0,001$) og meðaltalsgildi árána 2008 til 2020 (27 µg/g; $p < 0,001$) en mikill breytileiki er milli ára (45. mynd). Innan þynningarsvæðis mældist styrkurinn að meðaltali 177 µg/g sem er hæsti styrkur sem hefur mælst í bláberjalyngi síðan vöktunin byrjaði og var styrkurinn marktækt hærri en árið 2020 (80 µg/g; $p < 0,001$) og hærri en meðaltalsgildi árána 2008 til 2020 (78 µg/g) ($p = 0,001$). Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs hefur, líkt og styrkur þess í mosa og fléttum, hækkað frá bakgrunnsgildum (samanburður grunngilda við meðaltöl árána 2008-2020: $p < 0,001$) (45. mynd).



45. mynd. Meðalstyrkur flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af bláberjalyngi (með staðalskekkju) innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2021. Gögnin eru byggð á 10 sýnum innan þyningarsvæðis og 20 sýnum utan þyningarsvæðis ár hvert.

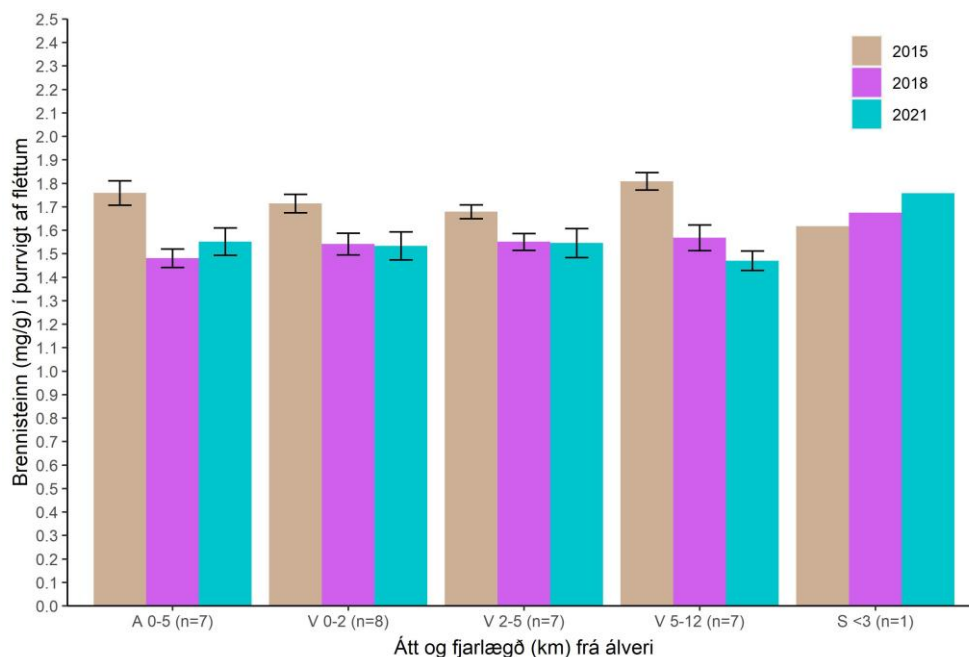
3.3.4.2 Brennisteinn

Styrkur brennisteins í bláberjalyngi var að meðaltali 1,51 mg/g innan þyningarsvæðis og 1,55 utan þess sem eru svipuð gildi og mældust árið 2018 en lægri en árið 2015 (46. mynd). Brennisteinn var mælt í fléttum í fyrsta sinn árið 2015.



46. mynd. Meðalstyrkur brennisteins í þurrvigt af bláberjalyngi (með staðalskekkju), innan og utan þyningarsvæðis í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á tíu sýnum innan þyningarsvæðis og 20 sýnum utan þess.

Ekki var hægt að sjá mun á styrk brennisteins milli svæða árið 2021 (One Way Anova; $F=0,886$, $p=0,487$).



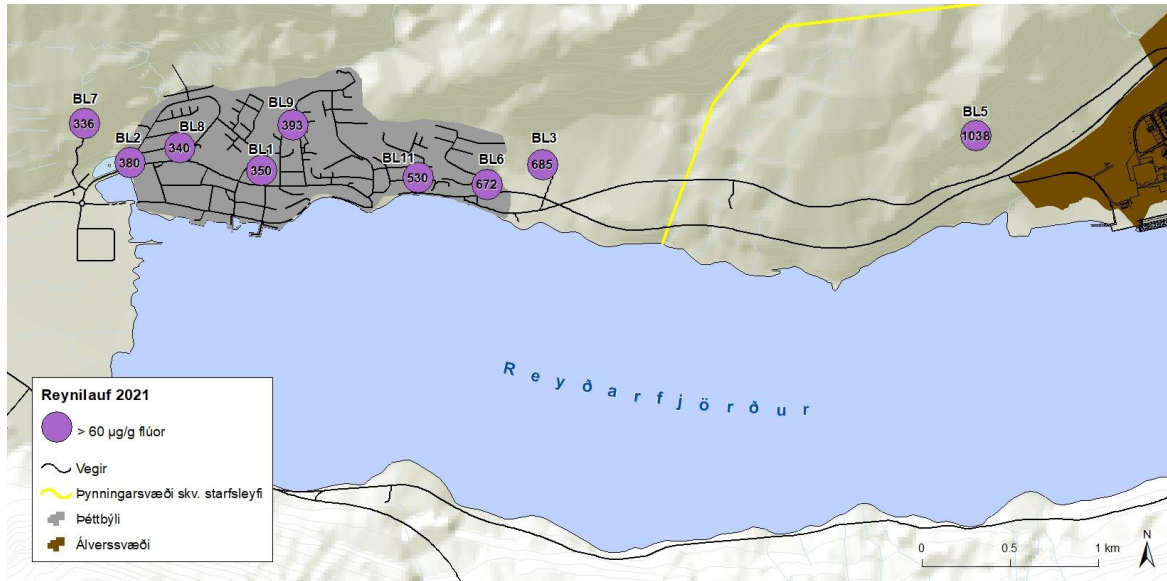
47. mynd. Meðalstyrkur brennisteins í bláberjalyngi eftir árum og svæðum. Áttir A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna (32. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Niðurstöður mælinga á flúor og brennistein í laufum bláberjalyngs árið 2021 er að finna í viðauka 7.

3.3.5 Reyniviður

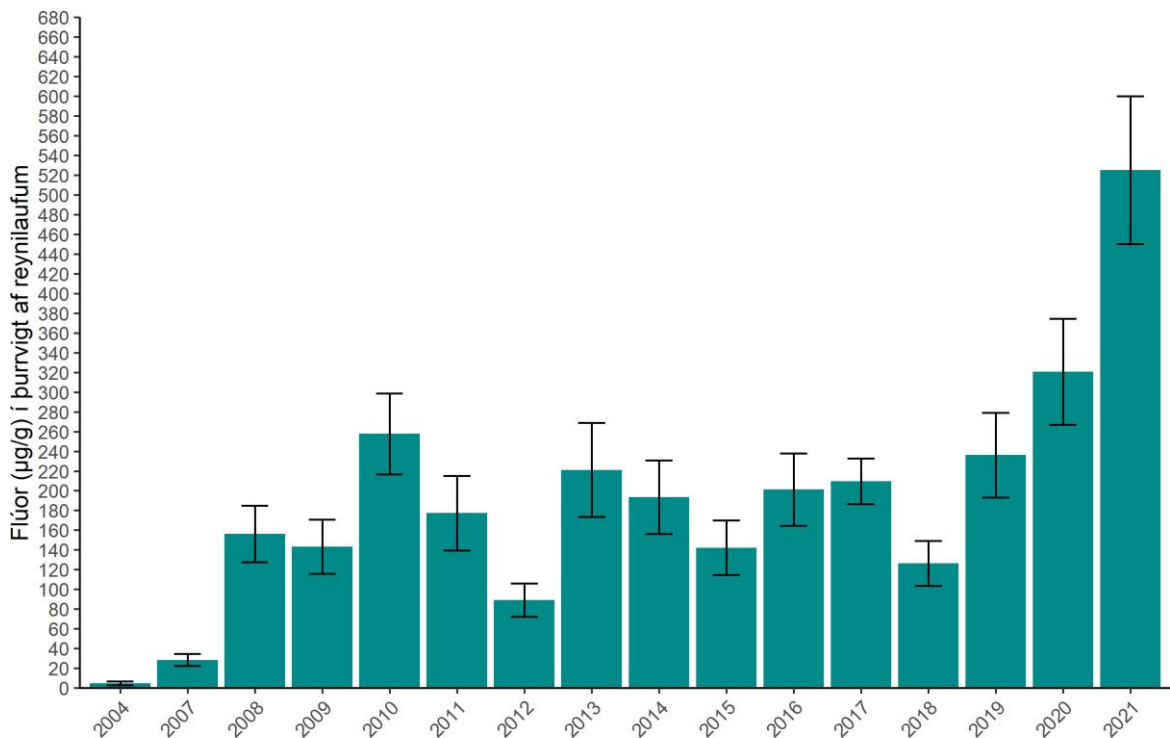
3.3.5.1 Flúor

Styrkur flúors í reynivið mældist frá 336–1.038 $\mu\text{g/g}$ og var hæsta gildið næst álverinu á sýnatökustað BL5, sem er staðsettur í skógræktarreit rétt ofan álversins. Lægsta gildið mældist í sýni BL7 en það sýni var tekið á Kollaleiru (48. mynd).



48. mynd. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrija í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).

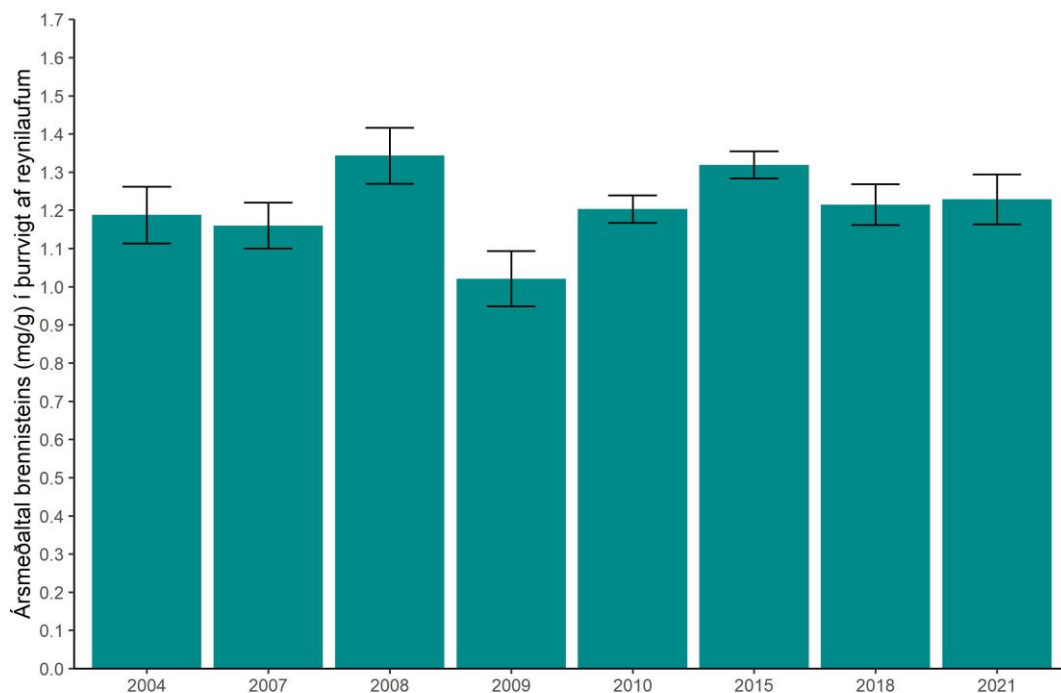
Ársmeðaltal flúors í reynilaufum var 525 µg/g og hefur aldrei mælst svo hátt. Styrkurinn var hærri en árið 2020 (320 µg/g; $p=0,02$) sem og meðaltalstyrkur flúors árin 2008 til 2020 (199 µg/g; $p<0,001$). Meðalstyrkur flúors í reynilaufum hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf rekstur (samanburður grunngilda við meðaltöl árána 2008-2020: $p<0,001$) en hann er nokkuð breytilegur milli ára líkt og í bláberjalyngi og grasi (49. mynd).



49. mynd. Ársmeðaltal flúors í laufblöðum reynitrija (ásamt staðalskekkju) árin 2004 bakgrunnsgildi og 2007–2021 í Reyðarfirði. Gögn eru byggð á 10 sýnum árin 2004, 2015 og 2017 en 9 árin 2014, 2016, 2020 og 2021.

3.3.5.2 Brennisteinn

Styrkur brennisteins í laufum reyniviðar var að meðaltali 1,2 mg/g árið 2021 sem er sami styrkur og mældist árið 2018 (50. mynd).



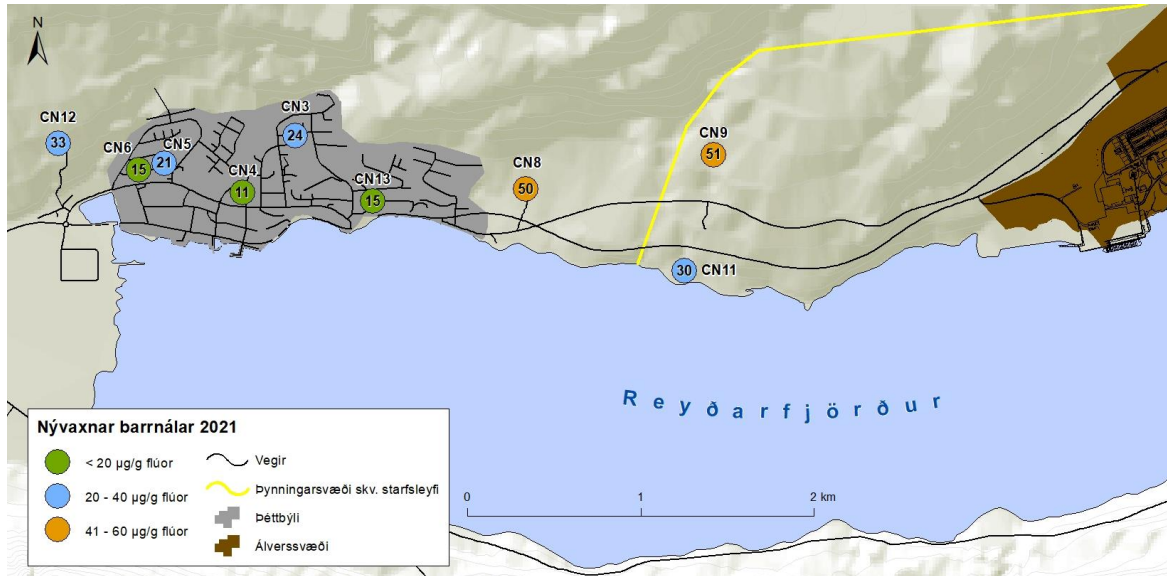
50. mynd. Meðalstyrkur brennisteins (mg/g) í þurrvigt af laufum reyniviðar (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007–2010, 2015, 2018 og 2021 í Reyðarfirði.

Niðurstöður mælinga á flúor og brennistein í laufum reynitrijáa fyrir árið 2021 er að finna í viðauka 8.

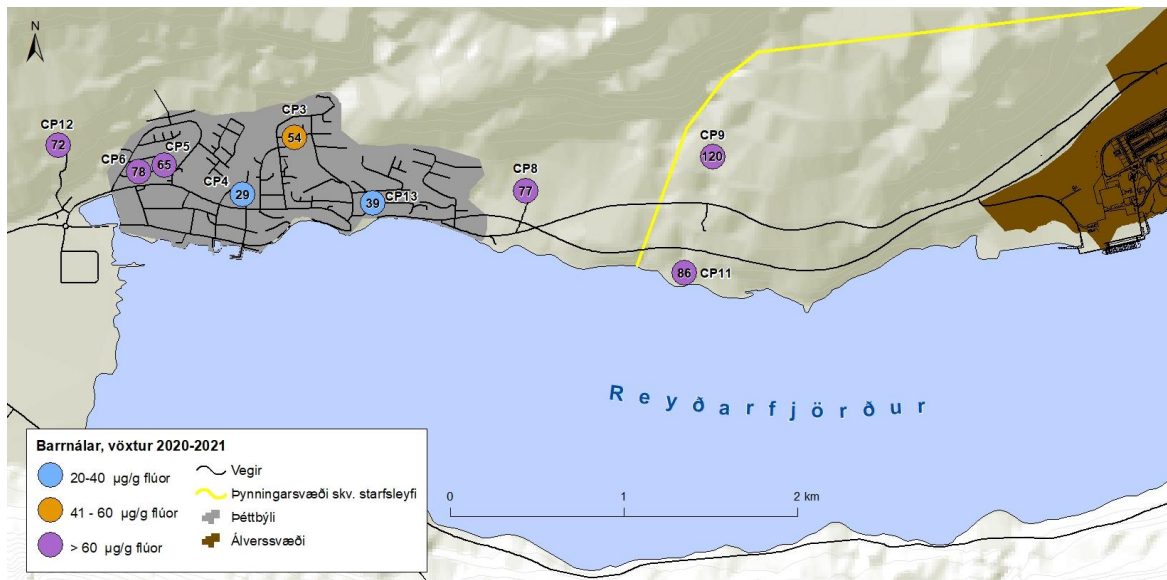
3.3.6 Barrnalar

3.3.6.1 Flúor

Styrkur flúors í nýjum barrnálum mældist frá 11 $\mu\text{g/g}$ til 51 $\mu\text{g/g}$ og í barrnálum fyrra árs mældist styrkurinn frá 29 $\mu\text{g/g}$ til 120 $\mu\text{g/g}$ (51. og 52. mynd). Hæstu gildin bæði í nýjum nálum og nálum fyrra árs mældust á sýnatökustaðnum CP9/CN9, á skógræktarsvæði innan þynningarsvæðis. Lægstu gildin í nýjum og nálum fyrra árs mældust á sýnatökustað CN4/CP4 en sá sýnatökustaður er innan þéttbýlisins (51. og 52. mynd).

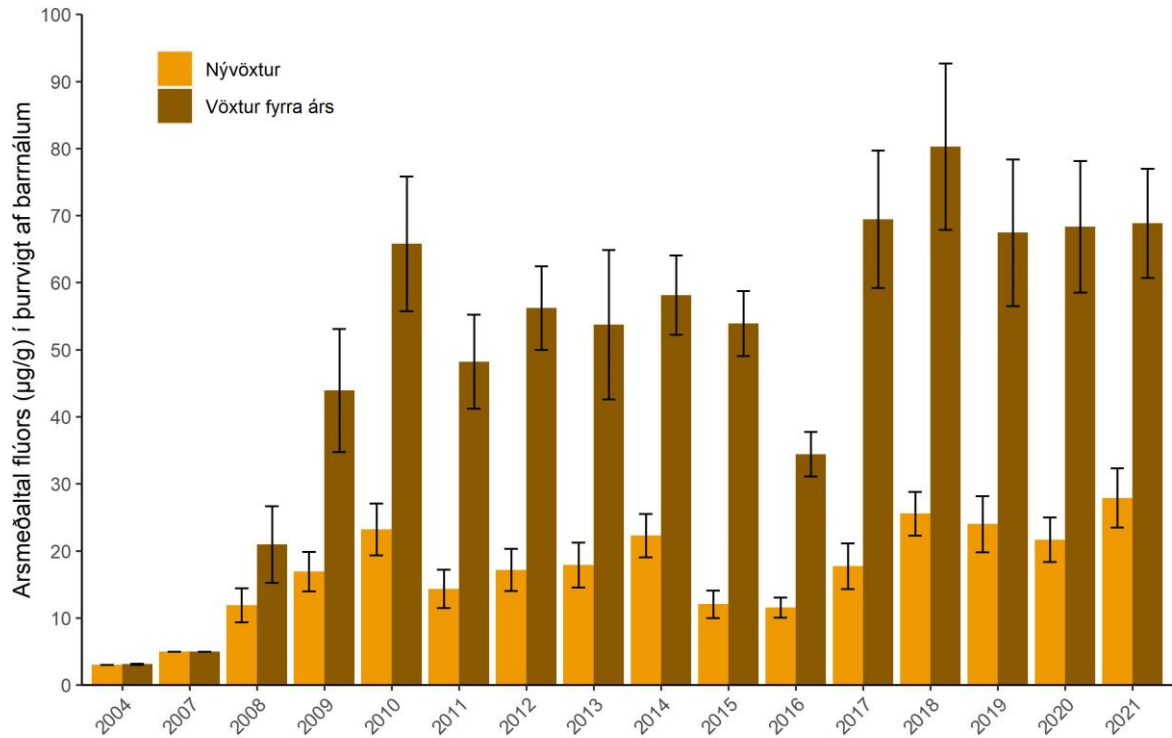


51. mynd. Sýnatökustaðir barnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í nýjum barnálum (CN) í október 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).



52. mynd. Sýnatökustaðir barnála í Reyðarfirði og styrkur flúors í barnálum frá fyrra ári (CP, 2020), safnað í október 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).

Ársmeðaltal flúors í barnálum árið 2021 var 28 µg/g í nýjum nálum og 68 µg/g í barnálum fyrra árs. Meðalstyrkurinn í nývöxnum nálum var sambærilegur og árið 2020 (22 µg/g; $p=0,272$) en hærri en meðalstyrkur árána 2008 til 2020 (19 µg/g; $p=0,007$) auk bakgrunnsgilda (3 µg/g; $p=0,001$). Styrkur flúors í nálum fyrra árs sem safnað var árið 2021 (69 µg/g) var einnig sambærilegur og árið 2020 (68 µg/g; $p=0,799$). Gildin árið 2021 voru hærri miðað við meðalstyrk síðustu tólf ára (55 µg/g) ($p=0,019$). Styrkurinn hefur hækkað mikið frá bakgrunnsgildum (samanburður grunnilda við meðaltöl árána 2008-2020: $p=0,008$) (53. mynd).

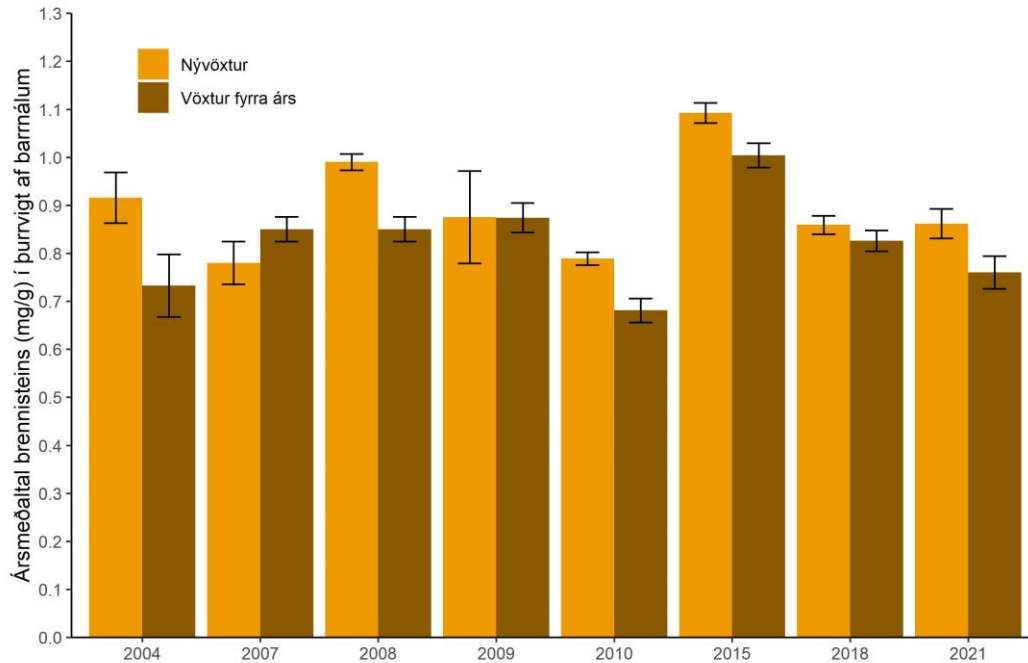


53. mynd. Ársmeðaltal flúors í barrnálum (ásamt staðalskekkju) árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2020 í Reyðarfirði. Gögnin eru byggð á 10 sýnum árið 2004 – 2009 en 9 sýnum árin 2010–2021. Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.

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

3.3.6.2 Brennisteinn

Styrkur brennisteins árið 2021 mældist að meðaltali 0,86 mg/g í nývöxnu barri og er það sami styrkur og mældist árið 2018. Í barrnálum fyrra árs mældist brennisteinn 0,76 mg/g sem er lægri styrkur og mældist árið 2018 (54. mynd).



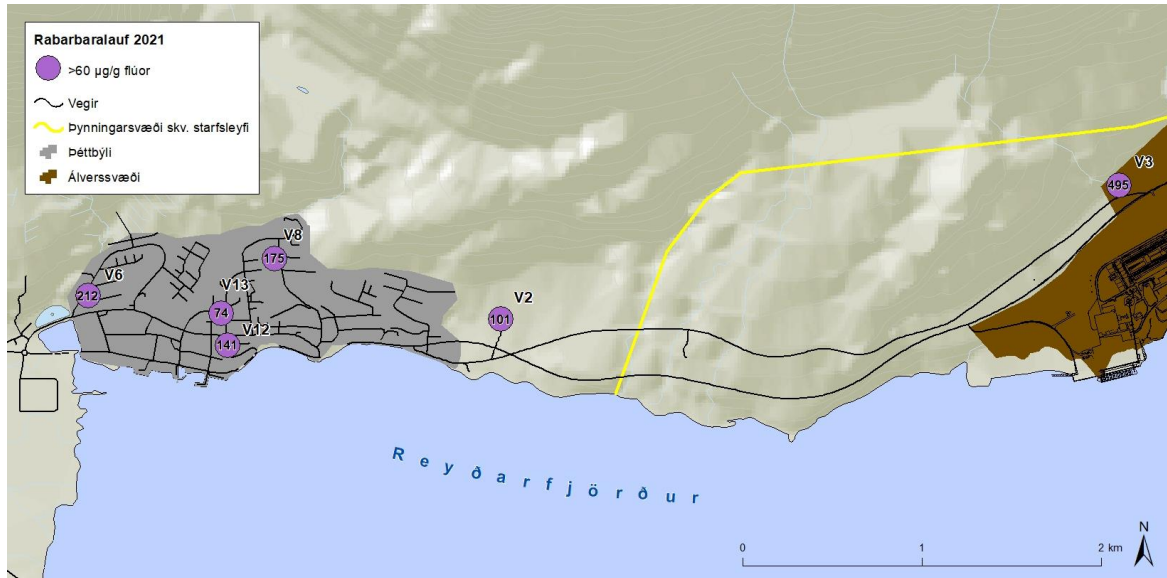
54. mynd. Ársmeðaltal brennisteins (mg/g) í þurrvigri af barrnálum (ásamt staðalskekkju) árin 2004, 2007-2010, 2015, 2018 og 2021 í Reyðarfirði.

Niðurstöður mælinga á flúor og brennistein í barrnálum fyrir árið 2021 er að finna í viðauka 9.

3.3.7 Rabarbari

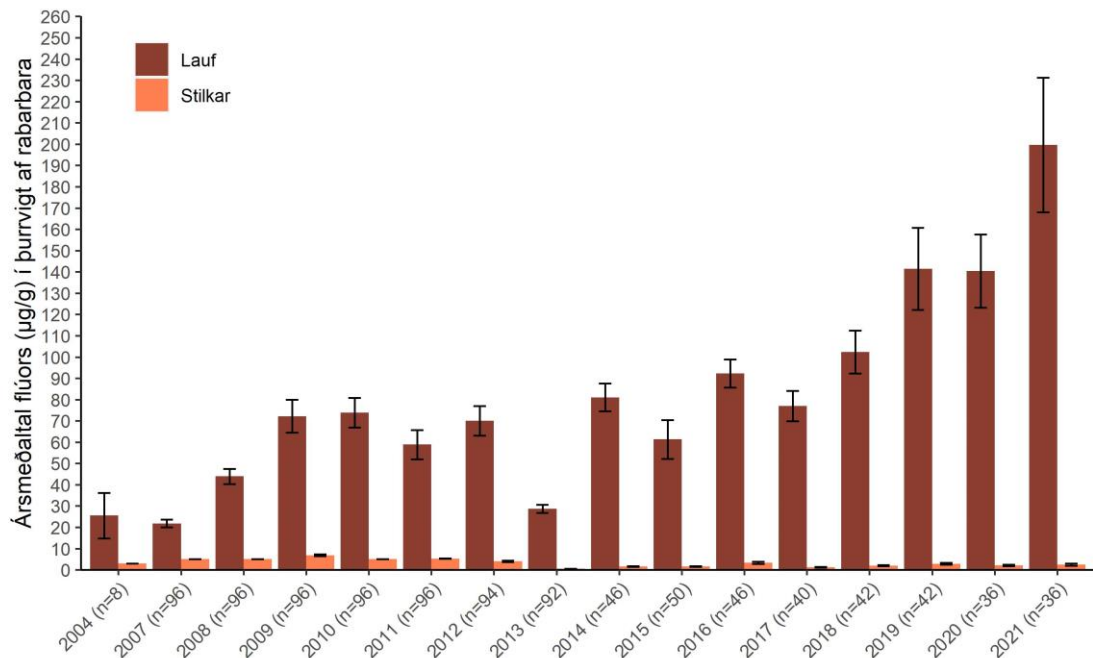
3.3.7.1 Flúor

Meðalstyrkur flúors í laufblöðum rabarbara í þremur sýnatökufurðum mældist 45, 167 og 386 $\mu\text{g/g}$. Hæsta einstaka gildi mældist í ágúst á sýnatökustað V3 (991 $\mu\text{g/g}$) sem er við Sómastaði, innan þynningarsvæðis, líkt og fyrri ár. Lægsta einstaka gildið (20 $\mu\text{g/g}$) mældist í júní á sýnatökustað V13 í þéttbýlinu á Reyðarfirði (55. mynd). Flúor í stilkum mældist frá 0,3–16,1 $\mu\text{g/g}$ sem undirstrikar þá staðreynd að þó há gildi mælist í blöðum rabarbara mælast lág gildi í stilkunum (56. mynd). Ekki eru til nein viðmið hér á landi um hámarksstyrk flúors í grænmeti sem ætlað er til manneldis.



55. mynd. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í laufum (V) í þremur sýnatökufurðum frá júní til ágúst sumarið 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).

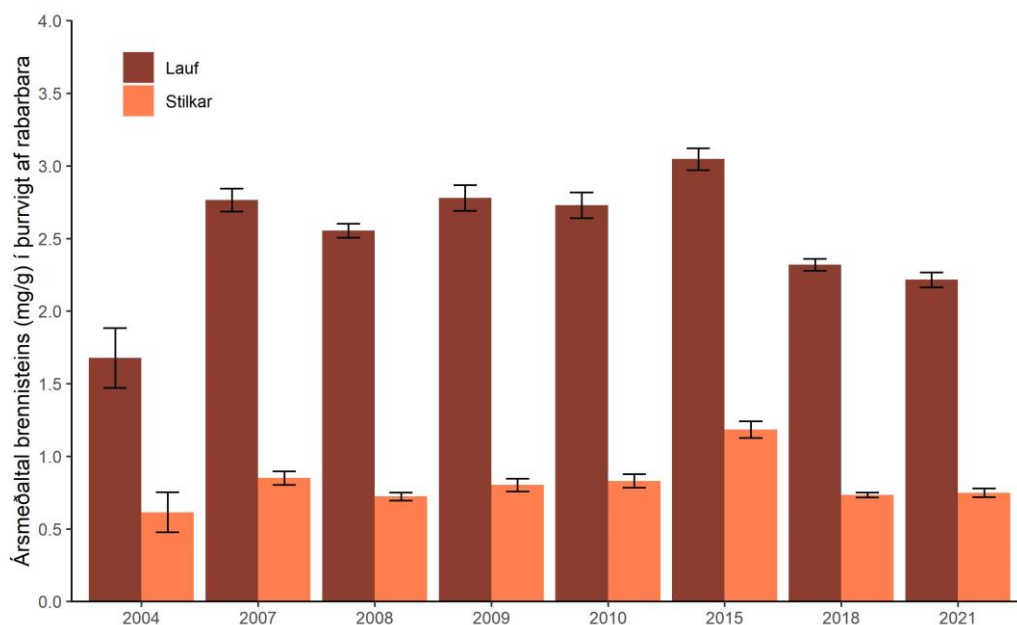
Ársmeðaltal flúors í laufblöðum rabarbara var 200 µg/g sem voru hærri gildi en árið 2020 (140 µg/g) (56. mynd). Styrkurinn var einnig hærri árið 2021 samanborið við meðaltal árána 2008–2020 (68 µg/g) og árin fyrir álver (25 µg/g). Ársmeðaltal flúors í stilkum rabarbara árið 2021 var 3 µg/g og hefur lítið breyst frá því áður en álverið var byggt (56. mynd).



56. mynd. Ársmeðaltal flúors í þurrvigt af rabarbara árin 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007 til 2021 í Reyðarfirði. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Árin 2004–2005 var farin ein sýnatökufurð árin 2007–2013 sex sýnatökufurðar og árin 2014–2021 voru farnar þrjár sýnatökufurðir.

3.3.7.2 Brennisteinn

Styrkur brennisteins árið 2021 mældist að meðaltali 0,7 mg/g í stilkum rabarbara og 2,2 mg/g í laufum rabarbara og er það sami eða svipaður styrkur og mældist árið 2018. Styrkur brennisteins í laufum rabarbara var lægri árið 2021 en árin 2007–2010 og 2015 en sambærilegur og árið 2018 (57. mynd).



57. mynd. Ársmeðaltal brennisteins (mg/g) í þurrvigt af rabarbara árin 2004, 2008–2010, 2015, 2018 og 2021 í Reyðarfirði. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna. Brennisteinn var mældur í sýnum úr einni sýnatökufærð árið 2004, sex árið 2008, fjórum árið 2010 og þremur árin 2009, 2015, 2018 og 2021.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors og brennistein í rabarbarasýnum árið 2021 má sjá í viðauka 10.

3.3.7.3 Þungmálmar

Meðalstyrkur þungmálma í blöðum rabarbara hækkaði í nær öllum tilvikum milli árána 2020 og 2021 (2. tafla). Styrkur þungmálma getur verið nokkuð breytilegur á milli ára og mæliaðferðir, sem verða sífellt nákvæmari, hafa áhrif á samanburð (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 árið 2021 en 2020 (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 rótar-grænmeti er 0,1 mg/kg ($\mu\text{g/g}$) í blautvigt. Þrjú sýni (V8, V12 og V13) af rabarbarastilkum mældust yfir viðmiðum fyrir blý árið 2021 en það á ekki uppruna sinn frá álverinu. Ekkert

sýni mældist yfir hámarksgildum fyrir kadmíum. 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. Ekkert sýni af rabarbarablöðum mældist yfir viðmiðum fyrir blý árið 2021 og ekkert sýni mældist yfir hámarksgildum fyrir kadmíum. Í reglugerðinni eru engin viðmið fyrir aðra þungmálma í grænmeti.

2. tafla. Meðalstyrkur þungmálma (µg/g blautvigt) í rabarbarablöðum árin 2013 – 2021. <LOD merkir að styrkur þungmálms hefur mælst undir greiningarmörkum.

	As µg/g	Cd µg/g	Cr µg/g	Cu µg/g	Hg µg/g	Ni µg/g	Pb µg/g	Zn µg/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
2020	0,012	0,058	0,081	0,977	0,010	0,612	0,019	13,25
2021	0,021	0,084	0,066	1,160	<LOD	0,947	0,139	21,74

3. tafla. Meðalstyrkur þungmálma (µg/g blautvigt) í rabarbarastilkum árin 2013 – 2021. <LOD merkir að styrkur þungmálms hefur mælst undir greiningarmörkum.

	As µg/g	Cd µg/g	Cr µg/g	Cu µg/g	Hg µg/g	Ni µg/g	Pb µg/g	Zn µg/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
2020	<LOD	0,011	0,005	0,201	<LOD	0,110	0,005	2,85
2021	<LOD	0,011	0,008	0,250	<LOD	0,127	0,125	3,98

Niðurstöður mælinga á þungmálum í rabarbarasýnum fyrir árið 2021 má sjá í viðauka 10.

3.3.8 Kartöflur og grænmeti

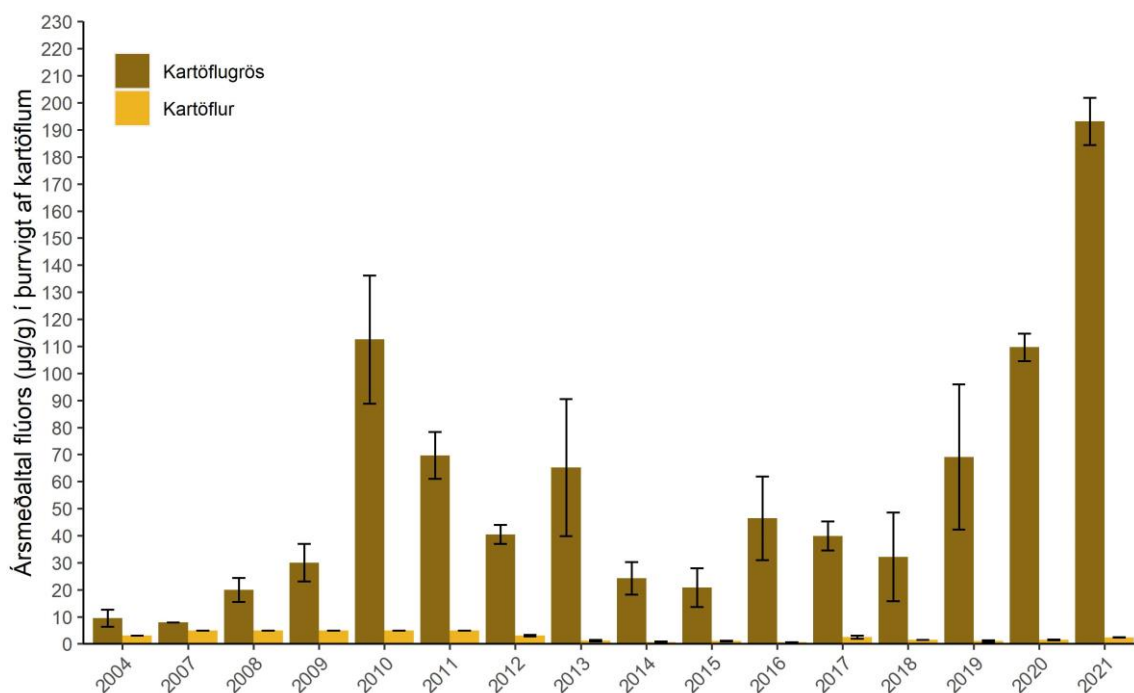
3.3.8.1 Flúor

Styrkur flúors í kartöflugrösum mældist 177 µg/g á sýnatökustað V1, 187 µg/g á sýnatökustað V2 og 215 µg/g á sýnatökustað V7 (að meðaltali 193 µg/g) (58. mynd). Meðalstyrkur flúors í kartöflugrösum var hærrí árið 2021 en 2020 (110 µg/g) (59. mynd) og meðalstyrkur frá árunum 2008–2019 (52 µg/g). Styrkur flúors í kartöflugrös er nokkuð breytilegur milli sýnatökustaða og milli ára. Styrkur flúors í þeim þremur sýnum af kartöflum sem tekin voru var lágur (2 og 3 µg/g) (59. mynd). Líkt og með rabarbarann má

sjá að þó að styrkur flúors mælist hér í kartöflugrösum er styrkurinn lágur í kartöflunum sjálfum.



58. mynd. Sýnatökustaðir kartafla og salats (innan þéttbýlis) í Reyðarfirði og styrkur flúors í kartöflugrösum sumarið 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).



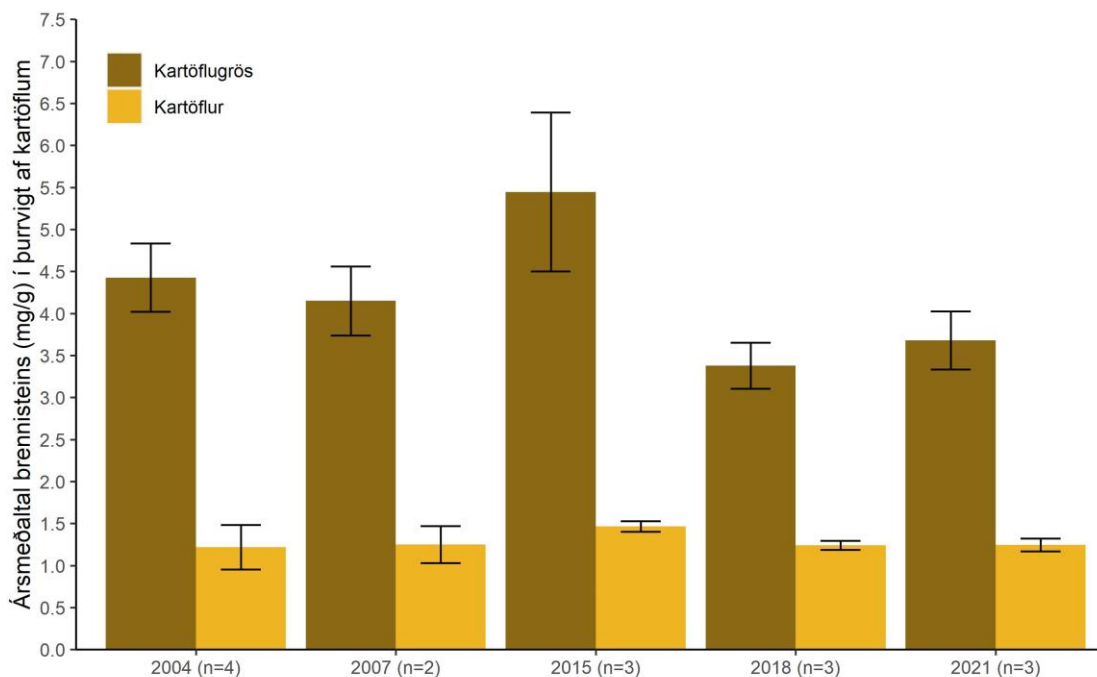
59. mynd. Ársmeðaltal flúors í kartöflum og kartöflugrösum á þremur til fjórum sýnatökustöðum sumrin 2004 (bakgrunnsgildi) og 2007 til 2021.

Í **grænlaufsaldi** á sýnatökustað V1 var styrkur flúors, 36 µg/g og í grænkáli á sýnatökustað V7 64 µg/g. Styrkur flúors í salati og grænkáli er breytilegur á milli ára. Í bakgrunnúttekt árið 2004 var styrkur þess <3 µg/g en greiningarmörk þá voru hærrí.

3.3.8.2 Brennisteinn

Ársmeðaltal brennisteins í kartöflugrösum árið 2021 var 3,7 mg/g sem var sambærilegur styrkur og árið 2018 (3,4 mg/g). Meðalstyrkur brennisteins í kartöflum var 1,2 mg/g sem er sami styrkur og mældist árið 2018 (60. mynd). Styrkurinn mældist hæstur árið 2015 (5,4 mg/g)

Styrkur brennisteins í kartöflum annars vegar og kartöflugrösum hins vegar er í samræmi við dreifingu á styrk flúors innan kartöfluplöntunnar, þ.e. styrkurinn mælist mun lægri í kartöflunum en í laufblöðum plöntunnar.



60. mynd. Styrkur brennisteins í þurrvigt af kartöflum og kartöflugrösum í Reyðarfirði eftir árum. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga.

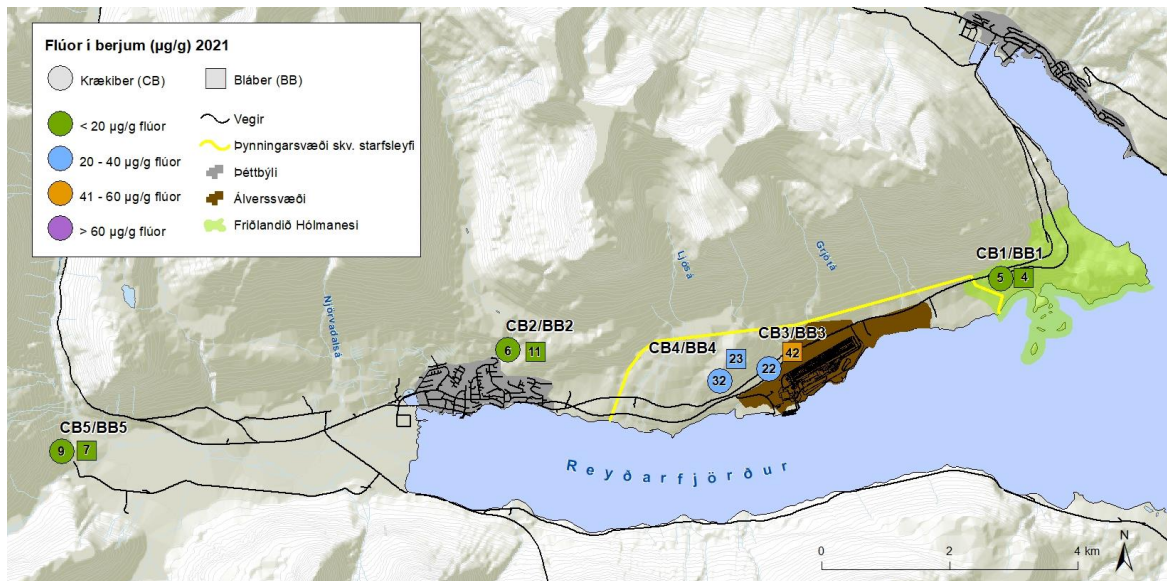
Niðurstöður mælinga á flúor og brennistein í kartöflum og salati fyrir árið 2021 má sjá í viðauka 8.

3.3.9 Bláber og krækiber

3.3.9.1 Flúor

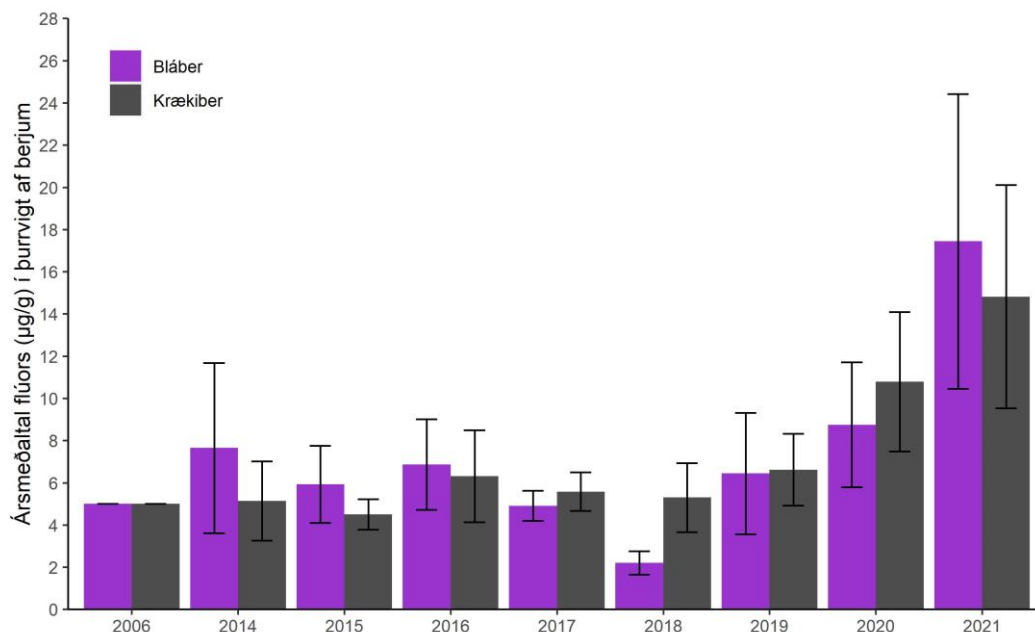
Styrkur flúors í krækiberjum og bláberjum mældist frá 4–42 µg/g. Hæstu gildin í bæði bláberjum og krækiberjum mældust innan þyningarsvæðis á sýnatökustað BB/CB3 og BB/CB4 (61. og 62. mynd).

Meðalstyrkur flúors í berjum var hærri árið 2021 en árið 2020 (62. mynd).



61. mynd. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2021. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).

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 hár 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).

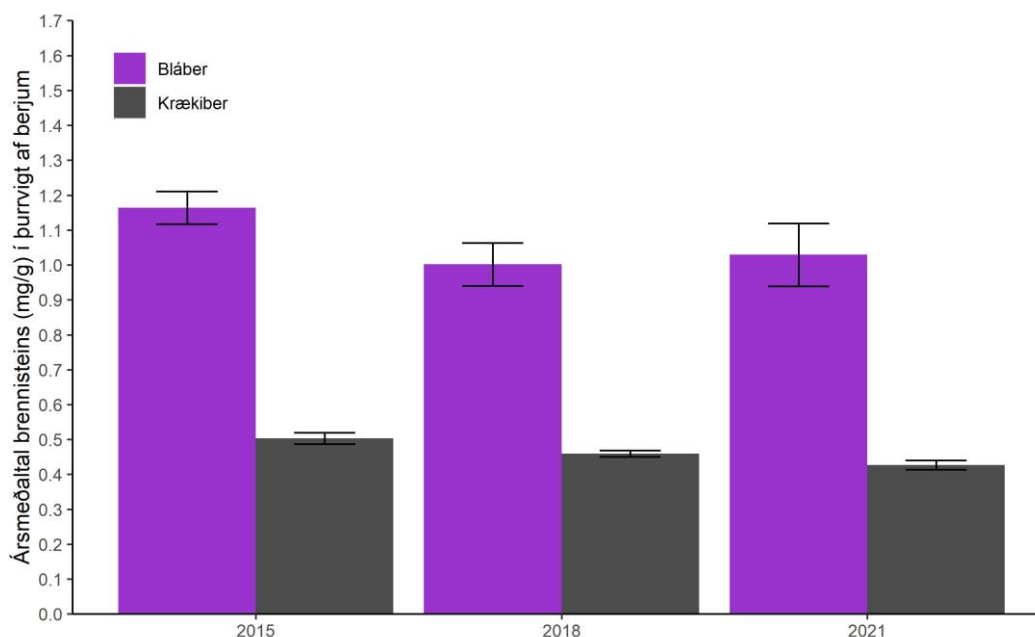


62. mynd. Ársmeðaltal flúors (µg/g) í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2006 og 2014–2021 í Reyðarfirði. Árið 2006 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum 5 µg/g.

3.3.9.2 Brennisteinn

Meðalstyrkur brennisteins í bláberjum árið 2021 var 1,0 mg/g sem var talsvert hærri en meðalstyrkur brennisteins í krækiberjum 2021, sem var 0,4 mg/g (63. mynd). Styrkurinn var sá sami og mældist árið 2018 í bláberjum og krækiberjum.

Brennisteinn var mældur í bláberjum og krækiberjum í fyrsta sinn árið 2015. Meðalstyrkur brennisteins var í öllum tilvikum lægri í krækiberjum en bláberjum (63. mynd).



63. mynd. Ársmeðaltal brennisteins í þurrvigt af bláberjum og krækiberjum árin 2015, 2018 og 2021 í Reyðarfirði.

Niðurstöður mælinga á flúor og brennistein í bláberjum og krækiberjum fyrir árið 2021 er að finna í viðauka 8.

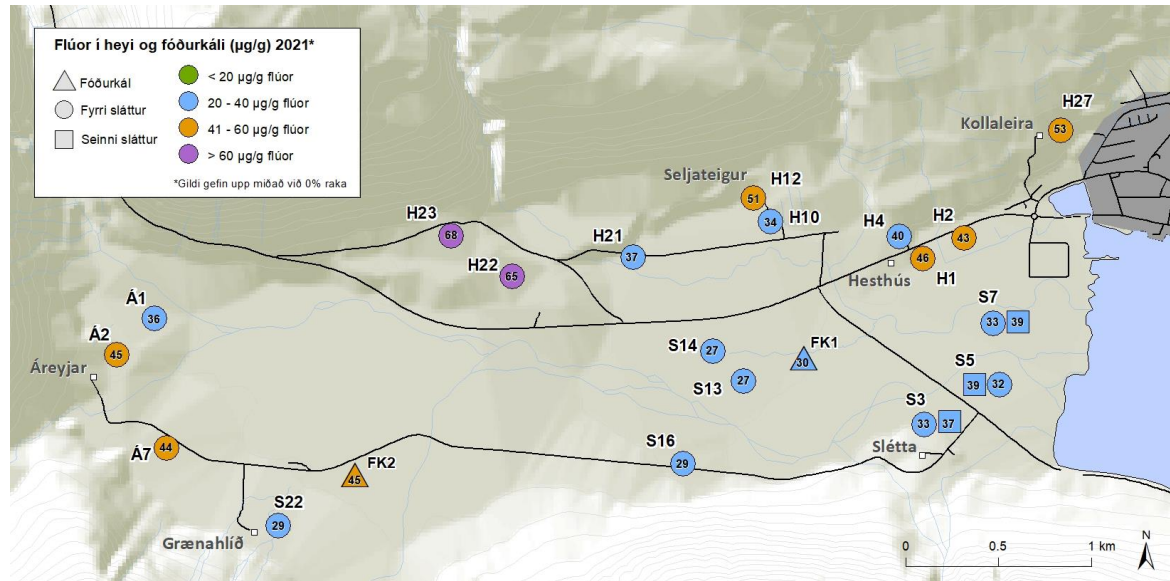
3.3.10 Hey og fóðurkál

3.3.10.1 Flúor

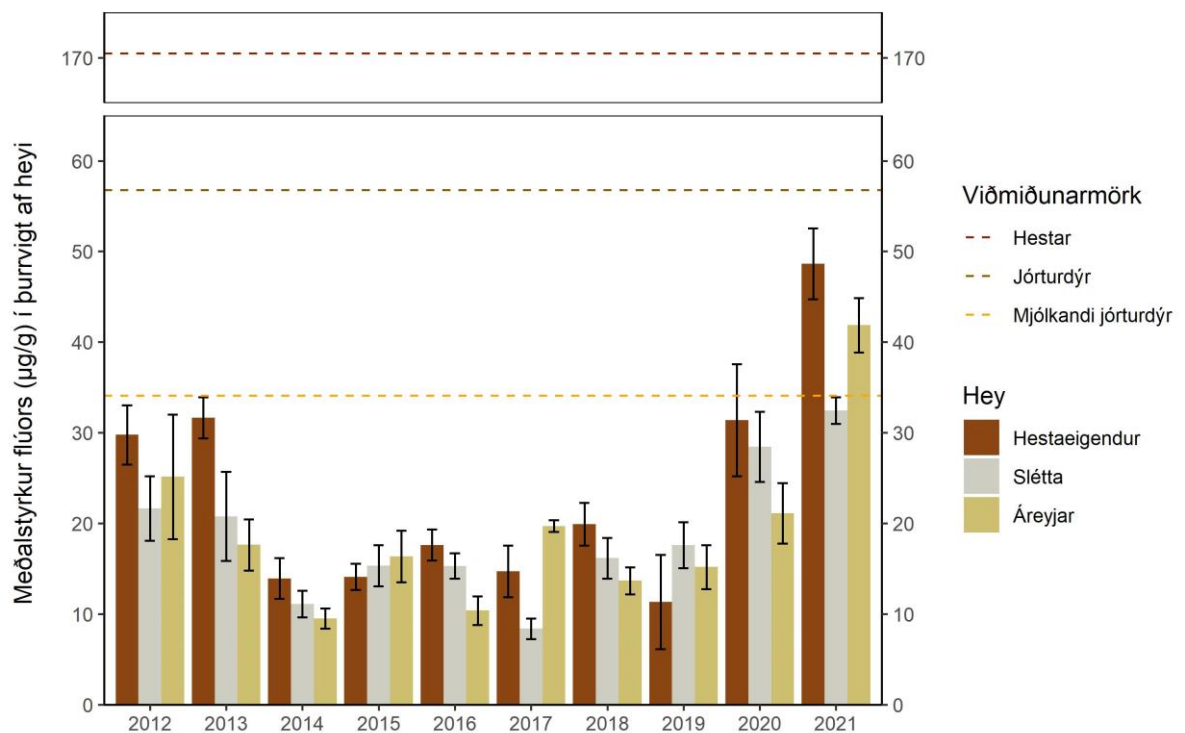
Styrkur flúors í heysýnum sem tekin voru beint úr rúllum eða böggum í Reyðarfirði mældist frá 27 – 68 µg/g miðað við 0% rakainnihald (64. mynd). Flúor í heyi frá bænum Sléttu sem er heyjað fyrir sauðfé var í öllum tilvikum undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jórturdýr (56,8 µg/g m.v. 0% rakainnihald) sem og viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jórturdýr (34,1 µg/g m.v. 0% rakainnihald) (64. og 65. mynd). Hey sem ætlað er hestum var í öllum tilvikum undir þeim viðmiðum sem gefin eru fyrir þá (170,5 µg/g m.v. 0% rakainnihald). Hey frá Áreyjum var yfir viðmiðum fyrir mjólkandi jórturdýr (64. og 65. mynd).

Styrkur flúors í vetrarheyi (heyi sem búið var að standa úti fyrir hross var 44 µg/g við Sléttu og 61 µg/g í beitarhólfi rétt hjá Njörvadalsá og voru gildin í báðum tilfellum undir

viðmiðunum fyrir hross (170,5 $\mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald). Nánari umfjöllun um viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé miðað við ólíkt rakainnihald má sjá í kafla 3.1.2.



64. mynd. Styrkur flúors í heysýnum og fóðurkáli m.v. 0% rakainnihald sem tekin voru í ágúst 2021. Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).



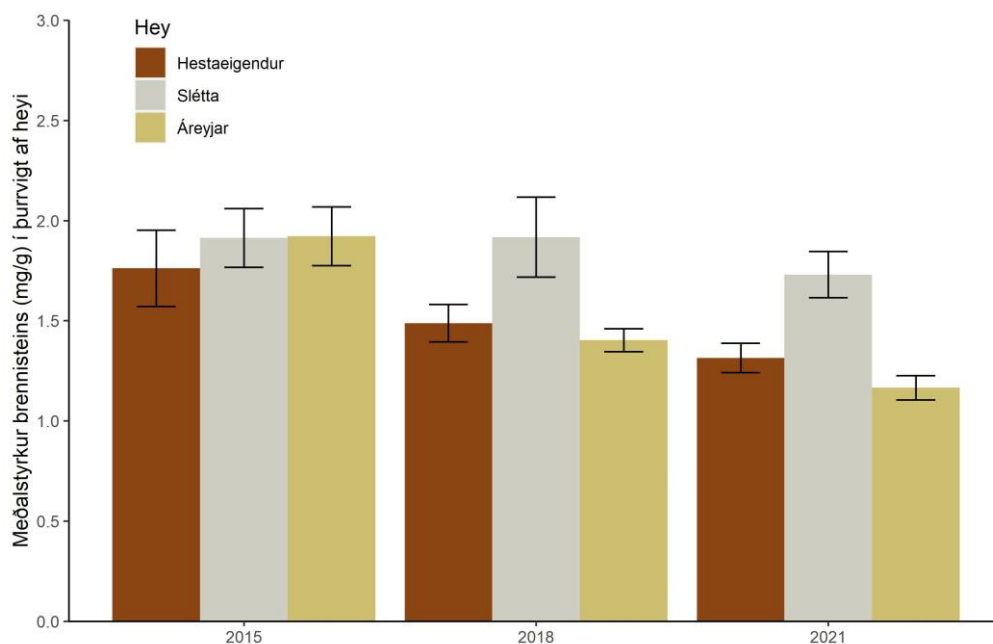
65. mynd. Ársmeðaltal flúors ($\mu\text{g/g}$) í þurrvigt af heyi í Reyðarfirði.

Flúor var mældur í tveimur sýnum af fóðurkáli árið 2021 (FK1 og FK2, 64. mynd). Styrkur flúors var 30 $\mu\text{g/g}$ í sýni sem tekið var á staðsetningu FK1 og er það undir viðmiðunarmörkum flúors í heilfóðri fyrir jörturdýr (56,8 $\mu\text{g/g}$ m.v. 0% rakainnihald) og mjólkandi

jórturdýr (34,1 µg/g m.v. 0% rakainnihald). Styrkur flúors var 45 µg/g í sýni sem tekið var við Grænuhlíð (FK2) sem er yfir viðmiðunum fyrir mjólkandi jórturdýr.

3.3.10.2 brennisteinn

Meðalstyrkur brennisteins í þurrvigt af heyi í Reyðarfirði árið 2021 var 1,3 mg/g sem heyjað var af hestaeigendum, 1,7 mg/g í heyi frá Sléttu og 1,2 mg/g í heyi frá Áreyjum og eru það svipuð gildi og mældust árið 2018 en nokkuð lægri samanborið við 2015 (66. mynd).



66. mynd. Ársmeðaltal brennisteins í þurrvigt af heyi árin 2015, 2018 og 2021 í Reyðarfirði.

Niðurstöður mælinga á flúor og brennistein í heysýnum og sýnum af fóðurkáli fyrir árið 2021 er að finna í viðauka 11.

4 Sjónræn skoðun á gróðri

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

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

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

Flúor getur valdið fölnun eða gulnun (e. chlorosis) í laufblöðum. Slík einkenni eru oftast talin vera vegna ónógrar birtu eða vegna skorts á járni eða magnesíum í jarðvegi. Ástæður þess að flúor veldur gulnun er binding þess við magnesíum í plöntunni 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 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 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 2021.

4.1 Sjaldgæfar tegundir

Sjónrænt mat á heilbrigði fimm sjaldgæfra plöntutegunda sem vaxa í Reyðarfirði var gert 29. júlí 2021. 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 valista æðplantna; giljaflækja og þyrnirós sem taldar eru í nokkurri hættu og er þyrnirós friðuð (Náttúrufræðistofnun, 2018).

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

Líkt og fyrri ár var vaxtarstað giljaflækju og fuglaertna ógnað af ágengu tegundunum kerfli (*Myrrhis odorata*) og njóla (*Rumex longifolius*). Ekki var búið að slá vaxtarstað plantnanna við athugun. Báðar tegundir voru í blóma og áberandi í brekkunni sem þær vaxa og virtist allmikill þróttur í báðum tegundum í ár (67. mynd) enda hlýtt og sólríkt sumar. Ekki sáust flúorlíkar skemmdir á plöntunum en skráðar voru rauðir endar á 2% endum laufblaða hjá giljaflækju. Útbreiðsla tegundanna hefur aukist verulega síðustu ár en meira bar á fuglaertum en giljaflækju í brekkunni.



67. mynd. Giljafækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í júlí 2021 í Reyðarfirði.

Engar flúorlíkar skemmdir fundust á plöntum þyrnirósar og þær voru heilbrigðar (68. mynd). 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 2021 og búið

var að fylla upp í skurði sem voru innan hólfsins. Á báðum svæðunum voru plöntur í blóma eða búnar að blómstra.



68. mynd. Þyrnirós af neðri vaxtarstað í júlí 2021 í Reyðarfirði.

Á vaxtarstað aronsvandar voru flestar plöntur í blóma eða búnar að blómstra, laf nokkurra plantna gul en þau voru farin að sölna og líktust ekki flúorskemmdum (69. mynd). Stóriburkni var að mestu leyti einnig án athugasemda en flúorlíkar skemmdir voru á smáblöðum nokkurra laufblaða, dauðir endar líkt og fyrri ár (69. mynd).



69. mynd. Aronsvöndur í blóma (t.v.) og stóriburkni (t.h.) með skemmdum blaðendum í júlí 2021 í Reyðarfirði.

4.2 Garðaplöntur og tré

Garðagróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði og á trjáræktarsvæðum milli álversins og bæjarins var skoðaður þann 29. júlí 2021. 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



10% laufblaða á víði (*Salix* sp) og aspar (70. mynd). Einkennin sáust aðallega á efstu greinum plantnanna og nýjum blöðum.

70. mynd. Flúorlíkar skemmdir og afbrigðilegt vaxtarlag laufa á víði (t.v.) og ösp (t.h.) við Sómastaði í Reyðarfirði í júlí 2021.

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 en greina mátti flúorlík einkenni (kúpt og sölnaða blaðenda) á nokkrum laufblöðum. Einnig bar á gulnun í nokkrum tilfellum.

Í ræktunarreit á neðsta hjallanum norðvestur af álverinu er samansafn af ýmsum trjátegundum, einkum birki og reyni. Á ilmreyni mátti greina flúorlíkar skemmdir (necrosis, 5% blaða) á nýjum laufum sumra trjáanna. Birkitré voru almennt heilbrigð að sjá.

Við Framnes sáust flúorlíkar skemmdir á sigurskúf, ösp og broddfuru, dauðir endar (necrosis) og gulnun (chlorosis). Sigurskúfur hefur breitt mikið úr sér síðustu ár og þekur stóran hluta svæðisins (71. mynd).



71. mynd. Sigurskúfur við Framnes í Reyðarfirði í júlí 2021.

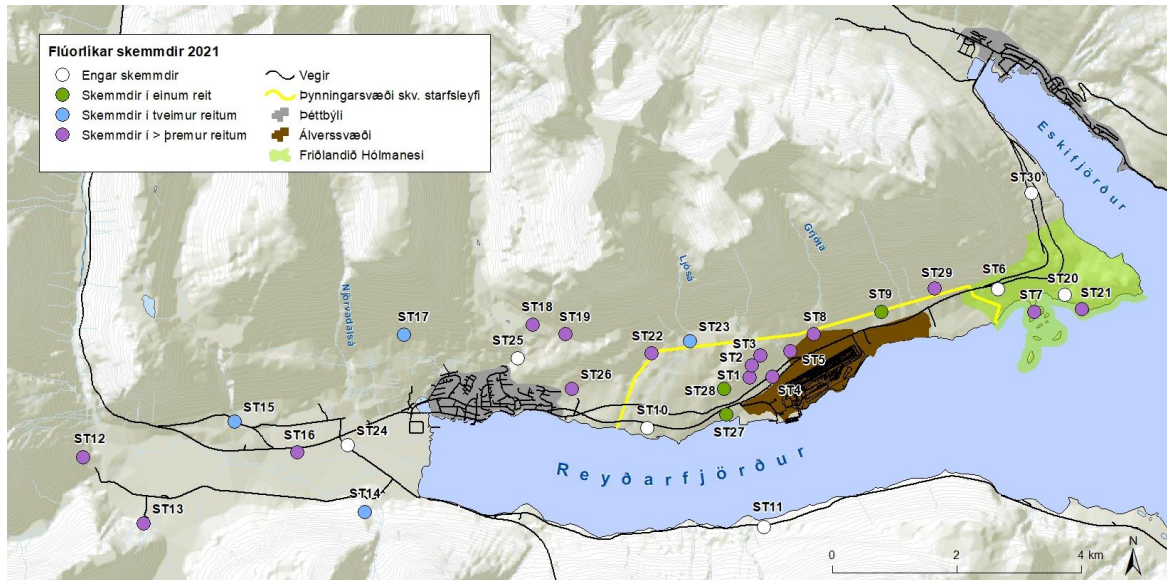
Við Teigagerði var birki og rifs heilbriggt að sjá. Á ösp og viðju (*Salix myrsinifolia subsp. borealis*) mátti greina smávægilegar skemmdir sem voru skráðar sem flúorlíkar. Lerki var með gular nálur en einkennin litu ekki út fyrir að vera dæmigerðar flúorskemmdir.

Við kirkjugarðinn sem er staðsettur rétt utan þéttbýlisins á Reyðarfirði var gróður almennt heilbrigður og án athugasemda, einhver óværa á birki en ekki flúorlíkar skemmdir. Greina mátti flúorlíkar skemmdir á víði og reyni á 2% blaða, helst á nýjum laufblöðum.

Gróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði var að mestu án athugasemda en þó mátti sjá skemmdir af völdum skordýra, einkum á birki og víði. Flúorskemmdir sáust á íris (*Iris sp.*), furutrjám (aðallega á nálum frá fyrra ári), ösp og víði.

4.3 Gróður í rannsóknarreitum

Villtur gróður í 145 rannsóknarreitum á 29 vistfræðistöðvum í Reyðarfirði var skoðaður dagana 3., 5. og 6. ágúst 2021 (72. mynd). Reitir voru ljósmyndaðir og ummerkja leitað um mögulegar skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.



72. mynd. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sást í öllum nema 6 stöðvum sumarið 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).

Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust á öllum stöðvum nema sex árið 2021 (72. mynd). Möguleg einkenni flúorskemmda árið 2021 sást aðallega á bláberjalyngi (*Vaccinium uliginosum*) (73. mynd), fjallavíði (*Salix arctica*) og stinnastör (*Carex bigelowii*). Skemmdir fundust einnig á mosa nálægt stöð 4 innan þynningarsvæðis.

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 2021 var gróður skoðaður í byrjun ágúst. Maí og júní voru fremur kaldir, þurrir og sólríkir mánuðir. Óvenju kalt var um miðjan júní með frosti og snjókomu. Í lok júní hlýnaði svo til muna og við tóku mikil hlýindi það sem eftir var sumars (Veðurstofa Íslands, 2021).

Líkt og fyrri ár sást ýmiskonar skemmdir á gróðri af völdum annarra þátta s.s. skordýra og sveppasýkinga. Árið 2021 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 2021 sást rautt bláberjalyng einnig víða. Að líkindum stafar þessi rauði litur einkum af kulda- eða frostáhrifum.



73. mynd. Flúorlíkar skemmdir og rauður litur á bláberjalyngi á stöð 26 í Reyðarfirði..

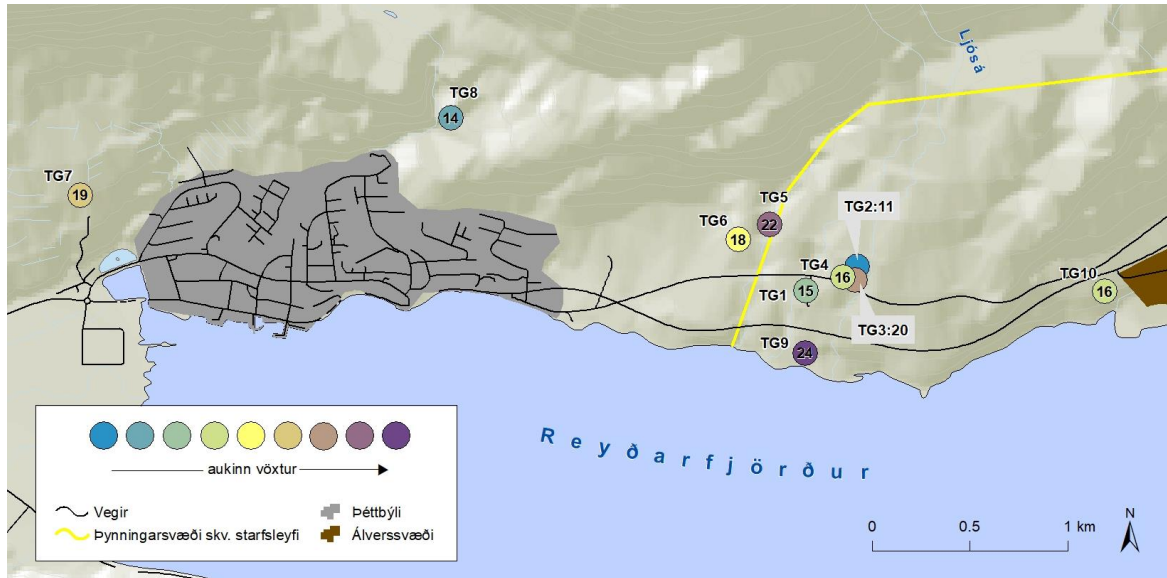
Lista yfir myndir teknar fyrir vöktun ársins 2021 er að finna í viðauka 12.

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 trjámæltreita má sjá á 74. mynd.



74. mynd. Trjámælireitir í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu árið 2021 (Landmælingar Íslands, 2019 og 2021).

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.

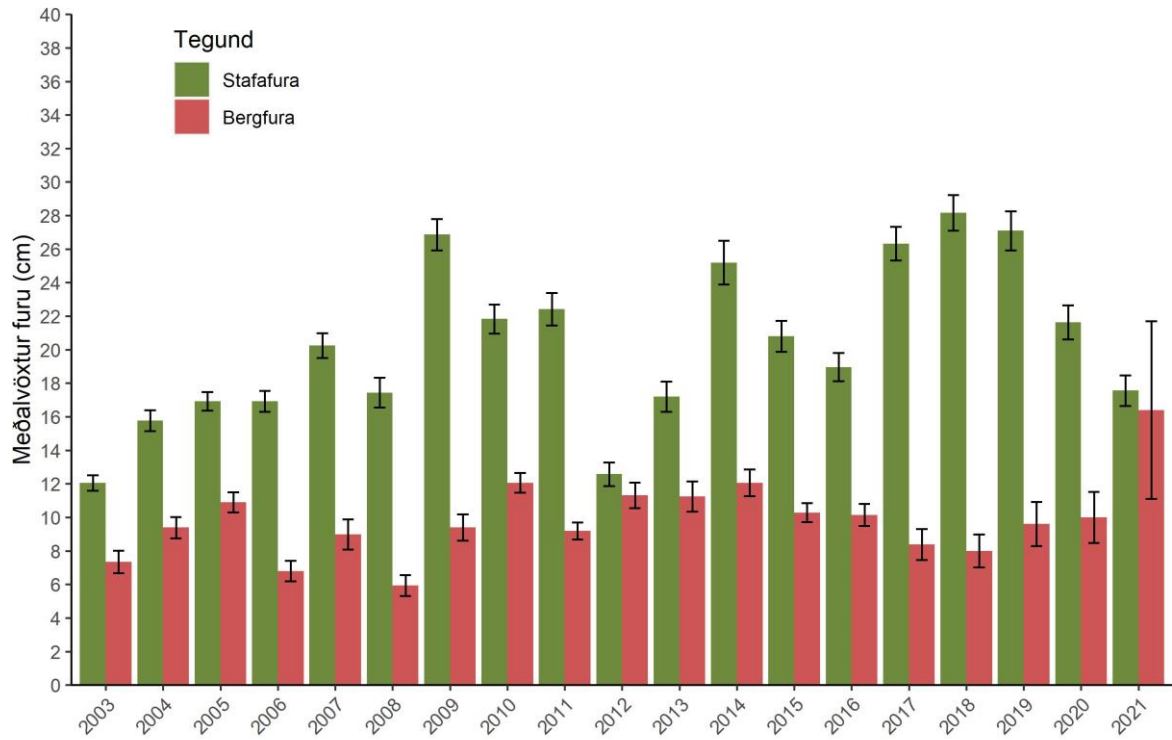
Árið 2021 voru mælingar framkvæmdar 5. og 6. október. Trjámælistika var notuð við mælingarnar líkt og undanfarin ár. Mælistikan var borin að stofni trjánna og heildarhæð þeirra mæld, því næst var hæð fyrra árs mælt. Að lokum var hæð fyrra árs dregin frá heildarhæð og toppvöxtur ársins 2021 þannig reiknaður út. Í reit 10 var hluti trjánna kominn undir framkvæmdir og þrjú tré höfðu verið felld og því var vöxtur aðeins mældur á fimm bergfurum þar.

5.2 Niðurstöður

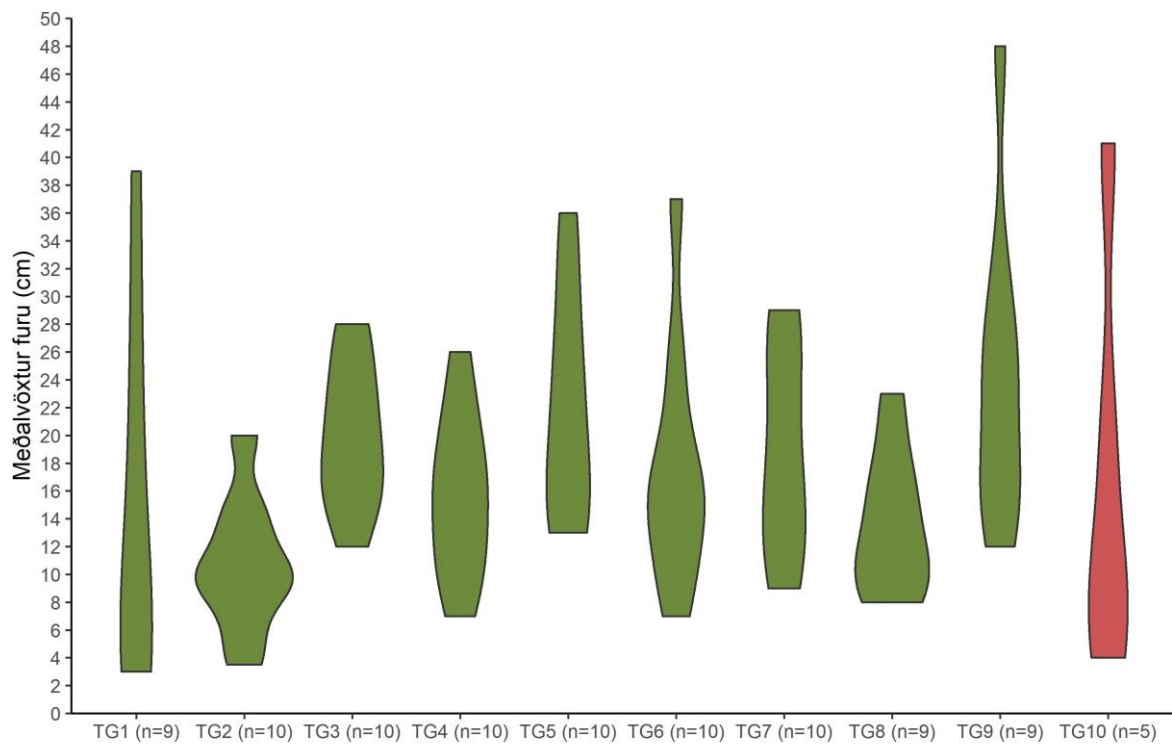
Meðalársvöxtur vaxtarsprotta stafafuru á svæðum 1–9 árið 2021 var 18 cm (75. mynd). Vöxturinn var nokkuð breytilegur milli staðsetninga eða frá 10–24 cm (76. mynd). Meðalársvöxtur bergfuru er oftast heldur minni en vöxtur stafafuru (75. mynd) og var 16 cm árið 2021 (staðsetning 10 á 76. mynd).

Meðalvöxtur stafafuru árið 2021 var lægri á öllum svæðum nema 8 og 9 samanborið við árið á undan (viðauki 14). Mestur var munurinn á meðalvexti milli ára á svæði 4 (10 cm minni en árið áður) en minnstur var munurinn á staðsetningu 1, (1 cm minni en árið áður).

Meðalvöxtur stafafuru er nokkuð breytilegur á milli ára og á milli svæða (75. og 76. mynd). Árið 2021 var vöxtur stafafuru mestur á staðsetningu 9 (24 cm) (74. mynd).



75. mynd. Meðalársvöxtur stafafuru (grænt) í níu trjámælireitum og bergfuru (rautt) ásamt staðalskekkju meðaltalanna í trjámælireitum í Reyðarfirði tímabilið 2003–2021.



76. mynd. Vöxtur stafafuru (grænt) og bergfuru (rautt) á hverri staðsetningu (TG) árið 2021 ásamt fjölda trjáa (n) sem mæld voru.

Niðurstöður trjávaxtarmælinga árið 2021 má finna í viðauka 13.

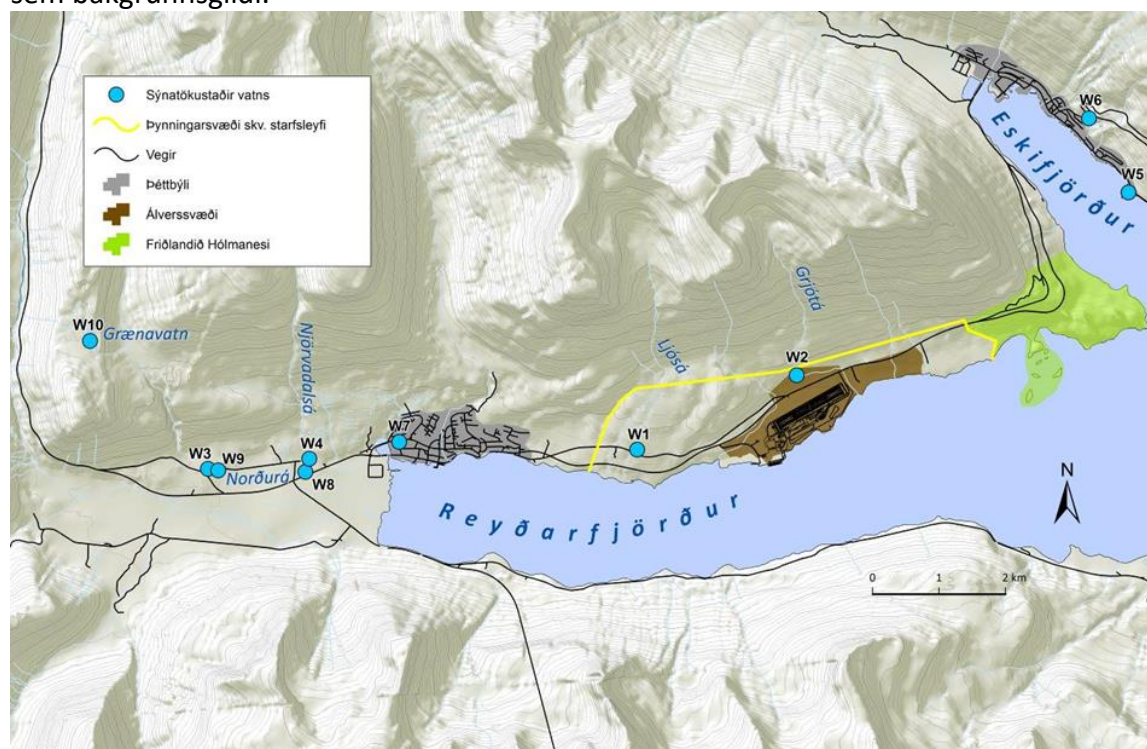
6 Yfirborðsvatn

6.1 Inngangur

Sýnum var safnað á 10 sýnatökustöðum árið 2021; fjögur sýni voru tekin úr ám (W1–W4), fimm sýni af neysluvatni (W5–W9) og eitt sýni úr stöðuvatni (Grænavatn, W10) (77. mynd). Athugið að aðeins var tekið sýni úr W8 í janúar, en sá staður er síðan dottinn út. Sýnum var safnað fjórum sinnum yfir árið af árvatni og neysluvatni (W1–W9), þann 27. janúar, 20. apríl, 22. júlí og 25. október en tvisvar úr Grænavatni (W10), 22. júlí og 25. október.

Í öllum sýnum var mælt sýrustig (pH), leiðni, basarýmd (alkalinity), flúorstyrkur og styrkur brennisteins hjá Hafrannsóknarstofnun. Auk þess var ákvarðaður styrkur fjölhringa arómatískra kolvatnsefna (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH-16) í seinasta sýnaskammti ársins. PAH mælingar voru framkvæmdar hjá Eurofins GfA Lab Service GmbH í Þýskalandi.

Niðurstöður eru settar fram sem ársmeðaltöl fyrir hvern sýnatökustað og einnig eru tekin saman ársmeðaltöl fyrir árvatn og neysluvatn. Niðurstöður eru bornar saman við niðurstöður sex undangenginna ára auk þess sem niðurstöður ársins 2006 eru notaðar sem bakgrunnsgildi.



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

6.2 Niðurstöður

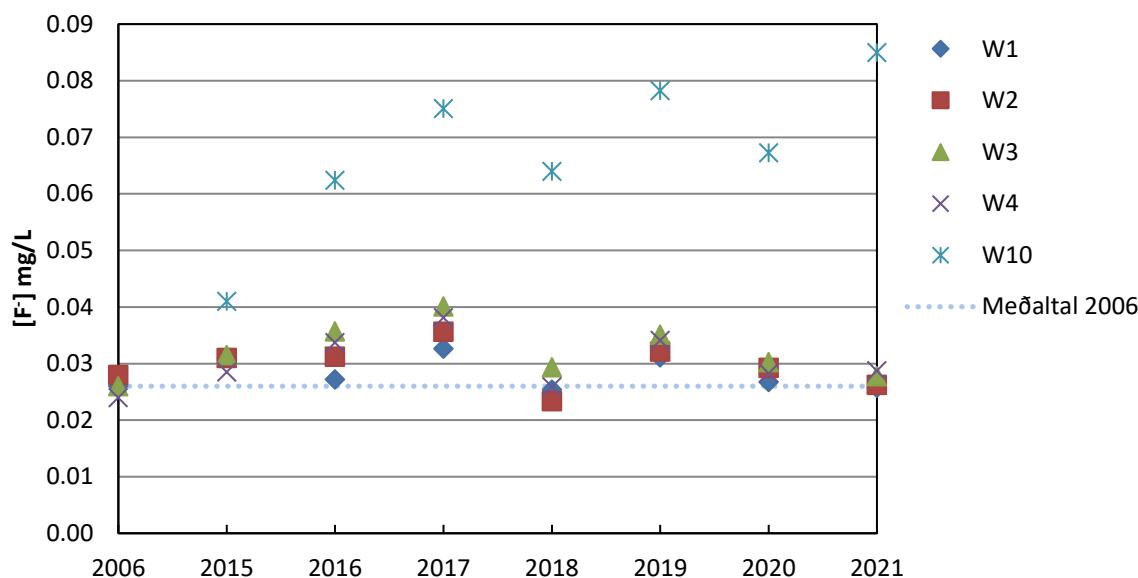
6.2.1 Flúor

Samkvæmt reglugerð um neysluvatn (nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008 og nr. 570/2018) er hámarksgildi fyrir flúorinnihald neysluvatns 1,5 mg/L.

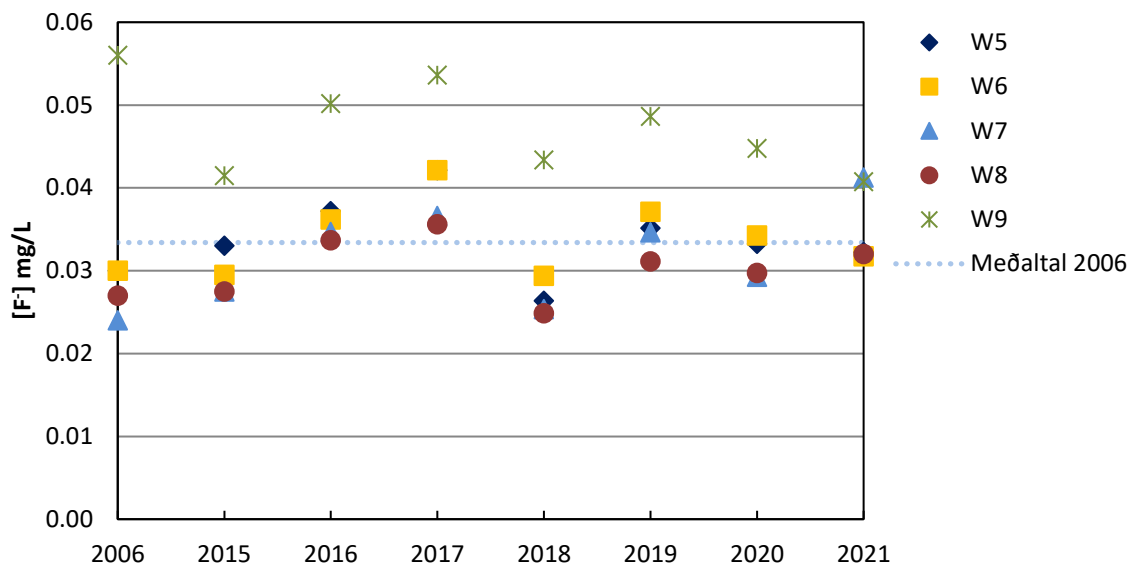
Ársmeðaltal flúors í vatni árið 2021 var 0,04 mg/L. Meðaltal fyrir árvatn (W1–W4) var 0,03 mg/L sem er sambærilegt við undanfarin ár. Styrkur flúors í Grænavatni (W10) mælist talsvert hærra en í öðru yfirborðsvatni á svæðinu, eða að meðaltali 0,09 mg/L árið 2021. Flúorstyrkur í Grænavatni hefur einkennst af miklum sveiflum milli ára en ef 78. mynd er skoðuð virðist styrkurinn vera að aukast með tíma og áhugavert verður að sjá hvernig þróunin verður á næstu árum. Ársmeðaltal fyrir neysluvatn (W5–W9) var 0,04 mg/L. Greiningarmörk (LOD) fyrir magngreiningar flúors í vatni eru 0,01 mg/L og magngreiningarmörk (LOQ) eru 0,03 mg/L svo ekki er hægt að tala um marktækar breytingar í meðalstyrk flúors milli ára.

Flúorstyrkur allra sýna var vel innan marka fyrir hámarksgildi í neysluvatni skv. reglugerð.

Styrk flúors í vatni árið 2006 og á tímabilinu 2015 til 2021 má sjá á 78. mynd (árvatn) og 79. mynd (neysluvatn). Athugið að aðeins ein mæling, frá janúar, er á bak við gögnin frá W8. Mælingar frá 2006 eru notaðar sem bakgrunnsgildi fyrir svæðið og er meðalstyrkur flúors á viðkomandi sýnatökustöðum það árið sýndur sem blá punktalína.



78. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í árvatnssýnum (W1–W4) og Grænavatni (W10) árið 2006 og 2015–2021.



79. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni á Eskifirði (W5 og W6) og Reyðarfirði (W7–W9) fyrir árin 2006 og 2015–2021.

6.2.2 Sýrustig (pH)

Samkvæmt reglugerð um neysluvatn (nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008 og nr. 570/2018) er tekið fram að neysluvatn skuli hafa sýrustig á bilinu 6,5 – 9,5.

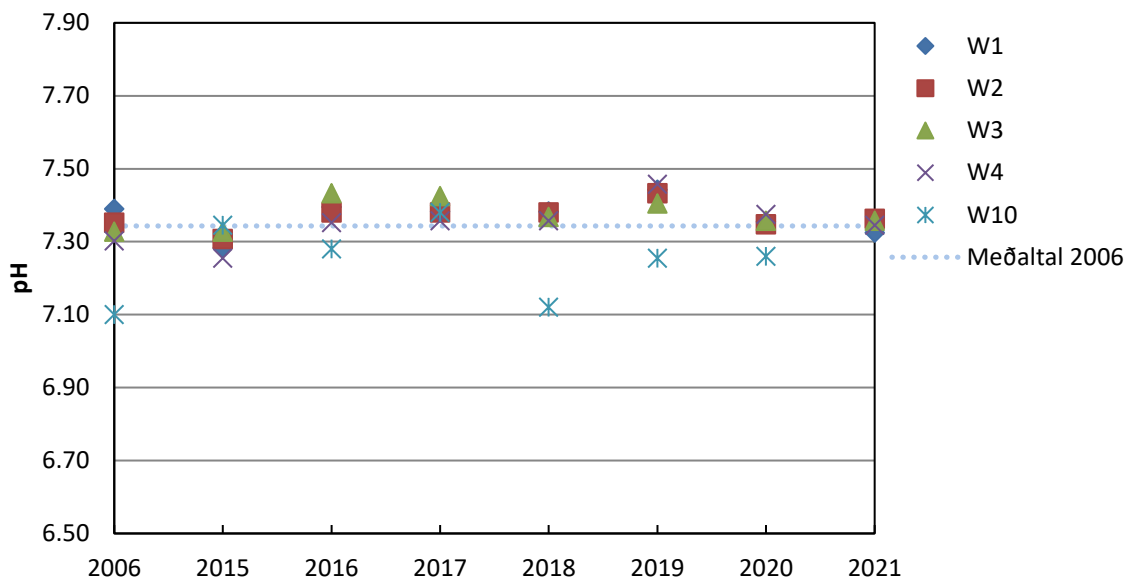
Heildarársmeðaltal sýrustigs vatns árið 2021 var 7,47 sem er hækkun frá árinu 2020 þegar heildarársmeðaltalið var 7,35. Í neysluvatni (W5 – W9) var ársmeðaltal sýrustigs 7,60. Hæst mældist sýrustigið 7,82 í W7 í júlí og lægst 7,38 í W5 í janúar. Á síðasta ári var ársmeðaltal sýrustigs í neysluvatni lægra, eða 7,37. Athygli vekur að meðalsýrustig í W7 hækkar talsvert frá því sem það hefur verið undanfarin ár. Árið 2021 var það 7,75 en hefur verið í kring um 7,20 áður. Öll sýni úr W7 frá árinu 2021 mældust á bilinu 7,68 – 7,82.

Í árvatni (W1 – W4) var ársmeðaltal sýrustigs 7,35 og stendur það nánast í stað frá árinu 2020 þegar ársmeðaltalið var 7,36. Í Grænavatni var ársmeðaltal sýrustigs 7,26 eins og árið 2020.

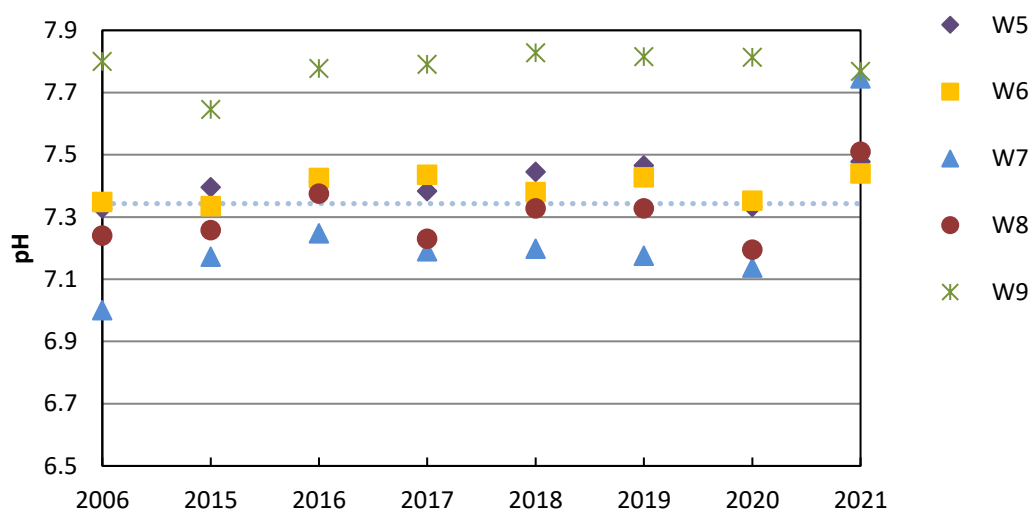
Sýrustig allra sýna voru innan leyfilegra marka reglugerðar.

Á 80. mynd og 81. mynd má sjá meðaltöl sýrustigs í ám og í neysluvatni árin 2006 og 2015 – 2021.

Mælingar frá 2006 eru notaðar sem bakgrunnsgildi fyrir svæðið og er meðalsýrustig á viðkomandi sýnatökustöðum það árið sýnt sem blá punktalína.



80. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í árvatnssýnum og í Grænavatni árin 2006 og 2015 – 2021.



81. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í neysluvatnssýnum árin 2006 og 2015 – 2021.

6.2.3 Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH efni)

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008 og nr. 570/2018) er fjallað um fjölhringa arómatísk kolvatnsefni (PAH). Þar er uppgafið hámarksgildið 0,10 µg/L, þar sem viðmiðunargildið er summa af styrk efnasambandanna benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren. PAH-16 var greint í októbersýnum á öllum sýnatökustöðum, nema í W8 en þar var engin sýnataka í október.

Öll sýni mældust undir greiningarmörkum PAH efnasambandanna fjögurra og því eru tölurnar gefnar upp sem <X (minna en) samanlögð greiningarmörk þeirra (4. tafla). Þetta er sambærilegt við niðurstöður frá og með árinu 2011.

4. tafla. Samanlagður styrkur benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren í vatnssýnum árið 2006 og 2015 – 2021.

	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
2020	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016		< 0,016
2021	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016	< 0,016		< 0,016	< 0,016	< 0,016

Niðurstöður á styrk allra PAH efna (PAH16) í vatnssýnum má finna í viðauka 14.

6.2.4 Brennisteinn

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð 536/2001 með síðari breytingum n. 145/2008 og nr. 570/2018) eru gefin hámarksgildi súlfats í neysluvatni (250 mg SO₄/L), sem jafngildir 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 í árvatni og neysluvatni breytist ekki með afgerandi hætti milli ára 2020 og 2021 frekar en undanfarin ár, sjá í 5. töflu.

Mæligildi fyrir einstök sýni eru öll vel undir þeim mörkum sem gefin eru upp í reglugerð og mælist brennisteinn hæst 0,64 mg/L í Grænavatni í október. Greiningarmörk (LOD) brennisteins í vatni eru 0,03 mg/L og magngreiningarmörk (LOQ) 0,09 mg/L.

5. tafla. Meðalársstyrkur brennisteins (mg/L) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015 – 2021.

mg S/L	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Árvatn	0,45	0,41	0,41	0,38	0,38	0,39	0,37
Neysluvatn	0,49	0,46	0,47	0,46	0,42	0,40	0,43
Grænavatn	0,50	0,49	0,69	0,54	0,58	0,50	0,59

6.2.5 Basarýmd (e. alkalinity)

Ársmeðaltöl basarýmdar frá árinu 2015 má sjá í 6. töflu. Basarýmd neysluvatns eykst á milli ára og er 22,4 mg CaCO₃/L árið 2021. Dreifing er lítil milli einstakra sýna og á milli staða, en hæst mælist basarýmdin 23,6 mg CaCO₃/L í W6 í janúar og í W5 í október og lægst 21,5 mg CaCO₃/L í W9 í janúar.

Meiri dreifingu má finna milli sýnatökustaða árvatns, en basarýmd þess mælist lægst að meðaltali 13,6 mg CaCO₃/L í W4 og hæst 16,3 mg CaCO₃/L í W3. Ársmeðaltal árvatnssýna er 14,5 mg CaCO₃/L sem er lækkun frá árinu 2020.

Ársmeðaltal basarýmdar í Grænavatni er 13,0 CaCO₃/L sem er örlítill hækkun frá síðasta ári.

6. tafla. Ársmeðaltöl basarýmdar (mg CaCO₃/L) í neysluvatni, árvatni og í Grænavatni árin 2015 – 2021.

mg CaCO ₃ /L	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Árvatn	13,5	15,5	15,1	13,9	14,2	15,7	14,5
Neysluvatn	18,5	18,7	20,6	19,8	19,8	19,3	22,4
Grænavatn	12,0	17,5	15,9	12,4	16,1	12,0	13,0

6.2.6 Leiðni

Leiðni lækkar á milli ára í árvatni, en hækkar örlítið í neysluvatni (sjá 7. töflu). Á öllum sýnatökustöðum, að undanskildum W9, mælist hún lægst í sýnum sem safnað var í júlí. Í flestum tilfellum er munurinn ekki afgerandi en í W4 og W7 fellur leiðni talsvert í júlí, úr 47,3 µS/cm í 26,5 µS/cm í W4 og úr 60,1 µS/cm í 29,5 µS/cm í W7. Í október er leiðnin svo aftur komin í fyrra horf.

Leiðni vatns er háð ýmsum breytum, m.a. veðurfari og árstíðum og flokkast allar sveiflur milli ára og innan árs til náttúrulegs breytileika. Veðrið á Austurlandi var einstaklega gott sumarið 2021 sem hugsanlega skýrir þessa niðursveiflu í leiðni. Leiðnin í Grænavatni hækkar milli ára, en hún er almennt sveiflukennd.

Samkvæmt reglugerð um neysluvatn (nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008 og nr. 570/2018) er leyfileg hámarksleiðni 2500 µS/cm við 20°C auk þess sem vatnið má ekki vera tærandi.

7. tafla. Meðalársleiðni (µS/cm) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015 – 2021.

µS/cm	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Árvatn	43,2	43,9	50,1	41,2	42,4	49,2	42,8
Neysluvatn	55,1	54,7	59,1	54,8	51,4	56,0	57,1
Grænavatn	36,5	34,8	44,1	36,3	45,7	36,8	40,8

Niðurstöður allra efnamælinga í vatnssýnum fyrir árið 2021 má finna í viðauka 14.

7 Búfenaður

7.1 Inngangur

Vegna háss styrks flúors í grasi sumarið 2012 var ákveðið í samráði við Umhverfisstofnun og Matvælastofnun að kanna áhrif þess á búfenað í Reyðarfirði. Rannsóknirnar felast í mælingu á styrk flúors í neðri kjálka sauðfjár og sjónrænni skoðun neðri kjálka og tanna til að leita sýnilegra vísbendinga um skemmdir í tönnum og beinum af völdum flúors. Auk þess er framkvæmd sjónræn skoðun á lifandi búfenaði í sama tilgangi. Styrkur flúors í kjálkum sauðfjár hafði einnig verið mældur árið 2006 svo grunnildi þeirrar vöktunar eru til staðar.

Neðri kjálkar eru taldir góðir til að fylgjast með styrk flúors í beinum dýra þar sem þeir eru meðal þeirra beina líkamans þar sem styrkur flúors mælist hæstur. Einnig eru neðri

kjálkar ákjósanlegir til að ákvarða sjónrænt aldur dýra út frá tönnum, sem og mögulegar tannskemmdir (dental fluorosis) og uppsöfnun flúors í beinum, en slíkt getur valdið óeðlilegri beinmyndun og krónískum sjúkdóm (osteofluorosis) sem í verstu tilfellum veldur vanlíðan og vanþrifnaði hjá skepnum. Skemmdir á tönnum koma einkum fram ef dýr eru útsett fyrir flúor á meðan þau eru ung (<1,5 ára) og tennur eru að myndast, en afmyndun beina getur komið fram hvenær sem er á ævinni, þó yngri dýr séu viðkvæmari. Styrkur flúors í beinum eykst eftir því sem dýr eldast (Vikøren, 2021).

Sjónrænt mat á mögulegum einkennum flúors á lifandi búfánaði byggði á mælikvarða NRC 1974 (National Research Council) sem felur í sér bæði sjónrænt mat og þreifingu tanna (Livesey & Payne, 2011). Kvarðinn er sex þrepa, þar sem 0 merkir engar breytingar og 5 alvarlegar breytingar. Hér á eftir verður fjallað um helstu niðurstöður sjónrænnar skoðunar á lifandi búfánaði og rannsókna á kjálkum úr sláturfé árið 2021. Samantektin er unnin upp úr skýrslum sérfræðinga sem finna má í viðauka 15 (Eyrún Arnardóttir, 2022) og 16 (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2022).

7.2 Niðurstöður

7.2.1 Sjónræn skoðun á lifandi búfánaði

Dýralæknir skoðaði sauðfé á Sléttu í Reyðarfirði þann 23. nóvember 2021. Í heildina voru átján kindur skoðaðar, fylgt var eftir tólf kindum úr fyrri skoðunum auk þess sem sex fæddum árið 2020 var bætt við (Eyrún Arnardóttir, 2022). Allar kindur fæddar 2012 og 2011 voru dauðar. Kindurnar virtust heilbrigðar, í góðum holdum og sýndu ekki holti eða stirðleika í hreyfingum. Minna bar á tannlosi hjá sauðfé líkt og árin á undan (Eyrún Arnardóttir, 2022). Almennu voru tennur metnar heilbrigðar en breytingar fundust í tveimur gripum. Í síðustu skoðun fundust vafasamar breytingar á tönnum tveggja gripa. Annar gripurinn í þessari skoðun var dauður en hinn gripurinn var metinn með mildar breytingar og glerungur metinn lélegur. 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 erfitt að meta það hvort kindurnar muni finna fyrir neikvæðum afleiðingum þeirra tannskemmda sem greindust en bendir á að áhugavert sé að mæla flúorstyrk í beinum þeirra þegar þeim verður lógað (Eyrún Arnardóttir, 2022).

7.2.2 Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis

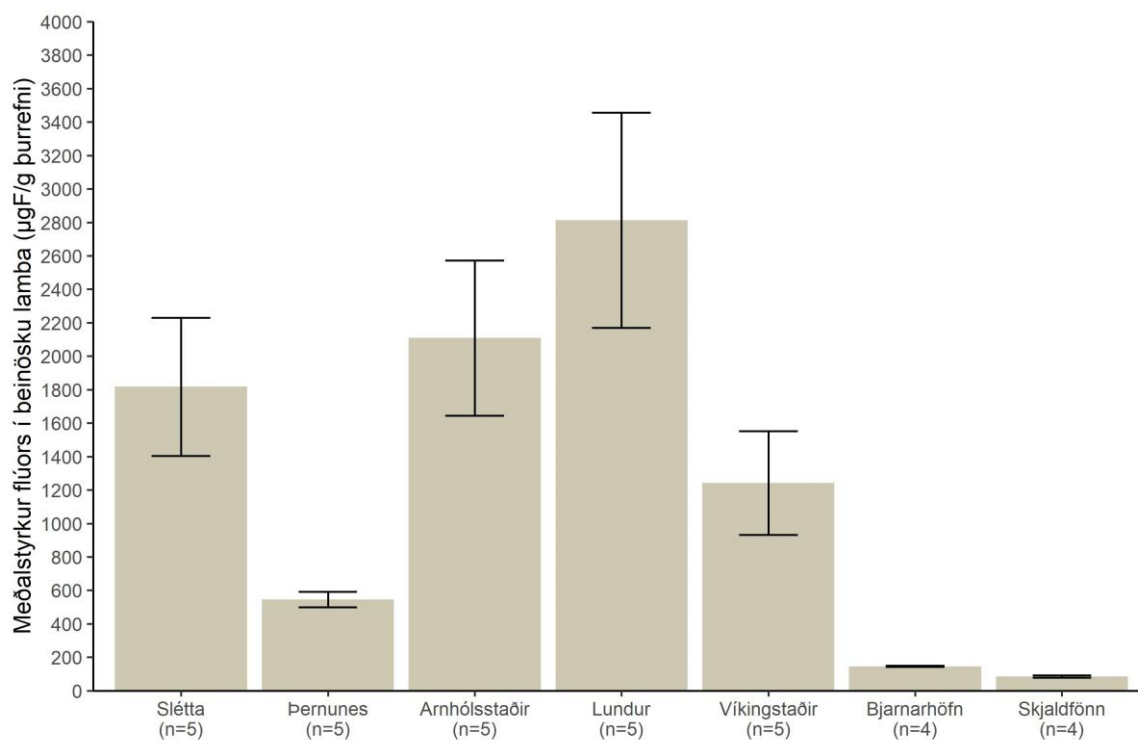
Hausum af sauðfé var safnað haustið 2021 frá fimm bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði að sumarlagi, þ.e. Sléttu og Þernunesi í Reyðarfirði, Arnhólsstöðum í Skriðdal og Víkingsstöðum og Lundi austan megin við Lagarfliót og gengur það sauðfé á Fagradal og norðanmegin í Reyðarfirði. Gagnasöfnun var unnin í samvinnu við bændur og sláturhús. Óskað var eftir fimm hausum af lömbum og fimm af fullorðnu fé (æskilegur aldur 4–5 vetra) frá hverjum bæ. Þar sem fé frá Skriðdal gengur ekki allt í Reyðarfirði voru bændur beðnir um að velja handahófskennt úr fé sem talið var ganga í og við Reyðarfjörð. Alls voru 50 sýni skoðuð og efnagreind af fé sem gekk í Reyðarfirði. Sýni af fullorðnu fé fékkst af öllum bæjum (alls 25 sýni) og sýni af lömbum fékkst frá öllum bæjum (25 sýni). Til samanburðar voru 15 viðmiðunarsýni einnig mæld og skoðuð (8 lömb og 7 fullorðnar kindur). Þessi sýni komu frá tveimur bæjum utan Austurlands:

Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi og frá Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2022).

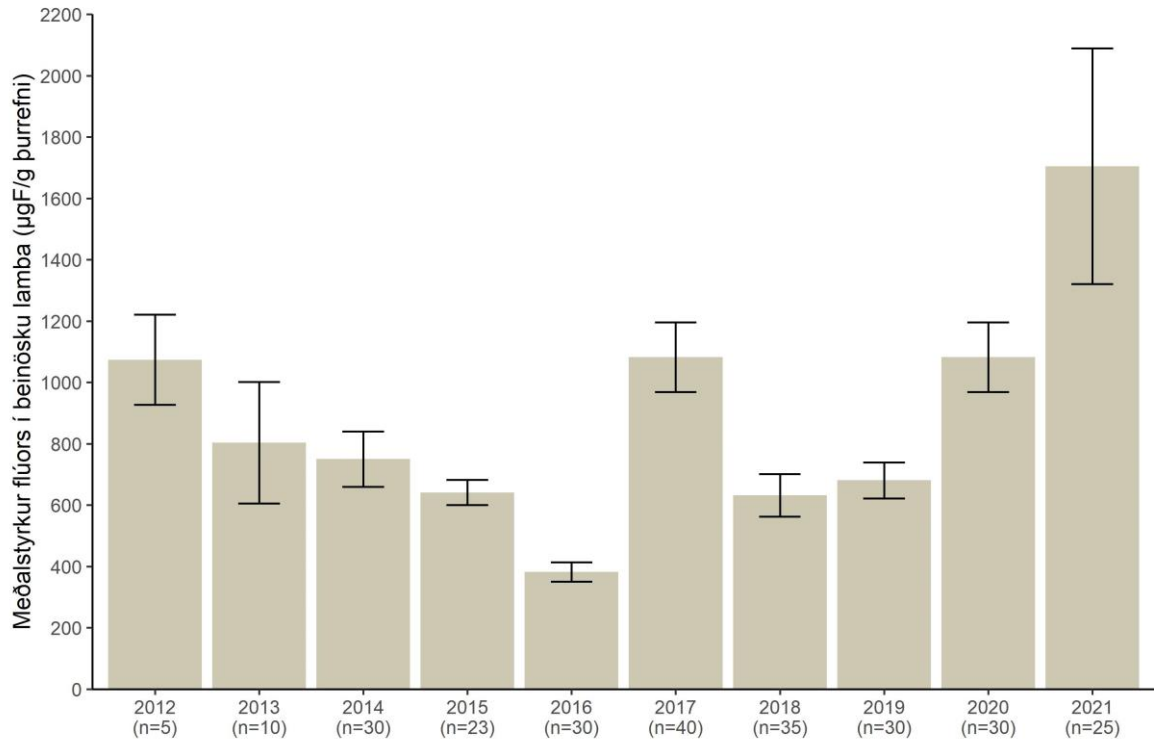
Flúorinnihald í kjálkabeinum var breytilegt eftir aldri dýra, bæjum og einnig var breytileiki meðal sýna frá sama bæ (82. og 84. mynd). Eins og við var að búast mældist styrkur flúors í kjálkabeinum lamba lægri en í fullorðnu fé, en flúormagn í beinum eykst með aldri. Eðlilegt þykir að flúormagn í beinum hjá fullorðnum jórturdýrum sé á bilinu 1.000 – 1.500 $\mu\text{g/g}$ (Livesey & Payne, 2011).

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði mældist hæstur frá Lundur (2.813 $\mu\text{g/g}$) en lægstur frá Þernunesi (546 $\mu\text{g/g}$) (82. mynd). Í beinösku lamba frá Lundur var einnig að finna mesta breytileikann í styrk flúors milli sýna (1.381–4.709 $\mu\text{g/g}$) en minnsta breytileikann var að finna á Þernunesi (438–674 $\mu\text{g/g}$) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2022).

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba hefur verið mældur árlega frá 2012 en ósamræmi er í fjölda sýna og bæja milli ára. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði árið 2021 var 1.705 $\mu\text{g/g}$, sem er hæsti styrkur sem mælt hefur (83. mynd). Styrkurinn var mun hærri en meðalársstyrkuri í kjálkabeinum lamba í viðmiðunar-sýnum frá bæjum utan Austurlands (116 $\mu\text{g/g}$) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2022).



82. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá fimm bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Lára Þórarinsdóttur, 2022).



83. mynd. Ársmeðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012–2021 (mynd unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur 2012, 2014, 2015 og Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022).

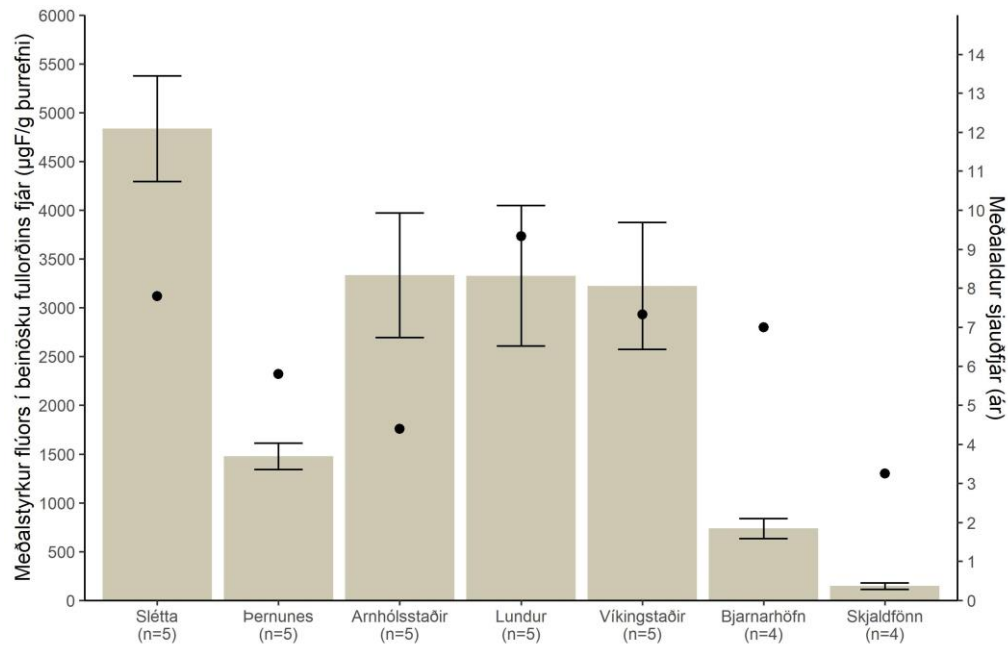
Styrkur flúors í kindum sem gengu í Reyðarfirði mældist að meðaltali frá 1.478 µg/g til 4.836 µg/g og var meðalaldur 4,4 – 9,3 ár. Meðaltal flúors í beinösku var hæstur í kindum frá bænum Sléttu en lægstur á Þernunesi (84. mynd). Á Sléttu mældist jafnframt hæsta einstaka mæligildið úr kind eða 6.619 µg/g sem var 5 ára.

Meðalstyrkur flúors í beinum alls fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði var 3.241 µg/g (spönn 1.161–6.619 µg/g) og hefur aldrei mælst svo hár (85. mynd) (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2022). Styrkurinn var um sexfalt hærri samanborið við meðalstyrk flúors frá viðmiðunarbæjum frá árunum 2012 – 2020 (543 µg/g). Nokkurt ósamræmi er þó í fjölda sýna og bæja milli ára (85. mynd).

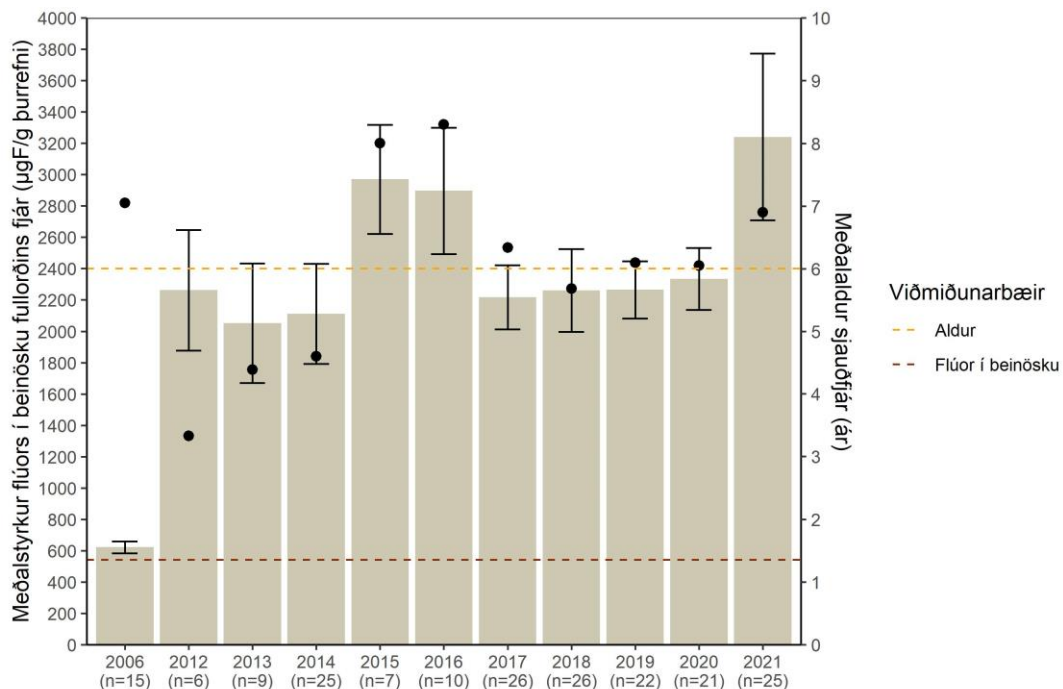
Árið 2006 mældist styrkur flúors í beinösku að meðaltali 719 µg/g í fullorðnu sauðfé frá Sléttu, 596 µg/g í sauðfé frá Þernunesi og 550 µg/g frá Kollaleiru. Aðeins var mældur flúor í beinösku fimm kinda frá hverjum bæ, aldur kinda frá Sléttu var ekki skráður en meðalaldur kinda frá Þernunesi var 6,5 ár og frá Kollaleiru 7,6 ár. Flúorgildi í sauðfé í Reyðarfirði áður en álver tók til starfa mældust undir viðmiðunargildum Livesey og Payne (2011) í öllum sýnum. Sýnin eru fá en niðurstöðurnar benda til þess að styrkur flúors í beinösku sauðfjár hafi hækkað frá því álverið tók til starfa. Sýni úr fullorðnu fé frá Sléttu voru tekin aftur árin 2012–2021 og styrkur flúors var þá um þrisvar til fimm sinnum hærri en árið 2006 (85. mynd).

Öll lömbin voru við góða tannheilsu. Hvað varðar eldra féð þá mætti sýnasafnið vera stærra og betra. Tannheilsa kinda frá Reyðarfirði var metin góð í 12 tilfellum (48%), sæmlega í 3 tilfellum (12%) en slæm í 9 tilfellum (40%). Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2022) benti á að mögulega hafi sýnin af eldra fénu ekki verið valin handahófskennt heldur sé

féð valið í sláturhús vegna slæmrar tannheilsu. Ekki var hægt að greina tengsl milli styrks flúors í beinvef og tannheilsu dýranna (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2022).



84. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár frá fimm bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði og tveimur viðmiðunarbæjum (slátrun 2021) (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2022).



85. mynd. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012–2021). Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2021), n=45 (mynd unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur, 2022).

8 Samantekt og lokaorð

Mengunarstig í lofti í Reyðarfirði árið 2021 var í megindráttum í hærra lagi. Þó er vert að gefa gaum að tilteknum þáttum. Svifryk mældist það hæsta frá upphafi mælinga á öllum stöðvum árið 2021, en áður höfðu mælingar verið tiltölulega stöðugar frá árinu 2009. Mæligildi brennisteinstvíoxíðs í lofti reyndust í meðallagi og tiltölulega stöðug frá árinu 2011, ef undanskilin eru áhrif frá gosinu í Holuhrauni. Mæligildi flúors fóru hækkandi miðað við árin á undan, mælt á síur og í svifryki og í úrkomu. Mæligildi flúors hafa farið töluvert hækkandi frá 2011 þó allnokkur breytileiki sé í meðaltali frá ári til árs. Taka skal fram að flúorgildi í lofti eru innan settra marka. Rykkennd PAH efni mældust lág árið 2021 og hafa verið nokkuð stöðug frá árinu 2012, fyrir utan svolitla hækkun á árinu 2019.

Styrkur flúors í gróðri árið 2021 var í öllum tilvikum, líkt og undanfarin ár, hærri innan þynningarsvæðis en utan. Styrkurinn hefur í flestum tilvikum aldrei mælst svo hár frá því álverið hóf rekstur. Í grasi mældust lægstu gildin fyrri hluta sumars en styrkurinn jókst eftir því sem leið á sumarið og mældust hæstu gildin í ágúst. Hlýtt og stillt veður í júlí og ágúst með fáum rigningardögum skýrir þessa þróun á styrk flúors í gróðri sumarið 2021.

Styrkur flúors í grasi var yfir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir mjólkandi jórturdýr á beitarsvæðum og túnum sunnan megin. Á beitarsvæðum og túnum norðan fjarðar mældist styrkur flúors yfir viðmiðunarmörkum í heilfóðri bæði fyrir mjólkandi og ekki mjólkandi jórturdýr. Styrkur flúors í heyi var í öllum tilvikum undir viðmiðunarmörkum fyrir jórturdýr en í sex tilfellum yfir viðmiðum fyrir mjólkandi jórturdýr. Hey sem var fyrir hesta var í öllum tilvikum undir viðmiðum sem gefin eru upp fyrir þá.

Óveruleg breyting hefur verið á styrk brennisteins í gróðri frá því árið 2018 þegar hann var síðast mældur.

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 á gróðri sáust nokkuð víða í mólendisreitum. Almennt voru garðaplöntur og tré heilbrigð að sjá og einkenni sem líktust flúor skemmdum aðallega næst álverinu.

Litlar breytingar urðu á þeim gildum sem mæld voru í vatnssýnum árið 2021 miðað við fyrri ár. Ársmeðaltöl brennisteins, leiðni, sýrustigs og basarýmdar í neysluvatni hækka örlítið frá 2020 en lækka í árvatni. Hverfandi breytinga verður vart í flúorstyrk. Vert er að benda á sýrustig í W7 mælist hærra í öllum sýnum ársins 2021 en það hefur gert áður og hækkar sýrustigið um 0,6 frá síðasta ári. Leiðni mælist óvenjulega lág í W4 og W7 í júlí en er komin í fyrra horf í október. Styrkur flúors og brennisteins, basarýmd og leiðni í Grænavatni hækkar á milli ára. Sýrustig stendur í stað. Einungis eru tekin tvö sýni í Grænavatni árlega og útslag sveiflna í styrk þessara efna hefur verið hærra en á öðrum sýnatökustöðum. Flúorstyrkur í Grænavatni virðist vera að aukast jafnt og þétt með tíma. Öll mæligildi falla innan viðmiðunargilda í reglugerð um neysluvatn. Styrkur PAH efnasambandanna fjögurra í árvatni og neysluvatni er undir greiningarmörkum, en sú staða hefur haldist óbreytt 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 og hefur aldrei mælst svo hár. Hæsti meðalstyrkur flúors í beinösku í fullorðnu fé mældist á Sléttu en í lömbum

á bænum Lundi árið 2021. Styrkur flúors í kjálkum hefur mælst breytilegur milli ára og milli bæja. 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 í Reyðarfirði leiddi í ljós að dýrin voru almennt heilbrigð. Í tveimur kindum sást 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, Guðrún Óskarsdóttir and Kristín Ágústsdóttir (2019). *External Environmental Monitoring Alcoa-Fjarðaál Smelter Reyðarfjörður. Summary of analytical results of fluoride in vegetation, air, jaw bones and marine environment from 2004 – 2018*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir og Hermann Þórðarson (2014). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2013*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Hermann Þórðarson og Kristmann Gíslason (2013). *Alcoa Fjarðaál, umhverfisvöktun árið 2012*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Davison, A.W. (2012). *Umhverfisvöktun í Reyðarfirði 2011. Gróður og yfirborðsvatn*. Unnið fyrir HRV. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Eyrún Arnardóttir (2020). *Eftirlitsskýrsla – níunda skoðun dýralæknis á grasbitum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem áttu sér stað á árunum 2012–2018. Skoðun framkvæmd á Sléttu, í hestúsahverfi á Reyðarfirði og Iðavöllum*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Eyrún Arnardóttir (2021). *Eftirlitsskýrsla – tíunda skoðun dýralæknis á grasbitum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem áttu sér stað á árunum 2012–2020. Skoðun framkvæmd á Sléttu, í hestúsahverfi á Reyðarfirði*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Eyrún Arnardóttir (2022). *Eftirlitsskýrsla – Ellefta skoðun dýralæknis á grasbitum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem áttu sér stað á árunum 2012–2021. Skoðun framkvæmd á Sléttu í Reyðarfirði*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Franzaring, J., Klumpp, A. & Fangmeier, A. (2007). Active biomonitoring of airborne fluoride near an HF producing factory using standardised grass cultures. *Atmospheric Environment*, 41, 4828–4840.
- Guðrún Á. Jónsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir (2005). *Baseline Survey Report. External Environmental Monitoring – Ecological Survey*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Guðrún Óskarsdóttir, Elín Guðmundsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson og Kristín Ágústsdóttir (2015). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfisvöktun 2014*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.

- Ingibjörg S. Jónsdóttir, Borgþór Magnússon, Jón Guðmundsson, Ásrún Elmarsdóttir, Hreinn Hjartarson. (2005). Variable sensitivity of plant communities in Iceland to experimental warming. *Global Change Biology*, 11, 553–563
- Koblar, A., Tavčar, G. & Ponikvar-Svet, M. (2011). Effects of airborne fluoride on soil and vegetation. *Journal of Fluorine Chemistry*, 132, 755–759.
- Kristín Ágústsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir og Davison, A.W. (2011). *Álver Alcoa Fjarðaáls Umhverfissvöktun í Reyðarfirði 2010. Gróður og yfirborðsvatn*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Landmælingar Íslands (2013). Leyfi, samkvæmt 31. gr. upplýsingalaga nr. 140/2012 og lögum um landmælingar og grunnkortagerð nr. 103/2006, fyrir gjaldfrjáls gögn frá Landmælingum Íslands. Skoðað í mars 2017 á <http://www.lmi.is/wp-content/uploads/2013/10/Almskilm.pdf>
- Landmælingar Íslands (2015). Gjaldfrjáls vektor gögn IS50v 4.1 - 24122013 útgáfa. Sótt í desember 2015 á niðurhalssíðu LMÍ: <http://atlas.lmi.is/LmiData/index.php>
- Landmælingar Íslands (2019). Gjaldfrjáls vektor gögn IS50v - 24122013 útgáfa. Sótt í febrúar 2019 á niðurhalssíðu LMÍ: <http://atlas.lmi.is/LmiData/index.php>
- Landmælingar Íslands (2021). Gjaldfrjáls vektor gögn IS50v - 24122013 útgáfa. Sótt í febrúar 2021 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.
- McCune, B. & M.J. Mefford (2011). PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.08. Glenden Beach, Oregon: MjM Software.
- 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, svifryk 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 og nr. 570/2018. Sótt af <https://www.reglugerdir.is/reglugerdir/allar/nr/536-2001>. (Skoðað 15.03.2021)
- 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 (2021). *Mánaðaryfirlit Veðurstofu Íslands fyrir árið 2021*. Sjá: <https://www.vedur.is/vedur/vedurfar/manadayfirlit/2021>

- 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.
- Vikøren, T. (2021). *ESPIAL Fauna – Current state for fluoride exposure of animals in the vicinity of aluminium smelters. VI report 55/2021*. Norwegian Veterinary Institute.
- 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.
- Wojciech Sasinowski (2021). Kvörðun og eftirlit loftmælingastöðva, skýrsla vor 2021 og skýrsla haust 2021. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2016). *Skýrsla varðandi flúormælingu beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2017). *Skýrsla fyrir árið 2016, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- 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.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2021). *Skýrsla fyrir árið 2020, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2022). *Skýrsla fyrir árið 2021, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.

NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Bakkavegi 5 • 740 Neskaupstað • Sími 477-1774 • Netfang: na@na.is
Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstöðum • Veffang: www.na.is

